

Sukcesja wtórna drzew w krajobrazie wydymowym stałej powierzchni badawczej Glinki w świetle analizy GIS

Secondary succession of trees in the dune landscape of the “Glinki” long-term research area – analysis with GIS

Piotr Sewerniak*, Łukasz Mendyk

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Gleboznawstwa i Kształtowania Krajobrazu, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

Tel. +48 56 6112551, e-mail: sewern@umk.pl

Abstract. The aim of the study was to present the main characteristics of the “Glinki” research area together with results of the first measurements on tree number, density, distribution and species composition carried out in 2011. The research was conducted in a free-of-forest management part of the Toruń military area which is located in one of the biggest inland dune fields of Europe. The “Glinki” research area was established in 2011 and consists of two plots (together 26.3 ha), which are in close proximity to each other. After the last fire in 1991, secondary succession has been the main factor shaping vegetation on both plots. For every plot, the location of all trees of at least 1 m height (560 in plot I and 292 in plot II) was determined. These measurements were subjected to spatial analysis in ArcGIS 9.3 with special emphasis on the exposure of the dune slopes. The main tree species on both plots were Scots pine, *Pinus sylvestris*, and birch, *Betula pendula*, (82 % and 17 % of all trees respectively). Tree density 20 years after the last fire was very low (32 trees/ha), which mainly resulted from the lack of a sufficient source of seeds in the close vicinity of the plots during the first years after the fire. We also found that tree distribution was related to the main direction of seed inflow and land relief. Tree density was much higher on dune slopes with a northern exposure when compared to other slope exposures, which resulted from different site conditions on the different slopes.

Keywords: relief, slope aspect, Podzols, military area, spatial analysis.

1. Wstęp

W badaniach nad funkcjonowaniem ekosystemów leśnych, w tym także nad przebiegiem sukcesji zespołów roślinnych, szczególną wartość mają prace długoterminowe, prowadzone na stałych powierzchniach badawczych (Faliński 2001; Falińska 2003). Długoterminowe badania na stałych powierzchniach są jednak nieliczne, a część z tych, które były zamierzone na dekady, zostały zaniechane po kilku lub kilkunastu latach (Faliński 2001). Prawdopodobnie wynikało to m.in. ze słabego udokumentowania stanu wyjściowego badanych powierzchni (np. nieprecyzyjnego określenia ich granic), co uniemożliwiało kontynuację pomiarów przez kolejne pokolenia badaczy.

Optymalnymi obiektami do prowadzenia długookresowych badań naturalnych procesów ekologicznych w ekosystemach leśnych są powierzchnie wyłączone z gospodarki leśnej. Z tego względu badania tego typu prowadzone są często na obszarach ściśle chronionych (Linder 1998; Bernadzki

et al. 1998) lub na powierzchniach wyłączonych z intensywnych działań gospodarczych, na których miały miejsce klęski naturalne (Hibbs 1983; Rykowski 2012). Cennymi obiektami do długoterminowych badań sukcesji lasu są także wylesione w przeszłości do celów militarnych tereny poligonów wojskowych. Szczególnie dużą wartość przedstawiają obiekty opuszczone przez wojsko, a także peryferyjne części pól roboczych czynnych poligonów, które czasami są całkowicie wyłączone z bezpośredniego oddziaływania wojska, a ponadto nie prowadzi się na nich gospodarki leśnej.

Zarastanie pola roboczego toruńskiego poligonu jest od wielu lat obserwowane przez leśników, żołnierzy, a także naukowców (Chojnacka et al. 2010), jednak dotychczas nie podjęto szerszych badań mających na celu szczegółowe rozpoznanie i dokumentowanie przebiegu tego procesu. Podobna sytuacja dotyczy innych poligonów w Polsce, co sprawia, że wysoki potencjał tych obiektów do badań naturalnych procesów ekologicznych jest niemal zupełnie niewykorzystywany.

Wpłynęło: 21.06.2014 r., zrecenzowano: 16.09.2014 r., zaakceptowano: 9.10.2014 r.

Celem założenia stałej powierzchni Glinki na terenie toruńskiego poligonu artyleryjskiego było rozpoczęcie długoterminowych badań sukcesji lasu w warunkach ubogich siedlisk śródlądowych pól wydmych. Celem niniejszej pracy jest natomiast przedstawienie głównych charakterystyk założonej powierzchni (historia terenu, lokalizacja, położenie granic) oraz wyników (liczba, zagęszczenie, skład gatunkowy oraz rozmieszczenie drzew) pierwszego etapu badań przeprowadzonego w 2011 r. W analizie rozmieszczenia drzew szczególną uwagę poświęcono wpływowi ekspozycji stoków wydmy, gdyż czynnik ten odgrywa ważną rolę w kształtowaniu fitocenozy pola roboczego toruńskiego poligonu (Jankowski 2010; Sewerniak et al. 2013).

2. Obiekt badań i charakterystyka założonej powierzchni

Badania przeprowadzono na terenie toruńskiego poligonu artyleryjskiego położonego we wschodniej części Puszczy Bydgoskiej, na terenie obrębu Otłoczyn Nadleśnictwa Gniewkowo. Poligon ten położony jest na jednym z największych pól wydmy śródlądowych w Europie. Jest to jedyny wielkopowierzchniowy obiekt militarny w Polsce położony w krajobrazie o dużym nagromadzeniu form eolicznych. Obecność licznych wydmy sprawia, że obszar ten cechuje się urozmaiconą rzeźbą terenu, co predysponowało go do strzałań artyleryjskich. Teren badań cechuje się występowaniem niewielkich opadów atmosferycznych ze średnią wieloletnią 522,5 mm (Wójcik, Marciniak 2006).

Toruński poligon jest jednym z największych czynnych poligonów w Polsce, jego powierzchnia wynosi około 12,4 tys. ha (Wasilewski 2004). Teren poligonu dzieli się na dwie strefy funkcjonalne. Jego centralną część, o powierzchni około 6 tys. ha, stanowi tzw. pole robocze, na którym koncentrują się działania wojska. Strefa ta była w przeszłości etapami wylesiana w celu odsłonięcia terenu do celów militarnych. Obecnie na polu roboczym dominują wrzosowiska oraz zbiorowiska trawiaste,

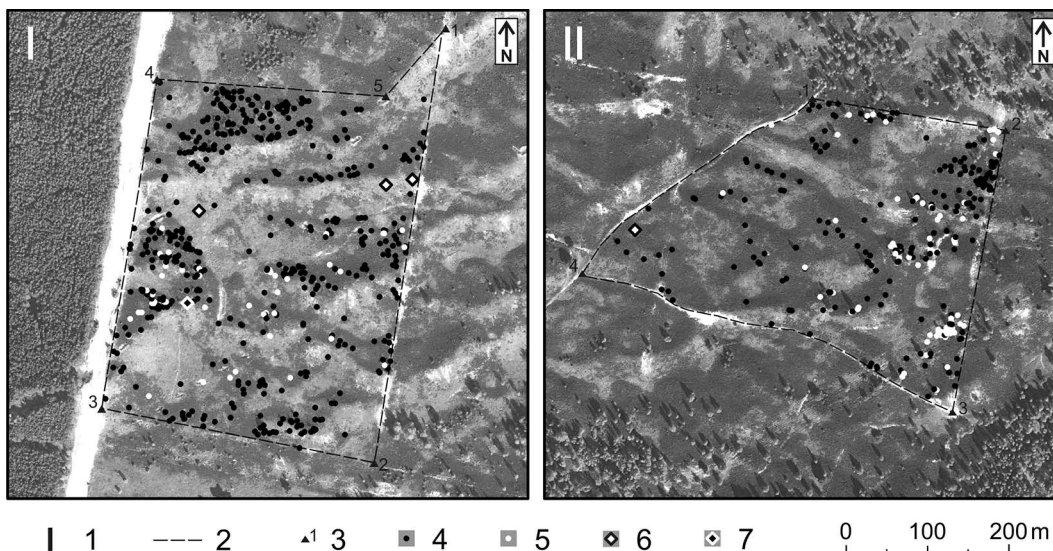
które zarastane są głównie przez sosnę zwyczajną (*Pinus sylvestris*) i brzozę brodawkowatą (*Betula pendula*). Miejscami występują także drzewostany sosnowe i brzożowe naturalnego pochodzenia, w których prowadzona jest, przeważnie ekstenzywna, gospodarka leśna. Drugą funkcjonalną strefę poligonu stanowi obszar porośnięty przez produkcyjne bory sosnowe, w których prowadzi się standardową gospodarkę leśną. Strefa ta tworzy zewnętrzny pas buforowy dla działań militarnych prowadzonych na polu roboczym poligonu.

Powierzchnię badawczą Glinki założono w zachodniej części pola roboczego poligonu. Tworzą ją dwa oddalone od siebie o około 1 km poletka badawcze, których powierzchnie, adres leśny oraz współrzędne GPS charakterystycznych punktów granicznych (w układzie WGS 84) przedstawiono w tabeli 1. W celu łatwiejszego odnalezienia granic założonych poletek w przyszłości, w ich wytyczeniu wykorzystano czytelne obiekty terenowe (pas przeciwpożarowy, linie oddziałowe i drogi gruntowe, ryc. 1).

Tabela 1. Powierzchnia oraz dane dotyczące lokalizacji poletek badawczych

Table 1. Area and data concerning location of the investigated plots

| Nr poletka Plot no. | Powierzchnia Area [ha] | Oddział Forest compartment | Położenie punktów granicznych Coordinates of border points |
|------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|
| I | 14,87 | 206a | N52 56.121, E18 34.128 N52 55.833, E18 34.052 N52 55.867, E18 33.752 N52 56.086, E18 33.811 N52 56.076, E18 34.063 |
| II | 11,43 | 278a, 279a | N52 55.398, E18 34.066 N52 55.377, E18 34.281 N52 55.192, E18 34.224 N52 55.282, E18 33.819 |



Rycina 1. Lokalizacja poletek badawczych na zdjęciu lotniczym wraz z rozmieszczeniem drzew. Oznaczenia: 1 – nr poletka badawczego, 2 – granice poletek, 3 – punkt graniczny (por. tab. 1), 4 – sosna, 5 – brzoza, 6 – grusza, 7 – osika.

Figure 1. Location of the investigated plots shown in aerial photos together with distribution of trees. Explanations: 1 – plot number, 2 – borders of the plots, 3 – the boundary points described in the Table 1, 4 – Scots pine, 5 – silver birch, 6 – European pear, 7 – European aspen.

Oba badane poletka położone są na terenie silnie zwydmionym, cechującym się pagórkowatą rzeźbą terenu. W południowej części poletka I występuje niewielki fragment IX terasy Wisły (Weckwerth 2010) o wysokości 70 m n.p.m., co stanowi najniższą rzędną badanej powierzchni. Najwyższym punktem poletka I (98 m n.p.m.) jest kulminacja wydmy znajdującej się w jego północno-wschodniej części. Poletko II w całości położone jest w obrębie kilku połączonych ze sobą wydm. Wysokość tego poletka wynosi 73–88 m n.p.m. Na obu poletkach dominują gleby bielcowe, które są często w różnym stopniu zerodowane na skutek uruchomionych po wylesieniu procesów niszczących (głównie deflacji). Na bardziej podatnych na te procesy stokach południowych rozwianie stropu gleb bielcowych jest na tyle głębokie, że obecnie są one klasyfikowane jako arenosole (Jankowski 2010; Sewerniak et al. 2013). Na powierzchni Glinki, w formie niewielkich konturów, występują także śródwymowe gleby wzbogacone w żelazo (Jankowski 2001, 2014), gleby przekształcone antropogenicznie, a na fragmencie terasy rzecznej poletka I także gleby rdzawe.

Część pola roboczego, w której założono powierzchnię Glinki, została wylesiona do celów militarnych (z pozostawieniem niewielkich kęp drzewostanów sosnowych, miejscami z udziałem brzozy) w latach 50. XX wieku. Na powierzchni kilkuset hektarów roślinność odnawiająca się w drodze naturalnej sukcesji uległa spaleniowi podczas pożaru latem 1989 r. Ostatnim pożarem, który miał miejsce na obu analizowanych poletkach, był pożar z lata 1991 r., kiedy spłonęły głównie trawy kolonizujące otwartą przestrzeń. Po obu pożarach, na wyznaczonej do badań powierzchni przeżyły jedynie pojedyncze drzewa. W celu zmniejszenia ryzyka wystąpienia kolejnego pożaru powierzchnię Glinki zlokalizowano w peryferyjnej w stosunku do działań wojska części pola roboczego poligonu. Założona powierzchnia, po ustaleniach z Nadleśnictwem Gniewkowo oraz komendą poligonu, ma obecnie status oficjalnej stałej powierzchni badawczej Katedry Gleboznawstwa i Kształtowania Krajobrazu UMK w Toruniu.

3. Metody badań

Badania terenowe, obejmujące wyznaczenie granic poletek oraz lokalizację drzew, wykonano jesienią 2011 r. Pomiarami objęto wszystkie drzewa występujące na obu poletkach, których wysokość wynosiła przynajmniej 1,0 m. Położenie drzew określono wykorzystując odbiornik GPS Garmin eTrex Vista HCx.

Analizy GIS, obliczenia powierzchni oraz prace kartograficzne wykonano za pomocą oprogramowania ArcGIS 9.3. Pierwszym etapem była digitalizacja warstw z mapy topograficznej w skali 1:10 000. Uzyskane w ten sposób wektorowe dane wysokościowe poddane zostały interpolacji za pomocą metody naturalnego sąsiedztwa (wykorzystano narzędzie Spatial Analyst Tools). Tak otrzymany numeryczny model terenu w postaci rastrowej był podstawą dalszych analiz. Wyznaczono obszary stoków o wystawie północnej (przyjęta wartość azymutu dla wystawy: 315°–45°), wschodniej

(45°–135°), południowej (135°–225°) i zachodniej (225°–315°). Określone w ten sposób obszary (4 klasy wynikowe odpowiadające poszczególnym wystawom stoków dla każdego poletka) porównano z bazą danych zawierającą informacje o pozycji GPS drzew. Uzyskano w ten sposób informacje o liczbie i zagęszczeniu drzew występujących w ramach wyznaczonych ekspozycji stoku. W analizie uwzględniono nachylenie terenu większe niż 5°. Stoki spełniające przyjęte kryterium nachylenia zostały określone w programie ArcGIS 9.3. z wykorzystaniem narzędzia 3D Analyst Tools.

4. Wyniki

Liczba, zagęszczenie i skład gatunkowy drzew

Na badanej powierzchni stwierdzono występowanie 852 drzew (560 na poletku I i 292 na poletku II) o wysokości 1 m lub wyższej, wśród których zdecydowanie przeważała sosna zwyczajna (700 szt.) i brzoza brodawkowata (147 szt.). Oprócz tych gatunków odnotowano jedynie 5 innych drzew (4 okazy gruszy pospolitej oraz 1 topoli osiki). Na obu poletkach wystąpiła znaczna przewaga sosny nad brzozą, jednak była ona wyraźnie większa na poletku I niż II (odpowiednio 9 i 2 razy więcej sosen niż brzoź, tab. 2).

Tabela 2. Liczba i zagęszczenie drzew

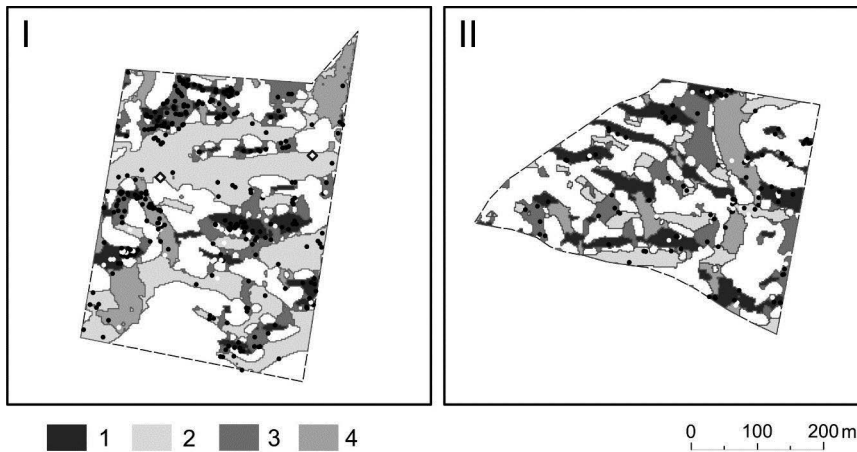
Table 2. Number of trees and tree density

| Nr poletka Plot no. | Liczba drzew [szt.] Number of trees [pcs.] | | | Zagęszczenie [szt./ha] Tree density [pcs./ha] | | |
|------------------------|---|---------------|-----------------|--|---------------|-----------------|
| | Σ | sosna pine | brzoza birch | Σ | sosna pine | brzoza birch |
| I | 560 | 503 | 53 | 38 | 34 | 4 |
| II | 292 | 197 | 94 | 25 | 17 | 8 |
| I + II | 852 | 700 | 147 | 32 | 27 | 6 |

Zagęszczenie drzew stwierdzone na powierzchni Glinki po dwudziestu latach od ostatniego pożaru było niewielkie. Łącznie dla całej powierzchni wyniosło ono 32 drzewa na hektarze. Wartość tego parametru na poletku I była wyraźnie wyższa niż na poletku II (odpowiednio 38 i 25 drzew/ha), co wynikało głównie z różnicy w zagęszczeniu sosen. Odwrotnie kształtowało się zagęszczenie brzoź, które na poletku II było dwukrotnie większe niż na poletku I (tab. 2). Ze względu na relatywnie niewielką liczebność brzoź nie wpłynęło to jednak znacząco na różnicę zagęszczenia wszystkich drzew na obu poletkach.

Rozmieszczenie drzew na tle rzeźby terenu

Rozmieszczenie drzew na powierzchni Glinki, z uwzględnieniem ich gatunku, przedstawiono na rycinie 1. Stwierdzono wyraźne różnice w koncentracji drzew w zależności od wystawy stoku (ryc. 2). Na obu poletkach stoki północne, w porównaniu ze wszystkimi innymi wystawami, cechowały się największą liczbą drzew, a także największym ich zagęszczeniem (tab. 3).



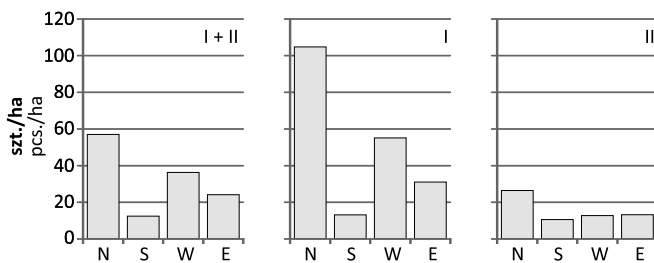
Rycina 2. Rozmieszczenie stoków wydm z zaznaczonymi występującymi na nich drzewami. Oznaczenia: 1 – stoki północne, 2 – stoki południowe, 3 – stoki zachodnie, 4 – stoki wschodnie; pozostałe oznaczenia jak na ryc. 1.

Figure 2. Location of dune slopes with position of trees occurring on the slopes. Explanations: 1 – northern slopes, 2 – southern slopes, 3 – western slopes, 4 – eastern slopes; other denotes as in the fig. 1.

Tabela 3. Łączna powierzchnia stoków o różnej wystawie oraz zagęszczenie występujących na nich drzew

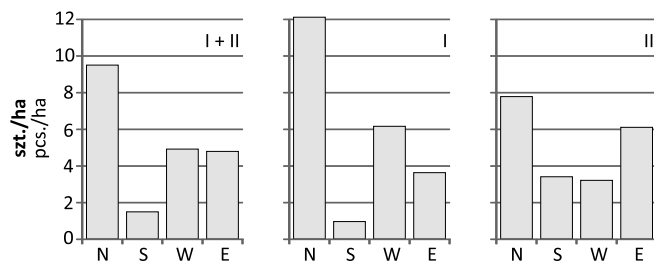
Table 3. Total area of slopes of different aspect and tree density in relation to slope aspect

| Nr poletka Plot no. | Łączna powierzchnia stoków [ha] o wystawie Summary slope area [ha] of aspect | | | | Drzewa ogółem [szt./ha] Number of trees of all species per 1 ha | | | |
|------------------------|---|------|------|------|--|------|------|------|
| | N | S | W | E | N | S | W | E |
| I | 1,23 | 4,64 | 1,61 | 1,38 | 117,3 | 13,2 | 61,3 | 34,7 |
| II | 1,92 | 1,19 | 1,25 | 1,30 | 33,8 | 13,4 | 16,8 | 19,7 |
| I + II | 3,16 | 5,83 | 2,86 | 2,69 | 66,5 | 13,4 | 41,9 | 27,9 |



Rycina 3. Zagęszczenie sosen na stokach o różnej wystawie (cyfry rzymskie oznaczają nr poletka)

Figure 3. Density of pine in relation to slope aspect (Roman numerals indicate no. of a plot)



Rycina 4. Zagęszczenie brzoź na stokach o różnej wystawie (cyfry rzymskie oznaczają nr poletka)

Figure 4. Density of birch in relation to slope aspect (Roman numerals indicate no. of a plot)

Różnice w zagęszczeniu drzew w zależności od ekspozycji stoku były bardzo wyraźne w przypadku obu dominujących gatunków drzew występujących na powierzchni Glinki (ryc. 3 i 4). Pod względem tego parametru szczególnie silnie różniły się dwie kontrastowe wystawy pod względem usłonecznienia: północna i południowa, jednak warto zwrócić uwagę, że różnice zagęszczenia obu gatunków między tymi ekspozycjami były większe na poletku I niż na poletku II. Zagęszczenie sosen na poletku I było niemal dziewięciokrotnie większe na stokach północnych niż na południowych (odpowiednio 105,2 i 12,3 szt./ha), a brzoź aż trzynastokrotnie (12,1 i 0,9 szt./ha). W przypadku poletka II różnice zagęszczenia były znacznie mniejsze: zagęszczenie sosen na stokach północnych było 2,6 razy większe niż na stokach południowych (26,0 i 10,0 szt./ha), a zagęszczenie brzoź – 2,3 razy (7,8 i 3,4 szt./ha). Znacznie mniejsze były różnice w zagęszczeniu sosen i brzoź między ekspozycją zachodnią i wschodnią, przy czym na poletku I większe zagęszczenie drzew zostało stwierdzone na stokach zachodnich, a na poletku II – na wschodnich (ryc. 3, 4). Na fragmencie terasy rzecznej występującej na poletku I zagęszczenie drzew wyniosło 25 drzew/ha.

5. Dyskusja

Nawiązując do terminologii zaproponowanej przez Falińskiego (1986) powierzchnia Glinki reprezentowała w 2011 r. optymalne stadium sukcesji wtórnej rekreacyjnej w serii borowej. Dominująca rola sosny i brzozy w rekolonizacji tej powierzchni przez drzewa po pożarze nie jest zaskoczeniem, gdyż są to gatunki pionierskie, których odnawianie się w warunkach naturalnych często wiązane jest z występowaniem zaburzeń (Brzeziecki 2000). Roślinnością potencjalną ubogich siedlisk pól wydmowych Puszczy Bydgoskiej jest głównie kontynentalny bór sosnowy świeży *Peucedano-Pinetum* (Chojnacka et al. 2010; Gugnacka-Fiedor, Adamska 2010), można się więc spodziewać, że przewaga sosny nad brzozą, w miarę zbliżania się do terminalnego stadium sukcesji, ulegnie na badanych poletkach zwiększeniu. Ze względu na niski trofizm siedlisk można zakładać, że różno-

rodność gatunkowa wkraczających na powierzchnię Glinki drzew będzie w przyszłości mniejsza niż na powierzchniach założonych w warunkach siedlisk żyzniejszych (Hibbs 1983; Bernadzki et al. 1998). Relatywnie największa jest szansa na pojawienie się gatunków grądowych w południowej części poletka I, na fragmentach gleb rdzawych, cechujących się większym trofizmem. Z uwagi jednak na położenie powierzchni Glinki w dużym oddaleniu od mogących stanowić źródło propagul drzewostanów z gatunkami grądowymi oraz na wysoki stan jeleni na terenie poligonu (ok. 35–40 szt./1000 ha) szansa ewolucji drzewostanu na glebie rdzawej w okresie najbliższych kilku dekad w kierunku grądu jest tylko teoretyczna.

Powierzchnia Glinki, w okresie od wystąpienia ostatniego pożaru do wykonania pomiarów (20 lat), cechowała się niewielkim zagęszczeniem drzew. Było ono znacznie mniejsze niż w innych samosiewach powstałych na powierzchniach, na których wystąpiło zaburzenie (Dobrowolska 2007, 2008; Sewerniak 2010). Można to tłumaczyć wysokim stanem jeleni na toruńskim poligonie, szybkim opanowaniem rozległej powierzchni pożarzyska przez trawy i wrzos, stanowiące konkurencję dla siewek drzew, a przede wszystkim przez brak w pobliżu powierzchni Glinki w latach bezpośrednio po pożarze obfitych źródeł propagul drzew. Poletko I znajduje się co prawda w bezpośrednim sąsiedztwie, położonego na zachód od niego, gospodarczego drzewostanu sosnowego (ryc. 1), jednak w roku wystąpienia pożaru miał on 21 lat. Ponieważ sosna, rosnąc w zwarciu, zaczyna obradzać nasiona w wieku 30–40 lat (Obmiński 1970), drzewostan ten dopiero po osiągnięciu tego wieku może mieć duże znaczenie dla powstawania samosiewów na poletku I. W rozsiewaniu nasion większą rolę odegrała starsza o 8 lat monokultura sosnowa (oddz. 207a) rosnąca na północny-zachód od poletka I, co odzwierciedla się w relatywnie dużym zagęszczeniu drzew właśnie w tej jego części (ryc. 1). Kierunek dyspersji nasion wpłynął także na rozmieszczenie drzew na poletku II. Relatywnie wysokie nagromadzenie drzew w jego wschodniej części (ryc. 1) wynika z faktu, że w pobliżu wschodniej granicy poletka przeżyły pożar drzewa (głównie brzozy), które miały wówczas około 25 lat. Tłumaczy to również mniejszą przewagę sosen nad brzożami na poletku II niż na poletku I (tab. 2). Odmienny w przypadku obu poletek dominujący kierunek dopływu nasion może tłumaczyć także przeciwstawne zagęszczenie zarówno sosen, jak i brzoż dla stoków zachodnich i wschodnich na obu badanych poletkach (na poletku I większe dla obu gatunków na stokach zachodnich, a na poletku II na wschodnich, ryc. 3, 4).

Obok kierunku dopływu nasion, ważnym czynnikiem wpływającym na rozmieszczenie drzew na powierzchni Glinki jest ekspozycja stoku. Wpływ tego czynnika na cechy fitocenozy był obserwowany również w lasach gospodarczych Puszczy Bydgoskiej (Sewerniak et al. 2011; 2012), na wydmach nadmorskich (Piotrowska 1988), a także w obszarach zbudowanych z innego materiału niż piasek eoliczny (Cantlon 1953; Różański, Szwaagrzyk 1987;

Socha 2008). Mikrorelief był wskazywany także jako czynnik wpływający na przebieg sukcesji lasu na podmokłych łąkach (Falińska 2003). Biorąc pod uwagę, że warunki siedliskowe odgrywają kluczową rolę dla procesów ekologicznych decydujących o organizacji przestrzennej roślinności (Faliński 2001) oraz, że ze względu na różnice ilości energii słonecznej na stokach o różnej wystawie powstają tam odmienne mikroklimaty (Cantlon 1953; Sewerniak et al. 2011), przyczyn uwarunkowanej reliefem zmienności zagęszczenia drzew należy szukać w zróżnicowaniu cech siedliskowych. Większe zagęszczenie drzew na stokach północnych niż południowych (tab. 3, ryc. 3 i 4) można tłumaczyć korzystniejszymi warunkami glebowymi (wilgotnościowymi i troficznymi) występującymi na cienistych stokach wydm toruńskiego poligonu w porównaniu z wystawą południową (Sewerniak et al. 2011, 2013). O bardzo istotnym wpływie rzeźby terenu na rozmieszczenie drzew świadczy także znacznie wyraźniejsza różnica ich zagęszczenia między stokami północnymi i południowymi na poletku I niż na poletku II (tab. 3, ryc. 3, 4). Poletko I cechuje się amplitudą wysokości aż o 13 m wyższą niż poletko II, co sprzyja występowaniu silniej wyrażonych w terenie stoków i w związku z tym wyraźniejszemu zaznaczaniu się różnic w warunkach siedliskowych na kontrastowych ekspozycjach.

Czynnikiem wpływającym na rozmieszczenie drzew na badanej powierzchni jest także charakter roślinności runa, jednak ma on charakter pośredni, gdyż jest także uwarunkowany rzeźbą terenu. Na wydmach pola roboczego poligonu obserwuje się regularny, uwarunkowany reliefem, układ roślinności, który zaznacza się także na powierzchni Glinki. Stoki północne porośnięte są najczęściej przez wrzos zwyczajny (*Calluna vulgaris*), a południowe przez trawy (Jankowski 2010; Sewerniak et al. 2013) – głównie szczytlicę siwą (*Corynephorus canescens*), kostrzewę owczą (*Festuca ovina*) i trzcinnik piaszkowy (*Calamagrostis epigejos*), które stanowią silną konkurencję dla siewek drzew. Wpływ roślinności runa na rozmieszczenie młodych drzew zaobserwował też Ciużycki (2004), który w warunkach polan górskich stwierdził znacznie liczniejsze występowanie siewek świerka w borówczyskach niż w płatach śmiałka darniowego. Autor ten nie stwierdził natomiast zależności między liczebnością siewek a ekspozycją stoków.

6. Podsumowanie

Stała powierzchnia badawcza Glinki reprezentowała w 2011 r. optymalne stadium sukcesji wtórnej rekreatywnej w serii borowej. Zagęszczenie drzew po dwudziestu latach od ostatniego pożaru było niewielkie (32 drzewa/ha) z wyraźną dominacją sosny zwyczajnej (82% wszystkich drzew) oraz z relatywnie wysokim udziałem brzozy brodawkowatej (17%). Występujące na badanej powierzchni inne gatunki drzew (grusza pospolita i topola osika) reprezentowane były łącznie zaledwie przez kilka osobników.

Uzyskane wyniki badań sugerują, że kluczowymi czynnikami decydującymi o rozmieszczeniu drzew na badanej powierzchni były kierunek dopływu nasion oraz rzeźba terenu. Na obu badanych poletkach powierzchni Glinki największe zagęszczenie spontanicznie pojawiających się po pożarze drzew (zarówno sosen, jak i brzoź) stwierdzono na stokach o ekspozycji północnej. Sugeruje to, że w przypadku wydm śródlądowych Europy środkowej wystawa ta stwarza najkorzystniejsze warunki do sukcesji wtórnej lasu. Najmniej korzystne są one natomiast na stokach południowych wydm, czego potwierdzeniem było najmniejsze zagęszczenie drzew na tej ekspozycji stoków.

Zróznicowanie zagęszczenia drzew w zależności od wystawy stoku wiązać należy przede wszystkim z różnicami warunków siedliskowych, a także z różnicami w charakterze roślinności runa na stokach o różnej wystawie. Szczegółowe rozpoznanie tych zależności wymaga dalszych badań.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Autorzy serdecznie dziękują Nadleśniczemu Nadleśnictwa Gniewkowo Panu inż. Stanisławowi Słomińskiemu, a także Komendantowi Centrum Szkolenia Artylerii i Uzbrojenia im. gen. J. Bema w Toruniu Panu płk mgr Aureliuszowi Chyleńskiemu za wyrażenie zgody na założenie stałej powierzchni badawczej na terenie toruńskiego poligonu.

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

Literatura

Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żyburka H. 1998. Rozwój drzewostanów naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego w okresie od 1936 do 1996. Warszawa, Fundacja Rozwój SGGW. s. 271. ISBN 83-87660-35-3.

Brzeziecki B. 2000. Strategie życiowe gatunków drzew leśnych. *Sylwan* 8: 5–14.

Cantlon J.E. 1953. Vegetation and microclimates on north and south slopes of Cushtunk Mountain, New Jersey. *Ecological Monographs* 3: 241–270.

Chojnacka J., Cyzman W., Nienartowicz A., Deptuła M. 2010. Variability of the structure and directions in the development of heaths and psammophilous grasslands within the artillery range near the city of Toruń. *Ecological Questions* 12: 87–125. DOI: 10.2478/v10090-010-0006-z.

Ciurzycki 2004. Wpływ wybranych czynników środowiskowych na dynamikę wkraczania świerka pospolitego na górnoregłowe polany popasterskie w Tatrach Polskich. *Sylwan* 9: 20–28.

Dobrowolska D. 2007. Odnowienie naturalne lasu w drzewostanach uszkodzonych przez wiatr na terenie północno-wschodniej Polski. *Leśne Prace Badawcze* 68(2): 45–60.

Dobrowolska D. 2008. Odnowienie naturalne na powierzchniach uszkodzonych przez pożar w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. *Leśne Prace Badawcze* 69(3): 255–264.

Falińska K. 2003. Alternative pathways of succession: species turnover patterns in meadows abandoned for 30 years. *Phytocoenosis* 15: 1–104.

Faliński J.B. 1986. Sukcesja roślinności na nieużytkach porolnych jako przejaw dynamiki ekosystemu wyzwolonego spod długotrwałej presji antropogenicznej. *Wiadomości Botaniczne* 30(1): 25–50.

Faliński J.B. 2001. Przewodnik do długoterminowych badań ekologicznych. Warszawa, PWN, s. 672. ISBN 83-01-13239-6.

Gugnacka-Fiedor W., Adamska E. 2010. The preservation state of the flora and vegetation of the artillery range near the city of Toruń. *Ecological Questions* 12: 75–86. DOI: 10.2478/v10090-010-0005-0.

Hibbs D.E. 1983. Forty years of forest succession in central New England. *Ecology* 64(6): 1394–1401.

Jankowski M. 2001. Warunki występowania, właściwości i geneza gleb śródwymowych wzbogaconych w żelazo. *Roczniki Gleboznawcze* 52: 49–63.

Jankowski M. 2010. Some aspects of site conditions of heathlands in the Toruń Basin. *Ecological Questions*, 12: 149–156. DOI: 10.2478/v10090-010-0008-x.

Jankowski M. 2014. The evidence of lateral podzolization in sandy soils of northern Poland. *Catena* 112: 139–147. DOI: 10.1016/j.catena.2013.03.013.

Linder P. 1998. Structural changes in two virgin boreal forest stands in central Sweden over 72 years. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13: 451–461. DOI: 10.1080/02827589809383006.

Obmiński Z. 1970. Zarys ekologii. w: Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. (red. S. Białobok). Warszawa-Poznań, PWN, 152–231.

Piotrowska 1988. The dynamics of the dune vegetation on the Polish Baltic coast. *Vegetatio* 77: 169–175.

Różański W., Szwagrzyk J. 1987. Wzniesienie, wystawa i nachylenie jako czynniki kształtujące rozmieszczenie zbiorowisk roślinnych na Pogórzu Wielickim i w przyległej części Beskidów. *Sylwan* 7: 59–69.

Rykowski K. 2012. Huragan w lasach: klęska czy zakłócenie rozwoju? Nadleśnictwo Pisz, 4 lipca 2002 roku: studium przypadku. Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa, s. 192. ISBN 978-83-62830-08-4.

Sewerniak P. 2010. Analiza wpływu pożaru na wybrane cechy fitocenozy boru sosnowego w aspekcie hodowli lasu. w: Środowiskowe skutki pożaru lasu (red. P. Sewerniak, S.S. Gonet). Wrocław, Polskie Tow. Subst. Humusowych: 83–107. ISBN 978-83-919331-2-1.

Sewerniak P., Bednarek R., Szymańska 2011. Ekspozycja stoków wydm w Kotlinie Toruńskiej a wybrane elementy ekosystemu boru sosnowego – wstępne wyniki badań. *Leśne Prace Badawcze* 72(1): 37–46. DOI: 10.2478/v10111-011-0005-x.

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* 11: 871–880.

Sewerniak P., Jankowski M., Dąbrowski M. 2013. Impact of mesorelief on ecopedological conditions on inland dunes in subboreal zone (studies from northern Poland). *International Soil Science*

- Conference „Soils in Space and Time”, Ulm 29.09-04.10.2013. Book of Abstracts, 329–330.
- Socha J. 2008. Effect of topography and geology on the site index of *Picea abies* in the West Carpathian, Poland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 203–213. DOI: 10.1080/02827580802037901.
- Wasilewski S. 2004. Zarys historii toruńskiego poligonu artyleryjskiego. Toruń, Centrum Szkolenia Artylerii i Uzbrojenia im. gen. J. Bema, s. 47.
- Weckwerth P. 2010. Evolution of the Toruń Basin in the Late Weichselian. *Landform Analysis* 14: 57–84.
- Wójcik G., Marciniak K. 2006. Klimat. w: Toruń i jego okolice. Monografia przyrodnicza. (red. L. Andrzejewski, P. Weckwerth, Sz. Burak). Toruń, Wyd. UMK: 99–128. ISBN 83-231-2024-2.

Wkład autorów

P.S. – koncepcja badań, wykonanie prac terenowych, interpretacja wyników, przegląd literatury, przygotowanie maszynopisu; Ł.M. – zestawienie danych, analiza przestrzenna wyników badań w środowisku GIS.