

## Wzrost powierzchni naturalnego odnowienia świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst.) na Pojezierzu Kaszubskim w latach 2002–2012

Increase of natural regeneration area of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.)  
in the Kaszuby Lake District during the decade 2002–2012

Marcin Szydłarski<sup>1\*</sup>, Jerzy Modrzyński<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ul. 3 Maja 33/1, 83–300 Kartusy, Poland; <sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu, Zakład Ekologicznych Podstaw Hodowli Lasu, ul. Wojska Polskiego 71E, 60–625 Poznań, Poland

\*Tel. +48 58 681-18-64, e-mail: immfor@kki.net.pl

**Abstract.** The Kaszuby Lake District is located beyond the natural range of Norway spruce, however its share in local forest stands is considerable (14.8%) and its vitality and growth are here not less than within the natural range. The study presents the results of stock-taking of natural regeneration of Norway spruce in this region in year 2002 and 2012 and the relevant silvicultural recommendations.

The stock of spruce natural regeneration was taken using the electronic database of the Regional Headquarters of State Forests in Gdańsk. The regeneration was put into following categories: seedlings (height below 0.5 m), lower advanced growth (height above 0.5 m and DBH below 7 cm), higher advanced growth (height above 3 m and DBH above 7 cm) and undergrowth (with dominating self sown spruce). In total 20 834 ha of Norway spruce natural regenerations were listed in year 2002 and 26 016 ha in year 2012 (increase by 24.9%). Most of them occur in fresh sites suited for mixed deciduous forests (LMśw) – in years 2002 and 2012 respectively 52.5% and 50.1%, and fresh sites suited for mixed coniferous forests (BMśw) – in years 2002 and 2012 respectively 30.4% and 32%.

The increase of natural regeneration of Norway spruce in this period was connected with the 23.6% decrease in volume of spruce stands in age of above 40 years.

Majority of spontaneously arriving spruce regenerations turn to the undergrowth, because of unfavorable light conditions under canopy and much to high density of seedlings and advanced growth. Good quality advanced growth on suited forest sites should be uncovered by thinning cuttings and consequently included into the future multispecies stands, with Norway spruce share up to 30%.

**Keywords:** *Picea abies*, natural regeneration stock-taking, natural range, silviculture, northern Poland

### 1. Wstęp

Pomimo iż Pojezierze Kaszubskie leży poza powszechnie przyjmowanym zasięgiem naturalnego występowania świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w Polsce (Boratyńska 1998), udział tego gatunku w tutejszych drzewostanach wynosi 14,8%, co ma istotne znaczenie dla gospodarstwa leśnego w tym regionie. Świerk w tym regionie charakteryzuje się dużą witalnością i ma duże przyrosty, nie mniejsze niż w granicach naturalnego zasięgu. Jednakże ze względu na zastrzeżenia co do jego naturalnego występowania w niektórych nadleśnictwach zaprzestaje się jego sadzenia, a spon-

tanicznie powstające naturalne odnowienia tego gatunku wykorzystywane są w ograniczonym zakresie.

Wzmianki o dużej dynamice naturalnego odnowienia świerka pospolitego można znaleźć w operatach lokalnych nadleśnictw, jak również w niektórych publikacjach (Karpiński 1971; Nowosielski 1973; Borusewicz 1998), jednak do tychczas zagadnienie naturalnego odnowienia tego gatunku na Pojezierzu Kaszubskim nie doczekało się szerszego opracowania. Wymienione wyżej przesłanki skłoniły autorów do podjęcia systematycznych badań, przedstawionych częściowo w niniejszej pracy, których zasadniczym celem jest analiza wyników inwentaryzacji naturalnego odnowienia świerka

na Pojezierzu Kaszubskim oraz sformułowanie odpowiednich zaleceń hodowlanych.

## 2. Materiały i metody

### Teren badań

Pojezierze Kaszubskie jest położone najwyżej ze wszystkich pojezierzy pomorskich, osiągając we Wzgórzach Szymbarskich (Góra Wieżyca) wysokość 329 m n.p.m. (Kondracki 2001). Gleby regionu charakteryzują się dużą mozaikowością, z wyraźną dominacją gleb brunatnych i bielcowych (Augustowski i Sylwestrzak 1979). Specyfika klimatyczna tego regionu Polski wynika ze stosunkowo niewielkiej odległości od morza oraz znacznego wzniesienia n.p.m. Średnia temperatura roczna wynosi 6,4°C i jest prawie o 2°C niższa niż w mezoregionach sąsiednich. Przeciętne opady roczne wynoszą 715 mm (Kwiecień 1979). We florze regionu znaczny jest udział gatunków górskich i podgórskich (Herbich 1982).

Lasy (przeważnie mieszane i liściaste) zajmują około 32% powierzchni regionu. Dominującym typem siedliskowym lasu na badanym terenie jest las mieszany świeży (LMśw) – 50,7% powierzchni lasów Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe. Bór mieszany świeży (BMśw), las świeży (Lśw) i bór świeży (Bśw) stanowią odpowiednio 22,5, 13,6 oraz 8,0%. Pozostałe typy siedliskowe lasu stanowią łącznie 5,2% (BULiGL 2002). Pojezierze Kaszubskie obejmuje w całości nadleśnictwa: Kartuzy, Cewice, Strzebielino, Kolbudy i Gdańsk, a w części: Lębork, Kościerzyna, Lipusz i Starogard Gdański – wszystkie w granicach Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Gdańsku (Kondracki 2001; BULiGL 2002).

### Metoda inwentaryzacji naturalnego odnowienia świerka

Powierzchnię naturalnego odnowienia świerka w obrębach leśnych Pojezierza Kaszubskiego zinwentaryzowano w rozbiciu na: kategorie odnowienia, typy siedliskowe lasu oraz nadleśnictwa, wykorzystując do tego celu elektroniczną bazę danych RDLP w Gdańsku (BULiGL 2002, 2012). Bazę tą stanowiły opisy taksacyjne drzewostanów jedno- i wielogatunkowych z udziałem świerka powyżej 10%, w których stwierdzono występowanie naturalnego odnowienia tego gatunku (według stanu na 1.01.2002 i 1.01.2012).

Uwzględniono następujące kategorie odnowienia: naloty (nieprzekraczające 0,5 m wysokości), podrosty niższe (świerki o wysokości powyżej 0,5 m i pierśnicy nieprzekraczającej 7 cm w korze), podrosty wyższe (świerki o wysokości powyżej 3 m i pierśnicy powyżej 7 cm w korze, niezaliczone jeszcze do drugiego piętra drzewostanu) oraz podszyty (z dominującym udziałem świerka z odnowienia naturalnego, niewchodzące w skład nalotów i podrostów). Do podszytów zaliczono również naloty i podrosty o najniższej jakości hodowlanej a także w przypadku, gdy udział odnowień świerkowych w składzie przyszłego drzewostanu był większy niż wynikałoby to z gospodarczego typu drzewostanu.

Powierzchnię odnowień naturalnych świerka przeliczono na tzw. powierzchnię zredukowaną. Równocześnie z inwentaryzacją naturalnego odnowienia wykonano inwentaryzację drzewostanów z udziałem świerka powyżej 10%, w wieku powyżej 40 lat.

W 2002 roku na wybranych losowo powierzchniach próbnych (po trzy powierzchnie dla każdego z siedlisk: Lśw, LMśw, LMb, BMśw i BMb; po pięć kół odnowieniowych o promieniu 3 m na każdej powierzchni) dokonano oceny jakości odnowienia, stosując następujące kryteria:

- klasa 1 – jakość niezadowalająca (drzewka o wadliwej budowie korony, pędy szczytowe wyraźnie krótsze od promienia ostatniego okółka, występowanie uszkodzeń i objawów zamierania drzewek),

- klasa 2 – jakość zadowalająca (drzewka o dobrze rozwiniętej koronie i prawidłowej strzałce, pędy szczytowe równe w przybliżeniu promieniowi ostatniego okółka, brak uszkodzeń i objawów zamierania drzewek),

- klasa 3 – jakość dobra (drzewka o prawidłowo rozwiniętej koronie i strzałce, żywo zielone pędy szczytowe wyraźnie dłuższe od promienia ostatniego okółka, przyrosty zwiększające się z wiekiem).

## 3. Wyniki

Wyniki inwentaryzacji naturalnego odnowienia świerka w latach 2002 i 2012, w układzie siedliskowym, zestawiono w tabelach 1 i 2.

W roku 2002 udział poszczególnych kategorii odnowienia naturalnego kształtował się następująco: nalot – 0,1% ogólnej powierzchni odnowień (26,0 ha), podrosty niższe – 1,5% (317,0 ha), podrosty wyższe o charakterze dolnego piętra – 2,8% (593,0 ha) i podszyty z dominującym świerkiem – 95,6% (19 898,0 ha). W 2012 r. stwierdzono istotne różnice w porównaniu ze stanem sprzed 10 lat, przy czym udział poszczególnych kategorii odnowienia kształtował się następująco: nalot – 0,2% ogólnej powierzchni odnowień (50,0 ha), podrosty niższe – 1,0% (270,5 ha), podrosty wyższe o charakterze dolnego piętra – 3,9% (1 010,5 ha) i podszyty z dominującym świerkiem – 94,9% (24 685,0 ha).

Najwięcej naturalnych odnowień stwierdzono na siedliskach LMśw i BMśw, przy czym łączny udział odnowień naturalnych na tych dwóch siedliskach w 2002 roku wynosił 83% (powierzchnia 17 276 ha), a w roku 2012 – 82% (powierzchnia 21 365 ha).

Rycina 1 ilustruje wzrost ogólnej powierzchni naturalnego odnowienia w omawianym dziesięcioleciu na wszystkich siedliskach. Udział poszczególnych siedlisk w całkowitej powierzchni odnowienia był natomiast stosunkowo stabilny i w latach 2002 i 2012 wynosił odpowiednio: LMśw – 52,5 i 50,1%, Lśw – 6,6 i 6,0%, BMśw – 30,4 i 32,0%, BMb – 3,3 i 3,2%, a pozostałe siedliska – 7,2 i 8,7%.

W trakcie oceny jakości odnowienia na poszczególnych powierzchniach badawczych stwierdzono, że na każdym siedlisku występowała przynajmniej jedna powierzchnia badawcza o jakości odnowienia 3,0 (najwyższa jakość hodow-

**Tabela 1. Powierzchnia poszczególnych kategorii odnowienia na Pojezierzu Kaszubskim, według typów siedliskowych lasu, w 2002 r. [ha]**  
 Table 1. Area of the natural regeneration categories in the Kaszuby Lake District, according to forest site types, in year 2002

Typ siedliskowy lasu Site type	Naloty Seedlings	Podrostry niższe Lower advanced growth	Podrostry wyższe Higher advanced growth	Naloty i podrostry Seedlings and advanced growth	Podszyty Undergrowth	Wszystkie kategorie odnowienia All regeneration categories
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Bśw	-	6,5	17,0	23,5	1148,0	1171,5
Bw	-	-	-	-	2,0	2,0
Bb	-	0,5	1,5	2,0	68,0	70,0
BMśw	-	18,0	256,5	274,5	6064,0	6338,5
BMw	-	0,5	2,5	3,0	55,0	58,0
BMb	10,0	28,5	29,5	68,0	619,5	687,5
LMśw	14,0	230,0	250,0	494,0	10443,5	10937,5
LMw	-	2,0	-	2,0	37,5	39,5
LMb	1,0	1,0	5,0	7,0	62,5	69,5
Lśw	1,0	30,0	30,5	61,5	1321,0	1382,5
Lw	-	-	0,5	0,5	17,0	17,5
Lł	-	-	-	-	3,0	3,0
Oł	-	-	-	-	45,5	45,5
OLJ	-	-	-	-	11,5	11,5
<b>Razem / Total</b>	<b>26,0</b>	<b>317,0</b>	<b>593,0</b>	<b>936,0</b>	<b>19898,0</b>	<b>20834,0</b>
<b>Udział / Share [%]</b>	<b>0,1</b>	<b>1,5</b>	<b>2,8</b>	<b>4,5</b>	<b>95,5</b>	<b>100,0</b>

**Objaśnienia / Explanations:** Bśw – **bór świeży** / fresh coniferous forest, Bw – **bór wilgotny** / moist coniferous forest, Bb – **bór bagienny** / boggy pine forest, BMśw – **bór mieszany świeży** / fresh mixed coniferous forest, BMw – **bór mieszany wilgotny** / moist mixed coniferous forest, BMb – **bór mieszany bagienny** / boggy mixed coniferous forest, LMśw – **las mieszany świeży** / fresh mixed broadleaved forest, LMw – **las mieszany wilgotny** / moist mixed broadleaved forest, LMb – **las mieszany bagienny** / boggy mixed broadleaved forest, Lśw – **las świeży** / fresh hardwood forest, Lw – **las wilgotny** / moist hardwood forest, Lł – **las łęgowy** / flood plain forest, Oł – **ols** / alder swamp forest, OLJ – **ols jesionowy** / ash-alder swamp forest

**Tabela 2. Powierzchnia poszczególnych kategorii odnowienia na Pojezierzu Kaszubskim, według typów siedliskowych lasu, w 2012 roku**  
 Table 2. Area of the natural regeneration categories in the Kaszuby Lake District, according to forest site types, in year 2012

Typ siedliskowy lasu Site type	Naloty Seedlings	Podrostry niższe Lower advanced growth	Podrostry wyższe Higher advanced growth	Naloty i podrostry Seedlings and advanced growth	Podszyty Undergrowth	Wszystkie kategorie odnowienia All regeneration categories
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Bśw	-	-	67,0	67,0	1735,0	1802,0
Bw	-	-	-	-	0,5	0,5
Bb	-	-	2,5	2,5	76,5	79,0
BMśw	1,0	20,0	475,5	496,5	7837,0	8333,5
BMw	-	0,5	1,5	2,0	73,5	75,5
BMb	24,0	30,0	44,0	98,0	741,5	839,5
LMśw	21,0	204,5	378,5	604,0	12428,5	13032,5
LMw	-	-	1,5	1,5	73,5	75,0
LMb	2,5	2,0	4,0	8,5	87,5	96,0
Lśw	1,5	13,0	35,5	50,0	1517,5	1567,5
Lw	-	-	0,5	0,5	25,0	25,5
Lł	-	-	-	-	7,5	7,5
Oł	-	0,5	-	0,5	64,5	65,0
OLJ	-	-	-	-	17,0	17,0
<b>Razem / Total:</b>	<b>50,0</b>	<b>270,5</b>	<b>1010,5</b>	<b>1331,0</b>	<b>24685,0</b>	<b>26016,0</b>
<b>Udział / Share [%]</b>	<b>0,2</b>	<b>1,0</b>	<b>3,9</b>	<b>5,1</b>	<b>94,9</b>	<b>100,0</b>

**Objaśnienia jak w tabeli 1 / Explanations as in Table 1**

lana). Najwyższą jakość odnowienia uzyskiwało w wieku 10 – 20 lat: 2,0 na BMb i LMb, 2,3 na BMśw, 2,4 na LMśw i 2,6 na Lśw. W wieku powyżej 20 lat jakość odnowienia w porównywalnych warunkach była wyraźnie niższa.

Średnia jakość odnowień na glebach różnego typu była zbliżona – najlepszą jakość (2,4) miało odnowienie naturalne na glebach bielicowych i rdzawych, średnią – na glebach brunatnych (2,2), a najgorszą – na murszach i torfach (2,0).

Średnia jakość odnowienia w przyjętej skali trzypiętowej wahała się od 1,95 na LMb do 2,60 na Lśw. Na pozostałych siedliskach miała wartości pośrednie, przy czym na BMb wynosiła 2,0, na BMśw – 2,10 i na LMśw – 2,35. Resumując, należy uznać, że jakość odnowień była zadowalająca, z tendencją do dobrej.

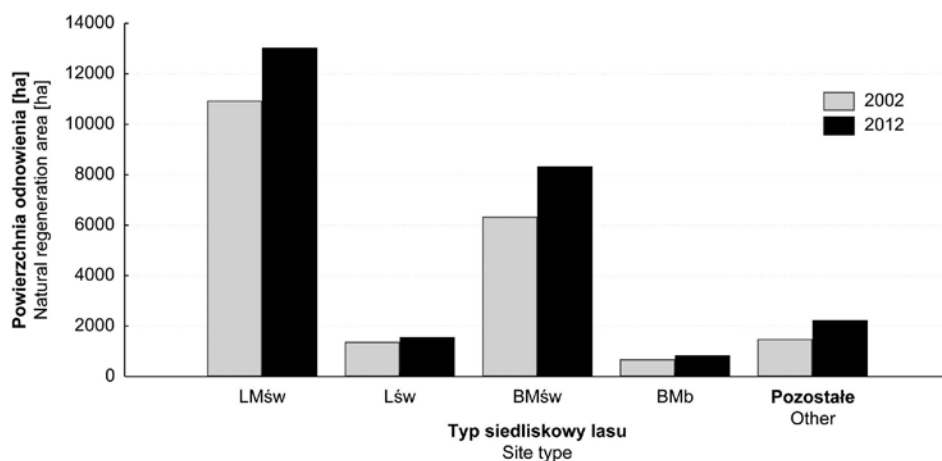
Najwięcej odnowień stwierdzono w drzewostanach jednopiętrowych. Powierzchnia odnowień w dużym stopniu koreluje z powierzchnią drzewostanów świerkowych (i z udziałem świerka) w wieku powyżej 40 lat ( $r = 0,76$ ) i miąższością tych drzewostanów ( $r = 0,84$ ).

W dziesięciolecie 2002–2012 stwierdzono na Pojezierzu Kaszubskim duże zmiany w zasobności drzewostanów świerkowych (i z udziałem świerka) w wieku powyżej 40 lat (ryc. 2). Zapas świerka w tych drzewostanach zmniejszył się w tym okresie z 3,095 mln m<sup>3</sup> do 2,365 mln m<sup>3</sup>, a więc o 23,6%.

Na poszczególnych siedliskach zapas drzewostanów w latach 2002 i 2012 był następujący: LMśw – 2,206 i 1,609 mln m<sup>3</sup> (spadek o 27,1%), na Lśw – 0,430 i 0,277 mln m<sup>3</sup> (spadek o 35,6%). Na siedlisku BMśw nastąpił niewielki wzrost zapasu świerka – z 0,282 mln m<sup>3</sup> w 2012 r. do 0,302 mln m<sup>3</sup> w 2012 r. (o 7,1%), natomiast na siedlisku BMb i na pozostałych siedliskach łącznie zapas pozostał prawie taki sam (odpowiednio: 0,136 i 0,135 mln m<sup>3</sup> oraz 0,041 i 0,042 mln m<sup>3</sup>).

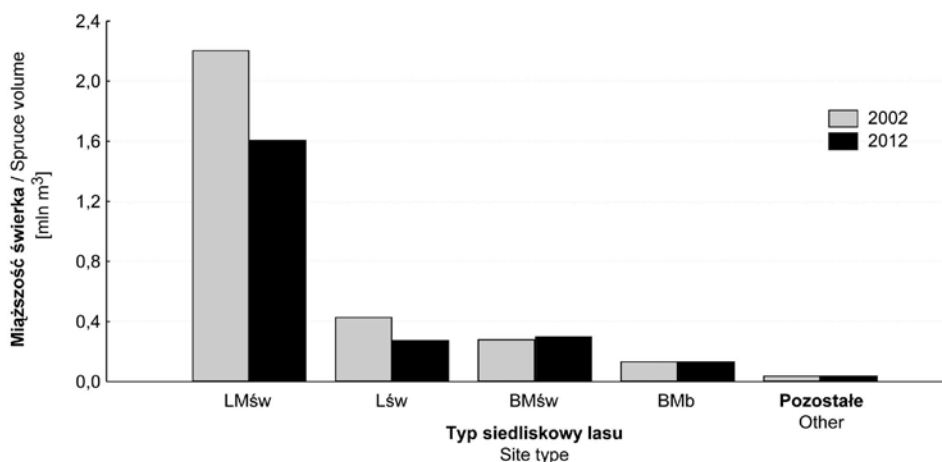
Na rycinie 3 porównano udział poszczególnych siedlisk w zapasie świerka, powierzchni drzewostanów świerkowych i powierzchni naturalnego odnowienia świerka, w roku 2012 na Pojezierzu Kaszubskim. Na siedliskach LMśw, Lśw i BMb traktowanych łącznie, procentowy udział powierzchni odnowienia naturalnego (59,3%) jest mniejszy od procentowego udziału powierzchni drzewostanów świerkowych (73,5%) i procentowego udziału zapasu na tych siedliskach (85,5%). Inne zależności stwierdzono na traktowanych łącznie siedliskach BMśw, Bśw i pozostałych, gdzie udział powierzchni odnowienia naturalnego (40,7%) jest większy od procentowego udziału powierzchni drzewostanów świerkowych (26,5%) i procentowego udziału zapasu na tych siedliskach (14,5%).

W 2002 roku najwięcej naturalnych odnowień świerka stwierdzono w nadleśnictwach położonych w centralnej i północnej części Pojezierza Kaszubskiego, charaktery-



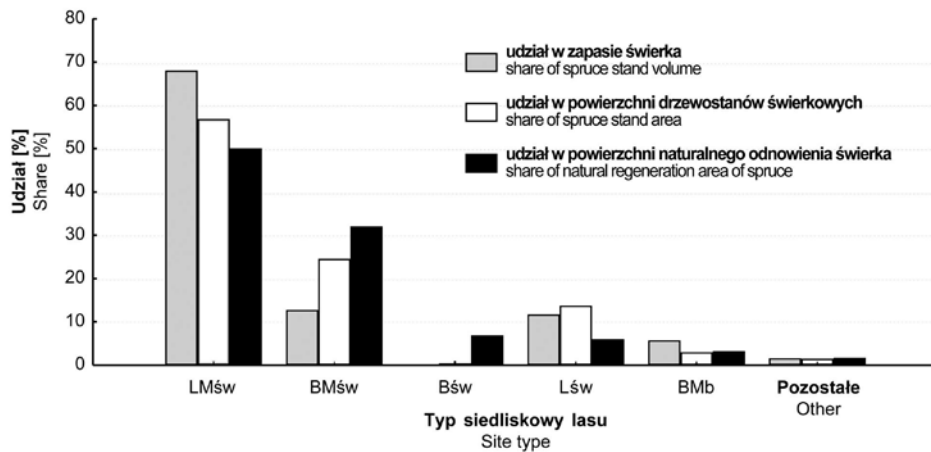
Rycina 1. Powierzchnia naturalnego odnowienia świerka na Pojezierzu Kaszubskim na różnych siedliskach w latach 2002 i 2012.

Figure 1. Area of natural spruce regeneration in different forest site types of the Kaszuby Lake District in 2002 and 2012.



Rycina 2. Miąższość świerka na Pojezierzu Kaszubskim w latach 2002 i 2012

Figure 2. Spruce volume in the Kaszuby Lake District in 2002 and 2012



**Rycina 3. Porównanie udziału poszczególnych siedlisk w zapasie świerka, powierzchni drzewostanów świerkowych i powierzchni naturalnego odnowienia świerka, w 2012 roku na Pojezierzu Kaszubskim**

Figure 3. Comparison of the share of particular sites in the spruce stand volume (gray), spruce stand area (white) and area of spruce natural regeneration (black), in year 2012 in the Kaszuby Lake District

zującej się wyniesieniem 160–200 m n.p.m., urozmaiconą rzeźbą oraz stosunkowo żyznymi glebami. W położonych w tej części Pojezierza, sąsiadujących z sobą nadleśnictwach: Kartuzy, Cewice, Strzebielino i Gdańsk zinwentaryzowano wówczas 13 124 ha, a więc 63% całej powierzchni odnowień świerkowych. W 2012 r. na terenie tych samych nadleśnictw zinwentaryzowano 15 543 ha tj. 60% łącznej powierzchni odnowień naturalnych świerka zinwentaryzowanych na Pojezierzu Kaszubskim.

#### 4. Dyskusja wyników

Na Pojezierzu Kaszubskim odnowienie naturalne świerka występuje we wszystkich typach siedliskowych lasu, z wyjątkiem boru suchego (Bs). Największą powierzchnię odnowień naturalnych świerka w latach 2002 i 2012 stwierdzono na siedlisku LMśw, a następnie BMśw, co w dużym stopniu jest zgodne z wynikami uzyskanymi dla tego regionu przez innych autorów (Czerw 1969; Karpiński 1971; Szydłarski 1999). Na całym polskim niżu świerk odnawia się najczęściej na siedliskach LMśw i Lśw (Zajączkowski 1998; Głaz, Zajączkowski 2002).

Podczas inwentaryzacji naturalnego odnowienia świerka na Pojezierzu Kaszubskim stwierdzano jego występowanie głównie w drzewostanach jednopiętrowych. Również Żybura (1983) i Zajączkowski (1998) stwierdzili, że jednopiętrowa struktura drzewostanu stwarza najlepsze warunki do powstania i wzrostu odnowień tego gatunku.

Analiza dynamiki naturalnego odnowienia świerka wykazała istotny związek między malejącą miąższością drzewostanów świerkowych a wzrostem powierzchni naturalnego odnowienia. Prowadzone w dużej skali cięcia sanitarne (szkodniki wtórne i choroby grzybowe) doprowadziły w konsekwencji do powstawania korzystnych warunków rozwoju naturalnego odnowienia świerka i dalszego jego rozprzestrzeniania się w przetrzedzonych drzewostanach.

Powyższe procesy, zachodzące powszechnie na Pojezierzu Kaszubskim, nie zostały jeszcze objęte systematycznymi badaniami, a wydaje się, że na to zasługują, tym bardziej, że szybką ekspansję naturalnego odnowienia świerka obserwuje

się również w drzewostanach sosnowych i z przewagą sosny na siedliskach boru świeżego i boru mieszanego świeżego, w których udział świerka jest bardzo niewielki albo wręcz znikomy. W 2012 r. w sośninach zinwentaryzowano odnowienia świerkowe na powierzchni większej niż w 2002 r. o ponad 2 600 ha, tj. o 35,0%.

Inwentaryzacja wykazała zaskakująco duży udział podszytów w całej powierzchni naturalnego odnowienia. W większości przypadków nie są to jednak podszyty w ścisłym znaczeniu tego słowa. Często są to dobrej jakości podrosty, które w operatach urządzania lasu opisano jako podszyty w sytuacji, gdy świerk nie był przewidziany w składzie docelowym drzewostanu na danym siedlisku lub gdy jego udział był większy od przewidzianego dla gospodarczego typu drzewostanu (Magnuski i in. 1997; BULiGL 2002, 2012). Nowosielski (1973) uważa, że naturalne odnowienie świerka na Pojezierzu Kaszubskim powstaje zazwyczaj w ciągu 1–3 lat nasiennych i w wieku około 15 lat tworzy podrosty o zagęszczeniu ponad 200 000 szt./ha. Według naszych obserwacji liczba drzewek dobrej i bardzo dobrej jakości, pomimo ich dużego zagęszczenia, była na tyle duża, że pozwoliłaby doprowadzić do wyhodowania wartościowych młodników świerkowych.

Na terenie Pojezierza Kaszubskiego zinwentaryzowano ponad 20 000 ha (a w 2012 roku – ponad 26 000 ha) nalotów, podrostów i podszytów świerkowych naturalnego pochodzenia, z czego przynajmniej 20% to odnowienie o najwyższej jakości hodowlanej. Z tym areałem, potencjalnie przydatnych naturalnych odnowień świerka, kontrastuje rozmiar ich uznania na terenie RDLP w Gdańsku, który w latach 1988–1998 wynosił zaledwie 12,26 ha (Tomczyk 1999).

Świerk na Pojezierzu Kaszubskim dobrze odnawia się naturalnie, zarówno samosiewem bocznym, jak i górnym. Odnowienia naturalne świerka powstają również wtedy, gdy świerk w składzie drzewostanu matecznego występuje pojedynczo. Pod względem makrosiedliskowym region ten (jak i całe Pomorze Zachodnie) można przyrównać do regla dolnego Sudeatów i Karpat, gdzie warunki wzrostu świerka są zbliżone do jego optimum fizjologicznego (Modrzyński 1998, 1999).

Na dynamiczne odnawianie się drzewostanów świerkowych na tym terenie zwracali uwagę Pawłowski (1969), Szydłarski (1998), Szymański (1998) czy Zajączkowski (2002).

Karpiński (1971) podaje, że gęste samosiewy świerka spotykał tu nawet w małych lukach drzewostanów bukowych. Dla zapewnienia optymalnych możliwości odnowienia naturalnego świerka Brakowski i Świącieński (1969) proponowali swego czasu wprowadzenie w tym regionie rębni smugowo-częściowej, opracowanej przez Wagnera specjalnie dla drzewostanów świerkowych. Gunia i in. (1982) uważają wszakże, iż na Pojezierzu Kaszubskim świerk odnawia się samosiewnie niezależnie od stosowanej rębni.

## 5. Podsumowanie wyników i wnioski

1. W dziesięcioleciu 2002-2012 na Pojezierzu Kaszubskim, w drzewostanach świerkowych i z udziałem świerka w wieku powyżej 40 lat stwierdzono zwiększenie się powierzchni naturalnego odnowienia świerka o 24,9% (z 20 834 do ponad 26 000 ha powierzchni zredukowanej).

Wzrost ten wiąże się zarówno ze spadkiem miąższości drzewostanów świerkowych (i z udziałem świerka) w wieku ponad 40 lat o 23,6%, jak też z ekspansją naturalnego odnowienia świerka w drzewostanach sosnowych (zwłaszcza na siedliskach boru świeżego i boru mieszanego świeżego), w których świerk stanowi tylko niewielką domieszkę.

2. O powszechności występowania naturalnego odnowienia świerka na Pojezierzu Kaszubskim może świadczyć fakt, iż obecnie naturalne odnowienie świerka występuje tu na około 58% powierzchni drzewostanów świerkowych (i z udziałem świerka) w wieku powyżej 40 lat. W wieku powyżej 60 lat prawie 100% drzewostanów z panującym świerkiem odnawia się tu w sposób naturalny.

3. Najwięcej naturalnego odnowienia świerka na Pojezierzu Kaszubskim stwierdzono na siedlisku LMśw (52,5% całej powierzchni odnowień w 2002 roku i 50,1% w 2012) oraz na BMśw (odpowiednio 30,4% i 32,0%). Na uwagę zasługuje również udział odnowienia na siedlisku Lśw (6,6% i 6,0%), Bśw (5,6% i 6,9%) oraz BMb (3,3% i 3,2%). Łącznie na wymienionych siedliskach występowało 98,4% wszystkich odnowień w 2002 roku i 98,2% w 2012.

4. Najwyższą jakość naturalnego odnowienia świerka na Pojezierzu Kaszubskim stwierdzono na siedliskach Lśw, LMśw oraz BMśw, najniższą – na LMb i BMb.

5. Większość odnowień (63%) zinwentaryzowano w środkowej i północnej części Pojezierza Kaszubskiego, odznaczającej się najwyższym wzniesieniem n.p.m., a jednocześnie największym udziałem żyzniejszych gleb oraz siedlisk wilgotnych. Charakter siedlisk w tej części regionu przypomina siedliska górskie w południowej Polsce i wyraźnie sprzyja naturalnemu odnowieniu świerka.

6. Większość naturalnych odnowień świerka na Pojezierzu Kaszubskim przekształca się w podszyt, co wynika głównie z utrzymywania pod okapem niekorzystnych warunków świetlnych oraz nadmiernego zagęszczenia odnowień. Pomimo to około 20% zinwentaryzowanych w regionie nalotów i podrostów odznacza się bardzo wysoką jakością hodowlaną, pozwalającą na wyprowadzenie wartościowych drzewostanów. Dobrej jakości podrosty, powstałe na siedlisku LMśw,

BMśw i Lśw należy odsłaniać w ramach trzebieży późnych i prowadzonych cięć sanitarnych. Należy je też objąć zabiegami pielęgnacyjnymi i włączać w skład przyszłych drzewostanów wielogatunkowych, z udziałem świerka do 30%.

7. Brak ingerencji w powstające spontanicznie odnowienia świerka, jak powszechnie ma to miejsce obecnie, prowadzi z jednej strony do powstania podszytowych form na dużych powierzchniach, a z drugiej do nadmiernego udziału tego gatunku w składzie niektórych drzewostanów. W celu niedopuszczenia do powstania monokultur świerka z naturalnego odnowienia oraz uzyskania bardziej złożonej struktury pionowej należy dążyć do jego zmieszania z innymi gatunkami, przede wszystkim z bukiem i sosną. W rębniach częściowych, stosowanych głównie ze względu na proces naturalnego odnowienia buka, należy w większym stopniu wykorzystywać i popierać naturalne odnowienia świerka oraz innych gatunków.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Podziękowania i źródła finansowania

Autorzy dziękują Panom: mgr. inż. Michałowi Majewskiemu, mgr. inż. Krzysztofowi Marasowi i mgr. inż. Mateuszowi Stopińskiemu za pomoc w pracach terenowych.

Badania były częściowo finansowane przez Komitet Badań Naukowych w ramach grantu promotorskiego: 6 P04F 068 21.

## Literatura

- Augustowski B., Sylwestrzak J. 1979. Zarys budowy geologicznej i rzeźba terenu, w: Augustowski B. (red.). Pojezierze Kaszubskie. Gdańskie Towarzystwo Naukowe: 49–72. ISBN 83-04-00363-5.
- Boratyńska K. 1998. Rozmieszczenie geograficzne, w: Boratyński A., Bugała W. (red.) Biologia świerka pospolitego. Poznań, Wyd. Nauk. Bogucki, 63–79. ISBN 83-86001-48-8.
- Borusiewicz B. 1998. Świerk pospolity w północnej części Pomorza Zachodniego. *Las Polski* 15/16: 27.
- Brakowski W., Świącieński J. 1969. Zagospodarowanie lasów świerkowych na terenie Okręgowego Zarządu lasów Państwowych w Gdańsku ze szczególnym uwzględnieniem dzielnicy przyrodniczo leśnej Pojezierza Kartuskiego. Materiały na Konferencję Naukowo-Techniczną w 1969 r.
- BULiGL 2002. Elektroniczna baza danych RDLP w Gdańsku. Plany urządzenia lasu nadleśnictw położonych w regionie Pojezierza Kaszubskiego. Oddział Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Gdyni.
- Czerw M. 1969. Ocena hodowlana odnowień naturalnych świerka na terenie Pojezierza Kartuskiego w zależności od siedliska. Praca dyplomowa SGGW–AR, Instytut Przyrodniczych Podstaw Leśnictwa i Hodowli Lasu. Maszynopis.
- Głaz J., Zajączkowski G. 2002. Występowanie nalotów w lasach Państwowego Gospodarstwa leśnego. *Sylwan* 146 (5): 73–82.
- Gunia S., Kowalski M., Żybura H. 1982. Informacja dotycząca możliwości uprawy i hodowli świerka pospolitego i jodły pospolitej w Krainie Przyrodniczo Leśnej Bałtyckiej. SGGW Warszawa.

- Herbich J. 1982. Zróżnicowanie i antropogeniczne przemiany roślinności Wysoczyzny Staniszewskiej na Pojezierzu Kaszubskim. *Monographiae Botanicae*. 63: 1–162.
- Karpiński Z. 1971. Świerczyny na Pojezierzu Kartuskim. *Sylvan* 115 (5): 75–79.
- Kondracki J. 2001. Regiony fizycznogeograficzne Polski. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa: 74–78. ISBN 83-01-13050-4.
- Kukuła J., Magnuski K., Miś R., Ważyński B., Żółciak E. 1997: Zagadnienia praktyczne z zarządzania lasu. Cz. I: Inwentaryzacja lasu i plany zarządzania lasu. Wyd. Akad. Roln. im. A.Cieszkowskiego, Poznań. ISBN 83-7160-060-7.
- Kwiecień K. 1979. Warunki klimatyczne. W: Augustowski B. (red.) Pojezierze Kaszubskie. Gdańskie Towarzystwo Naukowe: 95–120. ISBN 83-04-00363-5.
- Modrzyński J. 1998. Zarys ekologii świerka. W: Boratyński A., Bugała W. (red.). Biologia świerka pospolitego: 303–359. Wyd. Nauk. Bogucki, Poznań. ISBN 83-86001-48-8.
- Modrzyński J. 1999. Potencjalny naturalny zasięg świerka uzasadnia jego hodowlę na Pomorzu Zachodnim. *Sylvan* 143 (7): 63–67.
- Nowosielski N. 1973. Próba hodowlanego wykorzystania odnowień naturalnych świerka w dwu nadleśnictwach OZLP w Gdańsku. Maszynopis. SGGW Warszawa.
- Pawłowski W. 1969. Ocena zdrowotności świerka występującego w drzewostanach czystych i mieszanych w dzielnicy Pojezierza Kartuskiego. Materiały na konferencję Polskiego Towarzystwa Leśnego. Gdańsk.
- Szydłarski M. 1998. Zagospodarowanie lasów świerkowych na Pojezierzu Kaszubskim na przykładzie Nadleśnictwa Kartuzi. Materiały na konferencję terenową, w: Aktualny stan świerka i perspektywy jego dalszej hodowli poza naturalnym zasięgiem występowania na przykładzie RDLP w Gdańsku. Sulęcyno.
- Szydłarski M. 1999. Zagospodarowanie lasów świerkowych na Pojezierzu Kaszubskim na przykładzie Nadleśnictwa Kartuzi. *Sylvan* 143 (5): 47–54
- Szymański T. 1998. Występowanie świerka w Lasach państwowych na terenie RDLP w Gdańsku w świetle III rewizji zarządzania lasu. Materiały na konferencję terenową, w: Aktualny stan świerka i perspektywy jego dalszej hodowli poza naturalnym zasięgiem występowania na przykładzie RDLP w Gdańsku. Sulęcyno.
- Tomczyk S. 1999. Odnowienia naturalne w lasach. Stan obecny i perspektywy rozwoju. Warszawa. ISSN 1232-8111.
- Zajączkowski J. 1998. Siedliskowe uwarunkowania występowania odnowień podokapowych głównych gatunków lasotwórczych w Polsce. Maszynopis. SGGW Warszawa.
- Zajączkowski J. 2002. Świerk pospolity w ekosystemowej hodowli lasu na Pojezierzu Kaszubskim. *Sylvan* 146 (10): 25–30.
- Żybura H. 1983. Wpływ drzewostanu osłaniającego na dynamikę odnowień podokapowych świerka w drzewostanach z udziałem sosny i świerka w północno-wschodniej Polski. *Sylvan* 127 (9/10): 41–52.

## Wkład autorów

M. S. – przegląd literatury, metodyka, zebranie i opracowanie danych oraz przygotowanie manuskryptu. J. M. – koncepcja i kontrola przebiegu badań, udział w interpretacji wyników i przygotowaniu manuskryptu.

## Increase of natural regeneration area of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in the Kaszuby Lake District during the decade 2002–2012

Marcin Szydlarski<sup>1\*</sup>, Jerzy Modrzyński<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ul. 3 Maja 33/1, 83–300 Kartuzy, Poland; <sup>2</sup> Poznań University of Life Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Sites and Ecology, Chair of Ecological Foundations of Silviculture, ul. Wojska Polskiego 71E, 60–625 Poznań, Poland.

\*Tel. +48 58 681 18 64, e-mail: [immfor@kki.net.pl](mailto:immfor@kki.net.pl)

**Abstract.** The Kaszuby Lake District is located beyond the natural range of Norway spruce, however its share in local forest stands is considerable (14.8%) and its vitality and growth are here not less than within the natural range. The study presents the results of stock-taking of natural regeneration of Norway spruce in this region in year 2002 and 2012 and the relevant silvicultural recommendations.

The stock of spruce natural regeneration was taken using the electronic database of the Regional Headquarters of State Forests in Gdańsk. The regeneration was put into following categories: seedlings (height below 0.5 m), lower advanced growth (height above 0.5 m and DBH below 7 cm), higher advanced growth (height above 3 m and DBH above 7 cm) and undergrowth (with dominating self sown spruce). In total 20 834 ha of Norway spruce natural regenerations were listed in year 2002 and 26 016 ha in year 2012 (increase by 24.9%). Most of them occur in fresh sites suited for mixed deciduous forests (LMśw) – in years 2002 and 2012 respectively 52.5% and 50.1%, and fresh sites suited for mixed coniferous forests (BMśw) – in years 2002 and 2012 respectively 30.4% and 32%.

The increase of natural regeneration of Norway spruce in this period was connected with the 23.6% decrease in volume of spruce stands in age of above 40 years.

Majority of spontaneously arriving spruce regenerations turn to the undergrowth, because of unfavorable light conditions under canopy and much to high density of seedlings and advanced growth. Good quality advanced growth on suited forest sites should be uncovered by thinning cuttings and consequently included into the future multispecies stands, with Norway spruce share up to 30%.

**Keywords:** *Picea abies*, natural regeneration stock-taking, natural range, silviculture, northern Poland

### 1. Introduction

The Kaszuby Lakeland lies outside the natural range of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Poland (Boratyńska 1998); however, the share of this species in local forest stands amounts to 14.8%, which is important for forest management in this region. The Kaszuby Lakeland Norway spruce shows high vitality and large increments comparable to those in its natural range. However, due to some doubts regarding the range of its natural occurrence, spruce planting in the territory of some forest districts is discontinued,

and the spontaneous regeneration of this species is used to a limited extent.

Indications about the high dynamics of the natural regeneration of Norway spruce can be found in the forest management plans of local forest districts, as well as in some publications (Karpinski 1971, Nowosielski 1973, Borusewicz 1998); however, the issue of natural regeneration of this species in the Kaszuby Lakeland has so far not been fully explored. For this reason, the authors decided to undertake systematic studies (part of them are presented in this study) whose principal purpose was to analyse the results of

Received: 09.07.2014, reviewed: 01.08.2014, accepted: 18.08.2014.

the inventory of spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland, and make recommendations for silviculture.

## 2. Materials and methods

### Study Site

The Kaszuby Lakeland is located at the highest elevation of all Pomeranian Lakelands, reaching a height of 329 m above sea level (Wieżycza Mt.) on Szymbarskie Hills (Kondracki 2001). The soils of the region are characterised by a mosaic structure, with a clear dominance of brown and podzolic soils (Augustowski and Sylwestrzak 1979). The specificity of the climate in this region of Poland results from a relatively short distance from the sea and a significant elevation above sea level. The mean annual temperature is 6.4°C, which is almost 2°C lower than in the neighbouring mesoregions. The mean annual precipitation is 715 mm (Kwiecień 1979). There is a significant share of mountain and foothill species in the flora of the region (Herbich 1982).

Forests (mostly mixed and deciduous) occupy about 32% of the area. The fresh mixed deciduous forest (LMśw) covering 50.7% of the forest area administered by the 'State Forests' National Forest Holding is the dominant forest habitat type in the study area. Fresh mixed coniferous (BMśw), fresh deciduous (Lśw) and fresh coniferous (Bśw) forest account for 22.5%, 13.6% and 8.0% of the forest area, respectively. Other forest habitat types account for 5.2% (BULiGL 2002). The Kaszuby Lakeland comprises the Kartuzy, Cewice, Strzebielino, Kolbudy and Gdańsk Forest Districts and part of the Lębork, Kościerzyna, Lipusz and Starogard Gdański Forest Districts – all of them located within the confines of the Regional Directorate of State Forests (RDSF) in Gdańsk (Kondracki 2001; BULiGL 2002).

### Inventory method of spruce natural regeneration

Using the electronic database of the Gdańsk RDSF, the natural regeneration of Norway spruce in the forest stands of the Kaszuby Lakeland was inventoried and classified into the following categories: renewals types, forest habitat types and forest districts (BULiGL 2002, 2012). The database included the descriptions of single- and multi-species stands, with a share of spruce exceeding 10%, where the natural regeneration of this species was recorded (as of 01.01.2002 and 01.01.2012).

The following regeneration categories were taken into account: seedlings (not exceeding 0.5 m in height), lower advance growth (spruce trees higher than 0.5 m, DBH less than 7 cm under bark), higher advance growth (spruce trees

higher than 3 m, DBH more than 7 cm under bark, not yet included in the understorey of the stand) and underbrush (with the predominant share of spruce trees established by natural means, not included in the seedlings and advance growth). However, the underbrush also comprised the seedlings and advance growth that showed the lowest silvicultural quality when the share of spruce regeneration in the composition of the future stand was higher than that foreseen for the production forest type. The area with the natural regeneration of Norway spruce was recalculated into so-called reduced area. Parallel to the inventory of spruce natural renewals, the inventory of forest stands with the share of spruce exceeding 10% and aged over 40 years was carried out.

In 2002, the assessment of the quality of the regeneration was carried out on randomly selected sample plots (three plots for each of the habitats: Lśw, LMśw, LMb, BMśw and BMb; five 3-m radius regeneration circles on each plot) using the following scale:

- quality class 1 – unsatisfactory (trees with a deformed crown structure, top shoots significantly shorter than the radius of the last whorl, occurrences of damage and symptoms of tree dieback),
- quality class 2 – satisfactory (trees with a well-developed crown and normal stem, top shoots approximately equal to the radius of the last whorl, without damage and symptoms of tree dieback),
- quality class 3 – good quality (trees with well-developed crown and stem, live green top shoots clearly longer than the radius of the last whorl, increments increasing with age).

## 3. Results

The results of the inventory of spruce natural regeneration in 2002 and 2012, by habitat type, are summarised in Tables 1 and 2.

In 2002, the share of spruce natural regeneration in each category was as follows: seedlings – 0.1% of the total regeneration area (26.0 ha), lower advance growth – 1.5% (317.0 ha), higher advance growth having the characteristics of the understorey – 2.8% (593.0 ha) and underbrush with dominant spruce – 95.6% (19,898.0 ha). The year 2012 saw significant differences compared to the state from before 10 years when the share of each regeneration category was as follows: seedlings – 0.2% of the total regeneration area (50.0 ha), lower advance growth – 1.0% (270.5 ha), higher advance growth with the characteristics of understorey – 3.9% (1010.5 ha) and underbrush with dominant spruce – 94.9% (24,685.0 ha).

Most areas of spruce natural regeneration were found in the fresh mixed deciduous (LMśw) and fresh mixed coniferous (BMśw) forest habitats, with the total share of the

**Table 1.** Area of the natural regeneration categories in the Kaszuby Lake District, according to forest site types, in year 2002

Site type	Seedlings	Lower advanced growth	Higher advanced growth	Seedlings and advanced growth	Undergrowth	All regeneration categories
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Bśw	-	6.5	17.0	23.5	1148.0	1171.5
Bw	-	-	-1.5	-	2.0	2.0
Bb	-	0.5		2.0	68.0	70.0
BMśw	-	18.0	256.5	274.5	6064.0	6338.5
BMw	-	0.5	2.5	3.0	55.0	58.0
BMb	10.0	28.5	29.5	68.0	619.5	687.5
LMśw	14.0	230.0	250.0	494.0	10443.5	10937.5
LMw	-	2.0	-	2.0	37.5	39.5
LMb	1.0	1.0	5.0	7.0	62.5	69.5
Lśw	1.0	30.0	30.5	61.5	1321.0	1382.5
Lw	-	-	0.5	0.5	17.0	17.5
Lł	-	-	-	-	3.0	3.0
Oł	-	-	-	-	45.5	45.5
OLJ	-	-	-	-	11.5	11.5
Total	26.0	317.0	593.0	936.0	19898.0	20834.0
Share [%]	0.1	1.5	2.8	4.5	95.5	100.0

Explanations: Bśw – fresh coniferous forest, Bw – moist coniferous forest, Bb – boggy pine forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest, BMw – moist mixed coniferous forest, BMb – boggy mixed coniferous forest, LMśw – fresh mixed broadleaved forest, LMw – moist mixed broadleaved forest, LMb – boggy mixed broadleaved forest, Lśw – fresh hardwood forest, Lw – moist hardwood forest, Lł – flood plain forest, Oł – alder swamp forest, OLJ – ash-alder swamp forest

**Table 2.** Area of the natural regeneration categories in the Kaszuby Lake District, according to forest site types, in year 2012

Site type	Seedlings	Lower advanced growth	Higher advanced growth	Seedlings and advanced growth	Undergrowth	All regeneration categories
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Bśw	-	-	67.0	67.0	1735.0	1802.0
Bw	-	-	-	-	0.5	0.5
Bb	-	-	2.5	2.5	76.5	79.0
BMśw	1.0	20.0	475.5	496.5	7837.0	8333.5
BMw	-	0.5	1.5	2.0	73.5	75.5
BMb	24.0	30.0	44.0	98.0	741.5	839.5
LMśw	21.0	204.5	378.5	604.0	12428.5	13032.5
LMw	-	-	1.5	1.5	73.5	75.0
LMb	2.5	2.0	4.0	8.5	87.5	96.0
Lśw	1.5	13.0	35.5	50.0	1517.5	1567.5
Lw	-	-	0.5	0.5	25.0	25.5
Lł	-	-	-	-	7.5	7.5
Oł	-	0.5	-	0.5	64.5	65.0
OLJ	-	-	-	-	17.0	17.0
Total:	50.0	270.5	1010.5	1331.0	24685.0	26016.0
Share [%]	0.2	1.0	3.9	5.1	94.9	100.0

Explanations as in Table 1.

renewals in these two habitats in 2002 being 83% (17,276 ha), and in 2012 – 82% (21,365 ha).

The evaluation of the quality of spruce regeneration in individual study plots showed that there was at least one plot with regeneration in quality class 3.0 (the highest silvicultural quality) in each forest habitat. Spruce at the age of 10–20 years exhibited the highest quality of: 2.0 (BMb, LMb), 2.3 (BMśw), 2.4 (LMśw) and 2.6 (Lśw). At the age of over 20 years, the quality of the regeneration under comparable conditions was much lower.

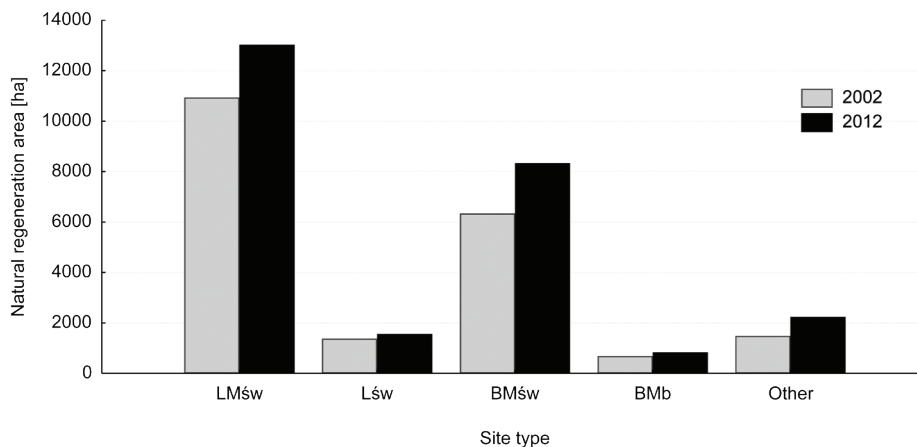
The average quality of the regeneration on various types of soil was similar – the best quality had spruce on podzolic and rusty soils (2.4), medium – on brown soils (2.2), and the worst – on gley soils and peats (2.0).

The average quality of the regeneration in the adopted three-point scale ranged from 1.95 in the LMb to 2.60 in the Lśw forest habitats. In other habitats, it had intermediate values, with 2.0 in the BMb habitat, 2.10 in the BMśw habitat and 2.35 in the LMśw habitat. In conclusion, the quality of the regeneration was considered to be satisfactory, with a tendency towards good.

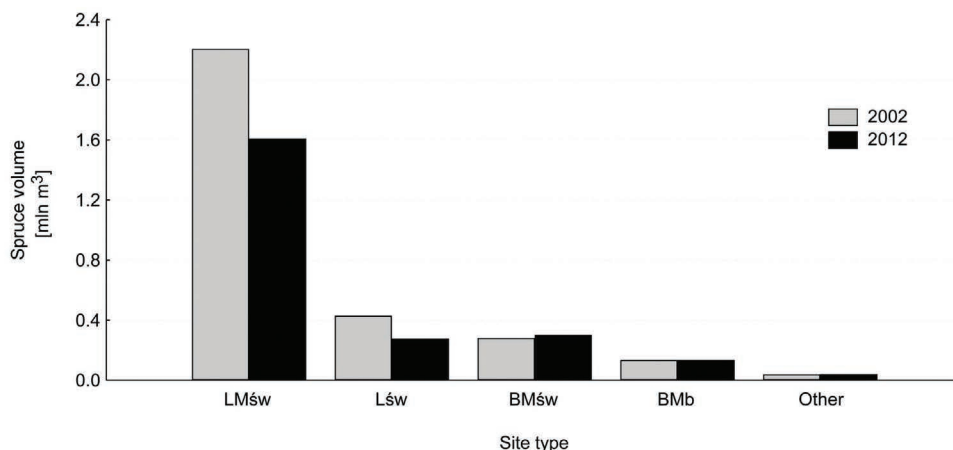
Most renewals were found in single-storey forest stands. The area of the regeneration largely correlates with the area ( $r = 0.76$ ) and volume ( $r = 0.84$ ) of spruce stands (and stands with spruce) older than 40 years.

The decade 2002–2012 saw major changes in the volume of spruce stands (and stands with spruce) older than 40 years in the Kaszuby Lakeland (Figure 2). In this period, the volume of spruce in these stands decreased from 3.095 million m<sup>3</sup> to 2.365 million m<sup>3</sup>, an increase of 23.6%. Stand volume in each forest habitat in 2002 and 2012 was respectively: LMśw – 2.206 and 1.609 million m<sup>3</sup> (down by 27.1%), Lśw – 0.430 and 0.277 million m<sup>3</sup> (down by 35.6%). There was a slight increase in spruce volume in the BMśw habitat – from 0.282 million m<sup>3</sup> in 2002 to 0.302 million m<sup>3</sup> in 2012 (up by 7.1%), while in the BMb and other forest habitats, the total volume remained almost the same (0.136 and 0.135 million m<sup>3</sup> and 0.041, and 0.042 million m<sup>3</sup>, respectively).

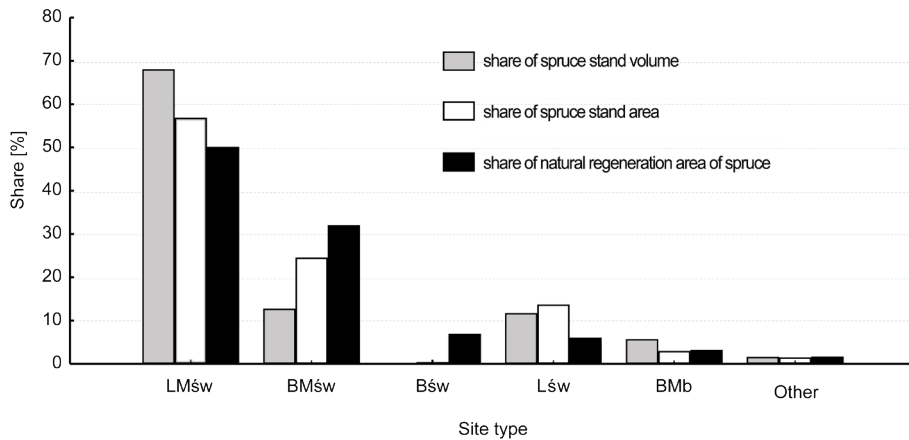
Figure 3 presents the comparison of the percentage share of different forest habitats in the spruce stand volume, the area of spruce stands, and the area of spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland in 2012. The percentage share of the



**Figure 1.** Area of natural spruce regeneration in different forest site types of the Kaszuby Lake District in 2002 and 2012



**Figure 2.** Spruce volume in the Kaszuby Lake District in 2002 and 2012



**Figure 3.** Comparison of the share of particular sites in the spruce stand volume (gray), spruce stand area (white) and area of spruce natural regeneration (black), in year 2012 in the Kaszuby Lake District

area with natural regeneration in the LMśw, Lśw and BMb habitats taken together is lower (59.3%) than the percentage share of the area with spruce stands (73.5%) and the percentage share of volume in these habitats (85.5%). Different relationships were found in the BMśw, Bśw and other habitats taken together, where the percentage share of the area of spruce natural regeneration was higher (40.7%) than the percentage share of the area of spruce stands (26.5%) and the percentage share of spruce stand volume (14.5%).

In 2002, the largest number of natural regenerations of spruce was found in the territory of the forest districts located in the central and northern regions of the Kaszuby Lakeland at an elevation of 160–200 m above sea level, with a diversified topography and relatively fertile soils. A total of 13,124 ha of spruce regeneration, representing 63% of the total area of spruce natural regeneration was inventoried in the adjoining Kartuzy, Cewice, Strzebielino and Gdańsk Forest Districts located in this part of the Lakeland. In 2012, 15,543 ha was inventoried in the same forest districts, representing 60% of the total area of spruce natural regeneration inventoried in the Kaszuby Lakeland.

#### 4. Discussion

The natural regeneration of spruce in the Kaszuby Lakeland occurs in all types of forest habitat, except for dry coniferous forest (Bs). The largest area of spruce natural regeneration in 2002 and 2012 was found in the LMśw and BMśw forest habitats, which is largely consistent with the results of the research conducted by other authors in the region (Czerw 1969, Karpiński 1971, Szydlarski 1999). Spruce naturally regenerates across the Polish lowland usually in the LMśw and Lśw habitats (Zajączkowski 1998, Głaz, Zajączkowski 2002).

The inventory of spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland showed its occurrence mainly in single-sto-

rey stands. Also, Żybura (1983) and Zajączkowski (1998) demonstrated that the one-storey structure of the stand creates the best conditions favouring the appearance and growth of the natural regeneration of this species.

The analysis of the dynamics of spruce natural regeneration showed a significant relationship between the declining volume of spruce stands and the increasing area of natural regeneration. Conducting large-scale sanitation cuts (secondary pests and fungal diseases) consequently led to the creation of favourable conditions for spruce natural regeneration and its further expansion in the thinned stands.

These processes being commonplace in the Kaszuby Lakeland, have not so far been a subject of systematic research. It seems that this issue deserves more attention, more so because the rapid expansion of spruce natural regeneration is observed also in pine stands and stands with the dominant share of pine in the Bśw and BMśw forest habitats in which the share of spruce is insignificant or even scarce. In 2012, the inventory of the natural regeneration of spruce in pine stands covered an area larger by 2600 ha or 35.0% more than in 2002.

The inventory showed a surprisingly high proportion of underbrush in the whole area of natural regeneration. In most cases, however, it was not underbrush in the strict sense of the word. It was often the good quality advance growth which, in the forest management plans, was described as underbrush in the situation when spruce had not been foreseen in the target composition of the forest stand in a given habitat or when its share was larger than that foreseen for the production forest type (Magnuski et al. 1997; BULiGL 2002, 2012). Nowosielski (1973) believes that the natural regeneration of Norway spruce in the Kaszuby Lakeland appears usually during 1–3 seed years and, at the age of ca 15 years, forms the advance growth with a density of 200,000 plants/ha. According to our observations, the number of spruce trees of good and very good quality, despite

their high density, was enough large to successfully establish valuable young-growth spruce stands.

The inventory of spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland covered an area of more than 20,000 ha (while in 2012 – more than 26,000 ha) of seedlings, advance growth and underbrush of which at least 20% were of the highest quality. This area with spruce natural regeneration potentially useful for forest economy, is contrasted with the area of only 12.26 ha identified in the territory of the Gdansk RDSF in 1988–1998 (Tomczyk 1999).

Spruce in the Kaszuby Lakeland regenerates successfully both by side and top seeding. The natural regeneration also appears when spruce occasionally occurs in the composition of the mother stand. The macro-habitat of this region (as well as in the entire West Pomerania) can be compared to that of the lower montane zone of the Sudeten and Carpathian Mountains, where the growth conditions for spruce are close to its physiological optimum (Modrzyński 1998, 1999).

Pawłowski (1969), Szydłarski (1998), Szymański (1998) and Zajączkowski (2002) drew attention to the dynamic renewal of spruce stands in this area. Karpinski (1971) reports dense spruce regeneration by natural seeding in this region even in small gaps in beech stands. Brakowski and Świącieński (1969) proposed to introduce a shelterwood strip system developed by Wagner, especially for spruce stands to ensure optimal possibilities of its natural regeneration in this region. Gunia et al. (1982), however, believes that in the Kaszuby Lakeland, spruce regenerates naturally regardless of the applied cutting system.

## 5. Summary and conclusions

1. The decade 2002–2012 saw an increase in the area of spruce natural regeneration in spruce stands and stands with spruce older than 40 years in the Kaszuby Lakeland by 24.9% (from 20,834 ha to more than 26,000 ha of reduced area).

This increase is associated with a 23.6% decrease, both in the volume of spruce stands (and stands with the admixture of spruce) aged over 40 years, as well as with the expansion of spruce natural regeneration in pine stands (especially in Bśw and BMśw forest habitats) with a small admixture of spruce.

2. The presence of spruce natural regeneration on ca 58% of the area of spruce stands (and stands with the admixture of spruce) aged over 40 years indicates a widespread occurrence of spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland. Almost 100% of stands older than 60 years with dominant spruce regenerate there in a natural way.

3. Most spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland was found in the forest habitats of LMśw (52.5% of the total area of renewals in 2002 and 50.1% in 2012) and BMśw (30.4% in 2002 and 32.0 % in 2012). Noteworthy is

also the share of the natural regeneration in the forest habitats of Lśw (6.6% and 6.0%), Bśw (5.6% and 6.9%) and BMb (3.3% and 3.2%). A total of 98.4% of all renewals in 2002 and 98.2% in 2012 occurred in these habitats.

4. The highest quality of the natural regeneration of spruce in the Kaszuby Lakeland was found in the Lśw, LMśw and BMśw, while the lowest in the LMb and BMb forest habitats.

5. Most spruce renewals (63%) were inventoried in the central and northern part of the Kaszuby Lakeland characterised by the highest elevation above sea level, the highest share of fertile soils and wet habitats. The nature of the habitats in this part of the region resembles the mountain habitats in southern Poland and clearly favours the natural regeneration of spruce.

6. Most of the spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland turned to underbrush, which was mainly due to the unfavourable light conditions below the canopy and excessive density of the regeneration. In spite of this, about 20% of the seedlings and advance growth inventoried in the region exhibited a very high silvicultural quality, allowing obtaining valuable forest stands. The good quality advance growth in the LMśw, BMśw and Lśw forest habitats should be exposed through late thinning and sanitation cuts. Improvement treatments should also be applied in advance to establish multi-species forest stands with the share of Norway spruce up to 30% in the future.

7. The lack of interference in the spontaneous regeneration of spruce, which today is a common case, leads, on the one hand, to the appearance of underbrush over large areas, and, on the other hand, to an excessive share of this species in the composition of some forest stands. In order to prevent the establishment of spruce monocultures by natural regeneration and obtain a more complex vertical structure of the stand, it is desirable to use other admixture species, mainly beech and pine. In the partial cutting systems used primarily for the sake of the process of beech natural regeneration, the natural regeneration of spruce and other species should be applied and promoted to a larger extent.

## Conflict of interest

The authors declare that they are free of potential conflicts of interest.

## Acknowledgement and financial support

The authors want to thank Michał Majewski M Sc.(Eng.), Krzysztof Maras M Sc.(Eng.) and Mateusz Stopiński M Sc.(Eng.) for their assistance in conducting fieldwork.

The research project was partly funded by the Committee for Scientific Research under the grant No. 6 P04F 068 21.

## References

- Augustowski B., Sylwestrzak J. 1979. Zarys budowy geologicznej i rzeźba terenu, in: Augustowski B. (eds.). Pojezierze Kaszubskie. Gdańskie Towarzystwo Naukowe: 49–72. ISBN 83-04-00363-5.
- Boratyńska K. 1998. Rozmieszczenie geograficzne, in: Boratyński A., Bugała W. (eds.) *Biologia świerka pospolitego*. Poznań, Wyd. Nauk. Bogucki, 63–79. ISBN 83-86001-48-8.
- Borusiewicz B. 1998. Świerk pospolity w północnej części Pomorza Zachodniego. *Las Polski* 15/16: 27.
- Brakowski W., Świąciński J. 1969. Zagospodarowanie lasów świerkowych na terenie Okręgowego Zarządu lasów Państwowych w Gdańsku ze szczególnym uwzględnieniem dzielnicy przyrodniczo leśnej Pojezierza Kartuskiego. Materiały na Konferencję Naukowo-Techniczną w 1969 r.
- BULiGL 2002. Elektroniczna baza danych RDLP w Gdańsku. Plany urządzenia lasu nadleśnictw położonych w regionie Pojezierza Kaszubskiego. Oddział Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Gdyni.
- Czerw M. 1969. Ocena hodowlana odnowień naturalnych świerka na terenie Pojezierza Kartuskiego w zależności od siedliska. Praca dyplomowa SGGW–AR, Instytut Przyrodniczych Podstaw Leśnictwa i Hodowli Lasu. Maszynopis.
- Głaz J., Zajączkowski G. 2002. Występowanie nalotów w lasach Państwowego Gospodarstwa leśnego. *Sylvan* 146 (5): 73–82.
- Gunia S., Kowalski M., Żybura H. 1982. Informacja dotycząca możliwości uprawy i hodowli świerka pospolitego i jodły pospolitej w Krainie Przyrodniczo Leśnej Bałtyckiej. SGGW Warszawa.
- Herbich J. 1982. Zróżnicowanie i antropogeniczne przemiany roślinności Wysoczyzny Staniszewskiej na Pojezierzu Kaszubskim. *Monographiae Botanicae*. 63: 1–162.
- Karpiński Z. 1971. Świerczyny na Pojezierzu Kartuskim. *Sylvan* 115 (5): 75–79.
- Kondracki J. 2001. Regiony fizycznogeograficzne Polski. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa: 74-78. ISBN 83-01-13050-4.
- Kukuła J., Magnuski K., Miś R., Ważyński B., Żółciak E. 1997: *Zagadnienia praktyczne z urządzania lasu*. Cz. I: Inwentaryzacja lasu i plany urządzania lasu. Wyd. Akad. Roln. im. A.Cieszkowskiego, Poznań. ISBN 83-7160-060-7.
- Kwiecień K. 1979. Warunki klimatyczne, in: Augustowski B. (ed.) *Pojezierze Kaszubskie*. Gdańskie Towarzystwo Naukowe: 95–120. ISBN 83-04-00363-5.
- Modrzyński J. 1998. Zarys ekologii świerka, in: Boratyński A., Bugała W. (eds.). *Biologia świerka pospolitego*: 303–359. Wyd. Nauk. Bogucki, Poznań. ISBN 83-86001-48-8.
- Modrzyński J. 1999. Potencjalny naturalny zasięg świerka uzasadnia jego hodowlę na Pomorzu Zachodnim. *Sylvan* 143 (7): 63–67.
- Nowosielski N. 1973. Próba hodowlanego wykorzystania odnowień naturalnych świerka w dwu nadleśnictwach OZLP w Gdańsku. Maszynopis. SGGW Warszawa.
- Pawłowski W. 1969. Ocena zdrowotności świerka występującego w drzewostanach czystych i mieszanych w dzielnicy Pojezierza Kartuskiego. Materiały na konferencję Polskiego Towarzystwa Leśnego. Gdańsk.
- Szydłarski M. 1998. Zagospodarowanie lasów świerkowych na Pojezierzu Kaszubskim na przykładzie Nadleśnictwa Kartuzy. Materiały na konferencję terenową, in: Aktualny stan świerka i perspektywy jego dalszej hodowli poza naturalnym zasięgiem występowania na przykładzie RDLP w Gdańsku. Sulęcyno.
- Szydłarski M. 1999. Zagospodarowanie lasów świerkowych na Pojezierzu Kaszubskim na przykładzie Nadleśnictwa Kartuzy. *Sylvan* 143 (5): 47–54
- Szymański T. 1998. Występowanie świerka w Lasach państwowych na terenie RDLP w Gdańsku w świetle III rewizji urządzania lasu. Materiały na konferencję terenową, in: Aktualny stan świerka i perspektywy jego dalszej hodowli poza naturalnym zasięgiem występowania na przykładzie RDLP w Gdańsku. Sulęcyno.
- Tomczyk S. 1999. Odnowienia naturalne w lasach. Stan obecny i perspektywy rozwoju. Warszawa. ISSN 1232-8111.
- Zajączkowski J. 1998. Siedliskowe uwarunkowania występowania odnowień podokapowych głównych gatunków lasotwórczych w Polsce. Maszynopis. SGGW Warszawa.
- Zajączkowski J. 2002. Świerk pospolity w ekosystemowej hodowli lasu na Pojezierzu Kaszubskim. *Sylvan* 146 (10): 25–30.
- Żybura H. 1983. Wpływ drzewostanu osłaniającego na dynamikę odnowień podokapowych świerka w drzewostanach z udziałem sosny i świerka w północno– wschodniej Polski. *Sylvan* 127 (9/10): 41–52.

## Authors' contribution

M. S. – literature review, methods, data collection and processing, manuscript preparation. J. M. – concept and supervision of the research project, participation in the interpretation of results, manuscript preparation.