

PIOTR SEWERNIAK

## Wpływ rzeźby terenu na bonitację i cechy wzrostowe drzewostanów sosnowych na wydmach Kotliny Toruńskiej\*

Impact of land relief on site index and growth parameters of Scots pine stands on inland dunes in the Toruń Basin

### ABSTRACT

Sewerniak P. 2016. Wpływ rzeźby terenu na bonitację i cechy wzrostowe drzewostanów sosnowych na wydmach Kotliny Toruńskiej. Sylwan 160 (8): 647-655.

The aim of the study was to determine the impact of land relief on site index and growth parameters (height, diameter, slenderness) of Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands on inland dunes in the Toruń Basin (N Poland). The study was conducted on 150 plots situated on north- and south-facing dune slopes (54 pairs of twin plots) as well as in intra-dune depressions (42 plots). Height and diameter of ten the thickest pines per 0.1 hectare was measured, and next site index as a potential height of a stand at the age of 100 years was calculated. As the results of the used equation, site index was strongly ( $R^2=0.58$ ) negatively biased to age, so the bias was removed using an elaborated regression model. For stands older than ca. 20 years, the clear higher site index values as well as higher heights and diameters were found for intra-dune depressions than for slopes of the two studied aspects. This was explained by the occurrence of much more fertile and moister soils in depressions. The only age class for which the advantage of site index and growth parameters was not stated for depressions was the youngest class ( $\leq 20$  years old). This was likely caused by the competitive impact on young pines of *Calamagrostis epigejos* which prefers intra-dune depressions on inland dunes and forms in forest floor usually dense cover in this position. Impact of contrasting slope aspect was clearly related in the study to age of a stand. For the youngest studied age class both site index values as well as heights and diameters were lower on north- than on south-facing slopes. This was explained by the effect of weeds which form more dense cover on slopes of this aspect than on sunny slopes. For older stands; however higher site index values as well as heights and diameters were revealed for north-facing slopes, due to pines likely took advantage of higher moisture of soils occurring in this place. With reference to slenderness, regardless stand age the parameter was regularly the highest for north- than both for south-facing slopes and depressions. Because of the revealed distinct higher productivity of intra-dune depressions in normally dry and poor in nutrients dune landscape, it could be reasonable to use the depressions to introduce admixtures of broadleaved tree species into pine monocultures on inland dunes.

### KEY WORDS

topography, *Pinus sylvestris*, slope aspect, tree growth, forest site, soil, inland dunes

### ADDRESSES

Piotr Sewerniak – e-mail: sewern@umk.pl

\*Badania zostały sfinansowane z funduszy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (projekt badawczy nr N N305 304840).

Katedra Gleboznawstwa i Kształtowania Krajobrazu, Uniwersytet M. Kopernika w Toruniu;  
ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

## Wstęp

Rzeźba terenu wpływa na ilość energii słonecznej dopływającej do powierzchni gruntu [Bolibok i in. 2015], co na obszarach cechujących się urozmaiconym reliefem pociąga za sobą wyraźne zróżnicowanie przestrzenne warunków siedliskowych [Puchalski, Prusinkiewicz 1990]. Na półkuli północnej stoki północne charakteryzują się niższą temperaturą oraz wyższą wilgotnością niż stoki południowe [Cantlon 1953; Egli i in. 2006; Sewerniak i in. 2011, 2012]. Ponadto w porównaniu z pedonami wystaw świetlistych gleby ekspozycji północnych cechują się przeważnie większą zasobnością w składniki pokarmowe [Puchalski, Prusinkiewicz 1990; Rezaei, Gilkes 2005; Pueyo i in. 2007] oraz wyższym stopniem zbielicowania [Prusinkiewicz 1961; Kuźnicki i in. 1974; Seibert i in. 2007; Sewerniak i in. 2011]. Z kolei obniżenia terenu stanowią tradycyjne mikrosiedliska cechujące się większym ryzykiem występowania przymrozków [Puchalski, Prusinkiewicz 1990], choć gleby w tych miejscach są opisywane jako zasobniejsze w składniki pokarmowe i wilgotniejsze w porównaniu z sąsiadującymi glebami położonymi na stokach [Jankowski 2001, 2014; Świtoniak 2015].

Wynikające z rzeźby terenu zróżnicowanie przestrzenne cech mikroklimatu oraz gleby ma wyraźny wpływ na cechy roślinności, co dotyczy zarówno składu gatunkowego zbiorowisk [Namikawa i in. 2000; Yimer i in. 2006; Sewerniak i in. 2011; Sewerniak 2016], jak i wzrostowo-produkcyjnych drzewostanów. Generalnie stoki północne uznawane są za korzystniejsze dla wzrostu drzew niż wystawy południowe [Puchalski, Prusinkiewicz 1990]. Ma to potwierdzenie w stosunkowo licznych wynikach badań, w których drzewostany stoków cienistych cechowały się korzystniejszymi cechami przyrostowymi niż te z wystaw świetlistych [Gieruszyński 1936; Ochrymowicz 1963; Fekedulegn i in. 2003; Socha 2008]. Dotychczasowe badania wpływu rzeźby terenu na cechy wzrostowe drzewostanów koncentrowały się jednak na terenach górzystych, podczas gdy dla obszarów nizinnych zagadnienie to jest relatywnie słabo rozpoznane. W odniesieniu do wydm śródlądowych badania dotyczące tej problematyki są bardzo nieliczne, co więcej – ich wyniki nie są jednoznaczne. Na podstawie badań wykonanych w drzewostanach sosnowych starszych klas wieku Rząsa [1962] stwierdził występowanie korzystniejszych bonitacji sosny na stokach północnych. W przeprowadzonych ostatnio badaniach w drzewostanach relatywnie młodych (5-34 lat) [Sewerniak 2016] oraz w pojedynczym starodrzewiu [Sewerniak i in. 2011] stwierdzono natomiast korzystniejsze cechy wzrostowe sosen na wystawach południowych. Z kolei kształtowanie się cech wzrostowych drzew w obniżeniach śródwymowych na tle stoków wydm nie było jak dotąd w ogóle badane.

Celem niniejszych badań było określenie wpływu rzeźby terenu (stoki o ekspozycji północnej, południowej oraz obniżenia śródwymowe) na bonitację i cechy wzrostowe (wysokość, pierśnica, smukłość) drzewostanów sosnowych na wydmach Kotliny Toruńskiej.

## Materiał i metody

Badania przeprowadzono w Kotlinie Toruńskiej, która stanowi jeden z obszarów o największym nagromadzeniu wydm śródlądowych w Polsce. Na wydmach Kotliny wyraźnie dominują relatywnie suche i ubogie w składniki pokarmowe gleby bielicowe [Bednarek, Jankowski 2006]. Ich rozległe arealy urozmaicone są występowaniem niewielkich (przeciętnie kilkuarowych), ale stosunkowo licznych konturów gleb obniżeń śródwymowych, które cechują się wyraźnie wyższym trofizmem oraz wilgotnością niż gleby stoków wydm [Jankowski 2001, 2014]. Teren badań

charakteryzuje się niewielką ilością opadów atmosferycznych (średnia wieloletnia 522,5 mm [Wójcik, Marciniak 2006]). Pod względem regionalizacji przyrodniczo-leśnej położony on jest w krainie III (Wielkopolsko-Pomorskiej), w Mezoregionie Kotliny Toruńsko-Płockiej [Zielony, Kliczkowska 2012].

Badania wykonano w lasach gospodarczych wschodniej części Puszczy Bydgoskiej (obszar Nadleśnictwa Gniewkowo oraz wschodnia część Nadleśnictwa Cierpiszewo), na 150 powierzchniach reprezentujących 3 położenia w rzeźbie terenu (stoki północne, stoki południowe oraz obniżenia śródwydmowe) i zlokalizowanych w drzewostanach sosnowych w wieku od 5 do 161 lat (tab. 1). W odniesieniu do stoków wydm powierzchnie zakładano parami, tzn. tak, aby w granicach jednego drzewostanu występowała powierzchnia na stoku północnym oraz południowym wydmy. Sprawiało to, że przeszłość (zabiegi hodowlane itp.) każdej pary powierzchni położonych na stokach była dla każdego drzewostanu bardzo zbliżona. Łącznie na stokach wydm założono 108 powierzchni badawczych (po 54 na stoku północnym i południowym). Zakładając powierzchnie badawcze w obniżeniach (42 powierzchnie), preferowano te same drzewostany, w których znajdowały się pary powierzchni na stokach. Ze względu na to, że nie w każdym drzewostanie sosnowym znajdowało się obniżenie śródwydmowe oraz że do badań zakwalifikowano obniżenia o powierzchni minimum 3 arów, taka lokalizacja była możliwa jedynie dla 16 powierzchni. Pozostałe powierzchnie obniżeń założono w drzewostanach sosnowych położonych w bezpośrednim sąsiedztwie badanych stoków. Według obowiązujących operatów glebowo-siedliskowych [Operat... 1999, 2000] niemal wszystkie badane powierzchnie (147) reprezentowały siedlisko boru świeżego, jedynie 3 badane obniżenia śródwydmowe stanowiły części niewielkich konturów boru mieszanego świeżego. Na wszystkich badanych powierzchniach występowało siedlisko umiarkowanie świeże, a poziom wody gruntowej znajdował się poza zasięgiem korzeni drzew.

Na każdej analizowanej powierzchni określono wysokość górną drzewostanu, mierząc wysokość 10 najgrubszych sosen przypadających na 10 arów [Bruchwald, Kliczkowska 1997]. W drzewostanach w wieku powyżej 10 lat zmierzono także pierśnicę tych drzew. W przypadku kiedy areał obniżenia śródwydmowego był mniejszy niż 10 arów, pomiarami objęto odpowiednio mniejszą (proporcjonalnie do powierzchni obniżenia) liczbę sosen.

Bonitację wzrostową drzewostanu, będącą jego potencjalną wysokością w wieku bazowym 100 lat ( $H_{100}$ ), obliczono dla każdej powierzchni na podstawie metody Bruchwalda i in. [2000], wykorzystując następujący wzór w celu obliczenia standaryzowanej wysokości drzewa:

$$A = \left( \frac{w}{22,222222 + 0,777778 \cdot w} \right)^2$$

gdzie:

$w$  – wiek drzewa.

**Tabela 1.**

Liczba badanych powierzchni w przedziałach wieku drzewostanów sosnowych  
Number of study plots by age classes of pine stands

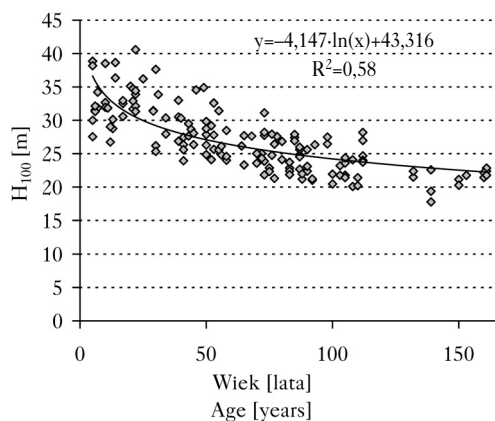
	≤20	21-40	41-60	61-80	81-100	>100
Stoki północne North-facing slopes	7	7	12	8	9	11
Stoki południowe South-facing slopes	7	7	12	8	9	11
Obniżenia śródwydmowe Intra-dune depressions	9	7	7	6	6	7

Tak uzyskane bonitacje wykazały silną ujemną korelację z wiekiem drzewostanu (ryc. 1), co mogłoby znacząco wpłynąć na wyniki przeprowadzanych porównań tego wskaźnika pomiędzy pozycjami w rzeźbie terenu. Z tego względu wpływ wieku na wyniki modelu bonitacyjnego został wyeliminowany, podobnie jak w badaniach Sewerniaka [2011]. Dla niniejszego materiału badawczego równanie regresji dla zależności wskaźnika  $H_{100}$  od wieku miało postać:  $H_{100} = -4,147 \cdot \ln(\text{wiek}) + 43,316$ , a wartość modelowa wysokości drzewostanu w wieku 100 lat ( $H_{100}$  dla 100 lat) wyniosła 24,22 m (ryc. 1).

Istotność różnic między średnimi analizowano w pakiecie Statistica 9.0 (StatSoft, Inc.). Zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Wallisa z wykorzystaniem opcji wielokrotnych porównań średnich rang w celu określenia istotności statystycznej ( $p < 0,05$ ) różnic między średnimi otrzymanymi dla badanych pozycji w rzeźbie terenu.

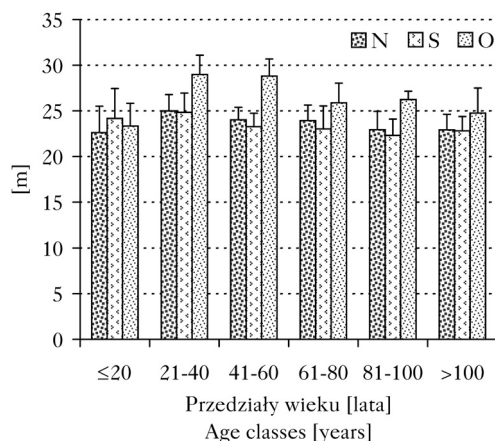
## Wyniki

**BONITACJA.** Dla wszystkich przedziałów wieku od 21 do 100 lat bonitacje drzewostanów sosnowych były konsekwentnie i istotnie statystycznie wyższe w obniżeniach w porównaniu ze stokami obu badanych ekspozycji (ryc. 2). Zależność ta zaznaczyła się także dla drzewostanów najstarszych (>100 lat), jednak dla tej grupy wiekowej uzyskana różnica nie była istotna statystycznie. Jedynym przedziałem wieku, dla którego bonitacje nie były najwyższe dla sosen rosnących w obni-



Ryc. 1.

Zależność wskaźnika  $H_{100}$  od wieku badanych drzewostanów sosnowych  
Relation between the  $H_{100}$  index and age of the studied pine stands

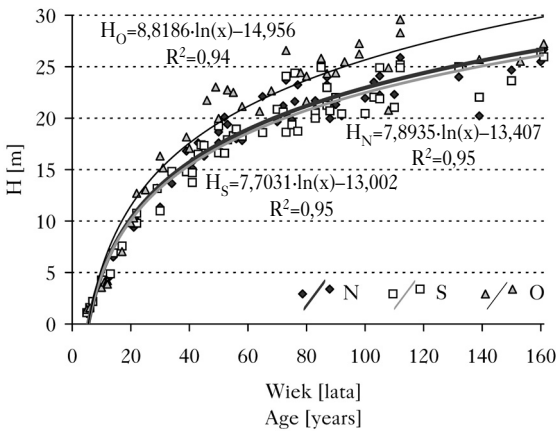


Ryc. 2.

Średnia (słupek) + odchylenie standardowe (wąs) bonitacja drzewostanów sosnowych na stokach północnych (N), południowych (S) i w obniżeniach śródownymowych (O) w klasach wieku  
Mean (bar) + standard deviation (whisker) site index of Scots pine stands located on north-facing slopes (N), south-facing slopes (S) and in intra-dune depressions (O) in age classes

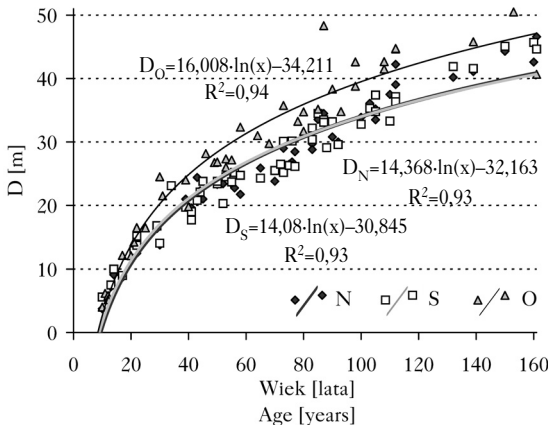
zeniach, były drzewostany w wieku do 20 lat, dla których najwyższą średnią wartość wskaźnika bonitacji stwierdzono dla stoków południowych. Różnice bonitacji sosny uzyskane w odniesieniu do stoków o kontrastowej ekspozycji były nieistotne statystycznie dla wszystkich analizowanych grup wiekowych, choć, poza grupą najmłodszą, wartości tego wskaźnika były konsekwentnie wyższe na stokach północnych niż południowych (ryc. 2).

**WYSOKOŚĆ, PIERŚNICA I SMUKŁOŚĆ.** Sosny rosnące w obniżeniach cechują się we wczesnym etapie wzrostu (do około 20 lat) podobnymi rozmiarami jak te wzrastające na stokach wydmy obu badanych wystaw. Dla drzewostanów starszych (w odniesieniu do tego samego wieku) stwierdzono natomiast wyraźnie większe rozmiary drzew rosnących w obniżeniach, co dotyczy zarówno ich wysokości, jak i pierśnicy (ryc. 3 i 4). Na terenie badań wysokość sosen dla wieku 100 lat jest w obniżeniach przeciętnie o około 3 m większa niż na stokach (25,7 vs. 22,9 m na stokach północnych i 22,5 m na południowych, ryc. 3), zaś pierśnica wyższa przeciętnie o około 5,5 cm (39,5 vs. 34,0 na stokach obu ekspozycji, ryc. 4). Różnice wysokości i pierśnicy sosen rosnących na stokach wydmy o różnej wystawie w największym stopniu zaznaczyły się dla drzewostanów najmłodszej grupy wiekowej (do 20 lat), w której dla wszystkich 7 badanych par powierzchni średnia wartość obu parametrów była niższa na stokach północnych (tab. 2). W odniesieniu do pierśnicy tendencja ta zaznaczyła się również dla drzewostanów w wieku 21-40 lat, w których znacznie częściej (86% drzewostanów) średnia tego parametru była wyższa na wystawie południowej. W starszych drzewostanach pierśnice sosen kształtowały się bardzo podobnie na obu ekspozycjach. Dla wszy-



**Ryc. 3.**

Wysokość (H) drzewostanów sosnowych na stokach północnych (N), południowych (S) i w obniżeniach śródwydmowych (O) w zależności od wieku  
 Height of pine stands located on north-facing slopes (N), south-facing slopes (S) and in intra-dune depressions (O) in relation to stand age



**Ryc. 4.**

Pierśnica (D) drzewostanów sosnowych na stokach północnych (N), południowych (S) i w obniżeniach śródwydmowych (O) w zależności od wieku  
 Diameter at the breast height of pine stands located on north-facing slopes (N), south-facing slopes (S) and in intra-dune depressions (O) in relation to stand age

stkich przedziałów wieku powyżej 20 lat wyraźnie częściej średnia wysokość sosen była większa na stokach północnych. Przewaga ta kształtowała się od 57% (drzewostany w wieku 21-40 lat) do 67% (81-100 lat) par powierzchni z drzewostanami poszczególnych przedziałów wieku (tab. 2). W odniesieniu do badanych pozycji w rzeźbie terenu najwyższą smukłością charakteryzowały się sosny porastające stoki północne (ryc. 5). W porównaniu z drzewami rosnącymi na wystawie południowej wyższa średnia wartość tego parametru była stwierdzana wyraźnie częściej na stokach północnych we wszystkich analizowanych grupach wiekowych drzewostanów (tab. 2). Sosny rosnące w obniżeniach cechowały się smukłością zbliżoną do tych na wystawie południowej (ryc. 5).

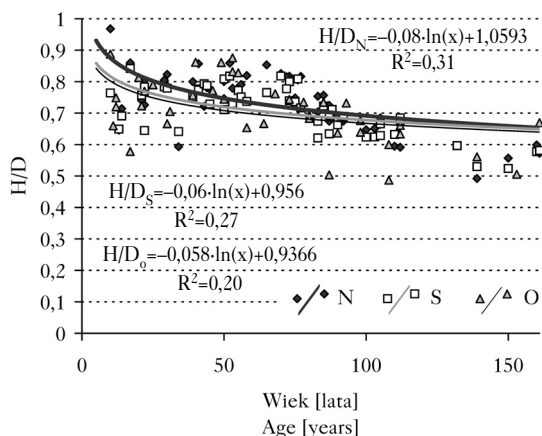
## Dyskusja

Wyniki niniejszych badań świadczą o tym, że na polach wydmy warunki produkcyjne dla gospodarki leśnej są bardziej zróżnicowane, niż je oceniano dotychczas. Ze względu na dużą jednorodność uziarnienia oraz składu chemicznego i mineralogicznego piasku wydmy [Plichta 1970; Bednarek, Jankowski 2006] pola wydmy uważane są tradycyjnie za obszary o wysokiej jednorodności także pod względem zróżnicowania gleb oraz wartości produkcyjnej (relatywnie niskiej) dla gospodarki leśnej [Prusinkiewicz 1961; Rząsa 1962; Siedliskowe... 2004]. Tymczasem w ostatnich latach w literaturze opisano gleby występujące w obniżeniach śródwymowych, które cechują się wyraźnie większą wilgotnością i zasobnością w składniki pokarmowe niż gleby stoków wydmy [Jankowski 2001, 2014]. Jak wykazały wyniki niniejszych badań, odmienność ta ma istotne znaczenie dla różnicowania warunków produkcyjnych pól wydmy, gdyż sosny rosnące w obniżeniach śródwymowych cechują się wyraźnie wyższą dynamiką wzrostu niż te ze stoków wydmy. Obecność gleb śródwymowych jest najczęściej pomijana w opracowaniach glebowo-siedliskowych, jednak ze względu na potencjalnie wyraźnie

Tabela 2.

Udział [%] drzewostanów w przedziałach wieku, dla których średnia wartość wysokości (H), pierśnicy (D) lub smukłości (H/D) była wyższa na stoku północnym niż południowym  
Share [%] of stands in age classes for which height (H), diameter (D) or slenderness (H/D) was higher on north- than on south-facing slopes

	≤20	21-40	41-60	61-80	81-100	>100
H	0	57	58	63	67	64
D	0	14	50	50	45	45
H/D	75	71	67	87	78	55



Ryc. 5.

Smukłość (H/D) drzewostanów sosnowych na stokach północnych (N), południowych (S) i w obniżeniach śródwymowych (O) w zależności od wieku

Slenderness of pine stands located on north-facing slopes (N), south-facing slopes (S) and in intra-dune depressions (O) in relation to stand age

wyższą w porównaniu z pedonami stoków wydym produktywność tych gleb dla gospodarki leśnej powinny być one uwzględniane w tych pracach. Z uwagi na niewielkie powierzchnie pojedynczych płatów gleb obniżeń śródwydmowych (najczęściej kilka arów) nie zawsze może być zasadne zaznaczanie ich konturów na mapach glebowo-siedliskowych, tym bardziej że ich pozycja w krajobrazie jest czytelna i są one łatwe do zlokalizowania w terenie (w Kotlinie Toruńskiej gleby te występują powszechnie w bezodpływowych zagłębieniach na polach wydmych [Jankowski 2001]). Obecność gleb obniżeń śródwydmowych powinna być jednak bezwzględnie ujęta w części opisowej operatu glebowo-siedliskowego.

O ile wyraźnie wyróżniająca się pod względem warunków glebowych i produkcyjnych dla gospodarki leśnej wartość gleb obniżeń śródwydmowych na tle stoków wydym wydaje się niepodważalna, to możliwość i sposób wykorzystania walorów tych gleb w hodowli lasu są obecnie dyskusyjne. Wobec powszechnego braku wykazywania obecności gleb śródwydmowych w operatach glebowo-siedliskowych są one często podczas zakładania upraw traktowane identycznie jak gleby bielcowe stoków wydym z wprowadzeniem sosny z domieszką brzozy. Odmienność obniżeń wykorzystywana jest niekiedy do wprowadzenia kęp świerka, jednak wydaje się, że ze względu na wyraźnie wyróżniające się warunki glebowe w otaczającym ubogim krajobrazie wydmych [Jankowski 2001, 2014] mogłyby one być wykorzystywane do wprowadzania biogrup gatunków liściastych do monokultur sosnowych porastających pola wydmy. Ocena możliwości takiego sposobu postępowania wymagałaby przeprowadzenia doświadczeń, najlepiej z udziałem mezotroficznych gatunków o fitomelioracyjnym wpływie na glebę, przy jednoczesnej relatywnie wysokiej ich odporności na wzrost w warunkach zwiększonego ryzyka występowania przymrozków (np. grab pospolity).

W świetle powyższych rozważań wyjaśnienia wymaga relatywnie słaby wzrost sosny w obniżeniach śródwydmowych stwierdzony dla drzewostanów młodszych niż około 20 lat. Wydaje się, że jest to spowodowane przede wszystkim przez konkurencyjny wpływ trzcinnika piaskowego. Gatunek ten powszechnie, często zwartą pokrywą, porasta kontury obniżeń śródwydmowych w Kotlinie Toruńskiej [Jankowski 2014], co niewątpliwie negatywnie wpływa na cechy wzrostowe młodych drzew.

Wpływem runa można także w dużej mierze tłumaczyć różnice we wzroście młodych sosen na stokach wydym o kontrastowej ekspozycji. W warunkach drzewostanów gospodarczych wydym Kotliny Toruńskiej stoki północne są, w porównaniu z wystawami południowymi, znacznie silniej porośnięte przez śmiałek pogięty, co ma wyraźny wpływ na obniżenie cech wzrostowych młodych drzew na wystawach cienistych [Sewerniak i in. 2012; Sewerniak 2016], pomimo występujących tam potencjalnie korzystniejszych warunków glebowych (większej zasobności w składniki pokarmowe i większej wilgotności) niż na wystawach południowych [Sewerniak i in. 2011, 2012]. Wydaje się, że po kilku pierwszych latach życia, kiedy konkurencyjny wpływ runa na wzrost drzew traci na znaczeniu, sosny zaczynają uzewnętrzniać w swym wzroście korzystniejsze warunki siedliskowe stoków północnych wydym. Drzewa wystaw cienistych stopniowo nadrabiają zaległości we wzroście i już od około 20.-30. roku życia cechują się przeciętnie korzystniejszymi cechami wzrostowymi niż te ze stoków południowych. Ma to potwierdzenie w wynikach innych autorów, którzy stwierdzali występowanie drzewostanów o korzystniejszych cechach produkcyjnych na stokach północnych niż południowych [Gieruszyński 1936; Ochrymowicz 1963; Fekedulegn i in. 2003; Socha 2008], także w odniesieniu do terenów wydmych [Rząsa 1962]. Kucharzyk i Sugiero [2007] stwierdzili co prawda występowanie zależności odwrotnej w buczynach bieszczadzskich, jednak było to spowodowane korzystniejszymi warunkami termicznymi wystawy świetlistej, gdyż badania były prowadzone w warunkach górskich przy górnej granicy lasu.



Wyższą smukłość sosen stwierdzaną w niniejszych badaniach dla ekspozycji północnej można tłumaczyć powszechnie znaną wysoką światłożądnością badanego gatunku [Obmiński 1970]. Ze względu na relatywnie najłabsze doświetlenie koron konkurencja wewnątrzgatunkowa w stosunku do światła jest na tej ekspozycji najsilniejsza spośród wszystkich analizowanych pozycji w reliefie, co odzwierciedla się w stwierdzonych różnicach w smukłości drzew. Zależność wielkości tego parametru dla sosny zwyczajnej od warunków świetlnych jest powszechnie znana, była ona udokumentowana np. dla odsłanianych podokapowych podrostów sosnowych [Andrzejczyk 2003]. W przypadku porównawczych badań prowadzonych w drzewostanach sosnowych na stokach o cieniściej i świetliściej wystawie interesujące mogłoby być prześledzenie kształtu koron drzew pod kątem występowania silniejszych cech fototropicznych na wystawach północnych. Zjawisko to nie było badane w niniejszej pracy.

## Wnioski

- ✦ Zróżnicowanie warunków produkcyjnych dla gospodarki leśnej jest na polach wydm śródlądowych większe, niż dotychczas uważano.
- ✦ Mikrosiedliska obniżeń śródwydmowych cechują się wyraźnie wyższym potencjałem produkcyjnym dla gospodarki leśnej niż stoki wydm. Ich obecność powinna być uwzględniana podczas wykonywania operatów glebowo-siedliskowych. Należy rozważyć i zbadać w drodze praktycznych doświadczeń możliwość wykorzystania obniżeń śródwydmowych do wprowadzania biogrup gatunków liściastych w monokulturach sosnowych porastających pola wydymowe.
- ✦ W pierwszych latach wzrostu (do około 20 lat) sosny na wydmach Kotliny Toruńskiej cechują się większą wysokością i pierśnicą na stokach południowych niż północnych. W dalszym okresie życia zaznacza się jednak występowanie zależności przeciwnej.
- ✦ Sosny rosnące na północnych stokach wydm Kotliny Toruńskiej cechują się większą smukłością niż te rosnące na stokach południowych i w obniżeniach śródwydmowych.

## Podziękowanie

Autor serdecznie dziękuje pracownikom nadleśnictw Gniewkowo oraz Cierpiszewo za przychylność dla prowadzenia badań na wydmach Kotliny Toruńskiej.

## Literatura

- Andrzejczyk T. 2003. Różnowiekowe drzewostany sosnowe. Powstawanie, struktura, hodowla. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Bednarek R., Jankowski M. 2006. Gleby. W: Andrzejewski L., Weckwerth P., Burak S. [red.]. Toruń i jego okolice. Wyd. UMK, Toruń. 153-175.
- Bolibok L., Brach M., Szeliński H., Orzechowski M. 2015. Wpływ wysokości otaczającego drzewostanu, wystawy i pochyleń terenu na mikroklimat radiacyjny na gnieździe – wyniki modelowania. Sylwan 159 (10): 813-823.
- Bruchwald A., Kliczkowska A. 1997. Kształtowanie się bonitacji dla drzewostanów sosnowych Polski. Prace IBL A 838: 63-73.
- Bruchwald A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 2000. Analiza funkcji wzrostu wysokości dla różnych regionów Polski. W: Bruchwald A. [red.]. Przestrzenne zróżnicowanie wzrostu sosny. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa. 84-91.
- Cantlon J. E. 1953. Vegetation and microclimates on north and south slopes of Cushtunk Mountain, New Jersey. Ecological Monographs 3: 241-270.
- Egli M., Mirabella A., Sartori G., Zanelli R., Bischof S. 2006. Effect of north and south exposure on weathering rates and clay mineral formation in Alpine soils. Catena 67: 155-174.
- Fekedulegn D., Hicks R. R., Colbert J. J. 2003. Influence of topographic aspect, precipitation and drought on radial growth of four major tree species in an Appalachian watershed. For. Ecol. a. Manage. 177: 409-425.
- Gieruszyński T. 1936. Wpływ wystawy na wzrost i zasobność drzewostanów świerkowych w Karpatach Wschodnich. Sylwan 54 (1): 47-93.
- Jankowski M. 2001. Warunki występowania, właściwości i geneza gleb śródwydmowych wzbogaconych w żelazo. Rocz. Glebozn. 52 (supl.): 49-63.



- Jankowski M. 2014. The evidence of lateral podzolization in sandy soils of northern Poland. *Catena* 112: 139-147.
- Kucharzyk S., Sugiero D. 2007. Zróżnicowanie dynamiki procesów lasotwórczych w buczynach bieszczadzkich w zależności od wystawy i wzniesienia. *Sylwan* 151 (7): 29-38.
- Kuźnicki F., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P. 1974. Charakterystyka procesu bielnicowania w glebach wytworzonych z piasków wydmywanych Puszczy Kampinoskiej. *Roczn. Glebozn.* 23 (2): 25-51.
- Namikawa K., Okamoto S., Sano J. 2000. Edaphic controls on mosaic structure of the mixed deciduous broadleaf/conifer forest in northern Japan. *For. Ecol. a. Manage.* 127: 169-179.
- Obmiński Z. 1970. Zarys ekologii. W: Białobok S. [red.]. *Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L.* PWN, Warszawa – Poznań. 152-231.
- Ochrymowicz F. 1963. Wpływ wystawy na kształtowanie się zasobności drzewostanów bukowych *Sylwan* 107 (1): 35-50.
- Operat glebowo-siedliskowy Nadleśnictwa Cierpiszewo. 2000. Biuro Usług Techniczno-Leśnych „BUTEL”, Toruń.
- Operat glebowo-siedliskowy Nadleśnictwa Gniewkowo. 1999. Biuro Usług Techniczno-Leśnych „BUTEL”, Toruń.
- Plichta W. 1970. Wpływ wieku na stopień zbielnicowania gleb wytworzonych z piasków wydmywanych mierzei Świny. *Studia Soc. Sci. Tor.* 7 (3): 1-64.
- Prusinkiewicz Z. 1961. Zagadnienia leśno-gleboznawcze na obszarze wydmy nadmorskich Bramy Świny. *Bad. Fizj. nad Polska Zach.* 7: 25-127.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1990. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL, Warszawa.
- Pueyo Y., Alados C. L., Maestro M., Komac B. 2007. Gypsophile vegetation patterns under a range of soil properties induced by topographical position. *Plant Ecology* 189: 301-311.
- Rezaei S. A., Gilkes R. J. 2005. The effects of landscape attributes and plant community on soil chemical properties in rangelands. *Geoderma* 125: 167-176.
- Rzasa S. 1962. Badania terenowe i laboratoryjne nad produktywnością gleb leśnych wytworzonych z piasków luźnych w Nadleśnictwie Osiek. *Folia For. Polon., A* 1: 83-171.
- Seibert J., Stendahl J., Sørensen R. 2007. Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma* 141: 139-148.
- Sewerniak P. 2011. Wpływ uziarnienia gleby na bonitację drzewostanów sosnowych w południowo-zachodniej Polsce. *Leśn. Pr. Bad.* 72 (4): 311-319.
- Sewerniak P. 2016. Differences in early dynamics and effects of slope aspect between naturally regenerated and planted *Pinus sylvestris* woodland on inland dunes in Poland. *iForest (early view)*.
- Sewerniak P., Bednarek R., Szymańska A. 2011. Ekspozycja stoków wydmy w Kotlinie Toruńskiej a wybrane elementy ekosystemu boru sosnowego – wstępne wyniki badań. *Leśn. Pr. Bad.* 72 (4): 311-319.
- Sewerniak P., Gonet S. S., Quaium M. 2012. Wpływ przygotowania gleby frezem leśnym na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach ubogich siedlisk Puszczy Bydgoskiej. *Sylwan* 156 (11): 871-880.
- Siedliskowe podstawy hodowli lasu. 2004. ORWLP, Bedoń.
- Socha J. 2008. Effect of topography and geology on the site index of *Picea abies* in the West Carpathian, Poland. *Scand. J. of For. Res.* 23: 203-213.
- Świtoniak M. 2015. Issues relating to classification of colluvial soils in young morainic areas (Chełmno and Brodnica Lake District, northern Poland). *Soil Science Annual* 66 (2): 57-66.
- Wójcik G., Marciniak K. 2006. *Klimat*. W: Andrzejewski L., Weckwerth P., Burak S. [red.]. Toruń i jego okolice. Wyd. UMK, Toruń. 99-128.
- Yimer F., Ledin S., Abdelkadir A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *For. Ecol. a. Manage.* 232: 90-99.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. CILP, Warszawa.