

VARIJABILNOST POPULACIJA OBIČNOGA BORA (*Pinus sylvestris* L.) NA PODRUČJU SJEVEROZAPADNOGA DIJELA MALE KAPELE PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA IGLICA I ČEŠERA

VARIABILITY OF THE POPULATIONS OF SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) IN THE NORTHWESTERN PART OF MALA KAPELA ACCORDING TO THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NEEDLES AND CONES

Igor POLJAK¹, Joso VUKELIĆ², Antonio VIDAKOVIĆ¹, Marijan VUKOVIĆ³, Marilena IDŽOJTIĆ^{1*}

SAŽETAK

U radu je istražena morfološka varijabilnost populacija običnoga bora na području sjeverozapadnoga dijela Male Kapele. Raznolikost i strukturiranost populacija utvrđena je na osnovi deset mjerenih morfoloških značajki iglica i češera, pri čemu su korištene deskriptivne i multivarijatne statističke metode. Provedenim istraživanjem utvrđena je niska varijabilnost morfoloških značajki, a razlike između stabala unutar populacija, kao i između populacija, potvrđene su za većinu istraživanih svojstava. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je veća nego međupopulacijska, osim za značajke širina iglice, dužina češera i širina štitića. Istraživanjem je potvrđen i trend variranja populacija po ekološkom principu, kao i specifičan gradijent, odnosno promjena u morfološkoj varijabilnosti s obzirom na promjenu nadmorske visine. Populacije s nižih nadmorskih visina imale su manje češere u odnosu na populacije s viših nadmorskih visina. Osim toga, pionirski karakter običnoga bora u kojega ponekad vrlo mali broj jedinki sudjeluje u osnivanju novih populacija, rezultirao je malom varijabilnošću populacija te njihovom velikom diferencijacijom na tako malom području.

KLJUČNE RIJEČI: četinjače, obični bor, morfometrijska analiza, unutarpopulacijska varijabilnost, međupopulacijska varijabilnost, genetički drift

UVOD INTRODUCTION

Rod *Pinus* L. (borovi) pripada porodici Pinaceae i obuhvaća oko 110 vrsta (Kaundun i Lebreton 2010; Farjon 2005,

2010), odnosno 119 vrsta (WFO 2020), što ga čini najbrojnijim rodnom među golosjemenjačama. Borovi su vazdazelene, smolaste, jednodomne vrste drveća, rjeđe grmova. Dominantno su rasprostranjeni na sjevernoj hemisferi, dok tek nekoliko vrsta raste na južnoj hemisferi u suptropskim

¹ Doc. dr. sc. Igor Poljak, prof. dr. sc. Marilena Idžojtić, Antonio Vidaković, mag. ing. silv., Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 23, 10000 Zagreb, Hrvatska.

² Prof. dr. sc. Joso Vukelić, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 23, 10000 Zagreb, Hrvatska

³ Marijan Vuković, univ. bacc. ing. silv.

*Korespondencija (E-mail: midzjotic@sumfak.hr)

i tropskim područjima Srednje Amerike i Azije (Farjon 1984; Gaussen i sur. 1993; Ioannou i sur. 2014). U Europi je autohtono 12 vrsta borova (Cheddadi i sur. 2006) od kojih prema Vidakoviću (1993) pet raste u Hrvatskoj.

Obični ili bijeli bor (*Pinus sylvestris* L.) je do 27 (40) m visoko stablo, karakteristične crvenkastosmeđe i ljuskave kore u gornjem dijelu debla i modrozelenih i uzdužno usukanih iglica (Houston-Durrant i sur. 2016). Zbog svog lako obradivog drveta, dobrih mehaničkih svojstava i drugih drvnih i nedravnih koristi, gospodarski je vrlo važna vrsta, poglavito na sjeveru Europe (Csaba i sur. 2004). Najrasprostranjenija je vrsta bora, a raste u Europi i Aziji (Vidaković 1993; Eckenwalder 2009; Houston-Durrant i sur. 2016), od Škotske i Skandinavije na sjeveru do Pirenejskog poluotoka, s izoliranim nalazištima na jugu i u središnjem dijelu Španjolske, zatim u južnoj i srednjoj Europi te na Balkanskom poluotoku do sjevera Grčke. U Aziji dolazi do središnje Turske, gdje mu je južna granica rasprostranjenosti, zatim do Kavkaza te do sjeverne Mandžurije i Ohotskog mora. Ovisno o geografskoj širini, raste od razine mora na krajnjem sjeveru pa sve do 2700 m nadmorske visine na Kavkazu i u Turskoj (Vidaković 1993; Houston-Durrant 2016). Na Balkanskom poluotoku raste u gorskim i planinskim područjima do 2200 m nadmorske visine (Idžojić 1996; Ballian i sur. 2019).

Obični bor je pionirska vrsta koja pretežno raste na siromašnim, pjeskovitim tlima, tresetištima i rubovima šuma, dok na plodnijim tlima često bude potisnut običnom smrekom ili listopadnim vrstama (Csaba i sur. 2004). Tolerira različite uvjete vlažnosti tla, od močvarnih do pjeskovitih suhih tala, a na prirodnim staništima često raste zajedno s vrstama iz rodova *Alnus* Mill., *Betula* L. i *Populus* L. (Richardson i Rundel 1998), no zna tvoriti i čiste jednodobne sastojine. Prema Ballianu (2019), u nizinama sjeverne Njemačke, Poljske i Švedske te u rusko-sibirskim šumama nalaze se optimalni uvjeti za rast i razvoj običnoga bora.

Veliko područje prirodne rasprostranjenosti običnoga bora, kao i njegova izuzetna prilagodljivost ekstremnim stanišnim i ekološkim uvjetima (Boratynski 1993) rezultat je velike varijabilnosti ove vrste drveća. Reliktni karakter i izoliranost populacija običnoga bora na području Iberijskoga (Gaussen 1960; Rubiales i sur. 2010; Prus-Głowacki i sur. 2012) i Balkanskoga poluotoka (Molotkov i Patlaj 1991; Vidaković 1993) te odvojenost južnih od borealnih populacija (Gaussen 1960; Mirov 1967) u konačnici je rezultirala opisivanjem različitih taksonomskih jedinica, ekotipova i rasa. Usprkos velikom broju morfometrijskih i molekularnobioloških istraživanja unutarvrstne varijabilnosti *P. sylvestris* L. *sensu latissimo* kompleksa (Korshikov i sur. 2005; Marcysiak 2006; Belletti i sur. 2012; Prus-Głowacki i sur. 2012; Lesiczka i sur. 2017; Łabiszak i sur. 2017; Hebda i sur. 2017;

Batkhuu i sur. 2020), taksonomska struktura još uvijek predstavlja nepoznanicu. Novija molekularna istraživanja potvrđuju postojanje četiri skupine populacija običnoga bora (Dering i sur. 2017), a rezultati tih istraživanja približno se podudaraju s prije definiranim refugijima (Huntley i Birks 1983; Naydenov i sur. 2007; Pyhäjärvi i sur. 2008; Sinclair i sur. 1999). Razlike između reliktnih populacija iz južne Europe i jugozapadne Azije potvrđene su i morfometrijskim metodama (Jasińska i sur. 2014). Isto tako, morfološke značajke iglica i češera uspješno su korištene i za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti običnoga bora na manjim područjima (Staszkiwicz 1963; Bobowicz i Radziejewska 1989; Bobowicz i Korczyk 1994; Boratyńska i Hinca 2003; Urbaniak i sur. 2003; Androsiuk i Urbaniak 2006; Lesiczka i sur. 2017; Köbölkuti i sur. 2017; Batkhuu i sur. 2020).

Prema Farjonu (2010) i WFO (2020), tri su varijeteta običnoga bora: var. *sylvestris*, var. *hamata* Steven i var. *mongolica* Litv. Tipični varijetet rasprostranjen je u Europi i Aziji, od sjeverne Španjolske i Škotske na zapadu do ruskog dalekog istoka te od Laponije na sjeveru do Turske na jugu. Ovom varijetetu pripadaju i hrvatske populacije običnoga bora. Drugi varijetet, var. *hamata*, rasprostranjen je na Krimu, Kavkazu i u Turskoj, a treći varijetet, var. *mongolica*, u istočnom Sibiru, Kini i sjevernoj Mongoliji (vrlo rijetko).

U Hrvatskoj, obični bor prirodno nalazimo samo na Maloj Kapeli (nedaleko od Plitvičkih jezera) i nešto malo u dolini rijeke Kupe (Gorski kotar). Na području Male Kapele tvori šumsku zajednicu običnoga bora i crnoga kukurijeka (*Hel-leboro nigri-Pinetum sylvestris* Horvat 1958). Navedena zajednica je reliktnoga karaktera, a u njoj od prirode rastu i obični i crni bor (*Pinus nigra* Arnold). Prisutnost običnoga bora u širem području Plitvičkih jezera povezana je s njegovom migracijom prema jugu tijekom ledenog doba, gdje je upravo na graničnom području prema Sredozemlju došao u dodir s crnim borom (Vukelić 2012). Stanište ove zajednice na obroncima Male Kapele dolomitne su rendzine na nadmorskoj visini od 700 do 1000 m. O reliktnim sastojinama običnoga bora na ogulinskom području pišu i Vucelić (1987) i Nežić (1987). Navedeni autori ističu da su sastojine običnoga bora na sjeverozapadnom području Male Kapele ostatci nekada široko rasprostranjenijih borovih šuma. Zbog antropogenih utjecaja stanje ovih šuma je narušeno, a mjestimično su degradirane u pašnjake s vlasuljom i običnom borovicom. U smjesi osim običnoga bora sudjeluju i smreka i jela, posebice na dubljim tlima udolina. Na tim staništima bor ima meliorativni karakter i popravljiva svojstva tla, što omogućuje naseljavanje ostalih vrsta iz klimazonalne šume bukve i jele.

Iako je obični bor s gospodarskog stajališta značajna i vrijedna vrsta, sastojine običnoga bora u Hrvatskoj ipak imaju veću prirodnoznanstvenu važnost. U Hrvatskoj do sada nije

bilo istraživanja raznolikosti populacija običnoga bora, a glavni ciljevi ovoga rada bili su: (A) utvrditi unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost običnoga bora na području sjeverozapadnoga dijela Male Kapele; (B) testirati zavisnost morfološke varijabilnosti iglica u odnosu na morfološku varijabilnost češera; (C) testirati postoji li specifičan gradijent, odnosno promjena u morfološkoj varijabilnosti s obzirom na promjenu nadmorske visine; i (D) utvrditi sličnost autohtonih hrvatskih populacija običnoga bora s populacijama običnoga bora iz južne Europe i jugo-zapadne Azije.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Biljni materijal i istraživane značajke iglica i češera – *Plant material and needle and cone characters studied*

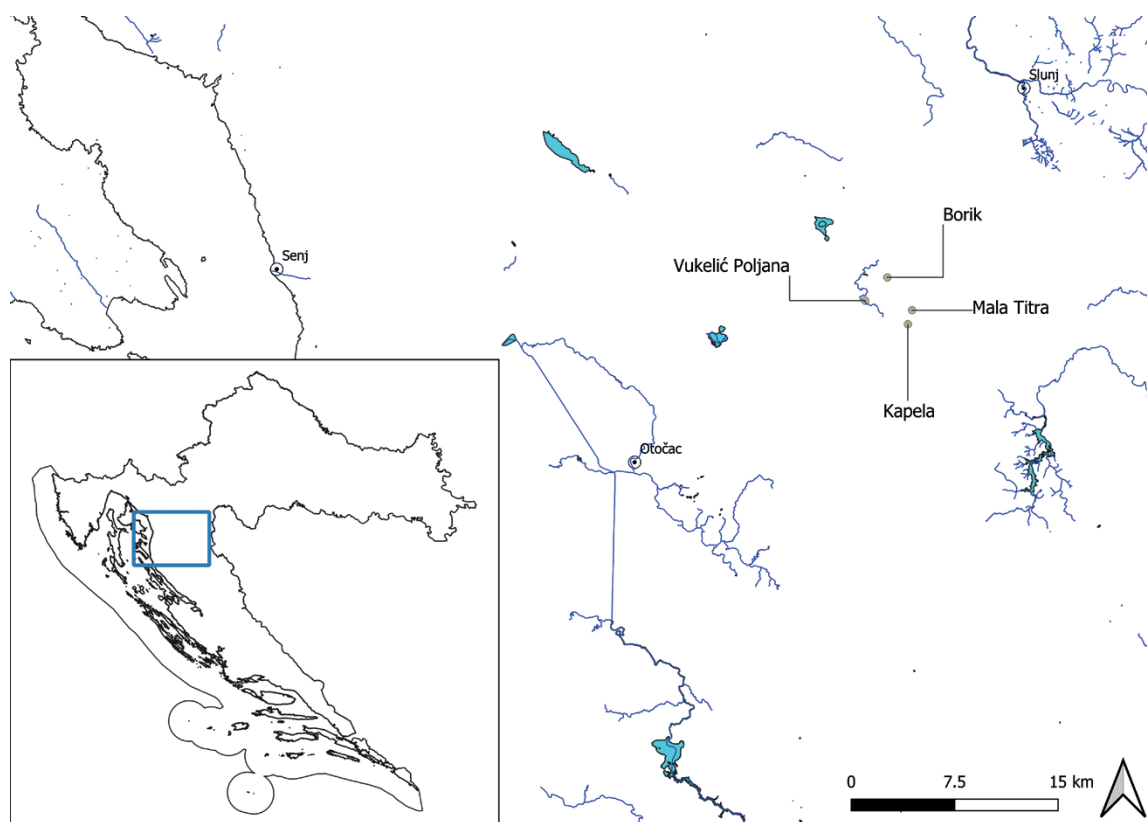
Materijal za morfometrijsku analizu sakupljen je u četiri prirodne populacije običnoga bora na sjeverozapadnom dijelu Male Kapele (slika 1). Populacije obuhvaćene istraživanjem bile su: Borik, Kapela, Vukelić Poljana i Mala Titra. Biljni materijal sakupljen je u ožujku 2020. godine. Svaka populacija predstavljena je s po 10 stabala, a svako stablo s po 30 iglica i 30 češera. Iglice su sakupljene s prošlogodišnjih izbojaka, a češeri sa stabla.

Iglice su skenirane A3 skenerom (MICROTEK ScanMaker 9800XL) pri čemu je korištena razlučivost od 600 dpi (TIF datoteka). Nakon skeniranja, izmjerene su softverskim paketom WINFOLIA PRO (2005) korištenjem opcije Leaf Morphology (slika 2). Točnost mjerenja iznosila je 0,1 mm, a za svaku iglicu određena je dužina iglice (NL) i njezina najveća širina (NW). Osim toga, korištenjem opcije Interactive Measurements određena je i dužina rukavca (NSL).

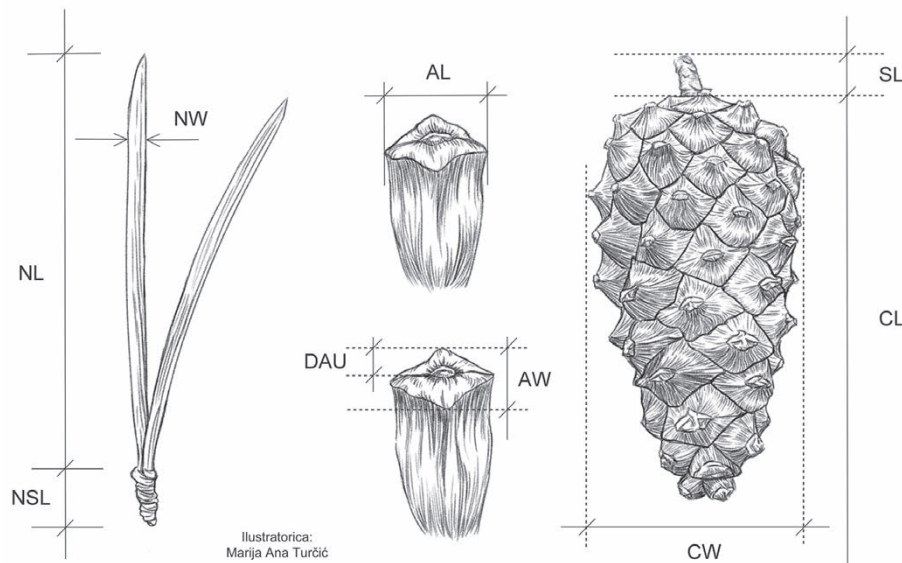
Digitalnim pomičnim mjerilom određene su sljedeće morfološke značajke češera (slika 2): dužina češera (CL), najveća širina češera (CW), dužina stapke (SL), visina štitića (AL), širina štitića (AW) i dužina mjerena od sredine grbice do vrha štitića (DAU). Osim toga, za svaki češer određen je i ukupni broj češernih ljusaka (CSN).

Statističke analize – *Statistical analyses*

Mjerene morfološke značajke prikazane su deskriptivnim statističkim parametrima, pri čemu su korišteni standardni algoritmi deskriptivne statističke analize (Sokal i Rohlf 2012). Podaci su prikazani sljedećim univarijantnim statističkim parametrima: aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (CV). Odnos između mjerenih značajki češera i iglica te između mjernih značajki i nadmorske visine utvrđen je Pearsonovim koeficijentom korelacije.



Slika 1. Uzorkovane populacije: Borik (540-641 mnv); Kapela (770-820 mnv); Mala Titra (730 mnv); Vukelić Poljana (490 mnv).
Figure 1. Sampled populations: Borik (540-641 masl); Kapela (770-820 masl); Mala Titra (730 masl); Vukelić Poljana (490 masl).



Slika 2. Mjerene značajke iglica i češera: NL (dužina iglice); NW (širina iglice); NSL (dužina rukavca); CL (dužina češera); CW (širina češera); SL (dužina stapke); AL (dužina štitića); AW (širina štitića); DAU (udaljenost od sredine grbice do vrha štitića).

Figure 2. Measured needle and cone traits: NL (needle length); NW (needle width); NSL (basal sheath length); CL (cone length); CW (cone width); SL (cone stalk length); AL (length of cone scale apophysis); AW (width of cone scale apophysis); DAU (distance between umbo and scale top).

Za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti korištena je univarijatna analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori varijabilnosti bili su populacija i stablo, na način da je faktor stablo ugniježđen unutar faktora populacija. Da bi se dobio uvid u zastupljenost pojedinih istraživanih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci (između populacija, između stabala unutar populacije, unutar stabla) korištena je REML metoda (*Restricted Maximum Likelihood Method*). Navedene statističke analize provedene su pomoću statističkog programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, Inc. 2001).

Kako bi se utvrdilo koje se točno populacije međusobno značajno razlikuju za pojedina mjerena svojstva (za koja su prethodno provedenom analizom varijance dobivene vrijednosti značajnosti iznosile 0,01) provedeno je i *post hoc* testiranje Fisherovim multiplim testovima (LSD) za sve parove populacija.

Kako bi se dodatno pojasnio trend variranja populacija korištene su multivarijatne statističke metode – klasterka i kanonička diskriminantna analiza. Ulazni podaci u multivarijatnim statističkim metodama prethodno su standardizirani *z-score* metodom, a prilikom obrade podataka korišten je softverski program R v.3.2.2 (R Core Team, 2016) pri čemu su korištene funkcije iz “MorphoTools” R scripts (Koutecký 2015).

Diskriminantna analiza korištena je za određivanje morfoloških značajki koje najbolje razlikuju četiri istraživane populacije običnoga bora na području sjeverozapadnoga dijela Male Kapele.

U klasterkoj analizi korištene su aritmetičke sredine populacija, a autohtone populacije uspoređene su s ostalim europskim i zapadnoazijskim populacijama običnoga bora, pri čemu su korišteni rezultati koje objavljuju Jasińska i sur. (2014). Provedenom klasterkom analizom dobiveno je horizontalno hijerarhijsko stablo, pri čemu je za udruživanje *cluster*a korištena UPGMA metoda (*Unweighted Pair Group Average Method*), a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidska udaljenost.

REZULTATI RESULTS

Rezultati provedene deskriptivne statističke analize prikazani su u tablici 1. Najduže iglice bile su svojstvene populaciji Kapela, a najkraće i najdeblje populaciji Mala Titra. Populacija Vukelić Poljana odlikovala se prosječno najmanjim češerima i najkraćim stapkama. Isto tako, populaciju Vukelić Poljana karakterizirao je i najmanji prosječni broj češernih ljustaka po češeru. Prosječno najveći broj češernih ljustaka po češeru utvrđen je za populacije Kapela i Mala Titra.

Pearsonovim koeficijentom korelacije utvrđena je pozitivna korelacija između svih mjerenih značajki češera te između broja češernih ljustaka (CSN) i dužine i širine češera (CL, CW). Isto tako, statistički značajna pozitivna korelacija utvrđena je i između dužine rukavca (NSL) i dužine i širine iglice (NL, NW). U tablici 2 je vidljivo da je samo jedna značajka češera, i to širina štitića (AW), u statistički značajnoj negativnoj korelaciji sa širinom iglice (NW). Iz iste ta-

Tablica 1. Parametri deskriptivne statistike za mjerene morfološke značajke.**Table 1.** Descriptive statistical parameters for measured morphological traits.

Značajka Character	Deskriptivni pokazatelji Statistical parameters	Borik	Kapela	Mala Titra	Vukelić Poljana	Ukupno Total
NL	M (mm)	55,10	61,74	52,36	54,13	55,83
	SD (mm)	8,20	11,76	8,05	7,57	9,71
	CV (%)	14,89	19,05	15,38	13,99	17,40
NW	M (mm)	1,57	1,65	1,82	1,74	1,69
	SD (mm)	0,18	0,16	0,16	0,11	0,18
	CV (%)	11,26	9,81	9,08	6,31	10,65
NSL	M (mm)	3,81	3,65	4,23	3,68	3,85
	SD (mm)	0,76	0,72	0,57	0,51	0,69
	CV (%)	19,81	19,82	13,38	13,94	17,87
CL	M (mm)	45,89	43,34	43,39	35,46	42,02
	SD (mm)	6,10	8,28	5,41	5,61	7,55
	CV (%)	13,29	19,11	12,47	15,81	17,96
CW	M (mm)	21,41	22,02	21,42	18,63	20,87
	SD (mm)	3,14	3,24	2,01	2,51	3,06
	CV (%)	14,65	14,69	9,37	13,49	14,67
SL	M (mm)	9,52	9,25	9,12	8,14	9,01
	SD (mm)	1,89	1,52	1,51	1,84	1,77
	CV (%)	19,83	16,47	16,52	22,60	19,70
AL	M (mm)	9,38	8,65	8,30	7,75	8,52
	SD (mm)	1,23	1,18	0,89	0,86	1,21
	CV (%)	13,09	13,66	10,74	11,14	14,17
AW	M (mm)	8,44	7,50	6,90	6,82	7,41
	SD (mm)	1,17	0,98	0,75	0,81	1,14
	CV (%)	13,85	13,05	10,95	11,91	15,42
DAU	M (mm)	4,82	4,86	4,33	4,24	4,56
	SD (mm)	0,59	0,54	0,52	0,43	0,59
	CV (%)	12,29	11,21	11,97	10,11	13,00
CSN	M	76,24	80,43	80,12	70,84	76,91
	SD	8,58	8,12	7,24	7,90	8,86
	CV (%)	11,25	10,09	9,04	11,15	11,52

Tablica 2. Korelacijska analiza**Table 2.** Correlation analysis.

	NV	NL	NW	NSL	CL	CW	SL	AL	AW	DAU	CSN
NV	1,00	0,26	0,01	0,17	0,42	0,49	0,26	0,21	0,05	0,29	0,53
NL	0,26	1,000	0,17	0,33	-0,03	0,09	0,01	0,03	0,02	0,15	0,30
NW	0,01	0,17	1,00	0,61	-0,16	-0,03	-0,18	-0,29	-0,43	-0,22	0,09
NSL	0,17	0,33	0,61	1,00	0,11	0,19	-0,03	0,03	-0,09	-0,06	0,22
CL	0,42	-0,03	-0,16	0,11	1,00	0,75	0,49	0,71	0,60	0,68	0,44
CW	0,49	0,09	-0,03	0,19	0,75	1,00	0,40	0,41	0,41	0,57	0,58
SL	0,26	0,01	-0,18	-0,03	0,49	0,40	1,00	0,46	0,53	0,48	0,22
AL	0,21	0,03	-0,29	0,03	0,71	0,41	0,46	1,00	0,82	0,81	-0,01
AW	0,05	0,02	-0,43	-0,09	0,60	0,41	0,53	0,82	1,00	0,71	-0,04
DAU	0,29	0,15	-0,22	-0,06	0,68	0,57	0,48	0,81	0,71	1,00	0,05
CSN	0,53	0,30	0,09	0,22	0,44	0,58	0,22	-0,01	-0,04	0,05	1,00

Statistički značajne vrijednosti prikazane su crvenom bojom.

Statistically significant values are displayed in red colour.

blice, vidljivo je da su dužina i širina češera (CL, CW), kao i broj češernih ljsaka (CSN) u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji s nadmorskom visinom.

Prema provedenoj analizi varijance, stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju prema svim istraživanim svojstvima (tablica 3). Populacije se na razini signifikantnosti

Tablica 3. Rezultati univarijantne analize varijance i komponente varijance.
Table 3. Results of univariate analysis of variance and variance components.

Značajka Character	Sastavnice varijance Variance components	df	F	Postotak varijabilnosti Percent of variation	P-vrijednost P-value
NL	Populacija	3	3,46	12,13	0,02622
	Stablo (Populacija)	36	37,08	47,98	0,00000
	Ostatak			39,89	
NW	Populacija	3	10,71	28,78	0,00003
	Stablo (Populacija)	36	20,65	28,19	0,00000
	Ostatak			43,03	
NSL	Populacija	3	4,91	11,65	0,00581
	Stablo (Populacija)	36	14,75	27,77	0,00000
	Ostatak			60,58	
CL	Populacija	3	11,00	30,13	0,00003
	Stablo (Populacija)	36	21,99	28,77	0,00000
	Ostatak			41,11	
CW	Populacija	3	5,81	19,21	0,00241
	Stablo (Populacija)	36	28,32	38,51	0,00000
	Ostatak			42,29	
SL	Populacija	3	2,71	7,07	0,05914
	Stablo (Populacija)	36	23,12	39,44	0,00000
	Ostatak			53,49	
AL	Populacija	3	8,37	26,08	0,00024
	Stablo (Populacija)	36	26,65	34,07	0,00000
	Ostatak			39,85	
AW	Populacija	3	10,50	35,05	0,00004
	Stablo (Populacija)	36	38,17	35,94	0,00000
	Ostatak			29,01	
DAU	Populacija	3	6,60	23,21	0,00114
	Stablo (Populacija)	36	34,05	40,25	0,00000
	Ostatak			36,54	
CSN	Populacija	3	6,04	20,01	0,00193
	Stablo (Populacija)	36	28,57	38,31	0,00000
	Ostatak			41,68	

Statistički značajne vrijednosti prikazane su crvenom bojom.
 Statistically significant values are displayed in red colour.

0,01 razlikuju univarijantno za svojstvo dužine i najveće širine češera (CL, CW), dužine i širine štitića (AL, AW), dužine mjerene od grbice do vrha štitića (DAU), dužine rukavca (NSL) i najveće širine iglice (NW) te broja češernih ljusaka (CSN). Na razini 0,05 razlikovanje je bilo signifikantno za dužinu iglice (NL). Razlikovanje populacija za svojstvo dužina stapke (SL) nije bilo statistički značajno.

Metodom najveće vjerodostojnosti (REML) dobiven je uvid u zastupljenost pojedinih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci za sve istraživane varijable. Provedenom analizom utvrđeno je da komponenta ostatka za značajke širina iglice (NL), dužina rukavca (NSL), dužina i širina češera (CL, CW), dužina stapke (SL) i broj češernih ljusaka po češeru (CSN) zauzima najveći udio u ukupnoj varijabilnosti. Kao iznimka javljaju se varijable dužina iglice (NL) te širina štitića (AW) i dužina mjerena od sredine grbice do vrha štitića (DAU) gdje se pokazalo da je najveći udio varijabilnosti od

ukupne varijance uvjetovan varijabilnošću stabala unutar populacije. Osim toga, za većinu svojstava pokazalo se da je najmanji udio ukupne varijance uvjetovan varijabilnošću između populacija.

S obzirom na to da su rezultati provedene analize varijance pokazali da se populacije međusobno signifikantno razlikuju za većinu istraživanih značajki, provedeno je i *post hoc* testiranje Fisherovim multiplim testovima (LSD) za sve parove populacija kako bi se utvrdilo koje se točno populacije međusobno signifikantno razlikuju za pojedina mjerena svojstva (tablica 4). Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se populacija Vukelić Poljana najviše razlikuje od ostale tri populacije na razini signifikantnosti od 0,01. Međusobno najbližnje populacije su Borik i Kapela, koje se razlikuju prema dužini iglica (NL) i dužini i širini štitića (AL, AW).

Tablica 4. Rezultati Fisherovog LSD testa.

Table 4. Results of the Fisher's LSD test.

	BORIK	KAPELA	MALA TITRA
KAPELA	NL, AL, AW		
MALA	NW, NSL, AL,	NL, NW, NSL,	
TITRA	AW, DAU	DAU	
VUKELIĆ	NW, CL, CW, AL,	NL, CL, CW, AL,	NSL, CL, CW,
POLJANA	AW, DAU, CSN	AW, DAU, CSN	CSN

Tablica 5. Sredine kanonskih varijabli.

Table 5. Means of canonical variables.

Populacija Population	Diskr. funkcija 1 Root 1	Diskr. funkcija 2 Root 2	Diskr. funkcija 3 Root 3
Borik	-1,208200	-1,635131	0,856625
Kapela	-2,151371	0,406826	-1,016612
Mala Titra	2,824230	-0,768013	-0,540779
Vukelić Poljana	0,535342	1,996318	0,700766

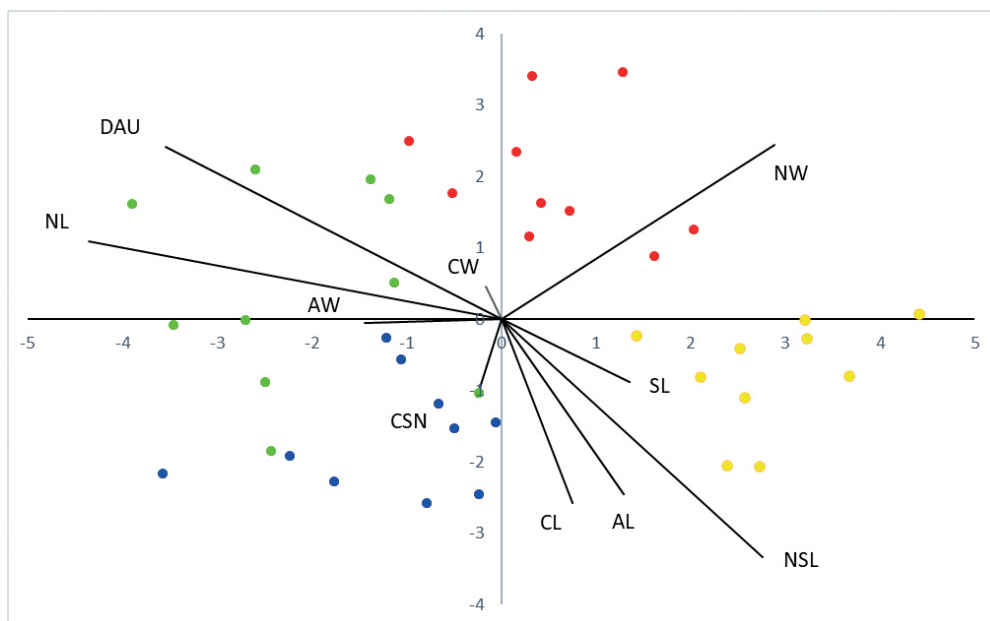
Tablica 6. Standardizirani koeficijenti kanonskih varijabli.

Table 6. Standardized coefficients for the canonical variables.

Značajka Character	Diskr. funkcija 1 Root 1	Diskr. funkcija 2 Root 2	Diskr. funkcija 3 Root 3
NL	-1,088268	0,274457	-0,249347
NW	0,720589	0,609834	-0,209525
NSL	0,690276	-0,435173	0,260484
CL	0,187431	-0,645261	0,029955
CW	-0,041473	0,113216	-0,369646
SL	0,339251	-0,221001	-0,247058
AL	0,323760	-0,613352	-0,177713
AW	-0,361785	-0,011331	0,8532580
DAU	-0,886898	0,606042	-0,400823
CSN	-0,064768	-0,270065	-0,444893
Svojevna vrijednost Eigenvalue	3,986394	2,059526	0,708562
Kumulativna proporcija Cum. Prop.	0,590185	0,895097	1,000000

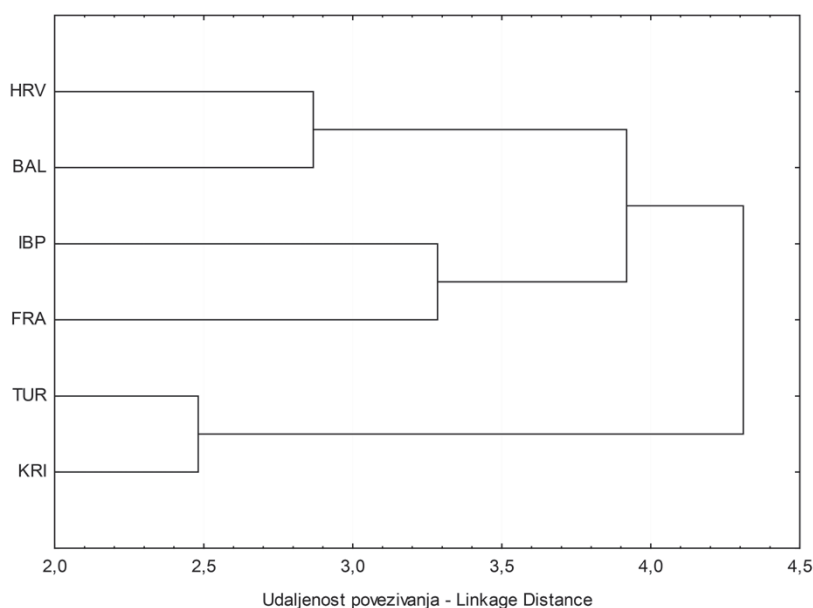
Cjelokupni rezultati diskriminantne analize nam ukazuju na činjenicu da je razlikovanje između istraživanih populacija signifikantno: Wilksova $\lambda = 0,03836$; $F(30,79) = 5,4270$; $p < 0,0001$. Za 10 varijabla i četiri grupe kanoničkom analizom dobivene su tri diskriminacijske funkcije. Iz sredina kanoničkih varijabla vidljivo je da prva diskriminacijska funkcija najbolje razlikuje populaciju Mala Titra od populacije Kapela, odnosno od svih ostalih istraži-

vanih populacija (tablica 5). Iz tablice 6 vidljivo je da tom razlikovanju u najvećoj mjeri pridonose varijable: dužina iglice (NL), udaljenost od grbice do vrha štitića (DAU), širina iglice (NW) i dužina rukavca (NSL). Iz iste tablice, koja sadrži i svojstvene vrijednosti te kumulativni udio rastumačene varijabilnosti za svaku diskriminacijsku funkciju, može se vidjeti da prva diskriminacijska funkcija sadrži 59,0 % objašnjene varijabilnosti. Druga diskrimina-



Slika 3. Rezultati diskriminantne analize temeljeni za deset morfoloških značajki stabala običnoga bora prvih dviju diskriminantnih funkcija. Borik – plavi kružići; Kapela – zeleni kružići; Mala Titra – žuti kružići; Vukelić Poljana – crveni kružići.

Figure 3. Result of the discriminant analysis based on ten measured characters of individuals of Scots pine for the first two discriminant functions. Borik – blue dots; Kapela – green dots; Mala Titra – yellow dots; Vukelić Poljana – red dots.



Slika 4. UPGMA dendrogram istraživanih populacija. HRV – Hrvatska; BAL – Balkanski poluotok; IBP – Iberijski poluotok; FRA – Francuska; TUR – Turska; KRI – Krim.

Figure 4. UPGMA tree diagram of researched populations. HRV – Croatia; BAL – Balkan Peninsula; IBP – Iberian Peninsula; FRA – France; TUR – Turkey; KRI – Crimea.

cijska funkcija, koja zajedno s prvom objašnjava 89,5 % varijabilnosti, najbolje razlikuje populaciju Vukelić Poljana od populacije Borik. Odvajanju populacije Vukelić Poljana od ostalih najviše pridonosi dužina češera (CL) i štitića (AL) te udaljenost od grbice do vrha štitića (DAU) i širina iglice (NW). Iz tablice 5 je vidljivo da je doprinos treće diskriminacijske funkcije mali sa svojstvenom vrijednošću manjom od 1. Na slici 3 prikazane su projekcije kanonskih varijabla za prve dvije diskriminacijske funkcije. Na grafu se jasno nazire odvajanje populacija Mala Titra i Vukelić Poljana, dok populacije Borik i Kapela čine kontinuirani oblak podataka.

Iz dendrograma na slici 4 vidljivo je da se hrvatske populacije običnoga bora grupiraju zajedno s populacijama s Balkanskoga poluotoka. Osim toga, na slici su vidljive još dvije skupine, od kojih prvu sačinjavaju populacije običnoga bora iz Francuske i Iberijskoga poluotoka, a drugu najudaljeniju skupinu populacije s Krima i iz Turske.

RASPRAVA DISCUSSION

Provedenim istraživanjem utvrđena je niska varijabilnost za većinu mjerenih morfoloških značajki iglica i češera običnoga bora na Maloj Kapeli. Najvarijabilnije značajke bile su dužina iglice (NL) i rukavca (NSL) i širina češera (CW), a najmanje varijabilne bile su širina iglice (NW) i broj češernih ljuska (CSN). Dužina iglice se i u drugim istraživanjima pokazala kao najvarijabilnija značajka (Urbanak i sur. 2003; Androsiuk i sur. 2011).

Prosječne vrijednosti dobivene u ovom istraživanju sveukupno su se kretale za dužinu iglice (NL) od 5,24 do 6,17 cm te za dužinu (CL) i najveću širinu češera (CW) od 3,55 do 4,59 cm, odnosno od 1,86 do 2,20 cm. Vidaković (1993) opisuje 4 do 7 cm dugačke iglice te 2,5 do 7 cm dugačke i 2 do 3,5 cm široke češere. Herman (1971) i Idžojtić (2009) za dužinu iglice navode raspon od 4 do 8 cm, dok Debreczy i Rácz (2011) opisuju iglice od 3 do 7 cm dužine za var. *sylvestris*. Prema Idžojtić (2013) češeri običnoga bora variraju u rasponu od 3 do 7 cm, a prema Hermanu (1971) njihova najveća dužina je 7,5 cm.

Korelacijskom analizom utvrđeno je da je samo jedna značajka češera, i to širina štitića (AW), u statistički značajnom odnosu sa širinom iglice (NW). Za navedene značajke utvrđena je negativna korelacija, a do sličnih zaključaka dolaze i Jasińska i sur. (2014). Isto tako, utvrđeno je da se povećanjem nadmorske visine povećava i dužina i širina češera (CL, CW), kao i broj češernih ljusaka po češeru (CSN). Specifičan gradijent, odnosno promjenu u morfološkoj varijabilnosti s obzirom na promjenu nadmorske visine bilježe i Gil i sur. (2002) za populacije kanarskoga bora s Kanarskoga otočja, Wahid i sur. (2006) za

populacije primorskoga bora na području Atlasa i Rifa te Turna i Güney (2009) za populacije običnoga bora iz sjeveroistočne Turske.

Analizom varijance utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika na unutarpopulacijskom i međupopulacijskom nivou za većinu istraživanih svojstava. Provedbom *post hoc* testiranja pomoću Fisherovih multiplih testova (LSD) utvrđeno je da se populacija Vukelić Poljana značajno razlikuje od ostalih populacija na osnovi morfologije češera, a populacija Mala Titra na osnovi morfologije iglica. Za većinu istraživanih značajki utvrđeno je da je unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti, a do sličnih rezultata dolaze i drugi autori koji istražuju morfološku varijabilnost primorskoga bora (Wahid i sur. 2006), munjike (Ballian i sur. 2005) i običnoga bora (Jasińska i sur. 2014). Približno podjednaka ili nešto malo viša varijabilnost između populacija u odnosu na varijabilnost stabala unutar populacija zabilježena je za širinu iglice (NW), dužinu češera (CL) i širinu štitića (AW).

Primjenom multivarijatnih statističkih metoda (klasterska i diskriminantna analiza) dodatno je pojašnjen uzorak variranja i trend diferencijacije populacija, prethodno dobiven metodama deskriptivne statistike, odnosno analize varijance. Jasno odvajanje populacije Vukelić Poljana od ostalih populacija, i to na vrlo visokoj razini, može se objasniti razlikama u staništu. Specifičnost ove populacije niže su nadmorske visine s pojedinačnim stablima običnoga bora na vlažnim livadama i pašnjacima. Osim toga, razlike između istraživanih populacija mogu se objasniti i pionirskim karakterom običnoga bora. Naime, obični bor je anemofilna i anemohorna vrsta drveća koja proizvodi velike količine sjemena koje se rasijavaju na površinama bez šumskog pokrova. Pritom u prirodnim populacijama običnoga bora vrlo mali broj jedinki sudjeluje u njihovom stvaranju, a glavni fenomen osnivača populacije veže se za pojavu genetičkoga drifta (Kajba i Ballian 2007). Takve populacije odlikuju se malom varijabilnošću, a zbog posljedica genetičkog drifta značajno se razlikuju u odnosu na susjedne populacije.

Tijekom posljednjeg ledenog doba, refugiji običnoga bora nalazili su se na Alpama te na Balkanskom i Pirinejskom poluotoku, a smatra se da je rekolonizacija sjeverne Europe nakon povlačenja ledenoga pokrova krenula upravo s Balkanskoga poluotoka (Bennett i sur. 1991; Soranzo i sur. 2000). Reliktni karakter populacija običnoga bora na području Mediterana i Male Azije potvrđuju morfološka i molekularna istraživanja (Jasińska i sur. 2014; Dering i sur. 2017). Morfometrijskim metodama potvrđen je visok stupanj diferencijacije izoliranih populacija običnoga bora iz južne Europe i jugozapadnog dijela Azije (Jasińska i sur. 2014), a populacije običnoga bora iz Hrvatske najbližije

su po svojim morfološkim osobinama populacijama običnoga bora s Balkanskoga poluotoka.

Provedenim istraživanjem dobivene su spoznaje o raznolikosti i strukturiranosti populacija običnoga bora na sjeverozapadnom području Male Kapele, što je osnova za daljnja istraživanja koja je potrebno provesti kako bi se dobile smjernice za gospodarenje i očuvanje genskih resursa ove vrste u Hrvatskoj. Kako bi se potvrdili dobiveni zaključci o varijabilnosti običnoga bora, istraživanja je potrebno proširiti i na molekularno-biološke metode.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo djelatnicima Hrvatskih šuma d.o.o., Du-bravku Špeharu, dipl. ing. šum., upravitelju Šumarije Saborsko-Plaški i Mislavu Tonkoviću, univ. spec. silv., stručnom suradniku za uzgajanje šuma u Upravi šuma podružnice Ogulin na pomoći pri sakupljanju terenskih podataka i uzoraka.

LITERATURA REFERENCES

- Androsiuk, P., L. Urbaniak, 2006: Differentiation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in the Tatra Mountains based on needle morphological traits, *Biodiv Res Conserv*, 3-4: 227-231.
- Androsiuk, P., Z. Kaczmarek, L. Urbaniak, 2011: The morphological traits of needles as markers of geographical differentiation in European *Pinus sylvestris* populations, *Dendrobiology*, 65: 3-16.
- Ballian, D., Ž. Škvorc, J. Franjić, D. Kajba, S. Bogdan, F. Bogunić, 2005: Procjena nekih morfoloških značajki munjike (*Pinus heldreichii* Christ.) u dijelu areala, *Sumar List*, 129 (9-10): 475-480.
- Ballian, D., E. Lizdo, F. Bogunić, 2019: Analiza diferenciranosti rasta i fenologije provenijencija običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) u pokusu provenijencija kod Kupresa (Bosna i Hercegovina), *Sumar list*, 143 (1-2): 25-34.
- Batkhuu, N.-O., B. Udval, B.-E. Jigjid, S. Jamiyansuren, M. Fischer, 2020: Seed and cone morphological variation and seed germination characteristics of Scots pine populations (*Pinus sylvestris* L.) in Mongolia, *Mong J Biol Sci*, 18 (2): 41-54.
- Belletti, P., D. Ferrazzini, A. Piotti, I. Monteleone, F. Ducci, 2012: Genetic variation and divergence in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) within its natural range in Italy, *Eur J Forest Res*, 131: 1127-1138.
- Bennett, K. D., P. C. Tzedakis, K. J. Willis, 1991: Quaternary refugia of north European trees, *J Biogeogr*, 18: 103-115.
- Bobowicz, M. A., A. Radziejewska, 1989: The variability of Scots pine from Pielkielna Góra as expressed by morphological and anatomical traits of needles, *Acta Soc Bot Pol*, 58 (3): 375-384.
- Bobowicz, M. A., A. F. Korczyk, 1994: Interpopulational variability of *Pinus sylvestris* L. in eight Polish localities expressed in morphological and anatomical traits of needles, *Acta Soc Bot Pol*, 63 (1): 67-76.
- Boratyńska, K., M. Hincă, 2003: Morphological characteristic of *Pinus sylvestris* L. in the southernmost, isolated locality in the Sierra de Baza (S Spain) as expressed in the needle traits, *Dendrobiology*, 50: 3-9.
- Boratyński, A., 1993: Systematics and geographical distribution, U: *Biology of Scots pine* (ur.: Białobok, S., A. Boratyński, W. Bugała), Inst. Dendrology, pp. 45-70., Poznań-Kórnik (na poljskom).
- Cheddadi, R., G. G. Vendramin, T. Litt, L. François, M. Kageyama, S. Lorentz, J.-M. Laurent, J.-J. de Beaulieu, L. Sadori, A. Jost, D. Lunt, 2006: Imprints of glacial refugia in the modern genetic diversity of *Pinus sylvestris*, *Global Ecol Biogeogr*, 15: 271-282.
- Csaba, M., L. Ackzell, C. J. A. Samuel, 2004: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Scots pine (*Pinus sylvestris*), International Plant Genetic Resources Institute, 6 str., Rim.
- Debreczy, Z., I. Rácz, 2011: Conifers Around the World – Conifers of the Temperate Zones and Adjacent Regions. DendroPress Ltd., 535 str., Budimpešta.
- Dering, M., P. Kosiński, T. P. Wyka, E. Pers-Kamczyc, A. Boratyńska, K. Boratyński, P. B. Reich, A. Romo, M. Zadworny, R. Żytkowiak, J. Oleksyn, 2017: Tertiary remnants and Holocene colonizers: Genetic structure and phylogeography of Scots pine reveal higher genetic diversity in young boreal than in relict Mediterranean populations and a dual colonization of Fennoscandia, *Divers Distrib*, 23 (5): 1-16.
- Eckenwalder, J. E., 2009: Conifers of the world, Timber Press, 744 str., Portland.
- Farjon, A., 1984: Pines: drawings and descriptions of the genus, 2nd edition, Brill and Backhuys, 235 str., Leiden.
- Farjon, A., 2005: A bibliography of conifers: selected literature on taxonomy and related disciplines of the coniferales, 2nd edition, Royal Botanical Gardens, 211 str., Kew.
- Farjon, A., 2010. A handbook of the world's conifers. Vol. I-II. Brill, Leiden.
- Gaussen, H., 1960: Les Gymnospermes actuelles et fossiles Généralités, Genre *Pinus*, Faculté de sciences, 272 str., Toulouse.
- Gaussen, H., V. H. Heywood, A. O. Chater, 1993: *Pinus* L., U: Tutin T. G., N. A. Burges, A. O. Chater, J. R. Edmondson, V. H. Heywood, D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters, D. A. Webb (ur.), *Flora Europaea*, vol 1, 2nd edition, Cambridge University Press, 40-44 str., Cambridge.
- Gil, L., J. Climent, N. Nanos, S. Mutke, I. Ortiz, G. Schiller, 2002: Cone morphology variation in *Pinus canariensis* Sm., *Plant Syst Evol*, 235: 35-51.
- Hebda, A., B. Wójkiewicz, W. Wachowiak, 2017: Genetic characteristics of Scots pine in Poland and reference populations based on nuclear and chloroplast microsatellite markers, *Silva Fennica*, 51 (2): 1-17.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija. Stanbiro, 470 str., Zagreb.
- Houston Durrant, T., D. de Rigo, G. Caudullo, 2016: *Pinus sylvestris* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, U: San-Miguel-Ayán, J., D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, A. Mauri (ur.), *European Atlas of Forest Tree Species*, Publ. Off. EU, Luxembourg.

- Huntley, B., H. J. Birks, 1983: An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-13000 years ago, Cambridge University Press, 688 str., Cambridge.
- Idžojtić, M., 1996: Morfološka obilježja i uspijevanje nekih dvoigličavih međuvrskih hibrida borova na pokusnim plohama Đurđevački peski i u Arboretumu Lisičine, Glas Sum Pokuse, 33: 301-338.
- Idžojtić, M., 2009: Dendrologija – List, Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet, 904 str., Zagreb.
- Idžojtić, M., 2013: Dendrologija - Cvijet, češer, plod, sjeme, Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet, 672 str., Zagreb.
- Ioannou, E., A. Koutsaviti, O. Tzakou, V. Roussis, 2014: The genus *Pinus*: a comparative study on the needle essential oil composition of 46 pine species, *Phytochem Rev*, 13: 741-768.
- Jasińska, A. K., K. Boratyńska, M. Dering, K. I. Sobierajska, T. Ok, A. Romo, A. Boratyński, 2014: Distance between south-European and south-west Asiatic refugial areas involved morphological differentiation: *Pinus sylvestris* case study, *Plant Syst Evol*, 300: 1487-1502.
- Kajba, D., D. Ballian, 2007: Šumarska genetika, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Sarajevu, 275 str., Sarajevo.
- Kaundaun, S. S., P. Lebreton, 2010: Taxonomy and systematics of the genus *Pinus* based on morphological, biogeographical and biochemical characters, *Plant Syst Evol*, 284: 1-15.
- Köbölkuti, Z. A., E. G. Tóth, M. Ladányi, M. Höhn, 2017: Morphological and anatomical differentiation in peripheral *Pinus sylvestris* L. populations from the Carpathian region, *Dendrobiology*, 77: 105-117.
- Korshikov, I. I., L. A. Kalafat, Ya. V. Pirko, T. I. Velicoridko, 2005: Population-genetic variation in Scots pine *Pinus sylvestris* L. from the main forest regions of Ukraine, *Russ J Genet*, 41 (2): 155-166.
- Koutecký, P., 2015: MorphoTools: a set of R functions for morphometric analysis, *Plant Syst Evol*, 301: 1115–1121.
- Łabiszak, B., A. Lewandowska-Wosik, E. M. Pawlaczyk, L. Urbaniak, 2017: Variability of morphological needle traits of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) among populations from mountain and lowland regions of Poland, *Folia For Pol*, 59 (2): 134-145.
- Lesiczka, P., E. M. Pawlaczyk, B. Łabiszak, L. Urbaniak, 2017: Variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) called Tabórz pine (Forest District Miłomłyn) expressed in analysis of morphology of needle traits and polymorphism of microsatellite DNA, *J For Res*, 78 (2): 136-148.
- Marcysiak, K., 2006: Scots pine (Pinaceae) from the Crimea compared to the species variation in Europe on the basis of cone traits, *Phytol Balcan*, 12 (2): 203-208.
- Mirov, N. T., 1967: The genus *Pinus*, The Ronald Press, 610 str., New York.
- Molotkov, P. I., I. N. Patlaj, 1991: Systematic position within the genus *Pinus* and intraspecific taxonomy, U: Giertych, M., C. Mátyás, (eds.), 1991: Genetics of Scots pine, *Académiai Kiadó*, 31-40, Budapest.
- Naydenov, K., S. Senneville, J. Beaulieu, F. Tremblay, J. Bousquet, 2007: Glacial vicariance in Euroasia: mitochondrial DNA evidence from Scots pine for a complex heritage involving genetically distinct refugia at mid-northern latitudes and in Asia Minor, *BMC Evol Biol*, 7: 233: 1-12.
- Nežić, P., 1987: Položaj i povijesni pregled Ogulinskog kraja, *Sumar List*, 111 (7-9): 317-346.
- Prus-Głowacki, W., B. R. Stephan, E. Bujas, R. Alia, A. Marciniak, 2003: Genetic differentiation of autochthonous populations of *Pinus sylvestris* (Pinaceae) from the Iberian Peninsula, *Pl Syst Evol*, 239: 55-66.
- Prus-Głowacki, W., L. Urbaniak, E. Bujas, A. L. Curtu, 2012: Genetic variation of isolated and peripheral populations of *Pinus sylvestris* L. from glacial refugia *Flora*, 207: 150-158.
- Pyhäjärvi, T., M. J. Salmela, O. Savolainen, 2008: Colonization routes of *Pinus sylvestris* inferred from distribution of mitochondrial DNA variation, *Tree Genet Genomes*, 4 (2): 247-254.
- R Core Team, 2016, R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Richardson, D. M., P. W. Rundel, 1998: Ecology and Biogeography of *Pinus*: an introduction, *Ecology and Biogeography of Pinus*, Cambridge University Press, 3-48 str., Cambridge.
- Rubiales, J. M., I. García-Amorena, L. Hernández, M. Génova, F. Martínez, F. Gómez Manzaneque, C. Morla, 2010: Late Quaternary dynamics of pinewoods in the Iberian Mountains, *Rev Palaeobot Palynol*, 162: 476-491.
- Sinclair, W. T., J. D. Morman, R. A. Ennos, 1999: The postglacial history of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in western Europe: evidence from mitochondrial DNA variation, *Mol Ecol*, 8: 83-88.
- Sokal, R.R., F.J. Rohlf, 2012: Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 4th edition, W.H. Freeman and Co., 937 str., New York.
- Soranzo, N., R. Alia, J. Provan, W. Powell, 2000: Patterns of variation at a mitochondrial sequence-tagged-site locus provides new insights into the postglacial history of European *Pinus sylvestris* populations, *Mol Ecol*, 9: 1205-1211.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Staszkiwicz, J., 1963: Recherches biométriques sur la variabilité des cônes du Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) du Massif central en France, *Fragm Flor Geobot*, 9: 175-187.
- Turna, I., D. Güney, 2009: Altitudinal variation of some morphological characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkey, *Afr J Biotechnol*, 8 (2): 202-208.
- Urbaniak, L., L. Karliński, R. Popielarz, 2003: Variation of morphological needle characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in different habitats, *Acta Soc Bot Pol*, 72 (1): 37-44.
- Vidaković, M., 1993: Četinjače - morfologija i varijabilnost. Grafički zavod Hrvatske & Hrvatske šume, Zagreb, 744 str.
- Vucelić, N., 1987: Tipološka istraživanja i ekološko-gospodarski tipovi šuma, *Sumar List*, 111 (7-9): 414-422.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, 403 str., Zagreb.
- Wahid, N., S. C. González-Martínez, I. El Hadrami, A. Boulli, 2006: Variation of morphological traits in natural populations of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Morocco, *Ann For Sci*, 63: 83-91.
- WinFolia™, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- WFO, 2020: World Flora Online, Published on the Internet; <http://www.worldfloraonline.org>

SUMMARY

The paper explores the morphological variability of the Scots pine populations in the northwestern part of Mala Kapela. The diversity and structure of the populations were established based on the ten measured morphological characteristics of the needles and cones, using descriptive and multivariate statistical methods. The conducted research established low variability of the morphological characteristics, and the differences between the trees both within and between populations were confirmed for the majority of the studied characteristics. Intrapopulation variability was greater than the interpopulation one, except for the characteristics of needle width, cone length and apophysis width. The research has also confirmed a population variation trend following the ecological principle, as well as a specific gradient, i.e. change in morphological variability related to the change in altitude. Populations from lower altitudes had smaller cones as compared to the populations from higher altitudes. In addition, the pioneering nature of the Scots pine, in which sometimes a very small number of specimens participates in the establishment of new populations, has resulted in low variability of populations and their great differentiation in such a small area.

KEY WORDS: conifers, Scots pine, morphometric analysis, intrapopulation variability, interpopulation variability, genetic drift