

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Kristjan JARNI

**VARIABILNOST POLJSKEGA JESENA (*Fraxinus angustifolia* Vahl) V
SLOVENIJI**

MAGISTRSKO DELO

**VARIABILITY OF NARROW-LEAVED ASH
(*Fraxinus angustifolia* Vahl) IN SLOVENIA**

M.Sc. THESIS

Ljubljana, 2009

Magistrsko delo je bilo opravljeno na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu senata Biotehniške fakultete z dne 2. 10. 2007 je bil za mentorja magistrske naloge imenovan doc. dr. Robert Brus in za somentorico doc. dr. Hojka Kraigher.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Mentor in član: doc. dr. Robert BRUS
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo
in obnovljive gozdne vire
- Somentorica in članica: prof. dr. Hojka KRAIGHER
Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno fiziologijo in genetiko
- Član: prof. dr. Davorin KAJBA
Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku

Datum zagovora: 07. oktober 2009

Magistrsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Kristjan JARNI

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	GDK164.5+164.7:176.1 <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl(497.4)(043.2)=163.6
KG	<i>Fraxinus angustifolia</i> /poljski jesen/morfometrijska analiza/listi/plodovi/Slovenija
KK	
AV	JARNI, Kristjan, univ. dipl. inž. gozdarstva
SA	BRUS, Robert, (mentor)/KRAIGHER, Hojka, (somentorica)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2009
IN	VARIABILNOST POLJSKEGA JESENA (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl) V SLOVENIJI
TD	Magistrsko delo
OP	XI, 96, 58 pregl., 21 sl., 1 pril., 91 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Poljski jesen (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl) je v Sloveniji samonikla vrsta z deljenim arealom. Večji del areala obsega poplavna, obrečna nižinska rastišča v panonskem svetu in manjši del vlažna rastišča ob nekaterih rekah v sredozemskem svetu. Variabilnost poljskega jesena v Sloveniji je bila proučevana s pomočjo morfometrijske analize listov in plodov. V petih populacijah poljskega jesena (70 dreves) in primerjalne populacije velikega jesena (14 dreves) je bilo skupno analiziranih 5490 listov in 2440 plodov. Na posameznih listih, ki so bili glede osončenosti razdeljeni na sončne in senčne, je bilo merjenih 40 znakov, medtem ko je bilo na plodovih merjenih 9 znakov. S hierarhično zasnovanim poskusom je bil z analizo variance potrjen značilni prispevek vseh proučevanih nivojev. Ugotovljeno je bilo, da k variabilnosti listov pri poljskem jesenu največ prispevajo razlike med drevesi v posameznih populacijah, sledijo razlike med populacijami in razlike, ki so posledica različne osončenosti listov. Tako univariatne kot multivariatne statistične tehnike so pokazale, da so najboljši razlikovalni znaki med posameznimi populacijami znaki, ki se nanašajo na velikost listov. Z najmanjšimi listi izstopa populacija Dragonja, po večini morfoloških znakov tako na listih kot na plodovih pa ji je najbolj podobna populacija Lijak. Senčni listi so v primerjavi s sončnimi praviloma večji in imajo širše in bolj na kratko zašiljene posamezne lističe, v čemer so zelo podobni listom velikega jesena. Na splošno so fenotipske razlike med subpanonskimi in submediteranskimi populacijami poljskega jesena majhne in neizrazite. Na osnovi odkritih razlik ni mogoče potrditi prisotnosti dveh podvrst poljskega jesena v Sloveniji.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ŠD	Md
DK	FDC 164.5+164.7:176.1 <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl(497.4)(043.2)=163.6
KG	<i>Fraxinus angustifolia</i> /Narrow-leaved Ash/morphometric analysis/leaf/fruit/ Slovenia
KK	
AV	JARNI, Kristjan
SA	BRUS, Robert, (supervisor)/KRAIGHER, Hojka, (co-supervisor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
LI	2009
IN	VARIABILITY OF NARROW-LEAVED ASH (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl) IN SLOVENIA
TD	M.Sc. Thesis
OP	XI, 96, 58 tab., 21 fig., 1 ann., 91 ref.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Narrow-leaved ash (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl) is a species native to Slovenia, where it has a divided range. Most of the range is located in flood-prone riparian sites on the Pannonian plain but the species is also found on humid sites along some rivers in the Mediterranean region. The variability of narrow-leaved ash in Slovenia was studied with morphometric analysis of leaves and fruits. In five populations of narrow-leaved ash (70 trees) and a population of common ash (14 trees) used for comparison, 5,490 leaves and 2,440 fruits/seeds were analysed. A total of 40 traits were measured on the leaves, which were divided depending on exposure to sunlight to sun and shade positions, and 9 traits on the fruits. A hierarchically designed experiment using analysis of variance confirmed the significant contribution of all the analysed hierarchical levels. The results show that the differences between the trees in a single population are the greatest factor of variability of leaves of narrow-leaved ash, followed by differences between populations and differences which are the result of variation in exposure to sunlight. Both univariate and multivariate statistical methods showed that the traits which refer to leaf size are the best differentiating traits between individual populations. The population Dragonja stands out with the smallest leaves and the population Lijak is the most like it in terms of most morphological traits of leaves as well as fruits. Leaves in shade positions are typically larger than those in sunny positions, and they have broader and shorter-pointed leaflets; in this feature they are very similar to the leaves of common ash. In general, phenotypic differences between the Subpannonian and the Submediterranean populations of narrow-leaved ash are minor and indistinct. Based on the differences ascertained by the study, it is not possible to confirm the presence of two subspecies of narrow-leaved ash in Slovenia.

KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
	Key words documentation (KWD)	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo preglednic	VII
	Kazalo slik	X
	Kazalo prilog	XI
1	UVOD	1
1.1	PREDSTAVITEV POLJSKEGA JESENA (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl)	1
1.1.1	Taksonomska pripadnost in razširjenost poljskega jesena	1
1.1.2	Nekatere morfološke lastnosti vrste	4
1.1.3	Razlikovanje podvrst poljskega jesena	5
1.2	RAZLIKOVANJE POLJSKEGA IN VELIKEGA JESENA	8
1.3	PREGLED OBJAV	11
1.4	OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA	15
2	CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE	18
3	METODE DELA	19
3.1	IZBOR RAZISKOVALNIH OBJEKTOV IN VZORČNEGA MATERIALA	19
3.1.1	Opis raziskovalnih objektov	20
3.1.2	Nabiranje vzorcev	23
3.2	MORFOMETRIJSKA ANALIZA	23
3.2.1	Merjenje in ocenjevanje morfoloških znakov na listih in plodovih	23
3.2.2	Statistične metode	27
4	REZULTATI	29
4.1	MORFOLOŠKA VARIABILNOST LISTOV IN PLODOV	29
4.1.1	Variabilnost posameznih znakov na listih	29
4.1.1.1	Morfološki znaki, ki se nanašajo na velikost listov in lističev	30
	<u>Dolžina lista (DL)</u>	32
	<u>Število lističev (ŠTL)</u>	34
	<u>Dolžina lističev (dpl-x)</u>	36
	<u>Širina lističev (šl-x)</u>	38
	<u>Dolžina peclja lističa (dp-1)</u>	40
4.1.1.2	Oblika lističev	42

	<u>Oblikovanost vrhov listne ploskve lističev</u>	44
	<u>Dno listne ploskve lističev</u>	46
	<u>Relativna širina lističev (šl-x/dpl-x)</u>	47
	<u>Položaj mesta meritve širine lističa (mmšl-x)</u>	49
4.1.2	Variabilnost posameznih znakov na plodovih	51
4.2	VARIABILNOST POLJSKEGA JESENA NA OSNOVI ZNAKOV NA LISTIH PO POSAMEZNIH NIVOJIH PROUČEVANJA (GNEZDAST (HIERARHIČNI) POSKUS)	53
4.3	VARIABILNOST POLJSKEGA JESENA NA OSNOVI MULTIVARIATNE ANALIZE ZNAKOV NA LISTIH	57
4.3.1	Multivariatna analiza listnih znakov na osnovi metode glavnih komponent	57
4.3.2	Multivariatna analiza listnih znakov na osnovi diskriminativne analize	61
4.4	PRIMERJAVA POLJSKEGA IN VELIKEGA JESENA	66
4.4.1	Primerjava morfološke variabilnosti listov	66
4.4.2	Primerjava morfološke variabilnosti plodov	68
4.4.3	Multivariatna analiza listnih znakov na osnovi diskriminativne analize	68
5	RAZPRAVA	72
5.1	RAZLIKOVANJE POPULACIJ POLJSKEGA JESENA	73
5.1.1	Razlike med populacijami poljskega jesena v posameznih morfoloških znakih na listih	74
5.1.2	Razlike med populacijami poljskega jesena v posameznih morfoloških znakih na plodovih	77
5.1.3	Razlike med populacijami poljskega jesena na podlagi multivariatne analize znakov na listih	77
5.2	RAZLIKOVANJE POLJSKEGA IN VELIKEGA JESENA	79
5.3	VPLIV OSONČENOSTI NA VARIABILNOST LISTOV	80
5.4	VAROVANJE GENETSKE PESTROSTI V POPULACIJAH POLJSKEGA JESENA	81
6	SKLEPI	84
7	POVZETEK	86
8	SUMMARY	89
9	VIRI	92
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. št. 1	Razlikovanje podvrst poljskega jesena po Fitschen (2006).....	6
Pregl. št. 2	Razlikovanje podvrst poljskega jesena po Martinčič et al. (2007).....	6
Pregl. št. 3	Razlikovanje podvrst poljskega jesena po Roloff in Bärtels (2006).....	7
Pregl. št. 4	Raziskovalne ploskve po posameznih ekoloških regijah.....	19
Pregl. št. 5	Merjeni znaki na listih	25
Pregl. št. 6	Merjeni znaki na posameznih lističih.....	26
Pregl. št. 7	Merjeni znaki na plodovih.....	26
Pregl. št. 8	Aritmetične sredine morfoloških znakov na listih poljskega in velikega jesena ločeno po populacijah in osončenosti (znaki velikosti).....	31
Pregl. št. 9	Analiza variance za dolžino sončnih listov (DL) med populacijami poljskega jesena.....	33
Pregl. št. 10	Značilnost razlik v dolžini sončnih listov (DL) med populacijami poljskega jesena.....	33
Pregl. št. 11	Analiza variance za dolžino senčnih listov (DL) med populacijami poljskega jesena.....	33
Pregl. št. 12	Značilnost razlik v dolžini senčnih listov (DL) med populacijami poljskega jesena.....	33
Pregl. št. 13	Analiza variance za število lističev sončnih listov (ŠTL) med populacijami poljskega jesena.....	35
Pregl. št. 14	Značilnost razlik v številu lističev sončnih listov (ŠTL) med populacijami poljskega jesena.....	35
Pregl. št. 15	Analiza variance za število lističev senčnih listov (ŠTL) med populacijami poljskega jesena.....	35
Pregl. št. 16	Značilnost razlik v številu lističev senčnih listov (ŠTL) med populacijami poljskega jesena.....	35
Pregl. št. 17	Analiza variance za dolžino listne ploskve drugega lističa sončnih listov (dpl-2) med populacijami poljskega jesena.....	37
Pregl. št. 18	Značilnost razlik v dolžini listne ploskve drugega lističa sončnih listov (dpl-2) med populacijami poljskega jesena.....	37
Pregl. št. 19	Analiza variance za dolžino listne ploskve drugega lističa senčnih listov (dpl-2) med populacijami poljskega jesena.....	37
Pregl. št. 20	Značilnost razlik v dolžini listne ploskve drugega lističa senčnih listov (dpl-2) med populacijami poljskega jesena.....	37
Pregl. št. 21	Analiza variance za širino drugega lističa sončnih listov (šl-2) med populacijami poljskega jesena.....	39
Pregl. št. 22	Značilnost razlik v širini drugega lističa sončnih listov (šl-2) med populacijami poljskega jesena.....	39

Pregl. št. 23	Analiza variance za širino drugega lističa senčnih listov (šl-2) med populacijami poljskega jesena.....	39
Pregl. št. 24	Značilnost razlik v širini drugega lističa senčnih listov (šl-2) med populacijami poljskega jesena.....	39
Pregl. št. 25	Analiza variance za dolžino peclja prvega lističa sončnih listov (dp-1) med populacijami poljskega jesena.....	41
Pregl. št. 26	Značilnost razlik v dolžini peclja prvega lističa sončnih listov (dp-1) med populacijami poljskega jesena.....	41
Pregl. št. 27	Analiza variance za dolžino peclja prvega lističa senčnih listov (dp-1) med populacijami poljskega jesena.....	41
Pregl. št. 28	Značilnost razlik v dolžini peclja prvega lističa senčnih listov (dp-1) med populacijami poljskega jesena.....	41
Pregl. št. 29	Aritmetične sredine morfoloških znakov na listih poljskega in velikega jesena ločeno po populacijah in osončenosti (znaki oblike).....	43
Pregl. št. 30	Analiza variance za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\text{šl-1}/90\% / (\text{d}90\%-1)$) sončnih listov med populacijami poljskega jesena.....	45
Pregl. št. 31	Značilnost razlik za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\text{šl-1}/90\% / (\text{d}90\%-1)$) sončnih listov med populacijami poljskega jesena.....	45
Pregl. št. 32	Analiza variance za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\text{šl-1}/90\% / (\text{d}90\%-1)$) senčnih listov med populacijami poljskega jesena.....	45
Pregl. št. 33	Značilnost razlik za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\text{šl-1}/90\% / (\text{d}90\%-1)$) senčnih listov med populacijami poljskega jesena.....	46
Pregl. št. 34	Analiza variance za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 sončnih listov ($\text{šl-2}/\text{dpl-2}$) med populacijami poljskega jesena.....	48
Pregl. št. 35	Značilnost razlik za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 sončnih listov ($\text{šl-2}/\text{dpl-2}$) med populacijami poljskega jesena.....	48
Pregl. št. 36	Analiza variance za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 senčnih listov ($\text{šl-2}/\text{dpl-2}$) med populacijami poljskega jesena.....	48
Pregl. št. 37	Značilnost razlik za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 senčnih listov ($\text{šl-2}/\text{dpl-2}$) med populacijami poljskega jesena.....	49
Pregl. št. 38	Analiza variance za položaj mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) sončnih listov med populacijami poljskega jesena.....	50
Pregl. št. 39	Značilnost razlik v položaju mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) sončnih listov med populacijami poljskega jesena.....	50
Pregl. št. 40	Analiza variance za položaj mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) senčnih listov med populacijami poljskega jesena.....	50

Pregl. št. 41	Značilnost razlik v položaju mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) senčnih listov med populacijami poljskega jesena.....	51
Pregl. št. 42	Aritmetične sredine morfoloških znakov na plodovih poljskega in velikega jesena po populacijah.....	52
Pregl. št. 43	Uporaba transformacij za zagotovitev pogoja normalnosti.....	53
Pregl. št. 44	<i>F</i> -vrednosti gnezdasto zasnovanega poskusa za analizirane morfološke znake na listih poljskega jesena.....	55
Pregl. št. 45	Prispevek posameznih nivojev proučevanja k variabilnosti posameznih morfoloških znakov listov pri poljskem jesenu.....	56
Pregl. št. 46	Lastna vrednost in delež pojasnjene variance po posameznih komponentah.....	58
Pregl. št. 47	Korelacija med spremenljivkami (znaki) in prvimi tremi sintetičnimi komponentami.....	60
Pregl. št. 48	Test števila funkcij, ki v modelu značilno vplivajo na razlikovanje med skupinami.....	61
Pregl. št. 49	Korelacije med morfološki znaki na listih in posameznimi diskriminativnimi funkcijami.....	63
Pregl. št. 50	Značilnost razlik med posameznimi skupinami poljskega jesena, dobljene po metodi diskriminativne analize.....	64
Pregl. št. 51	Na osnovi diskriminativne analize narejena razvrstitev dreves v podvzorke (osnovna razvrstitev).....	65
Pregl. št. 52	Na osnovi diskriminativne analize narejena razvrstitev dreves v podvzorke (razvrstitev z navzkrižnim preverjanjem).....	66
Pregl. št. 53	Aritmetične sredine in standardni odkloni posameznih znakov na listih glede na njihovo osončenost in drevesno vrsto.....	67
Pregl. št. 54	Aritmetične sredine in standardni odkloni posameznih znakov na plodovih pri poljskem in velikem jesenu.....	68
Pregl. št. 55	Test števila funkcij, ki v modelu značilno prispevajo k razlikovanju med skupinami.....	69
Pregl. št. 56	Korelacije med morfološki znaki na listih in posameznimi diskriminativnimi funkcijami.....	69
Pregl. št. 57	Značilnost razlik med posameznimi skupinami poljskega jesena dobljenih po metodi diskriminativne analize.....	71
Pregl. št. 58	Na osnovi diskriminativne analize narejena razvrstitev dreves v podvzorke (razvrstitev z navzkrižnim preverjanjem).....	71

KAZALO SLIK

Slika št. 1	Naravna razširjenost vrste <i>Fraxinus angustifolia</i> s. lat.....	3
Slika št. 2	Razširjenost poljskega jesena v Sloveniji.....	4
Slika št. 3	Oblika socvetij in prečnega prereza semen pri poljskem, velikem in ameriškem jesenu.....	9
Slika št. 4	Najpomembnejši razlikovalni znaki med poljskim in velikim jesenom...	10
Slika št. 5	Lokacije raziskovalnih ploskev poljskega in velikega jesena.....	20
Slika št. 6	Prikaz poteka meritev znakov na lističih s pomočjo programa WinFolia	24
Slika št. 7	Prikaz merjenih znakov na celotnem listu in merjenih znakov na posameznem lističu.....	25
Slika št. 8	Prikaz merjenih znakov na plodu.....	27
Slika št. 9	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za dolžino listov (DL) analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	32
Slika št. 10	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za število lističev (ŠTL) v listih analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	34
Slika št. 11	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za dolžino listnih ploskev lističev št. 2 (dpl-2) analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	36
Slika št. 12	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za širino lističev št.2 (šl-2) analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	38
Slika št. 13	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za dolžino peclja lističa št. 1 analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	40
Slika št. 14	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za razmerje med širino lističa št. 1 na 90 % dolžine ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 (šl-1/90%/(d90%-1) pri analiziranih drevesih po posameznih populacijah.....	44
Slika št. 15	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za kot merjen na 10 % dolžine listne ploskve drugega lističa (kl-2/10%) pri analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	46
Slika št. 16	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 (šl-2/dpl-2) pri analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	47
Slika št. 17	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za znak, ki prikazuje položaj mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) pri analiziranih dreves po posameznih populacijah.....	49
Slika št. 18	Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi dolžine plodov (dp) pri drevesih poljskega in velikega jesena po posameznih populacijah.....	52
Slika št. 19	PCA analiza: razpršenost dreves poljskega jesena vzdolž prve in druge sintetične komponente.....	58

Slika št. 20	Vzorec razpršenosti poljskega jesena, ki ga povzročata prvi dve diskriminativni funkciji.....	62
Slika št. 21	Vzorec razpršenosti poljskega in velikega jesena, ki ga povzročata prvi dve diskriminativni funkciji.....	70

KAZALO PRILOG

Priloga A	Koeficienti klasifikacijskih funkcij za vsak sončni in senčni del populacij poljskega jesena	
-----------	--	--

1 UVOD

Drevesne vrste slovenskih gozdov so večinoma dobro proučene, med manj poznane in raziskane vrste pa prav gotovo sodi poljski jesen (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Poljski jesen je v Sloveniji samonikla vrsta, ki uspeva predvsem v nižinskih obrečnih gozdovih subpanonskega sveta in ob spodnjih tokovih rek na primorskem, posamično pa ga najdemo tudi drugod po Sloveniji. Zaradi velike morfološke podobnosti, je vrsta v Sloveniji ostala dolgo časa spregledana in nepravilno obravnavana v okviru veliko pogostejše vrste veliki jesen. V nižinskih obrečnih gozdovih, ki veljajo za stabilne in vrstno bogate ekosisteme, igra poljski jesen pomembno ekološko vlogo. Hkrati z omenjeno vlogo, pa je vrsta tudi gospodarsko zanimiva, saj jo odlikujeta hitra rast ter kvaliteten in uporaben les.

Poljski jesen velja za morfološko zelo variabilno vrsto. Predvsem na podlagi razlik v oblikovanosti lističev in plodov je na območju njegove naravne razširjenosti opisanih več različnih taksonov, dva ali trije celo na nivoju podvrste. Po literaturi sodeč naj bi se dve podvrsti pojavljale tudi v Sloveniji vendar raziskav, ki bi njuno prisotnost potrdile doslej še ni bilo.

1.1 PREDSTAVITEV POLJSKEGA JESENA (*Fraxinus angustifolia* Vahl)

1.1.1 Taksonomska pripadnost in razširjenost poljskega jesena

Sistematika rodu *Fraxinus* (po Judd et al., 2008):

deblo (Division):	Spermatophyta
poddeblo (Subdivision):	Magnoliophytina (=Angiospermae)
razred (Classis):	Rosopsida (=Dicotyledoneae)
podrazred (Subclassis):	Lamiidae
red (Ordo):	Lamiales
družina (Famillia):	Oleaceae
rod (Genus):	<i>Fraxinus</i>

Rod jesenov (*Fraxinus* L.) je eden od 27 rodov v družini oljkovk (Oleaceae). Vsebuje okoli 65 vrst, razširjenih v zmernem in subtropskem pasu severne poloble. To so večinoma listopadna drevesa, znanih pa je tudi nekaj na sušna okolja prilagojenih vednozelenih grmov. Sistematski položaj posameznih taksonov znotraj rodu *Fraxinus*, zaradi različnih pristopov posameznih avtorjev, še ni dokončno rešen. Wallanderjeva (2008) je na podlagi filogenetskih analiz rod razdelila na šest sekcij: sekcija *Dipetalae* (Lingelsh.) E. Nikolaev, sekcija *Melioides* (Endl.) Lingelsh., sekcija *Ornus* (Boehm.) DC., sekcija *Pauciflorae* (Lingelsh.) E. Wallander, sekcija *Sciadhanthus* (Coss. et Dur.) Lingelsh. in sekcija *Fraxinus*. V slednjo med drugimi vrstami uvršča tudi poljski jesen (*Fraxinus angustifolia*

s.lat.) in veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.). Tovrstna sistematika v veliki meri potrjuje predhodno sistematsko delitev rodu, narejeno na podlagi morfoloških znakov (npr. Nikolaev, 1981).

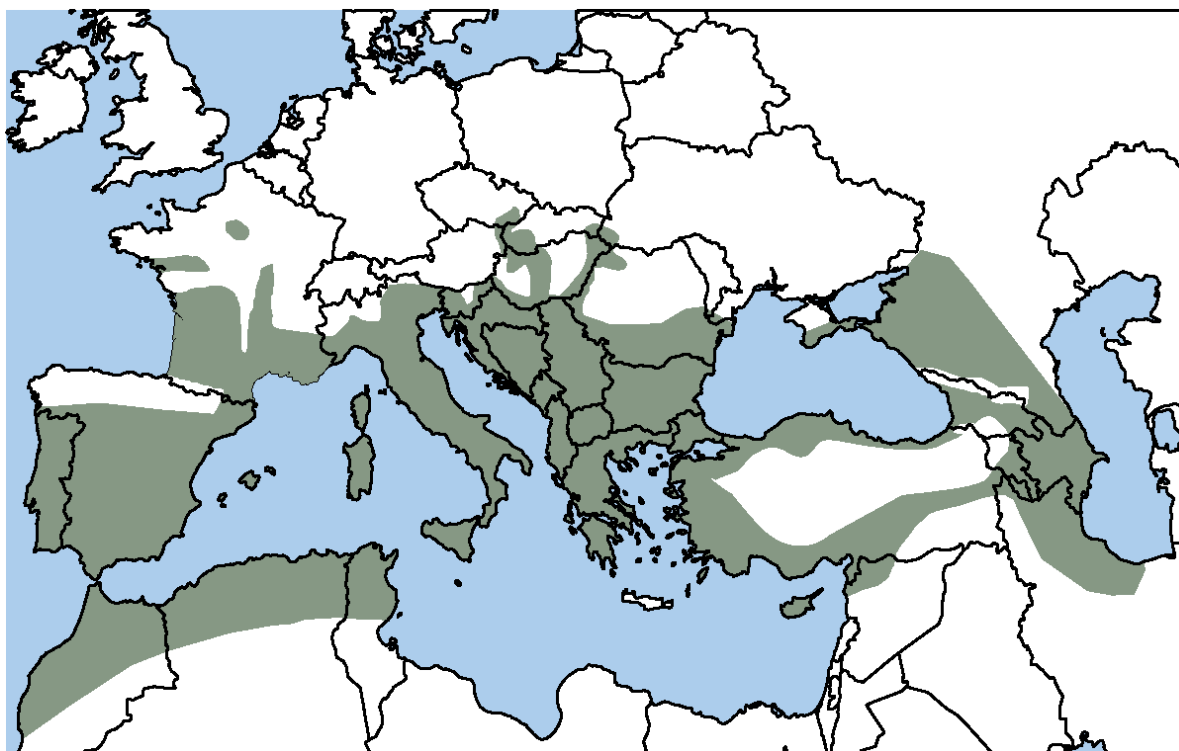
Različne poglede pa srečamo tudi pri obravnavi vrste *Fraxinus angustifolia* Vahl. Tako je na primer v prvih treh izdajah Male flore Slovenije vrsta *F. angustifolia* poimenovana kot ostroplodni jesen (Martinčič in Sušnik, 1969; Martinčič et al., 1984, 1999), medtem ko je v zadnji, IV. izdaji, vrsta poimenovana kot ozkolistni jesen (Martinčič et al., 2007). Kljub starejši uporabi imen ostroplodni in ozkolistni se danes v dendrologijah uporablja ime poljski jesen (npr. Brus, 2008). Podobno je tudi s taksoni *Fraxinus oxyphylla* M. B. in *Fraxinus oxycarpa* Willd, ki jih nekateri avtorji navajajo kot sinonime (npr. Mayer, 1958; Fukarek, 1960; Martinčič et al., 1999), drugi kot podvrste ali celo kot samostojne vrste (npr. Fukarek, 1983; Jovanović, 1986). Neredko je moč zaslediti tudi nekonsistentnost posameznih avtorjev, ko le-ti v različnih delih uporabljajo posamezna imena bodisi kot sinonime bodisi kot imena podvrst ali celo samostojnih (regionalnih) vrst (npr. Fukarek, 1960, 1971, 1983).

Prvi popolnejši opis poljskega jesena se v botanični literaturi pojavi razmeroma pozno in sicer leta 1804. Dansko-Norveški botanik Martin Vahl je takrat v svojem prvem delu "*Enumeratio Plantarum*" opisal primerke iz Španije (Fukarek, 1960) ter na njihovi osnovi določil novo vrsto, ki jo je znanstveno poimenoval *Fraxinus angustifolia* (*angustifolius* ↔ *ozkolistni*). Leto dni pozneje, 1805, je nemški botanik Carl L. Willdenow opisal primerke iz Kavkaza ter jih določil kot novo vrsto z imenom *Fraxinus oxycarpa* (*oxycarpus* ↔ *ostroplodni*). Tri leta kasneje, leta 1808, opiše Friedrich A. Marschall von Bieberstein poljski jesen s Krima in ga znanstveno poimenuje *Fraxinus oxyphylla* (*oxyphylus* ↔ *ostrolistni*). Mnogim kasnejšim botanikom se je slednje ime zdelo najprimernejše in so ga v veliki meri uporabljali kot veljavno znanstveno ime, vendar nepravilno. Tako je nedosledno in nepravilno poimenovanje še dodatno otežilo reševanje taksonomije vrste. Eno od pravil botaničnega kodeksa poimenovanja postavlja kot veljavno ime tisto, ki je kronološko gledano najstarejše. Na osnovi tega pravila se v strokovnih krogih v Evropi danes najpogosteje uporablja ime *Fraxinus angustifolia* Vahl. Vrsta poljski jesen naj bi se nadalje členila na nekaj podvrst: *F. angustifolia* Vahl subsp. *angustifolia* (zahodno Sredozemlje), *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* (Bieb. ex Willd.) Franco et Rocha Alfonso (= *F. angustifolia* subsp. *pannonica* (Fuk.) Soó et Simon) (vzhodna srednja Evropa in južna Evropa od severovzhoda Španije proti vzhodu) in *F. angustifolia* subsp. *syriaca* (Boiss.) Yalt (Turčija in na vzhod do Irana) (Erhardt et al., 2000; Fitschen, 2006; Fraxigen, 2005; Roloff in Bärtels, 2006).

V Evropi in hkrati tudi v Sloveniji imamo tri vrste jesenov: vetrocvetna veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.) in poljski jesen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) zrasteta v velika

drevesa, medtem ko je žužkocvetni mali jesen (*Fraxinus ornus* L.) po rasti nižji. Mali jesen je genetsko bližji azijskim vrstam jesenov, mnogo bolj sorodna pa sta si veliki in poljski jesen (Jeandroz et al., 1997; Wallander, 2008).

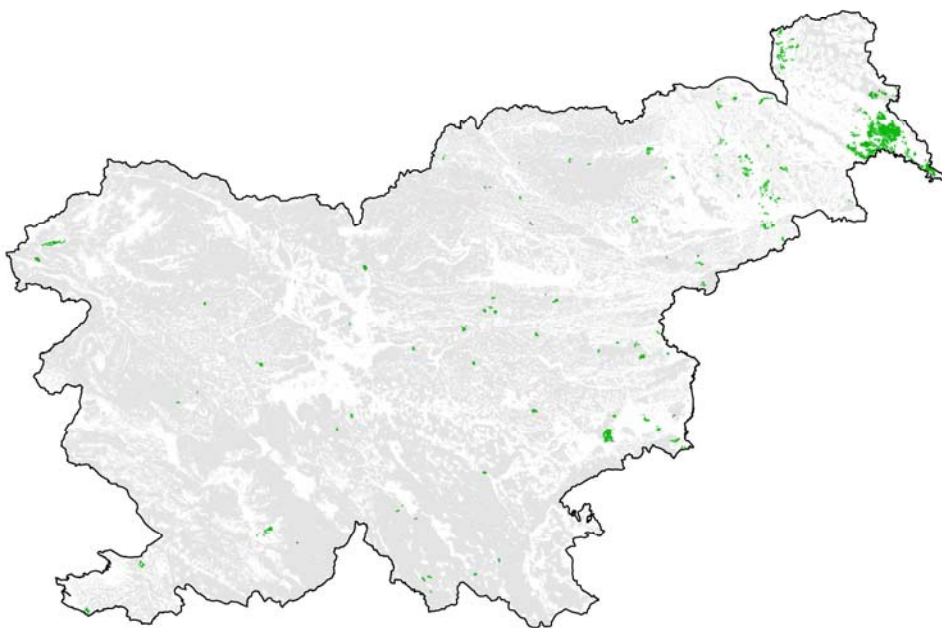
Poljski jesen je vrsta južne in vzhodne Evrope (slika 1). Njegov areal se razteza od Španije in Portugalske na zahodu, na severu do Slovaške in južne Moravske, na vzhodu pa ga najdemo v Turčiji (območje Sredozemlja in Črnega morja), Siriji, Iranu, južni Rusiji in na Kavkazu. V srednji Evropi, Panonski nižini in na Balkanu se poljski jesen pojavlja v glavnem v nižinskih obrečnih gozdovih. To so gozdovi ob večjih rekah in njihovih pritokih (npr. Drava, Sava, Donava, Váh (Slovaška), Morava, Tisa, Maritsa (Bolgarija), Tundja (Bolgarija, Turčija), Iantra (Bolgarija) in ob jezerih (npr. Blatno jezero, Burgas (Bolgarija), Varna (Bolgarija)). V Sredozemskem delu areala (Španija, Francija, Italija, Grčija, južna Turčija) poleg vlažnih nižinskih obrečnih gozdov uspeva poljski jesen tudi na višjih in sušnejših legah od 500–2000 m n.v. (Fraxigen, 2005).



Slika 1: Naravna razširjenost vrste *Fraxinus angustifolia* s. lat. (Fraxigen, 2005).

V Sloveniji je areal poljskega jesena deljen. V naravnih sestojih ga najdemo v subpanonskem svetu, kjer porašča poplavna, obrečna nižinska rastišča skupaj z dobom, črno jelšo, navadnim belim gabrom, vrbami in topoli. Drugi del areala pri nas ima v submediteranskem svetu, kjer se pojavlja ob spodnjih tokovih Dragonje in Vipave, ob potoku Lijaku, v Panovcu (Brus, 2008). Poljski jesen se po podatkih, zbranih v

gozdarskem informacijskem sistemu ZGS, posamično pojavlja (slika 2) tudi drugod po Sloveniji (na Gorenjskem, Kočevskem, Postojnskem, Koroškem), vendar je natančnejši pregled na terenu pokazal (Sever, 2005), da poljskega jesena na mnogih navedenih mestih ni, oziroma je pri popisovanju oziroma pri določevanju prišlo do zamenjave s pri nas bolj poznanim in razširjenim velikim jesenom (*Fraxinus excelsior* L.).



Slika 2: Razširjenost poljskega jesena (*Fraxinus angustifolia*) (zeleno) v Sloveniji (vir: podatki o gozdnih fondih Zavoda za gozdove Slovenije, 2005, karto pripravil A. Ficko)

1.1.2 Nekatere morfološke lastnosti vrste

Poljski jesen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) je slovenska avtohtona vrsta jesena, ki zraste v do 40 metrov visoko drevo (Cicek in Yilmaz, 2002) s podolgovato ovalno in močno razvejano krošnjo, ki je gostejša kot pri velikem jesenu. Ravno in polnolesno deblo prekriva siva in v drobne ploščice razpokana skorja. Le-ta je pri mladem drevesu gladka in olivno zelena. Koreninski sistem je dobro razvit, predvsem v širino (Brus, 2008). Poganjki so nekoliko tanjši in v nodiju manj sploščeni kot pri velikem jesenu, olivno zeleni do rumenosivi, goli in posuti z jajčastimi lenticelami (Idžojtić, 2004). Številni kratki poganjki se nahajajo na starejših vejicah in so na gosto posejani z brsti. Terminalni brst je večji od lateralnih, širši kot daljši, stožčaste oblike s topim vrhom pokrit z dvema paroma nasprotnih luskolistov. Lateralni brsti so manjši kot pri velikem jesenu in na plodnih vejicah praviloma nameščeni po trije v navideznem vretencu, sicer pa nasprotno ali

poševno nasprotno. Brsti so nekoliko odklonjeni od poganjka. Luskolisti brstov so puhasti in rjave barve, včasih močno temnorjavi. Listna brazgotina je nekoliko privzdignjena in v spodnjem delu polkrožno zaobljena s številnimi sledkami (Idžojtić, 2004). Lihopernato sestavljeni listi so veliki 8–20 cm in sestavljeni iz (3)5–13 lističev, ki so ozko suličasti (ožji kot pri velikem jesenu), 4–10 cm dolgi, dolgo zašiljeni in pri dnu klinasti. Po robu so grobo nažagani, zobci so praviloma veliki in štrleči, njihovo število pa je približno enako številu stranskih žil (Roloff in Bärtels, 2006). Na zgornji strani so lističi olivno zeleni in goli, spodaj svetlejši in predvsem po glavni žili rjavo dlakavi. Dlačice na listih so glavičaste oblike (ang. capitate hairs), redkeje tudi igličaste (ang. acicular hairs) (Kremer et al., 2008). Cvetovi brez cvetnega odevala so združeni v rahle obstranske grozde. Socvetje vsebuje v povprečju okoli 15 cvetov, medtem ko jih je pri velikem jesenu z latasto obliko socvetja, bistveno več. Socvetje lahko sestavljajo moški ali dvospolni cvetovi, lahko pa tudi moški in dvospolni cvetovi skupaj. O ženskih socvetjih ne poročajo. Moške in dvospolne cvetove je mogoče najti na vseh drevesih poljskega jesena, tako da so funkcionalno gledano vsa drevesa dvospolna (Fraxigen, 2005). Poljski jesen cveti konec marca in aprila pred olistanjem in tako kot veliki jesen spada med protoginične vrste (vrsta s predgodnim pestičem) (Fraxigen, 2005). V primeru mile zime lahko poljski jesen zacveti že konec meseca januarja (Sadar, 2008). Sam začetek cvetenja je sicer odvisen od nadmorske višine kjer osebek raste, vendar kadar z velikim jesenom rasteta skupaj, cveti poljski jesen vedno prej. Z velikim jesenom sta si podobna tudi po obliki pelodnih zrn. Pri obeh vrstah se na zunanji steni pelodnih zrn nahajajo po tri kalitvene pore skozi katere pride do podaljševanja in rasti pelodnega mešička (npr. vrsti *F. americana* in *F. pennsylvanica* imata 4 take pore) (Kremer et al., 2008). Plodovi poljskega jesena so podolgovati, 2–6 cm dolgi krilati oreški, katerih krilce je zelo variabilno. Lahko je zaobljeno, zašiljeno ali široko. Podolgovato seme sega do več kot polovice krilca (Brus, 2008). Razširjanje semena poteka s pomočjo vetra (anemohorna vrsta) ali vode (hidrohorna vrsta). Pri semenu poljskega jesena poznamo enojno fiziološko dormantnost, kot tako lahko klije že prvo pomlad (Gérard et al., 2006a), medtem ko je dormantnost semena velikega jesena dvojna oz. trojna. Pri slednjem onemogoča kalitev prvo pomlad testa, ki s preprečevanjem dostopa kisika zavira rast embrija. Tako je rast embrija zavrtja dokler zunanja semenska lupina ne začne razpadati. Vendar tudi popolnoma razvit embrij ostane dormanten dokler ni izpostavljen nizkim temperaturam, kar se v naravi ponavadi zgodi šele drugo zimo (Kraigher, 2001).

1.1.3 Razlikovanje podvrst poljskega jesena

Delitev poljskega jesena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) na nižje taksonomske enote se med posameznimi avtorji razlikuje. Na podlagi dlakavosti lističev in razpokanosti skorje Fitschen (2006) razlikuje dve podvrsti poljskega jesena.

Preglednica 1: Razlikovanje podvrst poljskega jesena po Fitschen (2006)

<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>angustifolia</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>oxycarpa</i> (Bieb. ex Willd.) Franco et Rocha Alfonso
➤ spodnja stran lističev je gola,	➤ spodnja stran lističev na bazi ob glavni žili dlakava,
➤ skorja starejših dreves groba in globoko razpokana.	➤ skorja starejših dreves plitvo razpokana do skoraj gladka.

Poleg zgoraj omenjenih podvrst pa avtor nekaterim taksonom nižinskih jesenov pripisuje taksonomski status samostojnih vrst. Tako naj bi se vrsta *Fraxinus potamophila* Herder (sin. *F. sogdiana* Bunge) od poljskega jesena razlikovala po pecljatih lističih, dolžina pecljev naj bi znašala 4–15 mm. Lističi naj bi bili tudi nekoliko krajši in širši. Status samostojne vrste pripisuje tudi taksonu *Fraxinus syriaca* Boiss. (sin. *F. sogdiana* Dipp), pri katerem naj bi bil list večinoma sestavljen iz petih lističev, medtem ko naj bi bilo število lističev pri vseh že prej omenjenih taksonih večinoma večje (Fitschen, 2006). Status vrste ima tudi takson *Fraxinus holotricha* Koehne, katero ime nekateri avtorji (npr. Roloff in Bärtels, 2006) obravnavajo kot sinonim za takson *Fraxinus pallisae* Wilmott ex Pallis. Omenjena vrsta ima za razliko od že prej obravnavanih taksonov poganjke, ki so močno dlakavi, dlakave pa ima tudi lističe.

V Mali flori Slovenije (Martinčič et al., 2007) najdemo vrsto *Fraxinus angustifolia* Vahl, s slovenskim imenom ozkolistni jesen, razdeljeno na dve podvrsti.

Preglednica 2: Razlikovanje podvrst poljskega jesena po Martinčič et al. (2007)

<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>angustifolia</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>pannonica</i> (Fuk.) Soó et Simon
➤ lističi suličasti, široki 1,5–3 cm	➤ lističi ozkosuličasti
➤ lističi na bazi hitro zoženi, skoraj zaokroženi	➤ lističi na bazi polagoma zoženi zato navidezno pecljati
➤ predvidoma raste v zahodnih predelih Slovenije	➤ predvidoma raste v vzhodnih predelih Slovenije

Kot sinonima za podvrsto *F. a.* subsp. *angustifolia* avtorji navajajo tudi imeni *F. oxycarpa* Willd. in *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* (Bieb.) Franco & Rocha (Martinčič et al., 2007).

Roloff in Bärtels (2006) na podlagi večjega števila morfoloških znakov razlikujeta tri podvrste poljskega jesena (preglednica 3).

Preglednica 3: Razlikovanje podvrst poljskega jesena po Roloff in Bärtels (2006)

<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>angustifolia</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>oxycarpa</i> (Bieb. ex Willd.) Franco et Rocha Alfonso	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl subsp. <i>syriaca</i> (Boiss.) Yalt
➤ drevo visoko 15–20 m		➤ grm ali do 5 m visoko drevo
➤ listi dolgi 8–20 cm		➤ listi dolgi 6–12 cm
➤ lističev 5–13, sedeči ali skoraj sedeči	➤ lističev (5)7–9(11),	➤ lističev 1–7
➤ lističi večinoma ozko suličasti in na kratko zašiljeni, na bazi klinasto zoženi	➤ lističi eliptično podolgasti do suličasti, na bazi klinasto zoženi,	➤ lističi suličasti do široko suličasti, na dolgo zašiljeni, na bazi široko klinasto zoženi
➤ lističi dolgi 4–10 cm, grobno nažagani	➤ lističi dolgi 4–7 cm, grobno nažagani	➤ lističi dolgi 3–6 cm, grobno nažagani in na spodnji tretjini celorobi
➤ lističi zgoraj goli, spodaj goli ali le ob glavni žili dlakavi		➤ lističi po obeh straneh goli
➤ plodovi dolgi 2–6 cm, krilce sega do spodnje tretjine ali do začetka plodu	➤ plodovi dolgi 3–4 cm, narobe jajčasto suličaste oblike	➤ plodovi dolgi 2–4 cm, krilce sega do spodnje tretjine plodu
➤ Iberski polotok, Francija, Avstrija, Bolgarija, vzhodna srednja Evropa, vzhodna Evropa, azijski del Turčije	➤ Iberski, Apeninski in Balkanski polotok, Francija, Krim, azijski del Turčije, Kavkaz	➤ azijski del Turčije, Sirija, Iran, Afganistan, zahodni Pakistan

Roloff in Bärtels (2006) poleg omenjenih podvrst nekaterim nižinskim jesenom pripisujeta status samostojnih vrst. Vrsta *Fraxinus potamophila* Herder naj bi imela gole lističe, od poljskega jesena pa naj bi se razlikovala predvsem po pecljatih lističih, kjer naj bi dolžina pecljev znašala vsaj 5 mm. Vrsta *Fraxinus pallisae* Wilmott ex Pallis (sin. *F. holotricha*

Koehne) pa naj bi se od poljskega jesena razlikovala predvsem po dlakavih poganjkih in dlakavem listnem vretenu (rahisu).

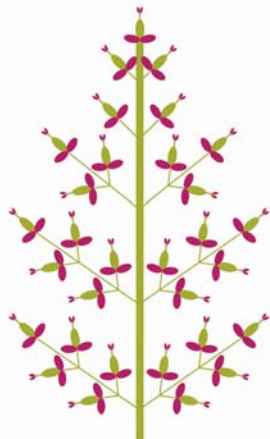
Fukarek (1983) za območje Evrope navaja več vrst oz. podvrst poljskih jesenov:

- ***Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *angustifolia*** (sredozemski poljski jesen). Do 20 m visoko drevo, ki se pojavlja v nižinskih primorskih gozdovih. Razširjen je v srednjem in zahodnem Sredozemlju, v Španiji in na Portugalskem sega do atlantske obale. Pojavlja se tudi v severni Afriki, na Balearih, Korziki, Sardiniji, Siciliji in Apeninskem polotoku. Na vzhodu pride do jadranske obale, kjer ga srečamo od Istre (dolina reke Mirne, okolica Pazina, Čepičko polje) preko Hrvaškega primorja in Dalmacije do Črne gore, Albanije, Grčije in jugovzhodnih primorskih predelov Male Azije.
- ***Fraxinus angustifolia* subsp. *pannonica* (Fuk.) Soó et Simon** (panonski poljski jesen). Do 30 m visoko drevo, razširjeno predvsem po obrečnih gozdovih Panonske nižine (vzhodna Avstrija, Češka, Slovaška, Madžarska, Romunija). Raste v gozdovih ob reki Donavi in njenih pritokih (Morava, Drava, Mura, Sava, Tisa...). Od podvrste *F. a.* subsp. *angustifolia* se razlikuje po pecljatih in praviloma širših ovalno-kopjastih lističih.
- ***Fraxinus oxycarpa* Willd. (sin. *F. oxyphylla* Bieb.)** (pontsko-kaspijski poljski jesen). Do 30 m visoko drevo, razširjeno v primorskih gozdovih okoli Črnega morja. Od podvrst *F. a.* subsp. *angustifolia* in subsp. *pannonica* naj bi se razlikoval po nekoliko daljših in širših ovalnih lističih, glavna razlika pa naj bi bila v latastih in ne grozdastih socvetjih, kot je to primer pri prvih dveh podvrstah. Po temu znaku je podoben velikemu jesenu.
- ***Fraxinus pallisae* Wilmott (sin. *F. angustifolia* subsp. *pallisae* (Wilmott) Fuk.)** (podonavski poljski jesen). Ta podvrsta je doma na vzhodnem delu Balkana, ob delti reke Donave. Njena glavna značilnost so dlakavi listi (lističi in rahis) in neredko tudi dlakavi mladi poganjki.
- ***Fraxinus syriaca* Boiss. (sin. *F. sogdiana* Dipp)** (sirijsko-kaspijski poljski jesen). Razširjen je v Siriji in vzhodnih in severovzhodnih predelih Male Azije. Listi so sestavljeni iz 3–5 lističev, le-ti so nekoliko usnjati in na dolgo zašiljeni. Listni rob je grobo nazobčan, pri različku *persiaca* je izjemoma cel.
- ***Fraxinus potamophila* Herder** (turkmenijski poljski jesen). Do 10 m visoko drevo z olivnozelenimi do rjavimi poganjki in temnorjavimi brsti. Široko eliptični lističi so goli, dolgi 2–5 cm, nazobčani ter na bazi polagoma klinasto zoženi zato navidežno pecljati.

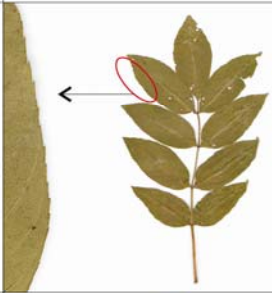
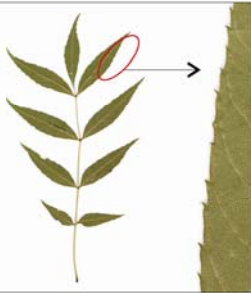
1.2 RAZLIKOVANJE POLJSKEGA IN VELIKEGA JESENA

Poljski in veliki jesen sta si močno sorodni vrsti (Nikolaev, 1981; Jeandroz et al., 1997; Wallander, 2008), kar se med drugim kaže v njuni veliki morfološki podobnosti.

Najzanesljivejši razlikovalni znak med njima je velikost in oblika socvetja. Pri poljskem jesenu so cvetovi v rahlih obstranskih grozdih, medtem ko so pri velikem cvetovi združeni v obstranske late (Jarni in Brus, 2007). Tako ima poljski jesen v primerjavi z velikim v socvetju manjše število cvetov. Omenjeni znak najlažje opazujemo, ko se razvijejo plodovi: pri poljskem jesenu visijo plodovi iz ene same osi, medtem ko se pri velikem jesenu glavna os socvetja veji še na več stranskih osi (slika 3). Težave lahko nastopijo, ko se v mešanem socvetju pri velikem jesenu pojavijo dvospolni cvetovi na glavni osi, moški pa na stranskih oseh, kar lahko v stadiju plodov pripelje do napačne določitve (Fraxigen, 2005). Z odpadom moških cvetov namreč iz latov nastanejo grozdi (slika 3). Z dodatnimi težavami se srečamo v sestojih, kjer poleg poljskega in velikega raste tudi umetno vneseni ameriški jesen (*F. americana*). Z rjavimi brsti in grozdasto obliko socvetij je podoben poljskemu jesenu, od katerega pa ga najlažje ločimo po semenih (slika 3). Le-ta so pri ameriškem jesenu v prečnem prerezu okrogla, medtem ko so pri poljskem, kot tudi pri velikem jesenu, v prerezu eliptične oblike.

<i>Fraxinus angustifolia</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Fraxinus americana</i>
grozdasto socvetje z dvospolnimi cvetovi na glavni osi in odpadlimi moškimi cvetovi na stranskih oseh	latasta oblika socvetja z dvospolnimi cvetovi	grozdasta oblika socvetja z dvospolnimi cvetovi
		
		

Slika 3: Oblika socvetij in prečnega prereza semen pri poljskem, velikem in ameriškem jesenu

vrsta kriterij	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	zanesljivost kriterija
brsti			Manj zanesljiv - velika variabilnost barve brstov pri <i>F. angustifolia</i> . Zanesljiv znak so trije brsti v navideznem vretencu pri <i>F. angustifolia</i> .
poganjek			Nezanesljiv - pri obeh vrstah poganjki goli. V nekaterih populacijah v vzhodni Evropi lahko srečamo obe vrsti z dlačicami.
list in listni rob			Manj zanesljiv - zaradi velike variabilnosti oblike lističev pri <i>F. angustifolia</i> . Zanesljiv - <i>F. angustifolia</i> ima na lističih večje zobce, le-ti so manjštevilni.
socvetje oz. soplodje			Zelo zanesljiv - izjema so pretežno moška drevesa <i>F. excelsior</i> , ki razvijejo nekaj plodov.
spol			Zanesljiv - samo v primeru čistega moškega drevesa <i>F. excelsior</i> .

Slika 4: Najpomembnejši razlikovalni znaki med poljskim in velikim jesenom

Lahko dostopen, vendar zaradi velike variabilnosti nekoliko manj zanesljiv razlikovalni znak sta barva in nameščenost brstov na poganjku. Pri poljskem jesenu so brsti bolj ali manj rjavi in pogosto nameščeni po trije v navideznem vretencu, še zlasti na plodnih poganjkih (slika 4). Pri velikem so brsti črni in na poganjku praviloma nameščeni v parih. Lističi pri poljskem jesenu so ponavadi ožji od lističev pri velikem jesenu. Vendar je ta znak zaradi velike variabilnosti oblike lističev in netipičnih oblik pri poljskem jesenu manj zanesljiv. Zanesljivejši znak je število zobcev na posameznem lističu: pri poljskem jesenu je število zobcev približno enako številu stranskih žil, medtem ko je pri velikem število zobcev večje od števila stranskih žil (Fitschen, 2006).

1.3 PREGLED OBJAV

Da v Sloveniji poleg velikega in malega jesena samoniklo uspeva tudi poljski jesen, smo se začeli zavedati razmeroma pozno. Vse do petdesetih let prejšnjega stoletja je prevladovalo mišljenje, da jesen v nižinskih delih Slovenije taksonomsko pripada velikemu jesenu. Tako Wraber (1951) pri proučevanju vegetacije v Prekmurju še vedno opisuje samo veliki jesen, medtem ko se leta 1954 kot območje razširjenosti poljskega jesena v takratni Jugoslaviji prvič omeni tudi Prekmurje (Fukarek, 1954). Isti avtor se tudi v svojih nadaljnjih delih ukvarja s proučevanjem areala poljskega jesena (Fukarek, 1955, 1957, 1960, 1971), toda raziskavam navkljub je ostalo poznavanje razširjenosti poljskega jesena pri nas še vedno nezadostno.

Dosedanje raziskave jesenov v Sloveniji so se večinoma nanašale na proučevanje rastnih značilnosti posameznih vrst. Za nižinske prekmurske gozdove črne jelše, doba in poljskega jesena je Levanič (1993) ugotovil, da zniževanje globine podtalnice (kot posledica hidromelioracij), slabša rastišče, kar se kaže v zmanjševanju vitalnosti in neenakomernih prirastkih, vpliva pa tudi na razvojne procese in zgradbo sestojev, npr. zmanjševanje deleža črne jelše in povečevanju deleža poljskega jesena. Kotar (2001) je v taistih sestojih proučeval nastajanje diskoloriranega lesa in ugotovil, da se rjavo obarvana jedrovina pri poljskem jesenu lahko tvori že pri starosti 50 let, kar postavlja kot zgornjo mejo dolžine proizvodne dobe pri vrsti. Piškur (1999) je proučeval rastne značilnostmi malega jesena pri katerem je med drugim opazil t. im. pojav 'vlečenja v višino', ko v borbi za svetlobo drevesa v sestoji dosegajo večje višine, od dreves, ki rastejo v nesklenjenih, bolj odprtih sestojih, ki jih avtor imenuje kot 'normalni pogoji'. Z ekologijo in gospodarskim pomenom velikega jesena pri nas se je ukvarjal Robič (1970). Vrsto je uvrstil v skupino pionirskih drevesnih vrst, z zelo široko ekološko valenco. Ugotovil je, da je delež velikega jesena v sestojih odvisen od površine in sicer je v obratnem sorazmerju z velikostjo sestoja. Vrsta se posamezno pojavlja v plasti dominantnih ali pa kodominantnih dreves, v skupinski obliki zmesi pa se pojavlja na površinsko manjših delih gozdnih sestojev, ki se od okolice razlikujejo z manjšimi, vendar za jesen pomembnimi posebnostmi ekotopa (Robič, 1970).

S proučevanjem rastnih značilnosti velikega jesena se je ukvarjal Kadunc (2004). V raziskavi je potrdil značilni vpliv gozdnih rastišč na višinsko in debelinsko rast, potrdil pa je tudi veliko variabilnost poteka rasti velikega jesena znotraj istih rastiščnih enot. Avtor se je ukvarjal tudi s proučevanjem različnih dejavnikov na nastajanje rjavega srca (Kadunc, 2005), kjer je ugotovil, da je velikost rjavega srca v pozitivni korelaciji s premerom, starostjo in razsohlo rastjo dreves. Razširjenost jesenov pri nas je podrobneje predstavljena in obravnavana v delih Robiča (1970), Piškurja (1999) in Severja (2005).

Več študij o poljskem jesenu so izdelali v deželah nekdanje Jugoslavije. Kadović (1989) je v Vojvodini proučeval tolerantnost oziroma rast poljskega jesena na slanih tleh in ugotovil, da je poljski jesen vrsta z veliko toleranco na sol. Na Hrvaškem se poljski jesen pojavlja v 3. ekološko-gospodarskih tipih gozdov (Komlenović et al., 1989; Anić, 1997; Anić et al., 1999) in sicer na najnižjih mikro-depresijah v združbi s poletnim velikim zvončkom (*Leucojum aestivum*), na prehodu proti mikro-dvignjenim rastiščem v združbi z barvilno košeničico (*Genista tinctoria*) in na mikro-dvignjenih rastiščih v združbi z navadnim belim gabrom (*Carpinus betulus*). Glede omenjenih 3. ekoloških tipov sta tako Komlenović et al. (1989) kot Anić et al. (1999) ugotovila, da ima poljski jesen najmanjši volumenski prirastek v mikro-depresijah, v združbi s poletnim velikim zvončkom, ter da se z dvigovanjem rastišča, oziroma sušnostjo rastišča, prirastek povečuje. Pomlajevanje poljskega jesena je proučeval Anić (1997, et al., 1999), ki med drugim ugotavlja, da lahko vrsta tvori čiste sestoje le na mikro-depresijah v združbi s poletnim velikim zvončkom. Z morfologijo in taksonomijo vrste se je v Srbiji ukvarjal Jovanović (1986), ki vrsti *Fraxinus oxycarpa* Willd. (sin. *F. oxyphylla* Bieb.) pripisuje latasto obliko socvetja, medtem ko naj bi imela vrsta *F. angustifolia* Vahl cvetove v grozdih. Vrsta poljskega jesena z latastim socvetjem naj bi po avtorjevih navedbah uspevala predvsem v vzhodnih delih Srbije. Obsežno obravnavo morfološke variabilnosti poljskega jesena pa je prikazal Fukarek (1960). Na podlagi morfologije nabranih in herbariziranih listov iz različnih delov Evrope, je začetnih 36 različnih taksonov, kolikor jih je bilo do tistega časa opisanih 'okoli' vrste *F. angustifolia* s.lat., proučil in združil na vsega 7 taksonov od tega 6 različkov in eno podvrsto znotraj katerih je razlikoval še posamezne forme in subforme. Tu prikazujemo 6 različkov in eno podvrsto poljskega jesena:

- *Fraxinus angustifolia* Vahl var. *angustifolia*,
- *Fraxinus angustifolia* var. *australis* Gay),
- *Fraxinus angustifolia* var. *oxycarpa*(Willd.),
- *Fraxinus angustifolia* var. *pannonica* (var. nova),
- *Fraxinus angustifolia* var. *obliqua* (Tausch),
- *Fraxinus angustifolia* var. *oligophylla* (Boissier),
- *Fraxinus angustifolia* subsp. *pallissae* (Wilmott).

Vse do tedaj opisane taksone, katerih opisi so se nanašali na mlade, 'okroglostne', juvenilne oblike poljskega jesena je Fukarek (1960) združil v en sam takson in sicer *F. angustifolia* var. *oligophylla* f. *rotundifolia*. Primerke poljskega jesena z močno dlakavimi listi iz vzhodnega dela Balkanskega polotoka (tudi vzhodna Srbija) je opisal in uvrstil v samostojen takson *F. a.* subsp. *pallisae*, medtem ko je na novo opisal takson *F. a.* var. *pannonica*, različek z lističi, ki so na bazi polagoma zoženi in zato navidezno pecljati. S provenienčnimi testi populacij poljskega jesena na Hrvaškem se v novjšem času ukvarja Bogdan (2006, et al., 2007). Pri proučevanju posavskih populacij, pri katerih je uporabil teste pol-sorodnih družin, zaključuje, da med njimi ni genetske diferenciacije, kot tudi ne lokalne adaptiranosti. Ugotavlja tudi, da večino genetske variabilnosti pri kvantitativnih znakih zavzema variabilnost znotraj populacij (Bogdan, 2006). Ne glede na zgornje ugotovitve pa Bogdan et al. (2007) ugotavljajo, da obstajajo jasne genetske razlike med populacijami, ki so prostorsko močnejše ločene. Tako se populacije iz Podravja, Pokopljja, Međimurja, Istre in Dalmacije značilno razlikujejo v celotnem razvoju spomladanskega brstenja in razvoja listov, kot tudi celokupni višinski rasti v prvem in drugem letu starosti. Kot najverjetnejši razlog genetskih razlik med populacijami navajajo genetski drift (Bogdan et al., 2007). V okviru proučevanja poplavnih gozdov na Hrvaškem, med drugim so to tudi naravni habitati poljskega jesena, pa je izšla tudi obsežna monografija, ki obravnava omenjene gozdove v fitosociološki, ekološki, gojitveni, žlahtniteljski in gozdno-varstveni luči (Vukelić (ur.), 2005).

Tesna sorodnost in velika podobnost velikega in poljskega jesena sta bili vzrok raziskavam o molekularnem razpoznavanju vrst. Jeandroz et al. (1996) so omenjeni vrsti in njune križance poskušali razlikovati s pomočjo dominantnih RAPD markerjev. Od skupno 210 uporabljenih primerjev, se odkrili le 9 vrstno specifičnih fragmentov (produkt 8. primerjev), oziroma je bila njihova frekvenca med vrstama značilno različna. Morand-Prieur et al. (2002) so v kontroliranih križanjih velikega in poljskega jesena uporabili mikrosatelitne cpDNA za proučevanje dedovanja kloroplastnega genoma in razpoznavanje njunih hibridov. Gérard et al. (2006a) so za razlikovanje omenjenih vrst hkrati uporabili markerja RAPD-SCAR in jedrni mikrosatelit. Čeprav se nobeden od njiju ni izkazal kot strogo vrstno specifičen, pa je kombinacija obeh učinkovita pri razlikovanju vrst na populacijskem nivoju. S pomočjo ITS (internal transcribed spacer) rDNA so sorodstvene odnose v rodu *Fraxinus* raziskovali Jeandroz et al. (1997) in Wallander (2008). Omenjeni raziskavi sta potrdili tesno sorodnost velikega in poljskega jesena. Na podlagi proučevanja herbarijskega materiala in ugotovljene velike podobnosti ITS rDNA regij Wallanderjeva predlaga, da se taksone *F. oxycarpa*, *F. syriaca*, *F. pallisae*, *F. potamophila*, in *F. sogdiana* obravnava kot sinonime taksona *F. angustifolia*. Avtorica kot možni izjemi navaja taksona *F. oxycarpa* in *F. syriaca*, katera bi bilo možno obravnavati kot podvrsti (Wallander, 2008). Zgornje ugotovitve je Wallanderjeva podkrepila tudi s sekvenciranjem kloroplastnih *rps* 16 in *trnL-F* regij.

Veliko genetskih raziskav je bilo narejenih tudi v okviru evropskega projekta FRAXIGEN (www.fraxigen.net). Moč pretoka genov preko semen in cvetnega prahu pri velikem jesenu so proučevali v Romuniji (Heuertz et al., 2003). S pomočjo petih zelo polimorfni mikrosatelitnih lokusov so ugotovili, da koeficienti sorodnosti med posameznimi osebki v sestoji padajo z logaritmom razdalje med njimi. Strmejši padec sorodnosti na krajših razdaljah in manjši na daljših razdaljah je posledica asimetričnega pretoka genov preko semen oziroma peloda. Pri proučevanju genetske variabilnosti velikega jesena v Bolgariji (Heuertz et al., 2001) so na podlagi mikrosatelitnih markerjev ugotovili veliko genetsko variabilnost, kar bi med drugim lahko nakazovalo na obstoj ledenodobnih refugijev v tem delu Balkanskega polotoka. Omenjeni hipotezi pritrujejo tudi rezultati nekaterih palinoloških raziskav (Huntley in Birks, 1983 cit. po Heuertz et al., 2001). Obstoj ledenodobnih zatočišč na Balkanu je potrdila raziskava (Heuertz et al., 2004a) v kateri so s pomočjo jedrnih mikrosatelitov proučevali genetsko strukturo populacij velikega jesena v Evropi. Ugotovili so, da obstajajo v genetski strukturi med populacijami iz zahodne in centralne Evrope ter populacijami iz jugovzhodne Evrope značilne razlike. Populacije iz zahodne in centralne Evrope kažejo veliko pestrost alelov in genetsko variabilnost znotraj populacij, vendar majhno genetsko razlikovanje med populacijami. Ravno obratno pa je pri populacijah iz jugovzhodne Evrope, kjer je majhna genetska variabilnost znotraj in večja variabilnost med populacijami. Rezultati so pokazali na možen obstoj zahodno Balkanskega in vzhodno Balkanskega ledenodobnega refugija. Raziskava Evropskih populacij velikega jesena s pomočjo kloroplastne DNA (Heuertz et al., 2004b), pa je pokazala manjši polimorfizem in večjo fiksacijo genov, kar naj bi bila posledica nizkega nivoja mutacij znotraj kloroplastne DNA v družini *Oleaceae*, manjše efektivne velikosti populacij v času ledenih dob ter omejenega razširjanja relativno težkih semen. Poleg že prej omenjenega Balkanskega polotoka, pa so z raziskavo potrdili obstoj ledenodobnih refugijev tudi na Iberskem polotoku, Italiji ter na območju vzhodnih Alp. Dokaz o ledenodobnem zatočišču na območju vzhodnih Alp (op. tudi območje Slovenije) je večja alelna pestrost populacij ter pojavljanje lokalnega alela, ki ga v drugih populacijah velikega jesena po Evropi niso našli (Heuertz et al., 2004b). Heuertzova et al. območje vzhodnih Alp imenuje vroča točka genetske diverzitete (ang. hotspot of genetic diversity) (Heuertz et al., 2004b, str: 3444). Poleg velikega jesena, pa so s pomočjo kloroplastnih mikrosatelitov proučevali tudi genetsko diverziteto Evropskih populacij poljskega in malega jesena. Manjši polimorfizem in večja fiksacija genov pri termofilnih vrstah *F. angustifolia* in *F. ornus* pa naj bi bila posledica manjših populacij v preteklosti in posledično močnejšemu genetskemu driftu, kot pri na hlad tolerantnejšem velikem jesenu. Močan genetski drift naj bi imel pri vrsti *F. angustifolia* med drugim za posledico tudi nastanek treh geografsko ločenih podvrst (Heuertz et al., 2006). Proučevanja slovenskih populacij velikega in poljskega jesena pa potekajo tudi na Gozdarskem inštitutu Slovenije, kjer se z omenjenima vrstama v okviru svoje doktorske disertacije ukvarja Marjana Westergren (Letno poročilo GIS, 2008).

Pri praktičnem razpoznavanju rastlinskih vrst na terenu so bolj kot genetske pomembne morfološke razlike med njimi. Za proučevanje morfoloških znakov in razlik med posameznimi taksoni se velikokrat uporabljajo morfometrijske analize (npr. Kremer et al., 2002; Klimko et al., 2004; Kajba et al., 2004; Cristofolini in Crema, 2006). Drevesni vrsti, ki sta bili v Sloveniji največkrat predmet morfometričnih raziskav, sta hrasta dob in graden. Proučevanje variabilnosti znakov na listih, plodovih, deblu in krošnji dreves je osnova za njuno razlikovanje in ugotavljanje spontanih križancev, ki se pojavljajo na skupnih rastiščih (Batič et al., 1995; Mavsar, 1996; Breznikar in Horvat-Marolt, 1997; Breznikar et al., 2000; Trajber, 1998; Trajber et al., 2001). V zadnjem času izvajajo morfometrične analize tudi na vrstah iz rodu *Fraxinus* (Gérard et al., 2006a; Gérard et al., 2006b; Fernández–Manjarrés et al., 2006), kjer jih v kombinaciji s fenološkimi in genetskimi raziskavami prikazujejo kot uporabno orodje za razlikovanja velikega in poljskega jesena ter njunih križancev v simpatričnem okolju. Tako so na primer Gérard et al. (2006a) proučevali razmerje med dolžino embrija in dolžino semena ter ugotovili, da ima poljski jesen, v primerjavi z velikim, značilno večje razmerje (delež embrija v semenu je pri poljskem jesenu večji). Praktično uporabne rezultate prinašajo tudi kalitveni testi, in sicer, nestratificirana semena poljskega jesena in njegovih križancev z velikim jesenom lahko vzklijejo že po 4. mesecih, medtem ko je kalitev nestratificirana semena velikega jesena v enakem obdobju nična (Gérard et al., 2006a). Kremer et al. (2008) so razlikovali dva ameriška (*F. americana* in *F. pennsylvanica*) ter dva evropska jesena (*F. excelsior* in *F. angustifolia* subsp. *angustifolia*) na podlagi trihomov na listih in po značilnostih pelodnih zrn. Ameriški vrsti se od evropskih dveh razlikujeta po igličasti (ang. acicular) obliki trihomov, ki so pri naših vrstah zelo redki. Razlike med paroma so tudi v številu kalilnih por v steni pelodnih zrn skozi katere pride do klitja in podaljševanja pelodnega mešička in sicer pri velikem in poljskem jesenu 3. in pri ameriških vrstah 4. Vse štiri vrste je mogoče med seboj razlikovati tudi po oblikovanosti zunanje površine pelodni zrn.

1.4 OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

Drevesne vrste slovenskih gozdov so večinoma dobro proučene, med manj poznane in raziskane vrste pa prav gotovo sodi poljski jesen (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Čeprav gre za drevesno vrsto, ki zraste do 40 m visoko in je predvsem v Pomurju razmeroma pogosta vrsta, smo se njene prisotnosti pri nas začeli zavedati pozno. Šele v 50-tih letih 20. stoletja oz. 150 let po njenem odkritju so prisotnost vrste potrdili tudi v Sloveniji. Kot območje razširjenosti pri nas so za vrsto poljski jesen dolgo navajali le subpanonski prostor (npr. Martinčič et al., 1969, 1984, 1999), medtem ko se njeno uspevanje v alpskem, dinarskem in submediteranskem območju, v našem najboljsežnejšem ključu za določanje praprotnic in semenk, v Mali flori Slovenije, omenja šele v njeni 4. izdaji (Martinčič et al., 2007). Uspevanje poljskega jesena v Sloveniji tudi izven subpanonskega prostora je prikazano tudi že v Gradivu za Atlas flore Slovenije (Jogan (ur.), 2001). V subpanonskem svetu raste

na poplavnih obrečnih nižinskih rastiščih, v submediteranu pa se pojavlja ob spodnjih tokovih reke Vipave in Dragonje in potoku Lijaku, vrsto pa najdemo tudi v Panovcu. Večinoma gre za ostanke nekdanj obširnih gozdov, ki jih je človek izkrčil za kmetijsko rabo. Rastlinska sestava teh ostankov je zaradi človekove bližine, močnih gospodarskih vplivov in nenehnega poseganja v gozd velikokrat močno spremenjena. Preteklo kot tudi današnje gospodarjenje s temi gozdovi je zelo specifično, velikopovršinsko ter zaradi močno razvite zeliščne plasti ponekod golosečno. Sečnje na golo se izvajajo na površinah manjših od hektarja, sami sečnji pa sledi saditev ter intenzivno varstvo (Diaci, 2006).

Po podatkih, zbranih v gozdarskem informacijskem sistemu ZGS, se poljski jesen posamično pojavlja tudi drugod po Sloveniji (slika 2), vendar je natančnejši pregled na terenu pokazal (Sever, 2005), da poljskega jesena na mnogih navedenih mestih ni oziroma je prišlo do zamenjave s pri nas bolj poznanim in razširjenim velikim jesenom (*Fraxinus excelsior* L.), s katerim si je poljski jesen sorodstveno zelo blizu (Jeandroz et al., 1997). Njuna velika sorodnost se kaže tako na genetskem kot na morfološkem nivoju. Posledica je njuno težavno terensko razpoznavanje, še posebno na rastiščih, kjer rasteta skupaj. Večina bistvenih razlikovalnih znakov (plodovi, cvetovi, brsti) je namreč visoko v krošnjah dreves, medtem ko so znaki pri tleh (epikormski poganjki, skorja, odlomljene vejice in listi) zelo variabilni in nezanesljivi za določevanje (Jarni in Brus, 2007). Zaradi velike sorodnosti lahko med omenjenima vrstama prihaja tudi do medsebojnega križanja, kar so potrdili tako v kontroliranih laboratorijskih poskusih (Morand-Prieur et al., 2002) kot v naravnih okoljih kjer vrsti rasteta skupaj (Gérard et al., 2006b; Fernández–Manjarrés et al., 2006). Pojavljanje morfološko intermediarnih osebkov v simpatričnem okolju potrjujejo tudi naša terenska opažanja.

Dobro poznavanje vrst in njihovih nižjih taksonomskih enot omogoča trajno in optimalno gospodarjenje z gozdnimi ekosistemi ter njihovo obnavljanje v skladu z načeli varstva gozdnih genskih virov (Brus, 1995; Kraigher, 1996; Kraigher in Žitnik, 1999). Po Zakonu o gozdnem reprodukcijskem materialu (2002) se za provenienčno območje posamezne drevesne vrste določi območje, znotraj katerega ima vrsta podobne fenotipske in genetske značilnosti. Zato so bila na osnovi ekoloških in klimatskih razmer, razvoja znanj o fitogeografskih delitvah Slovenije, administrativnih in praktičnih zahtev (Kutnar et al., 2002) opredeljena za večinske vrste različna provenienčna območja (7 provenienčnih območij, ločenih na 4 višinske pasove), za manjšinske vrste pa je bila cela Slovenija opredeljena kot eno provenienčno območje (s 4 višinskimi pasovi). Tako zdaj veljavni Pravilnik o določitvi provenienčnih območij (2003) določa za poljski jesen celotno Slovenijo kot enotno provenienčno območje. V primeru obstoja dveh fenotipsko in genetsko različnih populacij (subpanonske in submediteranske) bi bilo v smislu zagotavljanja varstva genskih virov enotno območje smiselno deliti na več delov.

Med vrstami rodu *Fraxinus*, ki se razprostirajo po gozdovih zahodne Azije, Evrope in severne Amerike, ima poljski jesen potencialno največji prirastek (Cicek in Yilmaz, 2002). Poljski jesena je gospodarsko pomembna vrsta z mehanskimi lastnostmi lesa, ki so podobne lastnostim lesa velikega jesena (Matovič, 1977; Fraxigen, 2005), ki velja za vrsto z vrhunskim lesom in širokim spektrom uporabe (Torelli in Zupančič, 1998). Direktna primerjava kakovosti lesa med omenjenima vrstama sicer dajejo prednost velikemu jesenu, vendar so razlike majhne (Fraxigen, 2005). Kakorkoli, uporabnost poljskega jesena je skoraj enaka uporabnosti velikega jesena. Les je primeren za izdelavo različnega športnega orodja, za izdelavo parketa, pohištva..., kot drevo pa vrsto sadijo tudi v mestih parkih in drevoredih. Glede na povedano velja poljski jesen za uporabno in gospodarsko zanimivo vrsto še posebno na rastiščih, kjer se pojavlja v obilni primesi ali kot glavni nosilec v sestoji. V mešanih sestojih pogosto raste skupaj z velikim jesenom, kar je posledica prekrivanja njunih ekoloških niš. Poljski jesen lahko v primerjavi z velikim uspeva tudi na dlje časa zamočvirjenih tleh, v primerjavi z velikim pa je tudi termofilnejši, kar ga uvršča med vrste, ki bi v primeru globalnega segrevanja ozračja svojo razširjenost v Evropskem prostoru lahko povečale (Fraxigen, 2005). Ne glede na njegovo veliko potencialno uporabo, pa velja poljski jesen v Sloveniji za slabo proučeno in poznano vrsto. Nepoznana je njegova morfološka kot tudi genetska variabilnost. Tovrstno vedenje bi pomenilo obogatitev temeljnega znanja o vrsti, ter pomemben prispevek k nadaljnjemu sonaravnemu mnogonamenskemu gospodarjenju z gozdom in k boljši izkoriščenosti rastiščnih potencialov.

2 CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE

Za Slovenijo je značilna velika rastlinska raznovrstnost, kar je med drugim posledica prehodnega položaja dežele na stičišču mediteranske, panonske, alpske in dinarske biogeografske regije. Rastlinske vrste z velikimi, sklenjenimi areali, z nemotenim genetskim pretokom praviloma razvijejo kontinuirano morfološko variabilnost, kot je to primer pri navadni smreki in rdečem boru. Vrste z deljenimi areali razvijajo diskretno morfološko variabilnost, ki lahko skozi evolucijo pripelje do nastanka podvrst ali celo novih vrst (Eriksson et al., 2006; Kajba in Ballian, 2007). Areal poljskega jesena zajema mediteranski svet, predele okoli Črnega morja in Panonske nižine (slika 1). Glede na to, da so posamezna območja razširjenosti med seboj tudi geografsko ločena, npr. mediteransko območje od panonskega sveta ločuje dinarska gorska veriga, domnevamo, da poteka evolucija v populacijah rastlin znotraj teh območij po različnih poteh in različno hitro, zaradi česar prihaja do speciacij (ang. speciation). Sklicujoč se na literaturo, ki poljski jesen deli na dve včasih tri podvrste z eno doma v zahodnem Sredozemlju in z drugo doma v Panonski nižini (Fraxigen, 2005; Fitschen, 2006; Roloff in Bärtels, 2006) sklepamo na prisotnost obeh podvrst tudi v Sloveniji.

Z nalogo želimo ugotoviti i) ali se populacije poljskega jesena iz submediteranske ekološke regije po morfoloških znakih na listih in plodovih značilno razlikujejo od populacij poljskega jesena iz subpanonske regije, ii) ali je mogoče na osnovi ugotovljenih razlik sklepati, oziroma potrditi prisotnost podvrst *F. a. subsp. angustifolia* in *F. a. subsp. oxycarpa* v Sloveniji, iii) s primerjavo in ločeno obravnavo sončnih in senčnih listov želimo raziskati vzorce morfološke variabilnosti listov tako znotraj posameznih dreves kot znotraj celotnih populacij, iv) s primerjavo morfoloških znakov na listih in plodovih pri poljskem in velikem jesenu želimo preveriti in določiti tiste znake, ki omogočajo njuno najzanesljivejše razlikovanje. Na osnovi novo pridobljenih znanj, želimo nakazati tudi na nekatere pomanjkljivosti pri gospodarjenju z gozdovi in ohranjanju genofonda poljskega jesena v Sloveniji.

Za dosego zgoraj opredeljenih nalog smo si zastavili štiri raziskovalne hipoteze:

- vrsti poljski in veliki jesen se po morfoloških lastnostih listov in plodov značilno razlikujeta
- populacije poljskega jesena subpanonske ekološke regije se fenotipsko jasno razlikujejo od populacij poljskega jesena submediteranske regije
- fenotipska različnost populacij poljskega jesena v Sloveniji je dovolj velika, da bi bilo za to vrsto smiselno oblikovati dve različni provenienčni območji
- morfometrične lastnosti sončnih in senčnih listov se značilno razlikujejo

3 METODE DELA

Razlikovanje med posameznimi taksonomskimi enotami poljskega jesena kot tudi razlikovanje med poljskim in velikim jesenom v večini primerov temelji na morfoloških znakih. Najzanesljivejše razlikovalne znake najdemo na listih, poganjkih in plodovih, razlike med njimi pa so tudi posledica ekoloških razmer, predvsem v smeri večje termofilnosti in higrofilnosti poljskega jesena. Metode dela so poleg študija literature in sistematičnega zbiranja objavljenih podatkov o razširjenosti vrste v Sloveniji obsegale terensko delo z namenom evidentiranja sestojev s poljskim jesenom, izbiranje in izločanje poskusnih ploskev, nabiranje herbarijskega materiala in določanje vrste na osnovi rastlinskih ključev ter natančno morfometrično analizo listov.

3.1 IZBOR RAZISKOVALNIH OBJEKTOV IN VZORČNEGA MATERIALA

Poljski jesen v Sloveniji srečamo predvsem v nižinskih, obrečnih gozdovih, kjer prevladujejo globoka, s hranili bogata in sveža tla. Analize, ki bi potrdile ali ovrgle postavljene hipoteze, smo zastavili v subpanonski ekološki regiji, kjer smo izbrali tri raziskovalne ploskve in v submediteranski regiji z dvema ploskvama (preglednica 4).

Preglednica 4: Raziskovalne ploskve po posameznih ekoloških regijah

subpanonska ekološka regija	submediteranska ekološka regija
ploskev: Kostanjevica na Krki	ploskev: Lijak
ploskev: Črni log	ploskev: Dragonja
ploskev: Orlovšček	

V izbranih regijah ima poljski jesen svoj ekološki optimum v Sloveniji. Vodilo pri izbiri ploskev je bila njegova pogostnost v sestojni zmesi, to je sestojno pojavljanje, in socialni položaj jesena v sestoju, kjer smo izbirali drevje predvsem v strehi sestoja. Za primerjavo s poljskim smo izbrali tudi tipično populacijo velikega jesena, iz okolice Ljubljane (slika 5).



Slika 5: Lokacije raziskovalnih ploskev poljskega (črna) in velikega (rdeča) jesena

3.1.1 Opis raziskovalnih objektov

1. Raziskovalna ploskev: Kostanjevica na Krki

vrsta:	<i>Fraxinus angustifolia</i>
ekološka regija:	subpanonska
zemljepisna širina:	45° 51' 32'' N
zemljepisna dolžina:	15° 24' 09'' E
območna enota:	Brežice
krajevna enota:	Kostanjevica na Krki
gospodarska enota:	Krakovo
oddelek:	št. 160 in 161
prevladujoče združbe:	<i>Quercus robur</i> – <i>Carpinetum</i> , <i>Carici elongate</i> – <i>Alnetum glutinosae</i> * (* v oddelku 160=15 % in v oddelku 161=30 %)
nastanek:	naravni nastanek (ohranjeni nižinski gozdovi doba in belega gabra)
število dreves zajetih v morfometrijsko analizo listov:	14
povprečno število analiziranih listov na drevo:	sončnih 33,00 in senčnih 30,79
število dreves, zajetih v morfometrijsko analizo plodov:	0

2. Raziskovalna ploskev: Črni log

vrsta:	<i>Fraxinus angustifolia</i>
ekološka regija:	subpanonska
zemljepisna širina:	46° 35' 59'' N
zemljepisna dolžina:	16° 22' 38'' E
območna enota:	Murska Sobota
krajevna enota:	Lendava
gospodarska enota:	Dolinsko
oddelek:	št. 42a,c
prevladujoče združbe:	<i>Quercus robur</i> – <i>Carpinetum</i>
nastanek:	naravni nastanek + sadnja lokalnih provenienc
število dreves zajetih v morfometrijsko analizo listov:	14
povprečno število analiziranih listov na drevo: sončnih 38,93 in senčnih 36,71	
število dreves zajetih v morfometrijsko analizo plodov:	10
povprečno število plodov na drevo:	44,20

3. Raziskovalna ploskev: Orlovšček

vrsta:	<i>Fraxinus angustifolia</i>
ekološka regija:	subpanonska
zemljepisna širina:	46° 32' 12'' N
zemljepisna dolžina:	16° 19' 56'' E
območna enota:	Murska Sobota
krajevna enota:	Lendava
gospodarska enota:	dolinsko
oddelek:	št. 118a,b,c
prevladujoče združbe:	<i>Quercus robur</i> – <i>Carpinetum</i>
nastanek:	naravni nastanek + sadnja
število dreves zajetih v morfometrijsko analizo listov:	14
povprečno število analiziranih listov na drevo: sončnih 36,93 in senčnih 34,07	
število dreves zajetih v morfometrijsko analizo plodov:	14
povprečno število plodov na drevo:	47,14

4. Raziskovalna ploskev: Lijak

vrsta:	<i>Fraxinus angustifolia</i>
ekološka regija:	submediteranska
zemljepisna širina:	45° 55' 56'' N
zemljepisna dolžina:	13° 42' 02'' E
območna enota:	Tolmin
krajevna enota:	Nova Gorica
oddelek:	št. 57

4. Raziskovalna ploskev: Lijak (nadaljevanje)

prevladujoče združbe: *Alnetum glutinosae (incanae)* in *Ornithógalo pyrenaici–Carpinetum betuli*

nastanek: naravni nastanek (pred letom 1900 so bi na tem mestu pašniki, kasneje se je naravno zaraslo. Del sestaja je panjevskega nastanka)

število dreves zajetih v morfometrijsko analizo listov: 14

povprečno število analiziranih listov na drevo: sončnih 35,21 in senčnih 36,36

število dreves zajetih v morfometrijsko analizo plodov: 10

povprečno število plodov na drevo: 46,50

5. Raziskovalna ploskev: Dragonja

vrsta: *Fraxinus angustifolia*

ekološka regija: submediteranska

zemljepisna širina: 45° 26' 59'' N

zemljepisna dolžina: 13° 40' 26'' E

območna enota: Sežana

krajevna enota: Koper

gospodarska enota: Istra

oddelek: št. 8

prevladujoče združbe: *Leucoio - Fraxinetum angustifoliae*

nastanek: naravni nastanek (v preteklosti je bil na tem območju naraven gozd poljskega jesena in topolov, ki je segal vse do solin. Gozd je bil izkrčen za njive in drva, nato je na novo odgnal iz panjev)

število dreves zajetih v morfometrijsko analizo listov: 14

povprečno število analiziranih listov na drevo: sončnih 37,14 in senčnih 33,00

število dreves zajetih v morfometrijsko analizo plodov: 14

povprečno število plodov na drevo: 38,00

6. Raziskovalna ploskev: Dolsko

vrsta: *Fraxinus excelsior*

ekološka regija: predalpska

zemljepisna širina: 46° 05' 12'' N

zemljepisna dolžina: 14° 40' 30'' E

število dreves zajetih v morfometrijsko analizo listov: 14

povprečno število analiziranih listov na drevo: sončnih 20,00 in senčnih 20,00

število dreves zajetih v morfometrijsko analizo plodov: 7

povprečno število plodov na drevo: 48,71

3.1.2 Nabiranje vzorcev

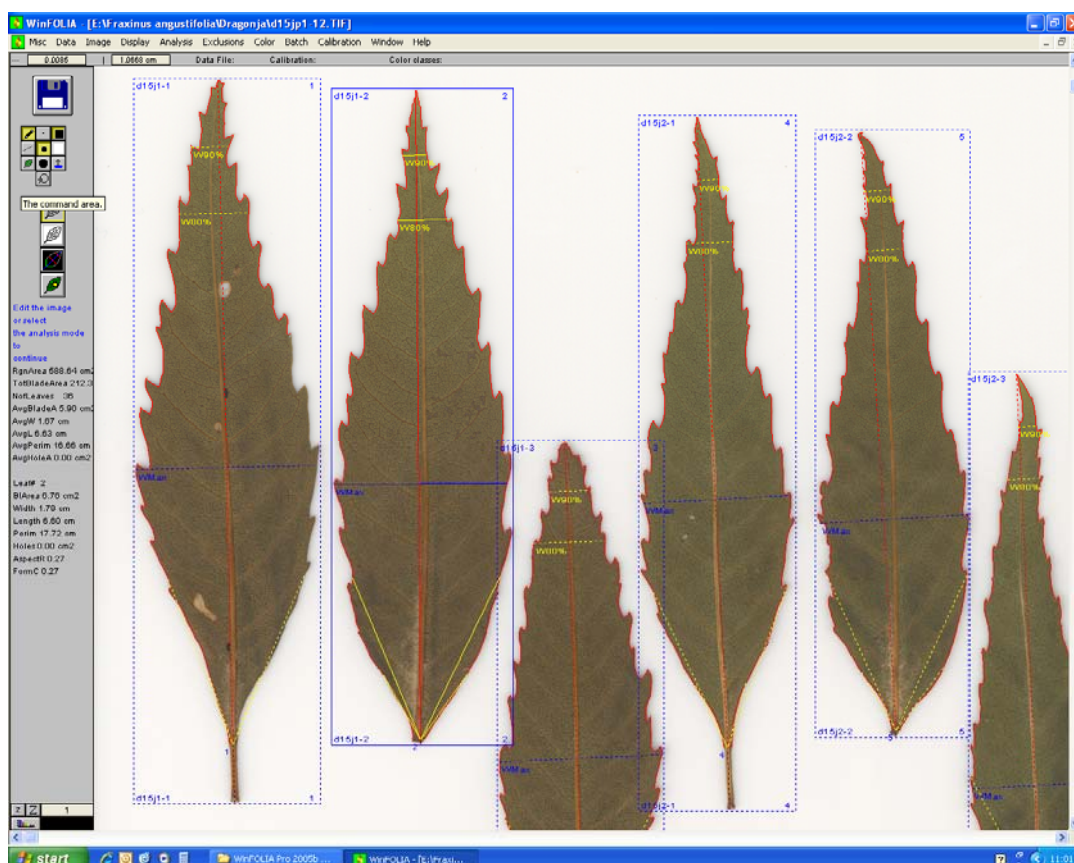
Za morfometrijsko analizo listov in plodov smo na vsaki raziskovalni ploskvi iz populacije dreves poljskega jesena naključno izbrali po 14 osebkov, medsebojno oddaljenih vsaj 30 m. Nedvoumno pripadnost vrsti smo preverili z določevalnimi ključi Fitschen (2006), Fraxigen (2005) in Roloff in Bärtels (2006). S posameznih osebkov smo nabrali olistane poganjke in sicer ločeno iz sončnega (sončni podvzorec) in senčnega dela krošnje (senčni podvzorec). Pod sončnim delom krošnje razumemo zunanji, osvetljeni obod krošnje ter pod senčnim, notranji del z vejami in listi bližje glavnemu deblu drevesa. Namreč, pozicija listov, oziroma izpostavljenost listov svetlobi (notranjost/zunanjost krošnje) je glavni faktor, ki vpliva na variabilnost listov znotraj dreves, ne glede na ekspozicijo nabiranja (Bruschi et al., 2003). Terenskemu nabiranju poganjkov je sledil izbor listov v laboratoriju. Iz posameznega poganjka smo nabrali ca. 3–4 popolnoma razvite liste. Le-te smo nabirali iz sredine enoletnih poganjkov, medtem ko listov iz spodnjih in zgornjih nodijev na poganjku v analizo nismo vključili. S tem smo nekoliko zmanjšali vpliv vlage na velikost listov, dosegli pa smo tudi večjo homogenost vzorcev. Namreč po 'zakonu Zaljenskega' naj bi bili listi na vrhu poganjka kseromorfnejši od listov, ki se nahajajo nižje na poganjku (Janković, 1963). Vzrok večje kseromorfnosti zgornjih listov naj bi bilo dejstvo, da se ti listi razvijejo kasneje, to je, v času večje sušnosti. Poleg tega so listi na vrhu poganjkov izpostavljeni večjemu sončnemu obsevanju in močnejšemu vetru kot nižje ležeči listi. Slednji se nahajajo v območju, kjer je veter manj izrazit, pred premočno transpiracijo pa jih ščiti tudi zasenčenost zgornjih listov (Yapp, 1912, cit. po Janković, 1963). Na ta način se na posameznem poganjku tvori nekakšen listni stožec z manjšimi listi na vrhu in večjimi listi na dnu poganjkov. Tako iz sončnih kot iz senčnih poganjkov smo za analizo izbrali po ca. 40 listov (≈ 80 listov/drevo), katere smo nato posušili in herbarizirali. Z dreves, pri katerih so bili razviti plodovi, smo le-te tudi nabrali, jih posušili in herbarizirali. S posameznih dreves smo nabrali po 50 plodov, med drevesi pa je bilo nekaj tudi takšnih, na katerih 50 plodov nismo uspeli nabrati, zato je število analiziranih plodov z njih manjše. Plodovi so bili nabrani s skupno 48-tih dreves. Po enakem postopku smo nabirali liste in plodove tudi pri velikem jesenu. Pri velikem jesenu nam je od skupno 14 osebkov, pri katerih smo nabrali vzorce listov, le pri 7 drevesih uspelo nabrati tudi plodove. Pri ostalih drevesih plodovi niso bili razviti.

3.2 MORFOMETRIJSKA ANALIZA

3.2.1 Merjenje in ocenjevanje morfoloških znakov na listih in plodovih

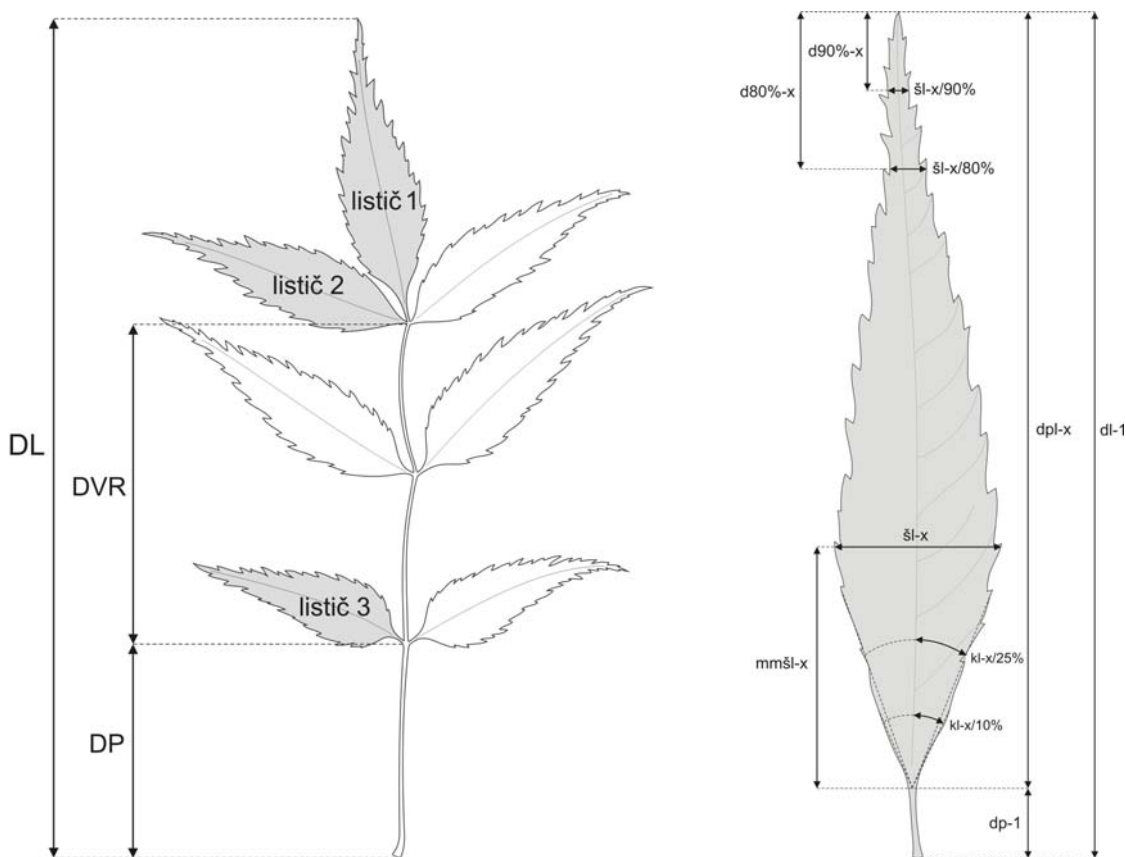
Herbarizirane liste in plodove smo s pomočjo optičnega čitalnika 'Epson Expression 1680' prenesli v digitalno obliko. Sama digitalizacija listov je potekala v dveh stopnjah. V prvem koraku smo digitalizirali celotne liste v črno-beli tehniki pri resoluciji 150 dpi. Takšne

nastavitve so nam zagotavljale izvedbo natančnih morfometrijskih meritev na celotnih listih. V drugem koraku smo iz taistih listov izbrali tri lističe in sicer: terminalni listič kot listič 1, najvišji stranski listič kot listič 2 (izbor ali levi ali desni listič je bil naključen, oziroma ob poškodovanosti katerega izmed njiju smo izbrali nepoškodovanega) in najnižji listič na listnem vretenu kot listič 3 (tudi v tem primeru je bil izbor ali levega ali desnega lističa naključen, oziroma smo izbrali nepoškodovanega) (glej slika 7). Lističe smo nato digitalizirali v barvni tehniki, pri resoluciji 300 dpi kar nam je v nadaljevanju omogočilo izvedbo meritev z zelo veliko natančnostjo. Kljub naporom, da bi v analizo vključili le nepoškodovane liste je bilo zaradi zagotavljanja približno enakih velikosti vzorcev (zahteva uporabljenih statističnih metod) potrebno vključiti tudi nekatere manj poškodovane liste, ki pa smo jih pred samimi meritvami obdelali in korigirali s programsko opremo Adobe Photoshop CS. Sledila je morfometrijska analiza s pomočjo računalniškega programa WinFolia (verzija: pro 2005) in WinSeedle (verzija: pro 2005) proizvajalca Régent Instruments Inc. V analizo je bilo skupno zajetih 84 dreves oziroma 5490 listov (povprečno 65,4 listov/drevo), pri analizi plodov 55 dreves ter z njih skupno 2440 plodov (povprečno 44,4 plodov/drevo).



Slika 6: Prikaz poteka meritev znakov na lističih s pomočjo programa WinFolia (verzija: pro 2005) Régent Instruments Inc.

Merjenje posameznih morfoloških znakov na listih je bilo razdeljeno na dva dela, na znake, ki se nanašajo na celoten list (preglednica 5) in na znake, ki se nanašajo na posamezne lističe (preglednica 6). V analizi listov smo skupno obravnavali 40 morfoloških znakov, od katerih jih je 29 neposredno izmerjenih (primarnih) in 11 izpeljanih (npr. razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističev).



Slika 7: Prikaz merjenih znakov na celotnem listu (levo) in merjenih znakov na posameznem lističu (desno)

Preglednica 5: Merjeni znaki na listih

morfološki znak	okrajšava
A - površina lista	PL
B - dolžina lista ^a	DL
A - dolžina peclja	DP
A - število lističev (vizualno prešteto)	ŠTL
A - dolžina listnega vretena (rahis)	DVR

A – izmerjeni (primarni) znak

B – izpeljani znak

^a dolžina lista je izpeljan znak ($DL = DP + DVR + (dl-1)$)

Preglednica 6: Merjeni znaki na posameznih lističih

morfološki znak	okrajšava
A - površina lističa	pl-x
B - dolžina lističa št. 1 ^b	dl-1
A - dolžina listne ploskve lističa	dpl-x
A - dolžina peclja lističa št. 1	dp-1
A - širina lističa	šl-x
A - mesto maksimalne širine lističa	mmšl-x
B - razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa	šl-x/dpl-x
A - širina lističa na 80 % dolžine listne ploskve lističa	šl-x/80%
A - širina lističa na 90 % dolžine listne ploskve lističa	šl-x/90%
B - razmerje med širino lističa na 80 % in dolžino 20 % listne ploskve lističa	šl-x/80%/(d80-x)
B - razmerje med širino lističa na 90 % in dolžino 10 % listne ploskve lističa	šl-x/90%/(d90-x)
A - kot na 10 % dolžine listne ploskve lističa	kl-x/10%
A - kot na 25 % dolžine listne ploskve lističa	kl-x/25%

A – izmerjeni (primarni) znak

B – izpeljani znak

^b dolžina lističa št. 1 je izpeljan znak ((dl-1) = (dp-1) + (dpl-1))

x – oznaka x zamenjuje številko lističa (1, 2 ali 3)

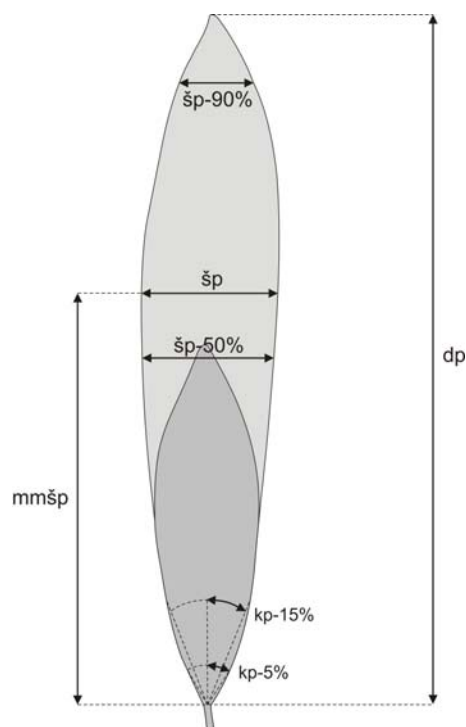
V morfometrijsko analizo plodov smo vključili 9 znakov (preglednica 7). Osem znakov smo izmerili neposredno (primarni znaki), medtem ko je en znak izpeljan in predstavlja razmerje med širino in dolžino posameznega ploda.

Preglednica 7: Merjeni znaki na plodovih

morfološki znak	okrajšava
A - površina plodu	pp
A - dolžina plodu	dp
A - širina plodu	šp
B - razmerje med širino in dolžino plodu	šp/dp
A - mesto maksimalne širine plodu	mmšp
A - širina plodu na 50 % dolžine	šp-50%
A - širina plodu na 90 % dolžine	šp-90%
A - kot na 5 % dolžine plodu	kp-5%
A - kot na 15 % dolžine plodu	kp-15%

A – izmerjeni (primarni) znak

B – izpeljani znak



Slika 8: Prikaz merjenih znakov na plodu

3.2.2 Statistične metode

Dobljene podatke smo uredili v programu Excel (Microsoft Corporation), statistično izvedenost pa smo izvedli s pomočjo programa SPSS 16.0 for Windows, proizvajalec SPSS Inc. in STATISTICA 7.0 proizvajalec Statsoft Inc. Iz listov, ki smo jih nabrali na posameznem drevesu, smo ločeno za sončni in senčni podvzorec izračunali aritmetično sredino. Na ta način smo za vsako drevo dobili po dve vrednosti za vsak znak in te vrednosti so predstavljale osnovne vhodne podatke pri vseh analizah. Na nivoju posameznih dreves smo pod aritmetično sredino združili tudi vse plodove (v analizah je osnovna enota drevo). Za predstavitev rezultatov smo uporabili osnovno deskriptivno statistiko (velikost vzorcev, aritmetična sredina in standardni odklon). Za testiranje normalne porazdelitve ostankov posameznih znakov smo uporabili Shapiro–Wilkov test, medtem ko smo homogenost varianc preverili z Bartlettovim testom. Pri znakih, pri katerih smo odkrili značilna odstopanja od normalne porazdelitve, oziroma kjer smo potrdili nehomogenost varianc, smo to odpravili z uporabo ustreznih transformacij (transformacija $\log x$; transformacija $1/x$; transformacija $\sqrt{x}$). Posamezne metode, kot npr. 'hierarhičen (gnezdast) poskus', omogočajo proučevanje več učinkov hkrati, zato je pogoj normalnosti in homogenosti potrebno upoštevati na vsakem od proučevanih nivojev (populacija, osončenost). Zaradi omenjenega je število znakov, ki ne ustrezajo zahtevanim pogojem, med različnimi uporabljenimi modeli različno. Pri analizi variance (ANOVA) je takšnih znakov 6, pri hierarhičnem poskusu pa 7. Po opravljeni analizi variance smo izvedli

posteriorno analizo s čimer smo analizirali značilnost razlik med dobljenimi povprečji. Kot metodo posteriorne analize smo izbrali Tukey-evo 'resnično značilno razliko' (ang. honestly significant difference).

Hierarhičen (gnezdast) poskus smo izvedli po modelu:

$$Y = P + O + D(P) + \varepsilon$$

z namenom testiranja glavnega učinka populacije (P), osončenosti (O) in ugnezdenega učinka dreves znotraj populacij D(P). Model vključuje dva fiksna faktorja (P in O) in en slučajnostni faktor (D). Prispevek posameznega hierarhičnega nivoja k pojasnjevanju skupne variance smo predstavili z njihovim deležem v skupni varianci.

Od multivariatnih statističnih tehnik smo izvedli metodo glavnih komponent (analiza PCA, ang. Principal components analysis), s pomočjo katere smo dobili vpogled v osnovne vzorce porazdeljevanja in grupiranja posameznih dreves. Pri metodi smo uporabili rotacijo Varimax. Za razlikovanje med posameznimi populacijami poljskega jesena in za razlikovanje poljskega in velikega jesena smo uporabili diskriminativno analizo. Pri ugotavljanju razlik med vrstama poljski in veliki jesen smo znotraj diskriminativne analize uporabili metodo Forward, kjer neodvisne spremenljivke, ki izpolnjujejo kriterije vključitve (po ena) vstopajo v model, medtem ko smo pri ugotavljanju razlik med populacijami poljskega jesena uporabili metodo, kjer neodvisne spremenljivke hkrati vstopijo v model.

4 REZULTATI

4.1 MORFOLOŠKA VARIABILNOST LISTOV IN PLODOV

4.1.1 Variabilnost posameznih znakov na listih

Na osnovi meritev znakov na listih smo za vsako proučevano drevo izračunali dve srednji vrednosti (aritmetični sredini) posameznega znaka: ločeno za sončne in senčne liste (ločeno obravnavanje sončnih in senčnih listov smo ohranili na vseh nivojih proučevanja). Srednje vrednosti dreves smo na nivoju posamezne populacije grupirali v sončni oziroma senčni podvzorec ter izračunali njihove aritmetične sredine (preglednici 8 in 29). Značilnost razlik med srednjimi vrednostmi znakov vseh podvzorcev (v test vključeni in sončni in senčni podvzorci) smo testirali z analizo variance. Zaradi neizpolnjevanja pogoja normalne porazdelitve smo iz analize izpustili znake kl-1/10%, mmšl-2, kl-2/10%, mmšl-3, šl-3/80% in šl-3/90%/(d90%-3). Pri znakih šl-2, dpl-2, šl-2/90%/(d90%-2) in šl-3/90% smo zahtevano normalnost dosegli z uporabo transformacije $\log x$, pri znakih dl-1, dpl-1, šl-2/dpl-2 in kl-2/25% smo zahtevano normalnost dosegli s transformacijo $1/x$, pri znaku mmšl-1 pa smo zahtevano normalnost dosegli s transformacijo $\sqrt{x}$. Po analizi variance smo izvedli posteriorno analizo po metodi Tukey, s čimer smo analizirali značilnost razlik med sredinami skupin (preglednici 8 in 29). Preskus značilnosti razlik med sončnimi in senčnimi listi znotraj posameznih dreves smo izvedli s pomočjo t–testa po metodi parov (v nalogi t-testi niso prikazani).

V splošnem lahko proučevane znake razdelimo v dve skupini in sicer na znake, ki se nanašajo na velikost listov in na znake, ki opisujejo oblikovanost listov. V prvo skupino tako uvrščamo znake, kot so npr. površina listov in lističev, dolžina in širina listov in lističev, število lističev, dolžina peclja. V drugo skupino sodijo znaki, ki nakazujejo oblikovanost vrhov in baz lističev, izpeljana razmerja med širino in dolžino lističev in znaki, ki opisuje položaj maksimalne širine lističev. Poseben poudarek smo namenili morfološkim znakom, ki jih v določevalnih ključih (Fitschen, 2006; Roloff in Bärtels, 2006; Martinčič et al., 2007; Fukarek, 1983) predstavljajo kot ključne za razlikovanje posameznih podvrst poljskega jesena, zato nekatere rezultate predstavljamo tudi v slikovni obliki, kjer zaradi primerjave poleg poljskega prikazujemo tudi veliki jesen (op. veliki jesen je vključen kot primerjalna vrsta (ang. outgroup) in kot tak ni vključen v testiranja). Pri zadnje omenjenih znakih smo z analizo variance še dodatno testirali značilnost razlik med aritmetičnimi sredinami podvzorcev in sicer ločeno za sončne podvzorke posebej in za senčne podvzorke posebej (npr. preglednici 9 in 11). Tem testom je sledila tudi posteriorna analiza po metodi Tukey (npr. preglednici 10 in 12).

4.1.1.1 Morfološki znaki, ki se nanašajo na velikost listov in lističev

Od skupno 40 merjenih znakov na listih je 22 takšnih, ki opisujejo predvsem velikost listov oziroma lističev (preglednica 8). V to skupino sodijo vsi znaki, ki se nanašajo na celoten list, na nivoju lističev pa so to znaki, ki govorijo o njihovih površinah, dolžinah in širinah. Z analizo variance smo testirali domnevo, da so aritmetične sredine znakov posameznih podvzorcev populacij med seboj enake. Temu koraku je sledila posteriorna analiza z Tukeyevim testom, ki je pokazala katere aritmetične sredine vzorcev se med seboj 'resnično značilno razlikujejo' (preglednica 8).

Preglednica 8: Aritmetične sredine morfoloških znakov na listih^a poljskega in velikega jesena ločeno po populacijah in osončenosti. Pri vrednostih označenih z enako črko v vrstici s Tukeyevim testom med podvzorci nismo potrdili značilnih razlik ($p > 0,05$)^b Z modro barvo so označene tri najmanjše in z zeleno tri največje vrednosti posameznega znaka. (op. veliki jesen ni vključen v testih)

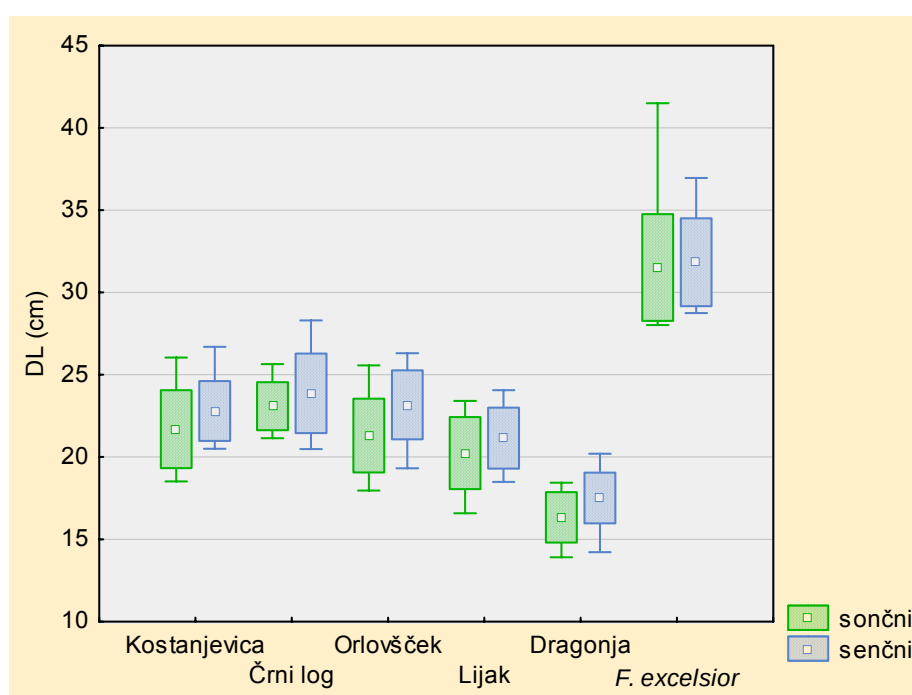
ekološka regija	subpanonska regija						submediteranska regija					
populacija	Kostanjevica		Črni log		Orlovšček		Lijak		Dragonja		Dolsko	
vrsta	<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. excelsior</i>	
↓ morfološki znak	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno
PL (cm ²)	59,03cd	69,89cde	70,78cde	83,60e	61,78cd	73,72de	56,84bc	66,85cd	34,75a	42,5ab	138,53	135,68
DL (cm)	21,70bcd	22,80cd	23,09cd	23,87d	21,31bc	23,18cd	20,24b	21,15bc	16,34a	17,52a	31,52	31,84
DP (cm)	5,01c	4,74bc	4,38abc	3,85a	4,43abc	4,33abc	4,09ab	3,76a	4,35abc	4,08ab	5,81	5,41
ŠTL (število)	7,40a	8,19ab	10,65cd	11,49d	8,63ab	9,35bc	9,37bc	10,50cd	7,01a	8,03ab	11,06	11,24
DVR (cm)	7,67b	9,13bcd	11,22de	12,73e	8,78bc	10,68cde	8,96bcd	10,55cde	5,23a	6,98ab	14,08	14,55
pl-1 (cm ²)	9,24bc	9,66c	7,43abc	7,80abc	8,06abc	9,08bc	7,04ab	7,09ab	5,86a	5,94a	10,78	11,24
pl-2 (cm ²)	8,81ef	9,61f	7,13abcde	7,87cdef	7,72bcdef	8,78def	6,52abc	6,87abcd	5,36a	5,88ab	11,88	12,41
pl-3 (cm ²)	4,79b	4,77b	3,31a	3,37a	4,27ab	4,19ab	3,46a	3,18a	3,54ab	3,37a	8,41	6,95
dl-1 (cm)	8,91d	8,88d	7,37abcd	7,14abc	7,94bcd	8,00cd	6,97abc	6,67ab	6,58a	6,33a	8,76	8,69
dpl-1 (cm)	7,84d	7,69d	6,59abcd	6,28abc	7,08cd	7,04bcd	6,23abc	5,91ab	6,02abc	5,72a	7,62	7,46
dpl-2 (cm)	7,66d	7,67d	6,50bc	6,34abc	6,90cd	6,89cd	6,00abc	5,82ab	5,62ab	5,57a	7,98	7,76
dpl-3 (cm)	5,31d	5,01cd	4,10abc	3,84a	4,78bcd	4,51abcd	4,14abc	3,76a	4,44abcd	4,06ab	6,5	5,66
šl-1 (cm)	1,98abc	2,12c	1,89abc	2,07bc	1,90abc	2,14c	1,86abc	2,00bc	1,65a	1,77ab	2,41	2,59
šl-2 (cm)	1,80bcd	1,97d	1,68abc	1,89bcd	1,75abcd	1,94cd	1,67abc	1,81bcd	1,51a	1,66ab	2,3	2,47
šl-3 (cm)	1,45a	1,51a	1,29a	1,37a	1,41a	1,46a	1,30a	1,31a	1,31a	1,35a	1,99	1,87
šl-1/80% (cm)	0,74abc	0,87bc	0,84bc	0,96c	0,75abc	0,92bc	0,79abc	0,92bc	0,61a	0,70ab	1,04	1,19
šl-2/80% (cm)	0,72abc	0,83bcd	0,76bcd	0,93d	0,71abc	0,86cd	0,73abc	0,85bcd	0,57a	0,67ab	1,03	1,21
šl-3/80% (cm)	0,48	0,51	0,45	0,51	0,49	0,53	0,47	0,5	0,42	0,46	0,8	0,77
šl-1/90% (cm)	0,37a	0,41a	0,38a	0,41a	0,32a	0,38a	0,35a	0,40a	0,31a	0,34a	0,42	0,44
šl-2/90% (cm)	0,36abc	0,39bc	0,35abc	0,41c	0,32ab	0,36abc	0,34abc	0,38bc	0,29a	0,32ab	0,41	0,47
šl-3/90% (cm)	0,25a	0,26a	0,23a	0,25a	0,24a	0,25a	0,23a	0,24a	0,22a	0,23a	0,39	0,36
dp-1 (cm)	1,11cd	1,21d	0,78ab	0,87abc	0,87abc	0,99bcd	0,76ab	0,76ab	0,60a	0,62a	1,15	1,23

^a za razlago okrajšav morfoloških znakov glej preglednici 5 in 6 ter sliko 7

^b primer: pri prvem znaku (PL) se vrednost 34,75a značilno razlikuje od vseh vrednosti v isti vrstici razen od vrednosti 42,5ab

Dolžina lista (DL)

Dolžina listov pri poljskem jesenu naj bi bila po navedbah iz literature med 8–20 cm (Fitschen, 2006; Roloff in Bärtels, 2006; Brus, 2008). Dolžina posameznih listov vseh v našo analizo zajetih dreves se giblje med 7 in 33 cm, povprečne vrednosti posameznih dreves pa so med 14 in 28 cm. Razlike v dolžini listov med populacijami so značilne, kar velja tako za sončne kot za senčne podvzorce (preglednici 9 in 11). Za populacijo Dragonja, ki se z najkrajšimi listi značilno razlikuje od ostalih populacij (preglednici 10 in 12), znaša povprečna dolžina listov 16,9 cm. Značilne razlike pa so tudi med populacijama Lijak in Črni log.



Slika 9: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za dolžino listov (DL) analiziranih dreves po posameznih populacijah

Znotraj vseh populacij lahko opazujemo vzorec razlikovanja sončnih od senčnih listov in sicer velja, da so senčni listi v primerjavi s sončnimi listi daljši. S parno primerjavo (t-test), sončnih in senčnih listov posameznih dreves smo to tudi statistično potrdili ($p < 0,001$). Na nivoju posameznih populacij znaša razlika med senčnimi in sončnimi med 0,78–1,87 cm.

Od populacij poljskega jesena se po dolžini listov močno razlikuje populacija velikega jesena (slika 9). Dolžina listov le-tega se za posamezna drevesa giblje med 28 in 42 cm (poljski jesen 14–28 cm), posamezni listi pri velikem jesenu med 20–56 cm, kar kaže, da je

med obravnavanima vrstama prekrivanje v dolžini listov na nivoju posameznih dreves majhno.

Preglednica 9: Analiza variance za dolžino sončnih listov (DL) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	366,61	4	91,65	23,060***
znotraj populacij	258,34	65	3,97	
skupaj	624,95	69		

Preglednica 10: Značilnost razlik v dolžini sončnih listov (DL) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
21,70	Kostanjevica	/			
23,09	Črni log	n.s.	/		
21,31	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
20,24	Lijak	n.s.	**	n.s.	/
16,34	Dragonja	***	***	***	***

Preglednica 11: Analiza variance za dolžino senčnih listov (DL) med populacijami poljskega jesena

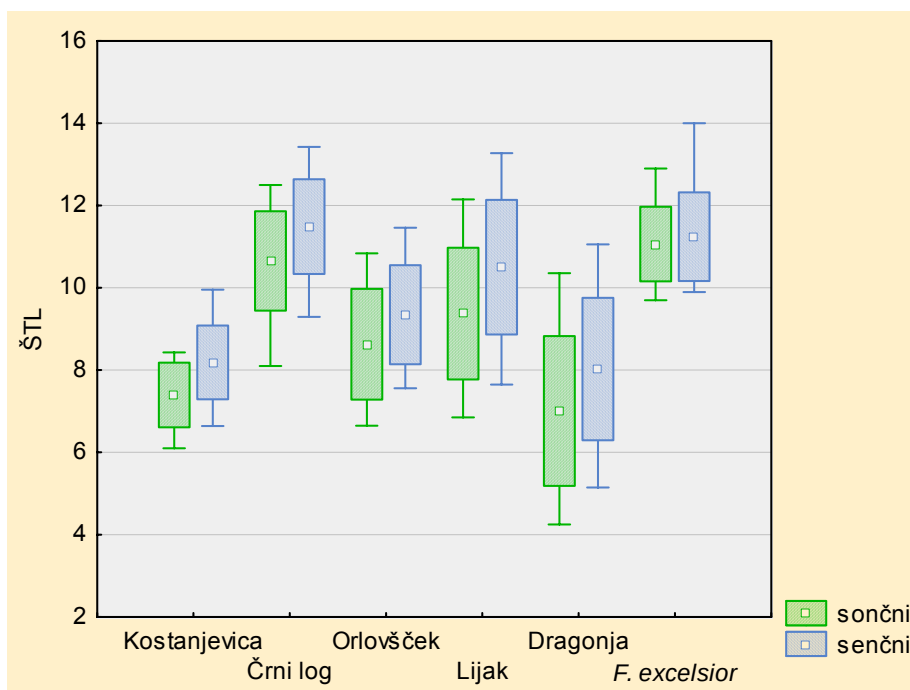
Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	363,41	4	90,85	23,415***
znotraj populacij	252,20	65	3,88	
skupaj	615,61	69		

Preglednica 12: Značilnost razlik v dolžini senčnih listov (DL) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
22,80	Kostanjevica	/			
23,87	Črni log	n.s.	/		
23,18	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
21,15	Lijak	n.s.	**	n.s.	/
17,52	Dragonja	***	***	***	***

Število lističev (ŠTL)

Poljski jesen ima lihopernato sestavljene liste, kjer znaša število lističev med 5–13 (Fitschen, 2006; Roloff in Bärtels, 2006; Brus, 2008). V naši analizi je število lističev posameznih listov med 3 in 17, medtem ko se število lističev za posamezna drevesa giblje v intervalu med 4–14. Razlike v številu lističev med populacijami so statistično značilne tako za senčne kot za sončne liste (preglednici 13 in 15). Drevesa s povprečno najmanjšim številom lističev v listih ima populacija Dragonja, za katero ugotavljamo, da ima glede omenjenega znaka, med proučevanimi populacijami, tudi največjo variabilnost. Za odtenek večje število lističev najdemo v populaciji Kostanjevica, ki je glede obravnavanega znaka tudi najhomogenejša. Populacija z največjim številom lističev v listih je populacija Črni log.



Slika 10: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za število lističev (ŠTL) v listih analiziranih dreves po posameznih populacijah

Primerjava sončnih in senčnih listov kaže, da je število lističev pri sončnih listih manjše. V povprečju znaša ta razlika 0,9 lističa in je statistično zelo visoko značilna (parna primerjava $p < 0,001$).

Število lističev pri velikem jesenu se za posamezna drevesa nahaja med 10–14 lističi (poljski jesen med 4–14), medtem ko je število lističev posameznih listov med 7–15.

Preglednica 13: Analiza variance za število lističev sončnih listov (ŠTL) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	123,347	4	30,837	15,785***
znotraj populacij	126,980	65	1,954	
skupaj	250,326	69		

Preglednica 14: Značilnost razlik v številu lističev sončnih listov (ŠTL) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
7,40	Kostanjevica	/			
10,65	Črni log	***	/		
8,63	Orlovšček	n.s.	**	/	
9,37	Lijak	**	n.s.	n.s.	/
7,01	Dragonja	n.s.	***	*	***

Preglednica 15: Analiza variance za število lističev senčnih listov (ŠTL) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	124,401	4	31,100	16,791***
znotraj populacij	120,391	65	1,852	
skupaj	244,792	69		

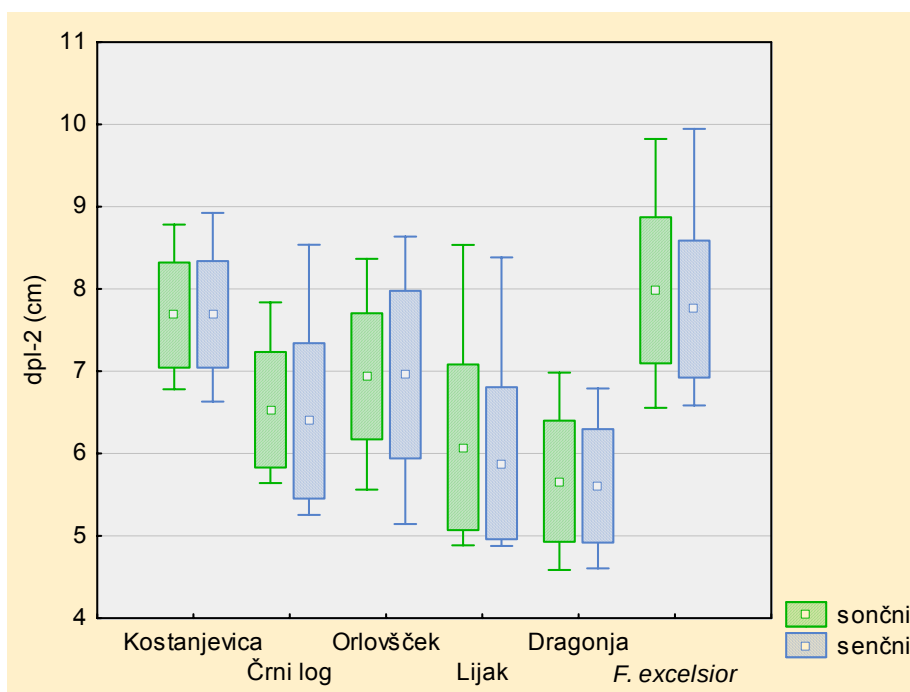
Preglednica 16: Značilnost razlik v številu lističev senčnih listov (ŠTL) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
8,19	Kostanjevica	/			
11,49	Črni log	***	/		
9,35	Orlovšček	n.s.	***	/	
10,50	Lijak	***	n.s.	n.s.	/
8,03	Dragonja	n.s.	***	n.s.	***

Dolžina lističev (dpl-x)^a

Roloff in Bärtels (2006) za podvrsto *F. a. subsp. angustifolia* navajata dolžino lističev med 4–10 cm, medtem ko naj bi bil razpon dolžine lističev pri podvrsti *F. a. subsp. oxycarpa* nekoliko manjši in sicer od 4–7 cm (za podvrsto *F. a. subsp. syriaca* od 3 – 6 cm).

Razlike v dolžini lističev so med populacijami značilne (v preglednici 17 in 19 prikazano za znak dpl-2), kar velja za vse tri lističe znotraj lista (ni prikazano). Najkrajše lističe imajo drevesa v populaciji Dragonja za katere znaša dolžina drugega lističa 4,5–7 cm (dolžina prvega lističa med 5–8,5 cm). Nekoliko večje lističe ima populacija Lijak, sledita populaciji Črni log in Orlovšček ter z največjimi lističi populacija Kostanjevica, za katero dolžina drugega lističa znaša med 6,5–9 cm (dolžina prvega lističa med 8–12 cm). Po tem znaku je zadnje omenjena populacija podobna velikemu jesenu (slika 11).



Slika 11: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za dolžino listnih ploskev lističev št. 2 (dpl-2) analiziranih dreves po posameznih populacijah

Primerjava sončnih in senčnih lističev posameznih dreves kaže, da so sončni lističi daljši, kar še posebno velja za prvi in tretji listič, kjer smo s parno primerjavo potrdili zelo visoko statistično značilne razlike ($p < 0,001$), medtem ko razlik v dolžini drugega lističa statistično nismo potrdili.

^a oznaka x zamenjuje številko lističa 1, 2 ali 3

Preglednica 17: Analiza variance za dolžino listne ploskve drugega lističa sončnih listov (dpl-2) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	34,170	4	8,543	14,033***
znotraj populacij	39,568	65	0,609	
skupaj	73,738	69		

Preglednica 18: Značilnost razlik v dolžini listne ploskve drugega lističa sončnih listov (dpl-2) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
7,66	Kostanjevica	/			
6,50	Črni log	**	/		
6,90	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
6,00	Lijak	***	n.s.	*	/
5,62	Dragonja	***	*	***	n.s.

Preglednica 19: Analiza variance za dolžino listne ploskve drugega lističa senčnih listov (dpl-2) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	39,481	4	9,870	13,424***
znotraj populacij	47,794	65	0,735	
skupaj	87,275	69		

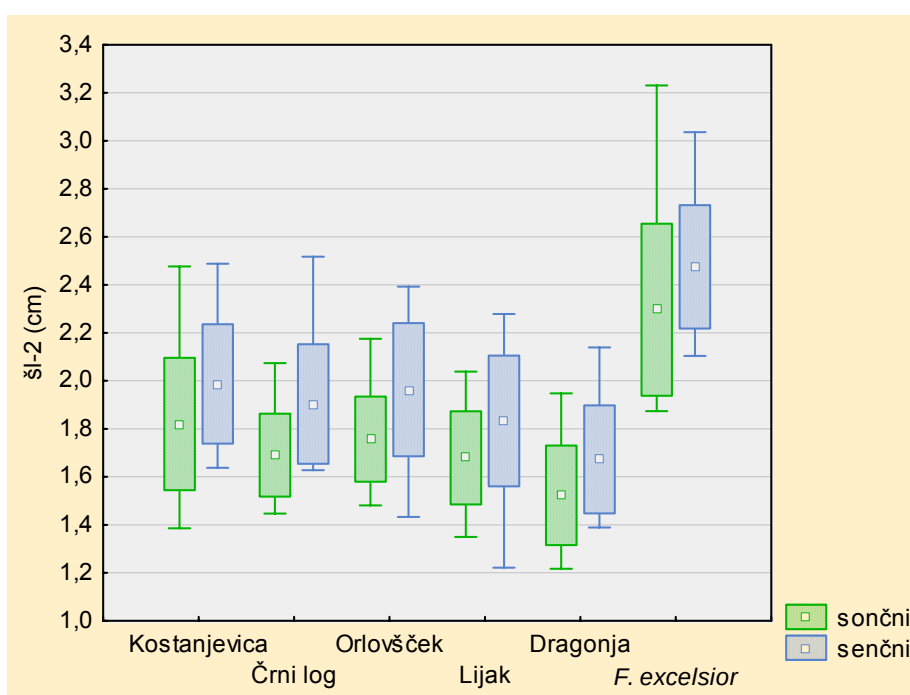
Preglednica 20: Značilnost razlik v dolžini listne ploskve drugega lističa senčnih listov (dpl-2) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
7,67	Kostanjevica	/			
6,34	Črni log	**	/		
6,89	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
5,82	Lijak	***	n.s.	*	/
5,57	Dragonja	***	n.s.	***	n.s.

Za posamezna drevesa velikega jesena znaša dolžina drugega lističa med 6,5–10 cm (dolžina prvega med 6–10 cm) in se po tem znaku močneje razlikuje od poljskega jesena izjema je le populacija Kostanjevica, ki ima med vsemi populacijami poljskega jesena največje lističe.

Širina lističev (šl-x)^a

Razlike v širini lističev so med populacijami značilne za prvi oziroma drugi listič, medtem ko razlik pri tretjem lističu nismo potrdili (v preglednicah 21 in 23 prikazano za drugi listič). Najozžje lističe imajo drevesa v populaciji Dragonja, ki se po tem znaku značilno razlikuje od populacij Kostanjevica in Orlovšček (preglednici 22 in 24).



Slika 12: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za širino lističev št.2 (šl-2) analiziranih dreves po posameznih populacijah

Širina drugega lističa v analizi obravnavanih dreves se nahaja med 1,2–2,5 cm (širina prvega lističa je med 1,3–2,8 cm). Po Fukarek-u (1983) naj bi bila širina lističev panonske podvrste poljskega jesena večja od širine lističev sredozemske podvrste.

Parna primerjava med sončnimi in senčnimi listi posameznih dreves pokaže, da so lističi senčnih listov značilno širši od lističev sončnih listov ($p < 0,001$). Razlike med sončnimi in senčnimi listi znotraj populacij presegajo razlike med populacijami (slika 12).

^a oznaka x zamenjuje številko lističa 1, 2 ali 3

Preglednica 21: Analiza variance za širino drugega lističa sončnih listov (šl-2) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,6918	4	0,1730	3,966**
znotraj populacij	2,8347	65	0,0436	
skupaj	3,5265	69		

Preglednica 22: Značilnost razlik v širini drugega lističa sončnih listov (šl-2) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
1,80	Kostanjevica	/			
1,68	Črni log	n.s.	/		
1,75	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
1,67	Lijak	n.s.	n.s.	n.s.	/
1,51	Dragonja	**	n.s.	*	n.s.

Preglednica 23: Analiza variance za širino drugega lističa senčnih listov (šl-2) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,8918	4	0,2230	3,421*
znotraj populacij	4,2357	65	0,0652	
skupaj	5,1276	69		

Preglednica 24: Značilnost razlik v širini drugega lističa senčnih listov (šl-2) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

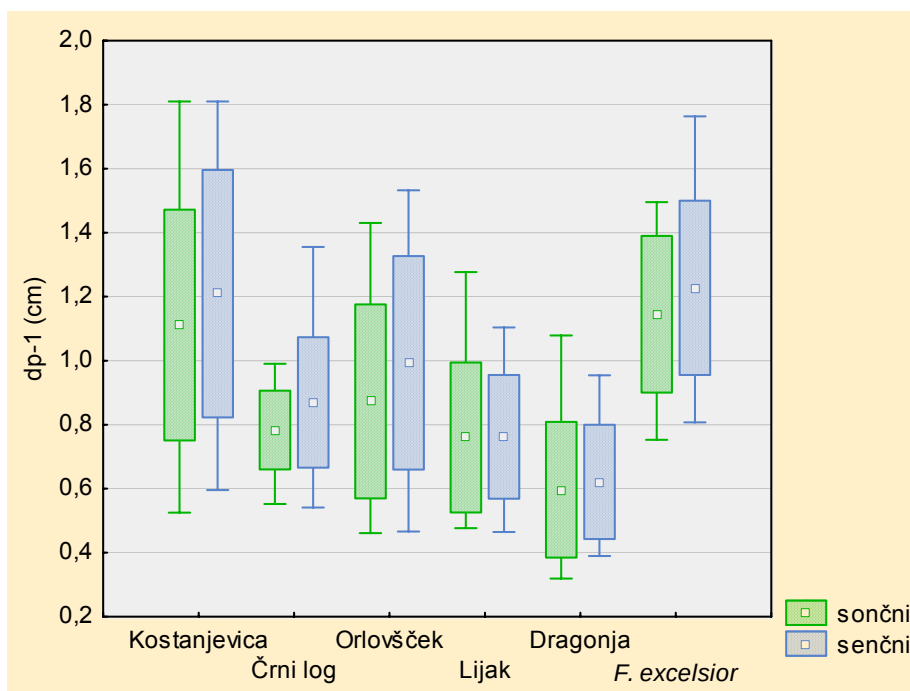
povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
1,97	Kostanjevica	/			
1,89	Črni log	n.s.	/		
1,94	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
1,81	Lijak	n.s.	n.s.	n.s.	/
1,66	Dragonja	*	n.s.	*	n.s.

Širina lističev velikega jesena se za posamezna drevesa nahaja v intervalu 1,9–3,3 cm in se kljub rahlemu prekrivanju, vidno razlikuje od širine lističev populacij poljskega jesena (1,2–2,5 cm).

Dolžina peclja lističa (dp-1)

Dolžina peclja lističa številka ena se med populacijami poljskega jesena značilno razlikuje (preglednici 25 in 27). S povprečno dolžino 1,16 cm in s tem z najdaljšimi peclji izstopa populacija Kostanjevica. Za proučevani znak kaže omenjena populacija tudi največjo variabilnost. Populacija Kostanjevica se po dolžini peclja značilno razlikuje od populacij Dragonja in Lijak (preglednici 26 in 28), kjer znaša dolžina peclja v povprečju 0,61 cm oziroma 0,76 cm. Populaciji Črni log in Orlovšček zavzemata vmesne vrednosti.

Parna primerjava sončnih in senčnih listov posameznih dreves kaže, da je dolžina pecljev lističev sončnih listov manjša. V povprečju znaša ta razlika 0,7 mm in je zelo visoko statistično značilna ($p < 0,001$).



Slika 13: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za dolžino peclja lističa št. 1 analiziranih dreves po posameznih populacijah

Dolžine pecljev lističev pri velikem jesenu so zelo podobne dolžinam pecljev pri poljskem jesenu iz populacije Kostanjevica, medtem, ko je podobnost in prekrivanje z ostalimi populacijami manjše (slika 13).

Preglednica 25: Analiza variance za dolžino peclja prvega lističa sončnih listov (dp-1) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,5421	4	0,1355	7,570***
znotraj populacij	1,1626	65	0,0179	
skupaj	1,7047	69		

Preglednica 26: Značilnost razlik v dolžini peclja prvega lističa sončnih listov (dp-1) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
1,11	Kostanjevica	/			
0,78	Črni log	n.s.	/		
0,87	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
0,76	Lijak	*	n.s.	n.s.	/
0,60	Dragonja	***	n.s.	*	n.s.

Preglednica 27: Analiza variance za dolžino peclja prvega lističa senčnih listov (dp-1) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,6392	4	0,1598	9,626***
znotraj populacij	1,0783	65	0,0166	
skupaj	1,7175	69		

Preglednica 28: Značilnost razlik v dolžini peclja prvega lističa senčnih listov (dp-1) med populacijami (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
1,21	Kostanjevica	/			
0,87	Črni log	n.s.	/		
0,99	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
0,76	Lijak	**	n.s.	n.s.	/
0,62	Dragonja	***	*	**	n.s.

4.1.1.2 Oblika lističev

Oblikovanost listov oziroma lističev smo proučevali s pomočjo 18-tih znakov, od katerih jih je 9 merjenih (primarnih) in 9 izpeljanih (kombinacija več primarnih znakov hkrati). V to skupino uvrščamo znake, ki opisujejo i) oblikovanost vrhov listne ploskve lističev: razmerje med širino na 80 % oziroma 90 % dolžine listne ploskve lističev in dolžino 20 % oziroma 10 % listne ploskve lističa (slika 7, preglednica 6), ii) oblikovanost dna listne ploskve lističev: kota na 10 % oziroma 25 % dolžine ploskve lističev in iii) splošno obliko lističev: razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističev, položaj najširšega mesta lističev (slika 7).

Preglednica 29: Aritmetične sredine morfoloških znakov na listih^a poljskega in velikega jesena ločeno po populacijah in osončenosti. Pri vrednostih označenih z enako črko v vrstici s Tukeyevim testom med podvzorci nismo potrdili značilnih razlik ($p > 0,05$)^b. Z modro barvo so označene tri najmanjše in z zeleno tri največje vrednosti posameznega znaka. (op. veliki jesen ni vključen v testih)

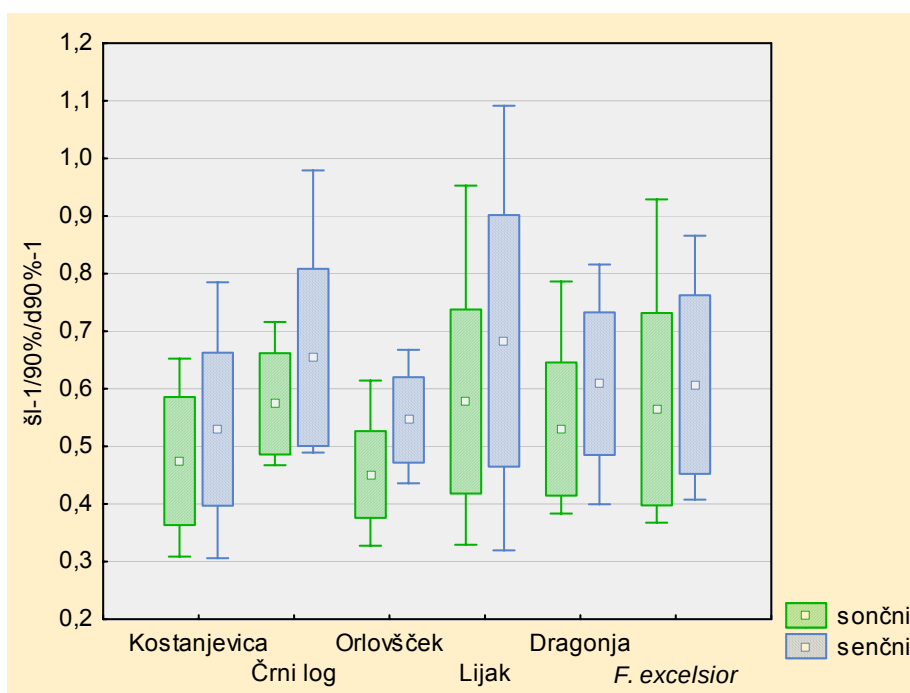
ekološka regija	subpanonska regija						submediteranska regija					
populacija	Kostanjevica		Črni log		Orlovšček		Lijak		Dragonja		Dolsko	
vrsta	<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. angustifolia</i>		<i>F. excelsior</i>	
↓ znak	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno
mmšl-1 (%)	0,42a	0,45abc	0,49cd	0,50d	0,46abcd	0,48bcd	0,45abcd	0,47bcd	0,44ab	0,46abcd	0,51	0,52
mmšl-2 (%)	0,39	0,41	0,42	0,45	0,4	0,43	0,41	0,42	0,38	0,4	0,44	0,45
mmšl-3 (%)	0,31	0,31	0,32	0,34	0,3	0,33	0,32	0,34	0,31	0,32	0,32	0,33
šl-1/dpl-1	0,25a	0,28abc	0,29abcd	0,33cd	0,27ab	0,30abcd	0,30abcd	0,34d	0,27ab	0,31bcd	0,32	0,35
šl-2/dpl-2	0,23a	0,26ab	0,26abc	0,30bc	0,25ab	0,28bc	0,28bc	0,31c	0,27abc	0,30bc	0,29	0,32
šl-3/dpl-3	0,28a	0,31abc	0,32abcd	0,37d	0,30ab	0,33abcd	0,32abcd	0,36cd	0,30ab	0,34bcd	0,31	0,34
šl-1/80%/(d80%-1)	0,47a	0,57ab	0,64abc	0,77bc	0,54a	0,66abc	0,65abc	0,80c	0,51a	0,62abc	0,69	0,81
šl-2/80%/(d80%-2)	0,47a	0,55a	0,59ab	0,74b	0,53a	0,63ab	0,62ab	0,75b	0,51a	0,61ab	0,64	0,80
šl-3/80%/(d80%-3)	0,46a	0,52a	0,56abc	0,70bc	0,53ab	0,61abc	0,59abc	0,71c	0,48a	0,58abc	0,63	0,70
šl-1/90%/(d90%-1)	0,47a	0,53ab	0,57ab	0,65b	0,45a	0,55ab	0,58ab	0,68b	0,53ab	0,61ab	0,56	0,61
šl-2/90%/(d90%-2)	0,46a	0,50ab	0,54ab	0,64b	0,46a	0,53ab	0,56ab	0,63b	0,52ab	0,57ab	0,49	0,59
šl-3/90%/(d90%-3)	0,50	0,55	0,59	0,70	0,52	0,58	0,59	0,71	0,52	0,61	0,62	0,67
kl-1/10% (°)	21,27	20,23	17,18	17,02	19,98	19,94	18,19	18,32	19,2	18,53	20,49	20,91
kl-2/10% (°)	29,39	28,73	29,41	29,8	30,83	31,15	30,17	31,9	33,14	33,55	32,1	33,69
kl-3/10% (°)	36,41a	38,45a	37,81a	40,18a	40,30a	40,59a	38,19a	40,35a	38,27a	40,18a	40,49	42,52
kl-1/25% (°)	20,62a	21,41a	19,98a	21,56a	20,02a	21,58a	21,23a	22,62a	20,84a	22,05a	20,92	22,44
kl-2/25% (°)	21,72a	23,24abc	23,07ab	25,35bc	22,91ab	24,74abc	24,25abc	26,56c	24,43abc	26,22bc	24,54	26,8
kl-3/25% (°)	26,44a	28,82abc	29,41abc	32,53c	28,68abc	30,24abc	29,81abc	32,46c	28,17ab	30,84bc	29,24	31,15

^a za razlago okrajšav morfoloških znakov glej preglednici 5 in 6 ter sliko 7

^b primer: pri prvem znaku (mmšl-1) se vrednost 0,42a značilno razlikuje od vrednosti 0,49cd, 0,50d, 0,48bcd in 0,47bcd

Oblikovanost vrhov listne ploskve lističev

Za prikaz oblikovanosti vrhov listne ploskve lističev smo izpeljali znake, ki predstavljajo razmerja med širino lističev na 80 % oziroma 90 % dolžine ploskve lističev in dolžino 20 % oziroma 10 % listne ploskve lističa (slika 7, preglednica 6). V preglednici 29 so to naslednji znaki: $\text{šl-1/80\%/(d80\%-1)}$, $\text{šl-2/80\%/(d80\%-2)}$, $\text{šl-3/80\%/(d80\%-3)}$, $\text{šl-1/90\%/(d90\%-1)}$, $\text{šl-2/90\%/(d90\%-2)}$ in $\text{šl-3/90\%/(d90\%-3)}$. Analiza je pokazala, da so razlike v oblikovanosti vrhov lističev med populacijami majhne vendar značilne (preglednice 29, 30 in 32). Najkrajše zašiljene lističe imajo drevesa iz Lijaka in Črnega loga, njim sledijo drevesa iz Dragonje. Populacija Lijak ima poleg najkrajše zašiljenosti tudi največjo variabilnost (slika 14). Primerjava med lističi znotraj lista kaže, da je najbolj na dolgo »zašiljen« listič 2 in na najkrajše listič 3 (preglednica 29). Vendar pa na oblikovanost vrhov lističev bolj kot same populacije vpliva osončenost listov (glej vzorec obarvanosti pri preglednici 29). S parno primerjavo sončnih in senčnih listov posameznih dreves smo to potrdili pri vseh znakih ($\text{šl-1/80\%/(d80\%-1)}$, $\text{šl-2/80\%/(d80\%-2)}$, $\text{šl-3/80\%/(d80\%-3)}$, $\text{šl-1/90\%/(d90\%-1)}$, $\text{šl-2/90\%/(d90\%-2)}$ in $\text{šl-3/90\%/(d90\%-3)}$). Pri vseh naštetih znakih so bile razlike med sončnimi in senčnimi listi zelo visoko značilne ($p < 0,001$), na podlagi česar lahko utemeljeno trdimo, da so lističi sončnih listov na daljše zašiljeni kot lističi senčnih listov.



Slika 14: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za razmerje med širino lističa št. 1 na 90 % dolžine ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\text{šl-1/90\%/(d90\%-1)}$) pri analiziranih drevesih po posameznih populacijah

Oblika vrhov lističev velikega jesena, kot primerjalne vrste, je zelo podobna obliki vrhov pri poljskem jesenu.

Preglednica 30: Analiza variance za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\frac{\text{šl-1/90\%}}{\text{d90\%-1}}$) sončnih listov med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,1839	4	0,0460	3,566*
znotraj populacij	0,8413	65	0,0129	
skupaj	1,0253	69		

Preglednica 31: Značilnost razlik za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\frac{\text{šl-1/90\%}}{\text{d90\%-1}}$) sončnih listov med populacijami poljskega jesena (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
0,47	Kostanjevica	/			
0,57	Črni log	n.s.	/		
0,45	Orlovšček	n.s.	*	/	
0,58	Lijak	n.s.	n.s.	*	/
0,53	Dragonja	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Preglednica 32: Analiza variance za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($\frac{\text{šl-1/90\%}}{\text{d90\%-1}}$) senčnih listov med populacijami poljskega jesena

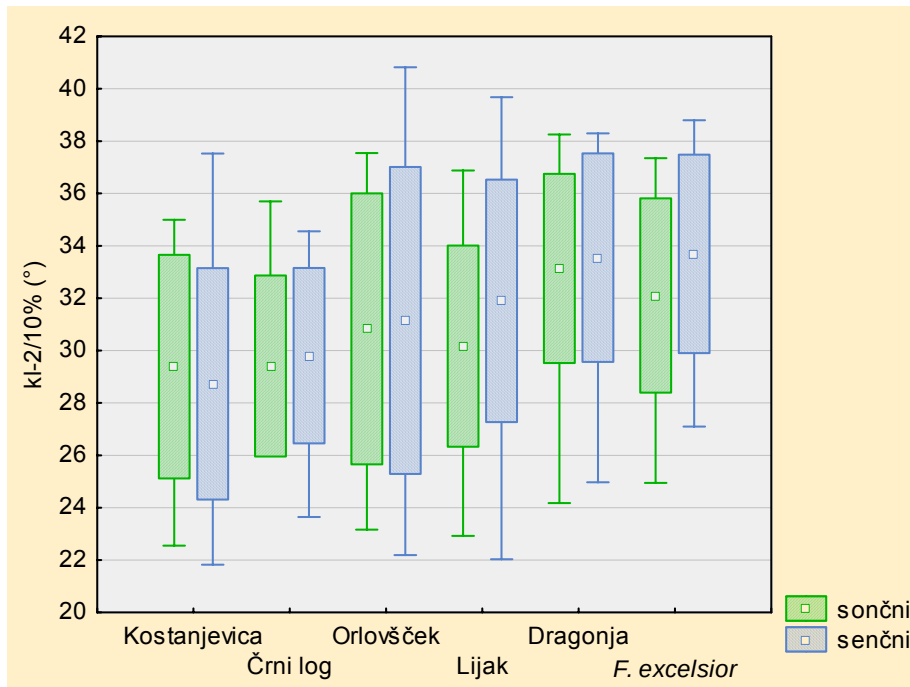
Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,2483	4	0,0621	2,826*
znotraj populacij	1,4277	65	0,0220	
skupaj	1,6760	69		

Preglednica 33: Značilnost razlik za razmerje med širino lističa 1 na 90 % dolžine listne ploskve in dolžino 10 % listne ploskve lističa 1 ($sl-1/90\%/(d90\%-1)$) senčnih listov med populacijami poljskega jesena (Tukey test: n.s. $P>0,05$; * $0,01<P<0,05$; ** $0,001<P<0,01$; *** $P<0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
0,53	Kostanjevica	/			
0,65	Črni log	n.s.	/		
0,55	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
0,68	Lijak	n.s.	n.s.	n.s.	/
0,61	Dragonja	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Dno listne ploskve lističev

V določevalnih ključih (Roloff in Bärtels, 2006; Martinčič et al., 2007) se dno listne ploskve lističev omenja kot razlikovalni znak med posameznimi podvrstami poljskega jesena. Tako Martinčič et al. (2007) podvrsti *F. a. subsp. angustifolia* pripisuje lističe, ki se na dnu hitro zožijo in so skoraj zaokroženi, medtem, ko podvrsto *F. a. subsp. oxycarpa* zaznamujejo lističi, ki se na dnu počasi zožijo in so zaradi tega navidezno pecljati.



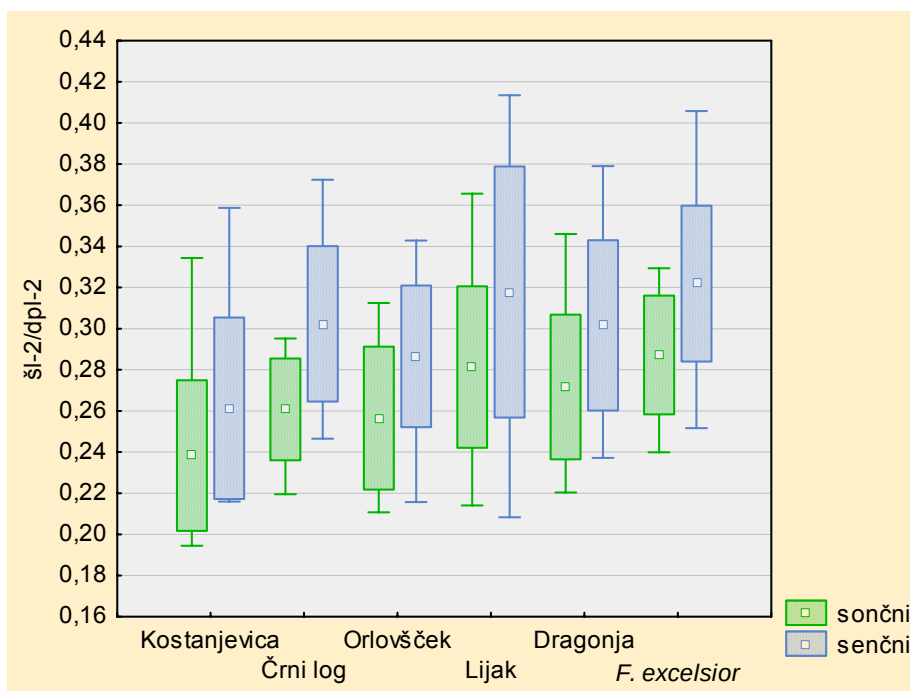
Slika 15: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za kot merjen na 10 % dolžine listne ploskve drugega lističa ($kl-2/10\%$) pri analiziranih dreves po posameznih populacijah

Oblikovanost dna listne ploskve lističev se v naši analizi kaže kot slabo razlikovalna lastnost, saj smo s testi potrdili le razlike pri znakih (kotih) na 25 % dolžine lističev (v preglednici 29 sta to znaka kl-2/25% in kl-3/25%), medtem ko pri kotih na 10 %, ki so boljši pokazatelj oblike dna listne ploskve, razlik nismo potrdili (v preglednici 29 so to znaki kl-1/10%, kl-2/10%, kl-3/10%). (op. pri znakih kl-1/10% in kl-2/10% smo zaradi neizpolnjevanja pogoja normalne porazdelitve izvedli neparametrični Kruskal–Wallisov test (ni prikazano))

Pri primerjavi sončnih in senčnih listov, glede oblikovanosti dna listne ploskve lističev, s testom nismo potrdili razlik. Prav tako nismo potrdili razlik med obema vrstama.

Relativna širina lističev (šl-x/dpl-x)^a

V analizi smo oblikovanost lističev predstavili z dvema izpeljanima znakoma. Prvi je izpeljan kot razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističev (relativna širina lističa, oznaka šl-x/dpl-x) ter drugi, ki prikazuje mesto maksimalne širine lističa (mmšl-x).



Slika 16: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 (šl-2/dpl-2) pri analiziranih dreves po posameznih populacijah

^a oznaka x zamenjuje številko lističa 1, 2 ali 3

Razmerja med širino in dolžino listne ploskve lističev kažejo, da so med populacijami značilne razlike (preglednici 34 in 36). Relativno najširše lističe ima populacija Lijak, medtem, ko ima relativno najožje populacija Kostanjevica. Razlika med tema dvema populacijama je tudi edina razlika, ki smo jo statistično potrdili (preglednici 35 in 37).

Na posameznih drevesih so lističi sončnih listov, v primerjavi z lističi senčnih listov relativno ožji, kar velja za vse tri obravnavane lističe 1, 2 in 3. Razlike smo potrdili s parno primerjavo in so zelo visoko statistične značilne ($p < 0,001$).

Pri primerjavi poljskega z velikim jesenom vidimo (slika 16), da so razlike glede relativne širine lističev majhne. Namreč, lističi poljskega jesena so ožji, vendar so hkrati tudi krajši, kar pomeni manj očitne razlike med primerjanima vrstama.

Preglednica 34: Analiza variance za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 sončnih listov (šl-2/dpl-2) med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,0148	4	0,0037	3,115*
znotraj populacij	0,0772	65	0,0012	
skupaj	0,0920	69		

Preglednica 35: Značilnost razlik za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 sončnih listov (šl-2/dpl-2) med populacijami poljskega jesena (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
0,47	Kostanjevica	/			
0,57	Črni log	n.s.	/		
0,45	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
0,58	Lijak	*	n.s.	n.s.	/
0,53	Dragonja	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Preglednica 36: Analiza variance za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 senčnih listov (šl-2/dpl-2) med populacijami poljskega jesena

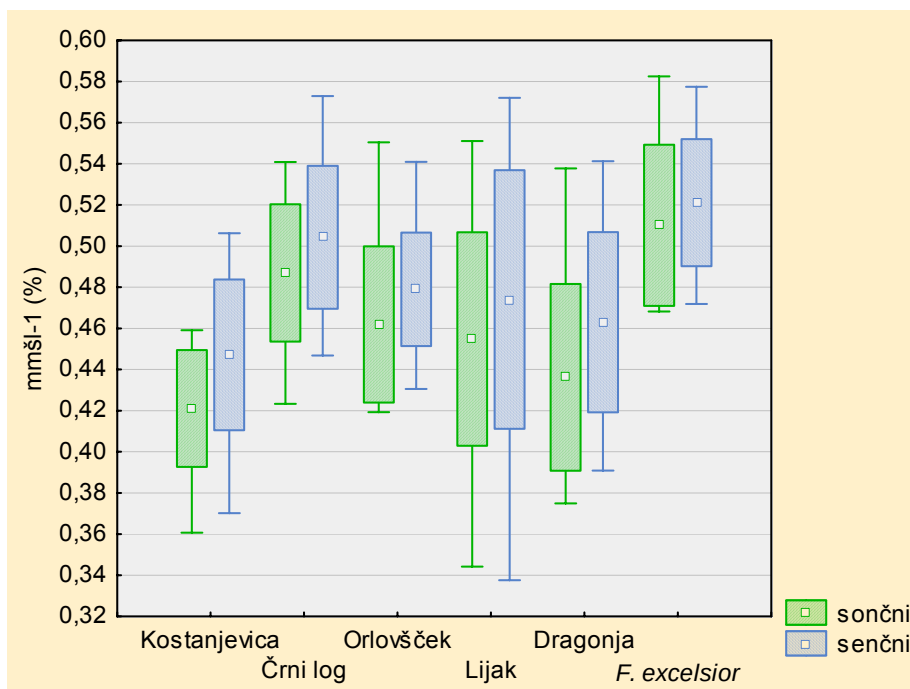
Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,0255	4	0,0064	3,187*
znotraj populacij	0,1300	65	0,0020	
skupaj	0,1555	69		

Preglednica 37: Značilnost razlik za razmerje med širino in dolžino listne ploskve lističa 2 senčnih listov (šl-2/dpl-2) med populacijami poljskega jesena (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
0,53	Kostanjevica	/			
0,65	Črni log	n.s.	/		
0,55	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
0,68	Lijak	*	n.s.	n.s.	/
0,61	Dragonja	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Položaj mesta meritve širine lističa (mmšl-x)^a

Iz slike 17 vidimo, da se pri poljskem jesenu mesto maksimalne širine lističev nahaja nekoliko pod sredino listne ploskve lističev (srednje vrednosti manjše od 0,50). Od populacije z najnižjim proti populaciji z najvišjim mestom si sledijo: Kostanjevica, Dragonja, Lijak, Orlovšček in Črni log. Populacije se značilno razlikujejo predvsem na podlagi meritev opravljenih na lističu 1 (preglednici 38 in 40), medtem ko razlik med populacijami glede lističa 2 in 3 nismo potrdili (test ni prikazan).



Slika 17: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi za znak, ki prikazuje položaj mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) pri analiziranih dreves po posameznih populacijah

^a oznaka x zamenjuje številko lističa 1, 2 ali 3

Parna primerjava sončnih in senčnih listov posameznih dreves je pokazala, da je mesto maksimalne širine sončnih lističev pomaknjeno nekoliko nižje. Razlike so za vse tri lističe (lističi 1, 2 in 3) statistično zelo visoko značilne ($p < 0,001$).

Lističi velikega jesena so najširši na polovici ali malo nad polovico listne ploskve in so zaradi tega po obliki bolj eliptični, medtem, ko so lističi poljskega jesena po obliki nekoliko jajčasti.

Preglednica 38: Analiza variance za položaj mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) sončnih listov med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,0354	4	0,0088	5,458***
znotraj populacij	0,1054	65	0,0016	
skupaj	0,1408	69		

Preglednica 39: Značilnost razlik v položaju mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) sončnih listov med populacijami poljskega jesena (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
0,47	Kostanjevica	/			
0,57	Črni log	***	/		
0,45	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
0,58	Lijak	n.s.	n.s.	n.s.	/
0,53	Dragonja	n.s.	*	n.s.	n.s.

Preglednica 40: Analiza variance za položaj mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) senčnih listov med populacijami poljskega jesena

Vir variacije	SS	df	MS	F
med populacijami	0,0250	4	0,0062	3,402*
znotraj populacij	0,1194	65	0,0018	
skupaj	0,1444	69		

Preglednica 41: Značilnost razlik v položaju mesta meritve širine lističa 1 (mmšl-1) senčnih listov med populacijami poljskega jesena (Tukey test: n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

povprečje	populacija	Kostanjevica	Črni log	Orlovšček	Lijak
0,53	Kostanjevica	/			
0,65	Črni log	**	/		
0,55	Orlovšček	n.s.	n.s.	/	
0,68	Lijak	n.s.	n.s.	n.s.	/
0,61	Dragonja	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

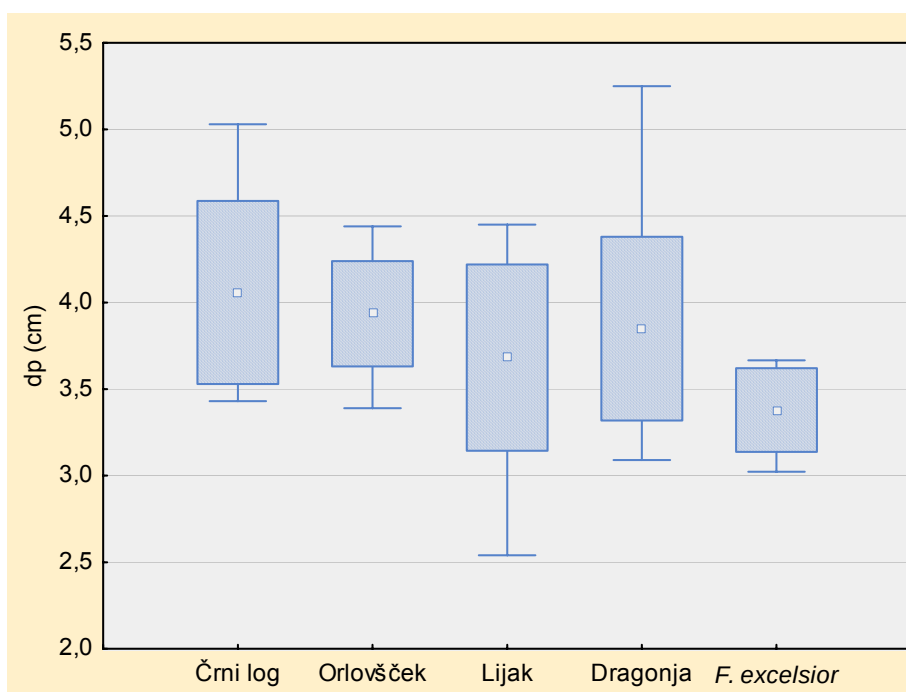
4.1.2 Variabilnost posameznih znakov na plodovih

Na osnovi vzorca plodov smo za vsako proučevano drevo izračunali aritmetično sredino za površino, dolžino in širino plodov, razmerje med širino in dolžino plodov, mesto maksimalne širine plodov, širino na 50 % in 90 % dolžine plodu, ter dva kota na bazi plodu in sicer na 5 % in 15 % dolžine. Značilnost razlik med posameznimi znaki med populacijami smo preverili z analizo variance. V kolikor je F–test ovrgel H_0 , torej, da so med populacijami razlike, smo pristopili k primerjavi ocen aritmetičnih sredin z Tukeyevim testom. Zaradi neizpolnjevanja pogoja "normalnosti" smo iz analize izpustili znak šp/dp, pri znakih pp in kp-15% pa smo pogoju normalnosti zadostili z uporabo transformacije $\log x$. V analizo nismo vključili populacije Kostanjevica, saj v času nabiranja vzorcev v njej ni bilo razvitih plodov.

Razlike med aritmetičnimi sredinami znakov na plodovih so med populacijami poljskega jesena statistično značilne le pri znaku, ki opisuje obliko plodov in sicer mesto meritve širine plodov (mmšp) (preglednica 42). To mesto je najnižje pri populaciji Črni log (na 52 % dolžine) in najvišje pri populaciji Dragonja (na 59 % dolžine). Pri drugih znakih med populacijami nismo ugotovili značilnih razlik. Primerjava med poljskim in velikim jesenom pokaže, da so plodovi prvega praviloma večji (znaka pp in dp) in na bazi ožje klinasti (znaka kp-5% in kp-15%). Vse vrednosti znakov kp-5% in kp-15% pri vseh populacijah poljskega jesena so namreč manjše od vrednosti istih znakov pri velikem jesenu (preglednica 42). Ta lastnost plodov poljskega jesena je dobila svojo veljavo tudi pri enem od slovenskih sinonimov poimenovanja vrste 'ostroplodni jesen'.

Preglednica 42: Aritmetične sredine morfoloških znakov^a na plodovih poljskega in velikega jesena po populacijah. Pri vrednostih označenih z enako črko v vrstici s Tukeyevim testom med populacijami nismo potrdili značilnih razlik ($p > 0,05$)^b (op.: veliki jesen ni vključen v testih)

populacija	Črni log	Orlovšček	Lijak	Dragonja	Dolsko
↓ znak / vrsta	<i>F. angustifolia</i>	<i>F. angustifolia</i>	<i>F. angustifolia</i>	<i>F. angustifolia</i>	<i>F. excelsior</i>
pp (cm ²)	2,49a	2,41a	2,06a	2,16a	1,90
dp (cm)	4,06a	3,94a	3,68a	3,85a	3,38
šp (cm)	0,79a	0,80a	0,76a	0,77a	0,75
šp/dp	0,20	0,21	0,21	0,20	0,22
mmšp (%)	0,52a	0,57a ^b	0,58a ^b	0,59 ^b	0,63
šp-50% (cm)	0,77a	0,77a	0,73a	0,72a	0,71
šp-90% (cm)	0,53a	0,54a	0,48a	0,49a	0,52
kp-5% (°)	32,60a	31,36a	29,14a	26,30a	35,86
kp-15% (°)	21,98a	21,35a	20,18a	18,93a	22,83



Slika 18: Aritmetične sredine, standardni odkloni in ekstremi dolžine plodov (dp) pri drevesih poljskega in velikega jesena po posameznih populacijah

^a za razlogo okrajšav morfoloških znakov glej preglednico 7 in sliko 8

^b primer: pri znaku mmšp se vrednost 0,59^b značilno razlikuje od vrednosti 0,52a ne pa od vrednosti 0,57a^b in 0,58a^b

Roloff in Bärtels (2006) za podvrsto *F. a. subsp. angustifolia* navajata dolžino plodov od 2–6 cm, medtem ko naj bi bila dolžina pri podvrsti *F. a. subsp. oxycarpa* v manjšem intervalu in sicer med 3–4 cm. Dolžine plodov v analizi zajetih dreves se v posameznih populacijah raztezajo v različno širokih intervalih. Glede proučevanega znaka sta najhomogenejši populaciji Orlovšček in Črni log, medtem ko je variabilnost dolžine plodov submediteranskih populacij Lijaka in Dragonje večja (slika 18). Razlik v dolžini plodov med populacijami statistično nismo potrdili (preglednica 42) kot tudi ne različnosti varianc dolžine plodov, ki smo jo opravili z Bartlettovim testom ($\chi^2 = 4,916$; $p=0,178$; $df=3$).

4.2 VARIABILNOST POLJSKEGA JESENA NA OSNOVI ZNAKOV NA LISTIH PO POSAMEZNIH NIVOJIH PROUČEVANJA (GNEZDAST (HIERARHIČNI) POSKUS)

Z analizo variance smo želeli odkriti razlike med posameznimi populacijami, med drevesi znotraj populacij in med listi iz različno osvetljenih delov krošnje. Za ta namen smo zastavili gnezdast (hierarhični) poskus, kjer se drevesa gnezdiijo v ploskvah (populacijah). Vsako drevo smo predstavili v luči 'sončnih' in 'senčnih' listov.

Eden od predpogojev za neoporečno izvedbo tovrstne analize je, da se vrednosti proučevanih znakov porazdeljujejo normalno na vseh proučevanih nivojih. V primeru, da znaki niso normalno porazdeljeni, pa jih je potrebno z uporabo transformacij preoblikovati tako, da ustrezajo omenjenemu pogoju. V našem primeru smo zaradi neizpolnjevanja pogoja normalne porazdelitve (normalne porazdelitve ni bilo mogoče doseči niti z uporabo transformacij) iz analize izpustili nekatere znake, pri drugih pa smo normalnost zagotovili z uporabo transformacij (preglednica 43).

Preglednica 43: Uporaba transformacij za zagotovitev pogoja normalnosti

transformacija $\log x$	transformacija $1/x$	transformacija $\sqrt{x}$	izključeni znaki
šl-1/90%	dl-1	mmšl-1	kl-1/10%
šl-1/80%/(d80%-1)	dpl-1,		mmšl-2
šl-1/90%/(d90%-1)	šl-2/dpl-2		kl-2/10%
dp-1	kl-1/25%		šl-2/90%
šl-2	kl-2/25%		mmšl-3
dpl-2			šl-3/80%
šl-2/80%/(d80%-2)			šl-3/90%/(d90%-3)
šl-2/90%/(d90%-2)			
šl-3			
šl-3/dpl-3			
šl-3/90%			
šl-3/80%/(d80%-3)			

Analiza gnezdasto zasnovanega poskusa, kjer se posamezna drevesa gnezdijo v ploskvah (populacijah) kaže na značilen prispevek vseh proučevanih nivojev (populacija, drevo v populaciji, osvetljenost) k variabilnosti listov pri poljskem jesenu (preglednica 44). Hipotezo, da so srednje vrednosti znakov na listih 14 dreves znotraj populacij enake, smo zavrnili pri vseh proučevanih znakih (33/33). Povedano drugače, za vse proučevane morfološke znake na listih velja, da se njihove srednje vrednosti med 14 drevesi znotraj populacij značilno razlikujejo. Hipotezo, da so srednje vrednosti proučevanih znakov na listih med petimi populacijami poljskega jesena enake, smo zavrnili za 27 znakov, oziroma, populacije se značilno razlikujejo v 27 od skupno 33 morfoloških znakov. Učinek osvetljenosti je značilno različen od 0 pri 30 proučevanih znakih.

Preglednica 44: *F*-vrednosti gnezdasto zasnovanega poskusa za analizirane morfološke znake na listih poljskega jesena (n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)^a

celoten list

	PL	DL	DP	ŠTL	DVR
populacija	20,76***	28,11***	5,66***	17,91***	18,71***
osvetljenost	52,52***	34,25***	30,61***	80,79***	86,88***
drevo(populacija)	3,63***	4,62***	6,26***	9,86***	6,40***

listič št. 1

	pl-1	dl-1	šl-1	šl-1/dpl-1	dpl-1	mmšl-1	šl-1/80%	šl-1/90%	šl-1/80%/(d80%-1)	šl-1/90%/(d90%-1)	kl-1/25%	dp-1
populacija	7,72***	10,29***	3,82**	3,30*	8,36***	4,13**	4,12**	1,82 n.s.	10,78***	4,17**	0,35 n.s.	9,12***
osvetljenost	6,32*	6,93*	40,45***	103,85***	16,87***	55,48***	52,37***	25,30***	6,48*	41,65***	60,54***	16,01***
drevo(populacija)	8,83***	13,99***	5,59***	8,68***	14,77***	11,18***	5,35***	5,02***	13,49***	5,96***	17,70***	13,43***

listič št. 2

	pl-2	šl-2	šl-2/dpl-2	dpl-2	šl-2/80%	šl-2/80%/(d80%-2)	šl-2/90%/(d90%-2)	kl-2/25%
populacija	12,00***	4,61**	3,72**	14,96***	4,89**	12,76***	4,92**	3,29*
osvetljenost	25,30***	63,77***	117,67***	2,23 n.s.	65,45***	22,20***	52,28***	92,04***
drevo(populacija)	6,71***	5,34***	9,95***	10,72***	4,73***	6,65***	5,14***	10,10***

listič št. 3

	pl-3	šl-3	šl3/dpl-3	dpl-3	šl-3/90%	šl-3/80%/(d80%-3)	kl-3/10%	kl-3/25%
populacija	5,79***	2,16 n.s.	3,09*	6,95***	1,02 n.s.	5,54***	0,57 n.s.	2,49 n.s.
osvetljenost	1,25 n.s.	6,05*	128,70***	31,81***	8,71**	1,14 n.s.	16,96***	87,93***
drevo(populacija)	7,35***	6,37***	11,95***	9,66***	4,02***	7,15***	8,96***	9,30***

^a primer: za površino lističa 3 (pl-3) je učinek populacije značilno različen od nič (5,79***), učinka osvetljenosti nismo potrdili (1,25 n.s.), učinek drevesa znotraj populacije je značilno različen od nič (7,35***)

Preglednica 45: Prispevek posameznih nivojev proučevanja k variabilnosti posameznih morfoloških znakov listov pri poljskem jesenu (v %)

	prispevek variabilnosti med drevesi v populacijah k skupni variabilnosti listov	prispevek variabilnosti med populacijami k skupni variabilnosti listov	prispevek različne osvetljenosti k skupni variabilnosti listov	napaka
PL	35,8	45,7	8,0	10,5
DL	32,5	56,3	3,7	7,5
DP	62,8	21,9	4,7	10,6
ŠTL	42,8	47,2	5,4	4,6
DVR	39,6	45,5	8,3	6,6
pl-1	61,8	29,4	0,7	8,1
dl-1	58,3	36,9	0,4	4,4
šl-1	65,0	15,3	7,3	12,4
šl-1/dpl-1	66,3	13,4	12,2	8,1
dpl-1	62,3	32,1	1,1	4,5
mmšl-1	68,5	19,8	5,2	6,5
šl-1/80%	62,4	15,8	9,4	12,4
šl-1/90%	71,4	8,0	5,5	15,1
šl-1/80%/(d80%-1)	57,2	37,9	0,4	4,5
šl-1/90%/(d90%-1)	64,8	16,6	7,0	11,6
kl-1/25%	88,2	1,9	4,6	5,3
dp-1	60,3	33,8	1,1	4,8
pl-2	51,1	37,8	3,0	8,1
šl-2	60,0	17,0	11,1	11,9
šl-2/dpl-2	65,9	15,1	12,0	7,0
dpl-2	49,4	45,5	0,2	4,9
šl-2/80%	57,6	17,3	12,2	12,9
šl-2/80%/(d80%-2)	50,1	39,3	2,6	8,0
šl-2/90%/(d90%-2)	60,0	18,2	9,4	12,4
kl-2/25%	69,0	14,0	9,7	7,3
pl-3	66,5	23,7	0,2	9,6
šl-3	76,1	10,1	1,1	12,7
šl-3/dpl-3	69,2	13,2	11,5	6,1
dpl-3	63,0	26,9	3,2	6,9
šl-3/90%	73,5	4,6	2,5	19,4
šl-3/80%/(d80%-3)	67,0	22,9	0,2	9,9
kl-3/10%	84,5	3,0	2,5	10,0
kl-3/25%	70,8	10,8	10,3	8,1
povprečje	61,6	24,1	5,4	8,9

Preglednica 45 prikazuje prispevek posameznega nivoja proučevanja k skupni varianci za posamezen morfološki znak. Največji delež k skupni variabilnosti listov prispeva variabilnost med drevesi znotraj populacij in sicer znaša njihov delež med 32,5 in 88,2 %, v povprečju 61,6 %. Podrobnejši pogled pokaže, da ima variabilnost med drevesi večji prispevek k skupni varianci pri znakih, ki se nanašajo na samo obliko listov (67 %), medtem ko je prispevek variabilnosti med drevesi k skupni varianci pri znakih, ki opisujejo velikost listov, nekoliko manjši (55 %). Pregled po posameznih delih lista kaže, da

variabilnosti med drevesi največ pojasnjujejo variabilnost lističev št. 3 (71 %) sledita listič št. 1 (66 %) in listič št. 2 (58 %). Variabilnosti med drevesi najmanj pojasnjujejo varianco znakov, ki se nanašajo na celoten list, npr. dolžina lista, površina lista (43 %).

Prispevek variabilnosti med populacijami k skupni variabilnosti listov poljskega jesena znaša med 1,9–56,3 %, v povprečju 24,1 %. Variabilnosti med populacijami so vzrok večje variabilnosti pri znakih, ki se nanašajo na velikost listov, v povprečju 33 %. Manjši učinek imajo variabilnosti med populacijami na znake, ki se nanašajo na obliko listov, v povprečju je ta prispevek k skupni variabilnosti okoli 16 %. Prispevek k pojasnjevanju variabilnosti posameznih delov lista kaže, da je z variabilnostmi med populacijami pojasnjene največ variabilnosti za znake celotnega lista (43 %). Le-tem sledijo znaki lističa št.2 (26 %), lističa št.1 (22 %) in lističa št.3 (14 %).

Prispevek različne osvetljenosti k skupni variabilnosti listov je manjši in znaša med 0,2 in 12,2 %, v povprečju 5,4 %. Učinek različne osvetljenosti se najmočneje kaže pri znakih, ki se nanašajo na obliko listov (7 %), medtem ko je učinek osvetljenosti, na znake 'velikosti' listov, manjši (4 %). Učinki različne osvetljenosti na variabilnost posameznih delov lista si sledijo: listič št.2 (8 %), cel list (6 %), listič št.1 (5 %) in listič št. 3 (4 %).

Nepojasneni del variance znaša okoli 9 % in med znaki, ki opisujejo velikost in obliko listov ni večjih razlik (8 % oz. 10 %), prav tako ni večjih razlik med posameznimi deli lista.

4.3 VARIABILNOST POLJSKEGA JESENA NA OSNOVI MULTIVARIATNE ANALIZE ZNAKOV NA LISTIH

4.3.1 Multivariatna analiza listnih znakov na osnovi metode glavnih komponent

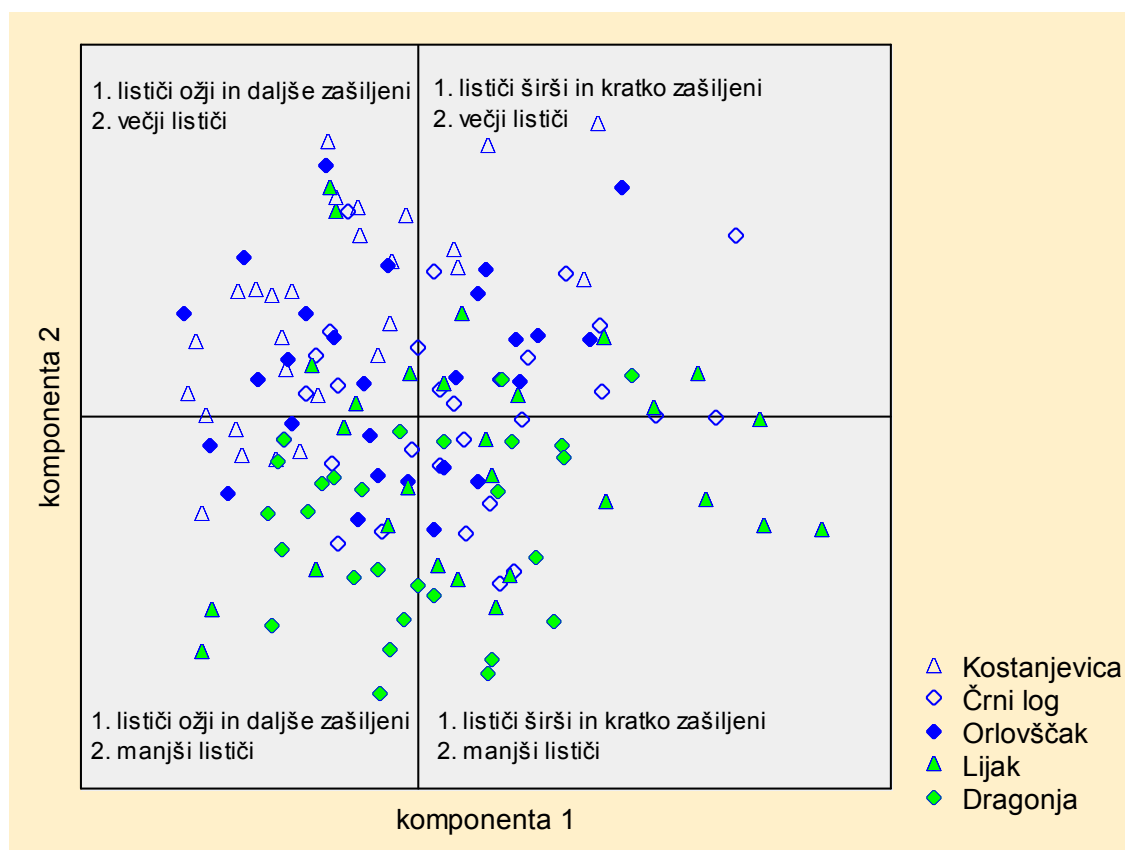
Metoda glavnih komponent (ang. Principal component analysis – PCA analiza) je metoda, pri kateri multidimenzionalen roj podatkovnih točk prilagodimo na takšen način, da ob njihovi projekciji v dvodimenzionalen prostor postanejo jasne in vidne vse bistvene lastnosti porazdelitvenega vzorca tega roja točk. Gre za multivariatno statistično metodo, ki se velikokrat uporablja za razlikovanje rastlin na podlagi njihovih morfoloških znakov in pri kateri ni potrebno vnaprejšnje klasificiranje rastlin v skupine (populacije). V našem primeru predstavlja posamezna podatkovna točka srednjo vrednost sončnega oziroma senčnega podvzorca posameznega drevesa.

Od skupno 40 komponent, kolikor jih je bilo v analizi sintetiziranih, je s prvimi tremi glavnimi komponentami pojasnjeno 76 % celotne variance (preglednica 46). Prva komponenta pojasnjuje 38 %, druga 26 % in tretja 12 % celotne variabilnosti.

Preglednica 46: Lastna vrednost in delež pojasnjene variance po posameznih komponentah

	lastna vrednost	delež variance (%)	varianca kumulativno (%)
komponenta 1	15,185	37,96	37,96
komponenta 2	10,561	26,40	64,36
komponenta 3	4,894	12,24	76,60

Na prvo glavno komponento najmočnejše vplivajo spremenljivke, ki opisujejo oblikovanost lističev, npr. razmerje med širino in dolžino listnih ploskev lističev, znaki, ki prikazujejo zašiljenosti lističev ter koti, ki nakazujejo oblikovanost dna listne ploskve lističev (preglednica 47). Prva komponenta tako predstavlja oblikovni gradient, kjer se na levi strani grafa (slika 19) nahajajo drevesa z relativno ožjimi in bolj zašiljenimi lističi, in na desni drevesa z relativno širšimi in krajše zašiljenimi lističi.



Slika 19: PCA analiza: razpršenost dreves poljskega jesena vzdolž prve in druge sintetične komponente

(op. zaradi majhnih razlik v vzorcih razpršenosti med sončnimi in senčnimi podvzorci znotraj populacij sta oba podvzorca predstavljena z enakim simbolom)

Zaradi kontinuiranega raztrosa točk (dreves) vzdolž prve komponente je razlikovanje med posameznimi populacijami poljskega jesena nemogoče. Vsaj nakazano razlikovanje med submediteranskimi in subpanonskimi populacijami poljskega jesena pa povzroča druga komponenta, na katero najmočneje vplivajo znaki, ki opisujejo velikost posameznih lističev. Drugo komponento lahko interpretiramo kot velikostni gradient, kjer si drevesa z manjšimi proti drevesom z večjimi lističi sledijo od spodaj navzgor (slika 19). Iz analize je razvidno, da imajo najmanjše lističe drevesa iz populacije Dragonja. Le-tem so po velikosti lističev še najbližje drevesa iz populacije Lijak, vendar se slednja močno prekrivajo z drevesi populacije Črni log. Na tretjo komponento najmočneje vplivajo spremenljivke, ki se nanašajo na oblikovanost dna ploskve lističev: kl-1/10%, kl-2/10% (preglednica 47).

Preglednica 47: Korelacija med spremenljivkami (znaki) in prvimi tremi sintetičnimi komponentami (vrednosti korelacije $<0,200$ niso prikazane)

	komponenta 1	komponenta 2	komponenta 3
PL	0,232	0,633	0,420
DL		0,659	0,548
DP	-0,305	0,503	-0,346
ŠTL	0,457		0,629
DVR	0,381		0,682
pl-1		0,922*	
dl-1	-0,479	0,819*	
šl-1	0,383	0,818*	
šl-1/dpl-1	0,917*		
dpl-1	-0,556	0,744*	
mmšl-1	0,540		0,683
šl-1/80%	0,673	0,570	0,244
šl-1/90%	0,543	0,594	
šl-1/80%/(d80%-1)	0,915*		0,265
šl-1/90%/(d90%-1)	0,888*		
kl-1/10%		0,373	-0,788*
kl-1/25%	0,602	0,227	-0,585
dp-1		0,789*	
pl-2		0,948*	
šl-2	0,409	0,824*	
šl-2/dpl-2	0,932*		
dpl-2	-0,533	0,794*	
mmšl-2	0,544		0,685
šl-2/80%	0,672	0,626	0,271
šl-2/90%	0,544	0,667	
šl-2/80%/(d80%-2)	0,938*		0,246
šl-2/90%/(d90%-2)	0,892*		
kl-2/10%	0,276		-0,805*
kl-2/25%	0,838*		-0,436
pl-3	-0,275	0,732*	-0,294
šl-2		0,699	-0,323
šl-3/dpl-3	0,930*		
dpl-3	-0,629	0,552	-0,248
mmšl-3	0,569		0,503
šl-3/80%	0,460	0,679	
šl-3/90%	0,305	0,716*	
šl-3/80%/(d80%-3)	0,899*		0,207
šl-3/90%/(d90%-3)	0,829*		
kl-3/10%	0,488		-0,474
kl-3/25%	0,894*		

* vrednost korelacije je $>0,700$;

4.3.2 Multivariatna analiza listnih znakov na osnovi diskriminativne analize

V primerih, ko je morfološka variabilnost znotraj skupine večja od variabilnosti med skupinami, je namesto razlikovanja skupin po posameznih znakih, smotrneje uporabiti kombinacijo znakov, in sicer takšno, ki proučevane skupine (npr. vrste, populacije) kar najbolje razlikuje med seboj. Z uporabo kombinacije znakov se poveča ostrina razlikovanja med skupinami, otežena pa je interpretacija dobljenih rezultatov. V našem primeru smo za razlikovanje posameznih populacij poljskega jesena uporabili multiplo diskriminativno analizo. Prednost te analize je v tem, da razlike med nizi podatkov razgrne kar z največjo jasnostjo in to na način, ki zagotavlja, da ostane vsak niz celota, ki je razločno ločen od ostalih nizov in to v največji možni meri (Pielou, 1996).

V analizo smo vključili vse populacije poljskega jesena, znotraj katerih smo razlikovali sončne in senčne podvzorce. Ker z F -testom med vsemi podvzoreci nismo potrdili razlik, smo iz analize izpustili znake kl-1/10%, kl-1/25%, kl-3/10% in šl-3/90%. Majhna F vrednost namreč pomeni v diskriminativnem modelu majhen prispevek k razlikovanju. Pri analizi so zaradi neizpolnjevanja tolerančnega kriterija ($1-R^2 < 0,001$) iz modela izpadli tudi znaki dl-1, dp-1 in šl-2/90%/(d90%-2).

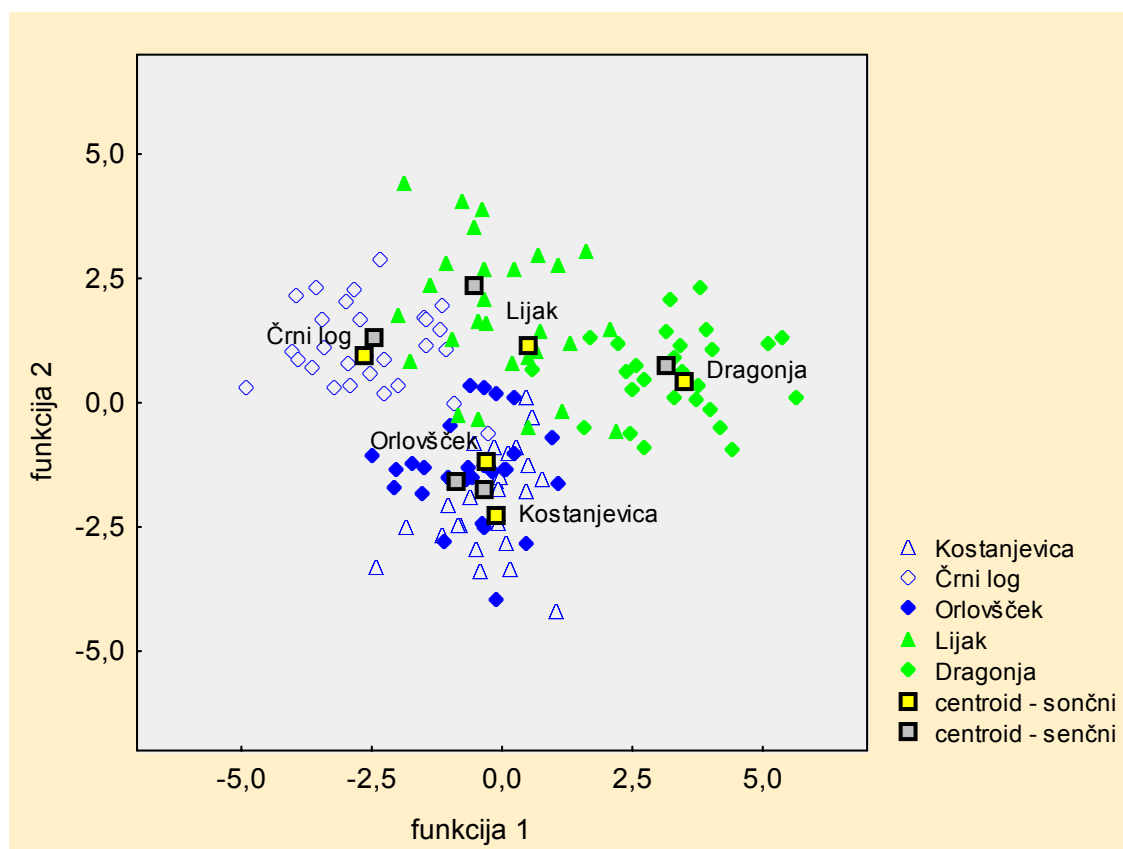
V analizi je bilo skupno uporabljenih 9 diskriminativnih funkcij. S hi-kvadrat testom, pri katerem smo sukcesivno odstranjevali funkcije, smo testirali domnevo, da so aritmetične sredine diskriminativnih vrednosti skupin enake (op.: potrjena značilnost pomeni, da posamezna funkcija značilno prispeva k razlikovanju skupin (preglednica 48)).

Preglednica 48: Test števila funkcij, ki v modelu značilno vplivajo na razlikovanje med skupinami. Manjša vrednost Wilksove lambde predstavlja večjo diskriminatorno moč funkcije.

odstranjena funkcija	Wilksova lambda	hi-kvadrat test	df	Sig.
0	,005	634,578	297	,000
1	,021	453,347	256	,000
2	,065	321,447	217	,000
3	,148	224,503	180	,014
4	,297	142,542	145	,542
5	,473	87,948	112	,955
6	,655	49,641	81	,998
7	,813	24,338	52	1,000
8	,936	7,739	25	1,000

S prvo funkcijo, ki v modelu pojasnjuje ca. 39 % celotne variabilnosti, najmočnejše korelirajo znaki, ki se nanašajo na velikost celotnega lista. Ti znaki so: dolžina lista, površina lista, dolžina listnega vretena in število lističev v listu (preglednica 49). Prva funkcija povzroči raztros točk, ki omogoča razlikovanje med populacijama Črni log in Dragonja (slika 20). Druga funkcija, ki pojasnjuje še dodatnih 22 % variabilnosti, povzroča razlikovanje populacije Lijak od populacij Kostanjevica in Orlovšček. Znaki, ki najmočnejše korelirajo z njo, se nanašajo na velikost posameznih lističev, npr. dolžina in površina listne ploskve lističev. Tudi funkciji 3 in 4 značilno prispevata k razlikovanju skupin. Njun prispevek k pojasnjevanju variabilnosti je 13 % oziroma 10 %, vendar so korelacije z morfološkimi znaki šibke in zato je njuna interpretacija manj pomembna.

Vzorec razpršenosti, ki ga povzročata funkciji 1 in 2, kaže na določeno izoliranost populacij Dragonja, Črni log in Lijak, medtem ko ostajata populaciji Kostanjevica in Orlovšček medsebojno prepleteni in vizualno neprepoznalni (slika 20). Podvzorca znotraj posamezne populacije se medsebojno razlikujeta, vendar so te razlike, ki so posledica različne osončenosti, manjše od razlik, ki jih povzroča pripadnost populaciji.



Slika 20: Vzorec razpršenosti poljskega jesena, ki ga povzročata prvi dve diskriminativni funkciji

Preglednica 49: Korelacije med morfološki znaki na listih in posameznimi diskriminativnimi funkcijami (* pomeni absolutno največjo korelacijo med posameznim znakom in eno izmed funkcij).

znak	funkcija 1	funkcija 2	funkcija 3	funkcija 4
DL	-,598*	-,280	,046	,031
PL	-,529*	-,114	,007	,053
DVR	-,528*	,115	-,047	,032
ŠTL	-,456*	,366	-,078	,040
dpl-2	-,187	-,570*	,125	,011
pl-2	-,230	-,459*	,113	,074
dpl-1	-,107	-,454*	,063	,028
dpl-3	,064	-,423*	,052	-,014
pl-1	-,174	-,384*	,074	,098
pl-3	,009	-,383*	,036	,033
DP	,039	-,366*	,128	-,099
šl-3	-,015	-,231*	,024	-,008
šl-2/dpl-2	-,003	,293	-,031	,137
šl-1/dpl-1	-,087	,283	,003	,134
kl-2/25%	,049	,255	-,028	,086
šl-3/dpl-3	-,108	,264	-,034	,070
šl-2/80%/(d80%-2)	-,149	,272	-,004	,157
šl-2	-,183	-,220	,068	,125
šl-2/80%	-,273	-,024	,056	,136
kl-3/25%	-,089	,242	-,047	,060
šl-3/80%/(d80%-3)	-,143	,234	-,054	,152
šl-1/80%/(d80%-1)	-,162	,271	,000	,154
šl-1/80%	-,251	,011	,027	,144
šl-3/90%/(d90%-3)	-,117	,243	,050	,104
šl-1/90%/(d90%-1)	-,066	,293	,134	,085
šl-1	-,198	-,171	,056	,129
mmšl-1	-,199	,196	-,137	-,142
mmšl-2	-,174	,088	-,032	-,017
šl-3/80%	-,100	-,101	-,036	,105
mmšl-3	-,112	,156	,094	,040
šl-1/90%	-,153	-,020	,193	,078
šl-2/90%	-,204	-,044	,190	,082
kl-2/10%	,141	,115	-,093	-,022
Lastna vrednost	3,676	2,073	1,282	1,009
kumulativna varianca (%)	38,8	60,7	74,2	84,8

Testiranje razlik med centroidi (op.: centroid je točka, ki predstavlja povprečno enoto v skupini) kaže na značilne razlike med populacijami, medtem ko razlik med sončnimi in senčnimi podvzorci znotraj posameznih populacij nismo potrdili (preglednica 50).

Preglednica 50: Značilnost razlik med posameznimi skupinami poljskega jesena, dobljene po metodi diskriminativne analize (test razlik kvadratov Mahalanobisevih razdalj; F -vrednosti (n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$).

		Kost sončni	Kost senčni	ČrnL sončni	ČrnL senčni	Orlo sončni	Orlo senčni	Lijak sončni	Lijak senčni	Drag sončni
Kost	sončni	-								
	senčni	1,16 n.s.	-							
ČrnL	sončni	3,83***	3,22***	-						
	senčni	3,79***	3,12***	0,75n.s.	-					
Orlo	sončni	3,17***	2,91***	3,40***	3,43***	-				
	senčni	2,00**	1,72*	3,14***	2,53***	1,45n.s.	-			
Lijak	sončni	2,72 **	2,42***	2,89***	2,74***	2,33***	2,27***	-		
	senčni	3,58***	3,09***	2,51***	1,81*	3,43***	2,69***	0,81n.s.	-	
Drag	sončni	3,80***	4,01***	5,97***	5,90***	4,00***	4,41***	2,44***	4,05***	-
	senčni	3,91***	3,48***	5,63***	5,11***	3,91***	3,85***	2,86***	3,58***	0,86n.s.

Rezultate diskriminativne analize smo preverili tudi s klasifikacijo dreves (drevesa ločena na sončni in senčni del) v posamezne skupine (podvzorec znotraj populacij). Za ta namen smo uporabili linearne klasifikacijske funkcije, ki so izračunane za vsak podvzorec posebej (priloga A). Z njihovo neposredno uporabo izračunamo za vsako drevo (ločeno za sončni oz. senčni del) klasifikacijsko vrednost. Vzorec razvrstimo v tisto skupino za katero smo izračunali največjo klasifikacijsko vrednost (primer izračuna v prilogi A). Na osnovi takšnega izračuna smo v pravilno skupino (podvzorec znotraj populacije) razvrstili 76 % dreves (preglednica 51). Pri primerih nepravilne klasifikacije prevladujejo drevesa, ki so bila razvrščena v drugi podvzorec znotraj iste populacije. Od vseh nepravilno razporejenih dreves znaša njihov delež 76 %. V pravilno populacijo je bilo tako razporejenih 94 % dreves.

Preglednica 51: Na osnovi diskriminativne analize narejena razvrstitev dreves v podvzorce (osnovna razvrstitev)

		delež pravilno razvrščenih enot (%)		po modelu predvidena razvrstitev dreves									
		podvzorec populacija		Kost sončni	Kost senčni	ČrnL sončni	ČrnL senčni	Orlo sončni	Orlo senčni	Lijak sončni	Lijak senčni	Drag sončni	Drag senčni
Kost	sončni	79	96	11	2	0	0	0	0	1	0	0	0
	senčni	71		4	10	0	0	0	0	0	0	0	0
ČrnL	sončni	71	96	0	1	10	3	0	0	0	0	0	0
	senčni	79		0	0	3	11	0	0	0	0	0	0
Orlo	sončni	79	89	0	0	1	0	11	2	0	0	0	0
	senčni	79		1	1	0	0	1	11	0	0	0	0
Lijak	sončni	93	93	0	0	0	0	0	0	13	1	0	0
	senčni	64		0	0	0	1	0	0	3	9	0	1
Drag	sončni	71	96	0	0	0	0	1	0	0	0	10	3
	senčni	79		0	0	0	0	0	0	0	0	3	11
Skupno		76	94	16	14	14	15	13	13	17	10	13	15

Kadar poskušamo klasificirati vzorce, ki smo jih hkrati uporabili tudi za izgradnjo samega modela, so rezultati takšne analize praviloma preveč optimistični. Le-to se kaže v prevelikem deležu pravilno razvrščenih vzorcev, do česar je prišlo tudi pri naši analizi. Realnejšo oceno modela bi dobili, če bi poskušali klasificirati vzorce iz obravnavanih populacij, ki pa sami kot taki niso bili uporabljeni pri izgraditvi modela. Ker smo v naši analizi uporabili vse vzorce (sončne in senčne vzorce dreves) že za izgradnjo modela, smo le-tega ocenili z navzkrižnim preverjanjem (ang. cross-validation). Vsak sončni oziroma senčni vzorec drevesa smo klasificirali s pomočjo klasifikacijskih funkcij, ki so bile izpeljane na podlagi vseh ostalih vzorcev (proučevani vzorec ni vključen v izdelavo funkcij).

Po izvedbi navzkrižnega preverjanja se je delež pravilno razvrščenih dreves v podvzorce zmanjšal (preglednica 52). V pravilno skupino (podvzorec znotraj populacije) smo pravilno razvrstili le 33 % dreves, medtem ko je delež pravilne razvrstitve v populacije v povprečju še vedno velik 71 %. V primerih nepravilne razvrstitve je šlo največkrat za razvrščanje v drugi podvzorec znotraj iste populacije (57 %). Najbolj 'samosvoja' je populacija Dragonja, pri kateri znaša delež pravilne razvrstitve 89 %, sledita ji populaciji Črni log (75 %) in Orlovšček (71 %). Populaciji, pri katerih prihaja do največjega medsebojnega zamenjevanja in nepravilnega razvrščanja sta Kostanjevica in Orlovšček, kar je razvidno tudi na sliki 20. Kar 6 od skupno 10. nepravilno razvrščenih vzorcev pri populaciji Kostanjevica smo po modelu klasificirali v Orlovšček ter obratno, 6 od osmih vzorcev iz Orlovščka smo nepravilno razvrstili v Kostanjevico. V primerih, ko smo na

podlagi modela razvrstili vzorec v nepravilno populacijo je pri 35 % primerov prišlo tudi do zamenjave razvrstitve glede osončenosti (npr. pri sončnih vzorcih iz Kostanjevice smo od šestih napačnih razvrstitev le-te v 2. primerih razvrstili med senčne vzorce populacije Orlovšček). Iz tega lahko sklepamo, da so sončni listi ene populacije po morfoloških znakih lahko zelo podobni senčnim listom druge populacije in obratno.

Preglednica 52: Na osnovi diskriminativne analize narejena razvrstitev dreves v podvzorce (razvrstitev z navzkrižnim preverjanjem)

		delež pravilno razvrščenih enot (%)		po modelu predvidena razvrstitev dreves									
		podvzorec populacija		Kost sončni	Kost senčni	ČrnL sončni	ČrnL senčni	Orlo sončni	Orlo senčni	Lijak sončni	Lijak senčni	Drag sončni	Drag senčni
Kost	sončni	21	61	3	5	0	0	1	2	1	0	2	0
	senčni	29		5	4	0	0	2	1	1	0	0	1
ČrnL	sončni	29	75	0	1	4	8	0	1	0	0	0	0
	senčni	7		0	0	8	1	0	2	0	3	0	0
Orlo	sončni	71	71	0	0	1	0	10	2	1	0	0	0
	senčni	29		2	4	0	0	4	4	0	0	0	0
Lijak	sončni	21	61	0	1	0	0	2	0	3	6	1	1
	senčni	21		1	0	1	1	1	1	5	3	0	1
Drag	sončni	50	89	0	0	0	0	1	0	1	0	7	5
	senčni	50		0	0	0	1	0	0	0	0	6	7
Skupno		33	71	11	15	14	11	21	13	12	12	16	15

4.4 PRIMERJAVA POLJSKEGA IN VELIKEGA JESENA

4.4.1 Primerjava morfološke variabilnosti listov

Primerjava posameznih morfoloških znakov na listih je pokazala, da se aritmetične sredine le-teh med vrstama poljski in veliki jesen značilno razlikujejo. Značilne razlike smo potrdili pri 27-tih znakih iz sončnega in 28-tih znakih senčnega podvzorca (preglednica 53). Vzorec razlikovanja med vrstama je med sončnimi in senčnimi listi zelo podoben (korelacija = 0,92). Največje razlike opazimo pri morfoloških znakih, ki se nanašajo na velikost listov in lističev. Tako so na primer listi velikega jesena (npr. sončni: 138,5 cm²) po površini več kot 2-krat večji od listov poljskega jesena (sončni: 56,6 cm²). Le-to je posledica tako večje površine posameznih lističev kot večjega števila lističev v posameznih listih. Razlik nismo potrdili pri znakih, ki se nanašajo na oblikovanost dna in vrhov listnih ploskev posameznih lističev in znakih, ki nakazujejo oblikovanost tretjega lističa; to sta razmerje med širino in dolžino ploskve lističa in mesto maksimalne širine lističa.

Preglednica 53: Aritmetične sredine in standardni odkloni posameznih znakov na listih glede na njihovo osončenost in drevesno vrsto. Značilnost razlik smo preizkusili z neparametričnim U-testom (n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$)

vrsta → ↓ znak	sončni listi					senčni listi				
	poljski jesen		veliki jesen		U-test	poljski jesen		veliki jesen		U-test
	mean	stdev	mean	stdev		mean	stdev	mean	stdev	
PL (cm ²) ^a	56,6	16,5	138,5	29,9	***	67,3	19,8	135,7	21,4	***
DL (cm)	20,5	3,01	31,52	3,25	***	21,7	2,99	31,8	2,67	***
DP (cm)	4,45	0,66	5,81	0,89	***	4,15	0,69	5,41	0,90	***
ŠTL (število)	8,61	1,9	11,06	0,91	***	9,51	1,88	11,2	1,08	**
DVR (cm)	8,37	2,78	14,08	1,99	***	10,0	2,72	14,6	1,97	***
pl-1 (cm ²)	7,53	2,20	10,78	2,68	***	7,92	2,33	11,2	2,04	***
dl-1 (cm)	7,71	1,37	8,76	0,98	**	7,54	1,39	8,69	0,99	**
šl-1 (cm)	1,86	0,28	2,41	0,38	***	2,02	0,31	2,59	0,30	***
šl-1/dpl-1	0,27	0,04	0,32	0,03	**	0,31	0,05	0,35	0,05	*
dpl-1 (cm)	6,89	1,17	7,62	0,84	*	6,65	1,17	7,46	0,83	*
mmšl-1 (%)	0,45	0,05	0,51	0,04	***	0,47	0,05	0,52	0,03	***
šl-1/80% (cm)	0,75	0,18	1,04	0,41	**	0,88	0,23	1,19	0,31	**
šl-1/90% (cm)	0,35	0,07	0,42	0,14	*	0,39	0,09	0,44	0,10	n.s.
šl-1/80%/(d80%-1)	0,56	0,02	0,69	0,06	n.s.	0,68	0,02	0,81	0,06	n.s.
šl-1/90%/(d90%-1)	0,52	0,01	0,56	0,04	n.s.	0,60	0,02	0,61	0,04	n.s.
kl-1/10% (°)	19,16	4,35	20,49	3,27	n.s.	18,81	4,07	20,9	2,10	*
kl-1/25% (°)	20,54	3,03	20,92	1,90	n.s.	21,8	3,18	22,4	2,27	n.s.
dp-1 (cm)	0,82	0,30	1,15	0,24	***	0,89	0,33	1,23	0,27	**
pl-2 (cm ²)	7,11	1,86	11,88	3,11	***	7,80	2,13	12,4	1,95	***
šl-2 (cm)	1,69	0,23	2,30	0,36	***	1,87	0,27	2,47	0,26	***
šl-2/dpl-2	0,26	0,04	0,29	0,03	**	0,29	0,05	0,32	0,04	*
dpl-2 (cm)	6,58	1,03	7,98	0,89	***	6,51	1,12	7,76	0,83	***
mmšl-2 (%)	0,40	0,04	0,44	0,04	**	0,42	0,04	0,45	0,04	*
šl-2/80% (cm)	0,70	0,15	1,03	0,34	***	0,83	0,20	1,21	0,29	***
šl-2/90% (cm)	0,33	0,07	0,41	0,14	*	0,37	0,08	0,47	0,13	**
šl-2/80%/(d80%-2)	0,54	0,02	0,64	0,04	n.s.	0,66	0,02	0,80	0,06	*
šl-2/90%/(d90%-2)	0,52	0,01	0,51	0,04	n.s.	0,59	0,02	0,61	0,05	n.s.
kl-2/10% (°)	30,6	4,23	32,1	3,71	n.s.	31,0	4,7	33,7	3,79	*
kl-2/25% (°)	23,3	2,69	24,5	1,74	n.s.	25,3	3,17	26,8	2,09	n.s.
pl-3 (cm ²)	3,88	1,22	8,41	2,47	***	3,78	1,2	6,95	2,3	***
šl-3 (cm)	1,35	0,22	1,99	0,36	***	1,40	0,22	1,87	0,34	***
šl-3/dpl-3	0,30	0,05	0,31	0,05	n.s.	0,34	0,06	0,34	0,06	n.s.
dpl-3 (cm)	4,55	0,88	6,50	1,01	***	4,24	0,87	5,66	1,19	***
mmšl-3 (%)	0,31	0,03	0,32	0,02	n.s.	0,33	0,04	0,33	0,03	n.s.
šl-3/80% (cm)	0,46	0,10	0,80	0,22	***	0,50	0,1	0,77	0,2	***
šl-3/90% (cm)	0,24	0,05	0,39	0,10	***	0,25	0,05	0,36	0,09	***
šl-3/80%/(d80%-3)	0,53	0,02	0,63	0,04	*	0,62	0,02	0,70	0,05	n.s.
šl-3/90%/(d90%-3)	0,54	0,01	0,62	0,04	n.s.	0,63	0,02	0,67	0,05	n.s.
kl-3/10% (°)	38,2	5,52	40,5	4,28	n.s.	40,0	5,6	42,5	4,55	n.s.
kl-3/25% (°)	28,5	3,51	29,2	3,38	n.s.	31,0	3,84	31,2	3,94	n.s.

^a primer: razlike v površini sončnih listov (PL) med poljskim (56,6 cm²) in velikim jesenom (138,5 cm²) smo z U-testom potrdili kot zelo visoko značilne ($P < 0,001$)

4.4.2 Primerjava morfološke variabilnosti plodov

Primerjava plodov poljskega in velikega jesena kaže, da med vrstama obstajajo značilne razlike. Plodovi poljskega jesena so značilno večji, kar je predvsem posledica njihove večje dolžine, medtem ko razlik v širini plodov nismo potrdili (preglednica 54). Razlike smo potrdili tudi za znak, ki se nanaša na položaj maksimalne širine plodov (mmšp) in sicer je to mesto pri velikem jesenu postavljeno višje. Pri testiranju razlik v oblikovanosti baze plodov smo le-to potrdili pri obeh znakih, ki omenjeno oblikovanost opisujeta. Poljski jesen ima v primerjavi z velikim plodove, ki so na bazi močnejše 'zašiljeni', kar sklepamo na podlagi manjših kotov (kp-5% in kp-15%).

Preglednica 54: Aritmetične sredine in standardni odkloni posameznih znakov na plodovih pri poljskem in velikem jesenu. Značilnost razlik smo preizkusili z neparametričnim U-testom (n.s. $P > 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$).

vrsta → ↓ znak	poljski jesen		veliki jesen		U-test
	mean	stdev	mean	stdev	
pp (cm ²)	2,31	0,42	1,91	0,14	**
dp (cm)	3,88	0,48	3,38	0,24	**
šp (cm)	0,78	0,10	0,75	0,07	n.s.
šp/dp	0,20	0,03	0,22	0,03	n.s.
mmšp (%)	0,57	0,07	0,63	0,04	*
šp-50% (cm)	0,75	0,09	0,71	0,07	n.s.
šp-90% (cm)	0,51	0,10	0,52	0,06	n.s.
kp-5% (°)	29,72	6,88	35,86	4,14	*
kp-15% (°)	20,86	3,99	23,01	2,20	*

4.4.3 Multivariatna analiza listnih znakov na osnovi diskriminativne analize

Glede na rezultate izoliranih statističnih primerjav, po katerih se vrsti poljski in veliki jesen v večini primerov značilno razlikujeta (preglednica 53), smo s pomočjo diskriminativne analize poskušali odpraviti slabosti izoliranih primerjav in dejansko ugotoviti, kateri so tisti znaki oziroma kombinacija znakov, ki pri omenjenih vrstah predstavljajo največjo ostrino razlikovanja. Za analizo smo združili vseh pet populacij poljskega jesena v eno skupino, drugo skupino pa je predstavljal veliki jesen iz populacije Dolsko. Znotraj vrst smo ohranili deljenost na sončni oz. senčni podzorec.

Pri diskriminativni analizi smo izbrali metodo Forward, kjer neodvisne spremenljivke, ki izpolnjujejo kriterije vključitve (po ena) vstopajo v model. V našem primeru so v model vstopale spremenljivke glede na njihov vpliv zniževanja Wilksove lambde. Tako je v posameznem koraku v model vstopila tista spremenljivka, ki je zminimalizirala skupno

Wilksovo lambda. V analizi so bile uporabljene tri diskriminativne funkcije, katere smo tudi testirali. Značilni prispevek k razlikovanju vrst poljski in veliki jesen oziroma sončnih in senčnih podvzorcev znotraj vrst, smo potrdili pri dveh funkcijah (preglednica 55).

Preglednica 55: Test števila funkcij, ki v modelu značilno prispevajo k razlikovanju med skupinami. Manjša vrednost Wilksove lambde predstavlja večjo diskriminatorno moč funkcije.

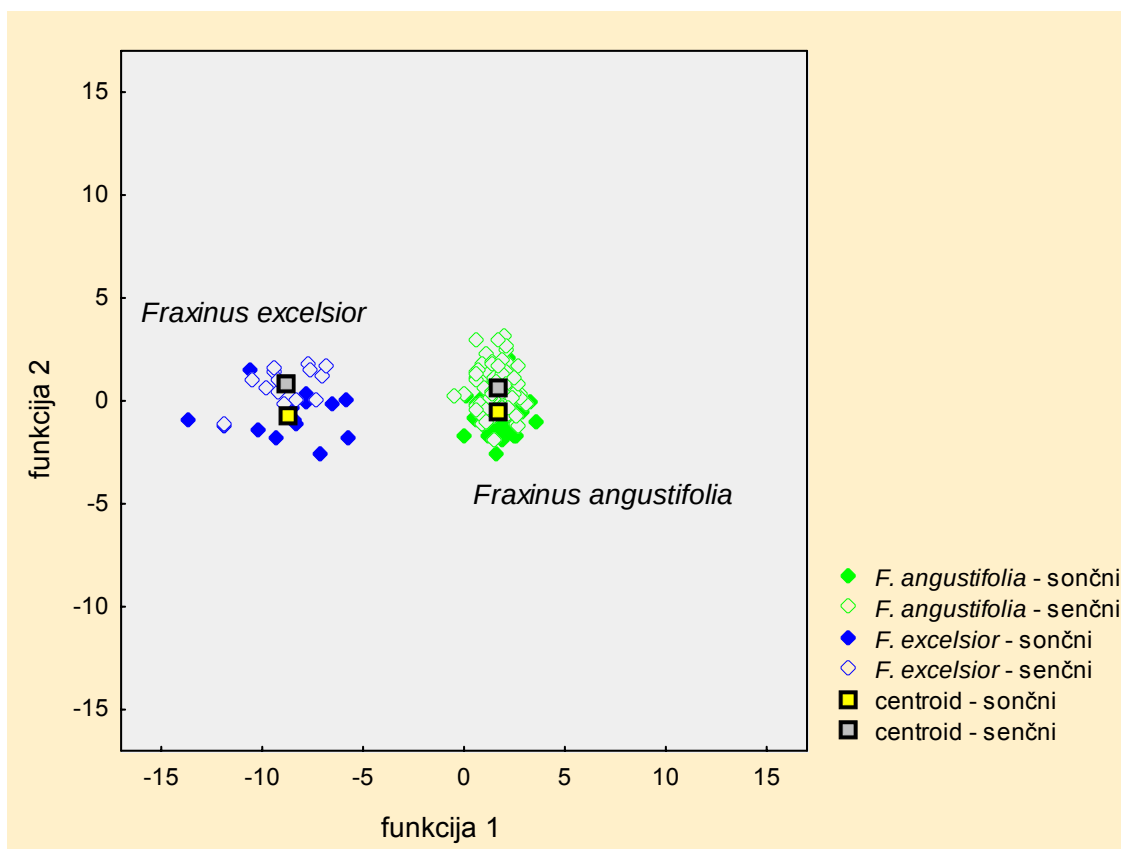
odstranjena funkcija	Wilksova lambda	hi-kvadrat test	df	Sig.
0	,042	508,492	30	,000
1	,689	59,670	18	,000
2	,929	11,729	8	,164

Prva funkcija, ki v modelu pojasnjuje več kot 97 % celotne variabilnosti jasno razlikuje poljski jesen od velikega. S samo funkcijo najmočnejše korelirajo znaki, ki se nanašajo na velikost celotnega lista, kot npr. dolžina in površina lista, medtem ko so korelacije diskriminantnih funkcij in ostalih znakov šibkejša (preglednica 56). Čeprav druga funkcija pojasnjuje vsega skupaj 2 % preostale variabilnosti, je njen prispevek k razlikovanju posameznih podvzorcev statistično značilen (preglednica 55). Znaki, ki s funkcijo najmočnejše korelirajo so predvsem tisti, ki se nanašajo na zašiljenost in širino lističev, ostrina razlikovanja, ki jo povzroča, pa je majhna.

Preglednica 56: Korelacije med morfološkimi znaki na listih in posameznimi diskriminativnimi funkcijami (* pomeni največjo absolutno korelacijo med posameznim znakom in eno izmed funkcij).

znak	funkcija 1	funkcija 2
DL (cm)	-,338*	,256
šl-2/80%/(d80%-2)	-,070	,631*
šl-2 (cm)	-,222	,563*
šl-1/80% (cm)	-,125	,473*
DP (cm)	-,175	-,392*
mmšl-1 (%)	-,115	,359*
dpl-1 (cm)	-,065	-,169*
PL (cm ²)	-,366	,308
DVR (cm)	-,186	,432
kl-2/10% (°)	-,046	,131
Lastna vrednost	15,529	0,347
kumulativna varianca (%)	97,3	99,5

Vzorec razpršenosti, ki ga povzročata funkciji 1 in 2, kaže na jasno razlikovanje poljskega in velikega jesena in to ne glede na osončenost listov (slika 21). Razlike, ki so posledica različne osončenosti listov so majhne, vendar s podobnim vzorcem pri obeh obravnavanih vrstah. Na podlagi rezultatov (preglednica 56, slika 21) lahko ugotovimo, da so senčni listi obeh vrst v povprečju širši, bolj na kratko zašiljeni in z najširšim mestom lističa, ki leži nekoliko višje kot pri sončnih listih.



Slika 21: Vzorec razpršenosti poljskega in velikega jesena, ki ga povzročata prvi dve diskriminativni funkciji

Testiranja razlik med centriidi^a, le-to smo izvedli s pomočjo testa razlik kvadratov Mahalanobisevih razdalj, so pokazala na visoko značilne razlike med vrstama in na nizko značilne razlike med sončnim in senčnim podvzorcem poljskega jesena. Razlik, ki bi bile posledica različne osončenosti znotraj velikega jesena nismo potrdili (preglednica 57). Da so se razlike med sončnim in senčnim podvzorcem znotraj poljskega jesena v zadnjem primeru izkazale kot značilne in v primeru, ko smo primerjali vpliv osončenosti znotraj posameznih populacij kot neznačilne (glej preglednico 50) je razlog v tem, da smo z združitvijo vseh populacij dobili veliko večji vzorec (2×70 dreves) kar v statističnih

^a centroid je točka, ki predstavlja povprečno enoto v skupini

preizkusih zagotavlja veliko večjo ostrino razlikovanja in potrjevanje še tako majhnih razlik med primerjanimi skupinami. Zato kot najverjetnejši razlog nepotrjenih razlik med sončnim in senčnim podvzorcem velikega jesena pripisujemo ravno velikosti primerjanih vzorcev (2×14 dreves).

Preglednica 57: Značilnost razlik med posameznimi skupinami poljskega jesena dobljenih po metodi diskriminativne analize (test razlik kvadratov Mahalanobisevih razdalj; *F*-vrednosti (n.s. $P>0,05$; * $0,01<P<0,05$; ** $0,001<P<0,01$; *** $P<0,001$).

		<i>F. angustifolia</i> sončni	<i>F. angustifolia</i> senčni	<i>F. excelsior</i> sončni	<i>F. excelsior</i> senčni
<i>F. angustifolia</i>	sončni	-			
	senčni	1,75 *	-		
<i>F. excelsior</i>	sončni	40,01***	41,60***	-	
	senčni	39,66***	40,59***	1,17n.s.	-

Na osnovi diskriminativne analize smo v pravilno skupino (podvzorec znotraj vrste) razvrstili 65 % dreves (preglednica 58). Pri primerih nepravilne klasifikacije gre pri vseh primerih za razvrstitev dreves v drugi podvzorec znotraj iste vrste, kar pomeni, da smo bili pri uvrščanju posameznih podvorcev v 'pravo' vrsto 100 % uspešni.

Preglednica 58: Na osnovi diskriminativne analize narejena razvrstitev dreves v podvzorce (razvrstitev z navzkrižnim preverjanjem)^a

		delež pravilno razvrščenih enot (%)		po modelu predvidena razvrstitev			
		podvzorec	vrsta	<i>F. angustifolia</i> sončni	<i>F. angustifolia</i> senčni	<i>F. excelsior</i> sončni	<i>F. excelsior</i> senčni
<i>Fraxinus angustifolia</i>	sončni	67	100	47	23	0	0
	senčni	66		24	46	0	0
<i>Fraxinus excelsior</i>	sončni	50	100	0	0	7	7
	senčni	71		0	0	4	10
Skupno		65	100	71	69	11	17

^a Za razlago razvrstitve z navzkrižnim preverjanjem glej tekst pod preglednico 51

5 RAZPRAVA

Poljski jesen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) je vrsta, ki jo v Sloveniji najdemo v nižinskem svetu, ob večjih rekah, predvsem v subpanonskem in submediteranskem fitogeografskem območju. Gozdovi, v katerih se vrsta pojavlja, so bili zaradi bližine prebivališč vedno pod močnim vplivom človeka. Z intenzivnim gospodarjenjem je človek spremenil njihovo sestojno in vrstno strukturo, z reguliranjem vodnega režima je spremenil rastišča teh gozdov. V naravnih sestojih pri nas smo poljski jesen največkrat opazili v družbi hrasta doba, črne jelše, navadnega belega gabra, vrb in topolov. Poleg omenjenih smo pri terenskem opazovanju zasledili tudi nekatere tuje drevesne vrste, v populaciji Kostanjevica na primer rdeči hrast in ameriški jesen. Slednjega smo pogosto videvali tudi v prekmurskih populacijah, poleg njega pa tudi črni oreh in zeleni bor. Gospodarjenje s temi gozdovi je zelo specifično, velikopovršinsko, ter zaradi močno razvite zeliščne plasti (npr. japonski dresnik - *Fallopia japonica*) ponekod golosečno. Nekoliko naravnejšo vrstno sestavo sestojev s poljskim jesenom smo spremljali v populaciji Lijak in Dragonja, kjer gre v obeh primerih za sestoje, ki so večinoma panjevskega nastanka, kar zopet nakazuje na velik vpliv človeka. Glede drevesne sestave velja omeniti tudi veliki jesen, čigar prisotnost smo zasledili na vseh raziskovalnih ploskvah, enako velja tudi za mali jesen. Velika morfološka podobnost in skupno pojavljanje velikega in poljskega jesena v sestojih vodi do njunega zamenjevanja tako v odraslih sestojih, kjer se najjasnejše razlike med vrstama nahajajo visoko v krošnjah dreves, kot pri mladju, kjer večina razlikovalnih morfoloških znakov ostaja še nerazvitih. S težavnim razlikovanjem med omenjenima vrstama smo se soočali tudi sami. Z uporabo določevalnih ključev (Fitschen, 2006; Roloff in Bärtels, 2006; Fraxigen, 2004) smo sicer večino dreves determinirali, naleteli pa smo tudi na nekaj dreves z vmesnimi morfološkimi lastnostmi med obema vrstama. Vzorce z nekaj takšnih dreves smo nabrali za genetsko raziskavo, medtem ko jih v morfometrijske analize nismo vključevali.

Poljski jesen ima v primerjavi z velikim jesenom večje zahteve po toploti, v primerjavi z njim pa prenese tudi dlje časa poplavljen rastišča. Po podatkih ZGS se poljski jesen poleg submediteranskega in subpanonskega sveta, kar predstavlja njegovo optimalno okolje, pojavlja tudi v drugih delih Slovenije kot npr. Gorenjska, Kočevska, Postojnska, Koroška. Glede na njegove ekološke potrebe lahko domnevamo, da je bil na večino teh rastišč prinesen in pomotoma zamenjan z vrsto veliki jesen. Namreč, prisotnost poljskega jesena v Sloveniji so potrdili razmeroma pozno, šele v 50-tih letih 20. stoletja. Tudi kasneje je bilo vednosti o vrsti med gozdarji, kot tudi med botaniki majhno, razlikovanja z velikim jesenom so bila redka, to pa je vodilo do umetnega vnašanja poljskega jesena na rastišča, kjer ga po vsej verjetnosti v naravi ne bi bilo. Kot primer naj navedemo Kočevsko, kjer najdemo vrsto v nižinskih gozdovih ob reki Rinži. Zaradi veliko 'daljše in hladnejše zime',

ki je značilna za to območje, vrsta kot je poljski jesen, zaradi velike občutljivosti na mraz, skoraj zagotovo tu ne bi uspevala samoniklo.

V sestojih, kjer se veliki in poljski jesen pojavljata skupaj, cveti poljski jesen vselej pred velikim (Fraxigen, 2005), kar pomeni večjo občutljivost na mraz in na pozne pozebe. Kljub zgodnejšemu cvetenju poljskega jesena pa v sestojih, kjer rasteta skupaj, prihaja v posameznih letih do prekrivanja časa cvetenja, kar lahko privede do hibridizacije (Morand-Prieur et al., 2002; Gérard et al., 2006b; Fernández–Manjarrés et al., 2006). Glede na to, da sta tako poljski kot veliki jesen protoginični vrsti (predgodni pestič) se največkrat zgodi, da pelod poljskega jesena oprashi ženske cvetove velikega jesena, na katerem se razvije tudi hibridno seme. Takšno seme lahko izgubi dvojno oziroma trojno dormantnost, ki je značilna za veliki jesen ter ohrani enojno fiziološko dormantnost, značilno za poljski jesen (Gérard et al., 2006a). Skrajševanje časa dormantnosti pomeni skrajševanje časa izpostavljenosti semena napadom škodljivih žuželk in gliv, prehranjevanju ptic in glodalcev, kot tudi neugodnim vremenskim razmeram (Kraigher, 2001). Vrste s krajšo dormanco, v našem primeru poljski jesen in njegovi križanci, bi bile v selektivni prednosti tudi v primeru večjih klimatskih sprememb in zviševanju temperatur pri katerih dormantnost semena ne bi bila več potrebna, kar bi se lahko odražalo v hitrejšem razširjanju vrste (Fernández–Manjarrés et al., 2006). Pojavljanje morfološko vmesnih osebkov, ki bi lahko nakazovali na obstoj medvrstnih križancev so potrdila tudi naša terenska opazovanja, predvsem pri populacijah Črni log, Orlovšček in Kostanjevica, kjer smo opazili tudi večji delež dreves velikega jesena. Pri terenskem razpoznavanju hibridov v simpatričnem okolju si lahko pomagamo tudi s fenološkimi opazovanji. Čas cvetenja križancev se namreč nahaja ravno med časom cvetenja obeh starševskih vrst (Gérard et al., 2006a). Z razvojem molekularnih tehnik pa je v današnjem času obstoj hibridizacije možno potrditi tudi z genetskimi raziskavami.

5.1 RAZLIKOVANJE POPULACIJ POLJSKEGA JESENA

Ugotovili smo, da k variabilnosti listov pri poljskem jesenu značilno prispevajo vsi proučevani nivoji (populacija, osončenost, drevo znotraj populacije). Največji del variabilnosti prispevajo razlike med drevesi v posameznih populacijah, sledi jim variabilnost, ki je posledica razlik med populacijami in nazadnje variabilnost, ki je posledica različne osončenosti v analizi obravnavanih listov. Variabilnost med drevesi znotraj populacij prispeva med 32-88 % celotne variabilnosti, z nekoliko večjim vplivom pri znakih, ki opisujejo obliko lističev. Vpliv razlik med populacijami na variabilnost listov je manjši in sicer se giblje med 2-56 %. Kljub povprečno manjšemu prispevku, pa je z razlikami med populacijami pojasnjen velik del variabilnosti pri znakih, ki se nanašajo na velikost listov, kar predstavlja dobro osnovo za razlikovanje posameznih populacij in

morebitnih podvrst poljskega jesena v Sloveniji. Vpliv različne osončenosti listov se kaže predvsem v obliki lističev in manj v znakih velikosti lističev.

5.1.1 Razlike med populacijami poljskega jesena v posameznih morfoloških znakih na listih

Primerjava posameznih morfoloških znakov na listih znotraj in med populacijami poljskega jesena je pokazala na veliko variabilnost vrste. Tako za večino znakov velja, da znotraj populacijska variabilnost presega variabilnost med populacijami. Po znakih, ki se nanašajo na velikost listov, z najmanjšimi listi močnejše izstopa populacija Dragonja, medtem ko so razlike med ostalimi populacijami manjše. V določevalnih ključih imajo znaki velikosti listov in lističev za razlikovanje posameznih podvrst poljskega jesena majhno razlikovalno moč. Dolžina listov od 8–20 cm, kolikor je navedena v določevalnih ključih (Fitschen, 2006; Roloff in Bärtels, 2006; Brus, 2008) je presežena v vseh populacijah razen v Dragonji, kjer znaša povprečje sončnih in senčnih listov okoli 17 cm. Sledi ji populacija Lijak z listi dolgimi okoli 21 cm, populaciji Orlovšček in Kostanjevica ter z najdaljšimi populacija Črni log za katero velja povprečje tako sončnih kot senčnih listov več kot 23 cm. Populacija Dragonja je edina, ki se glede dolžine listov, od vseh ostalih populacij, tudi od populacije Lijak, zelo visoko značilno razlikuje in sicer tako po sončnih kot po senčnih listih. Kljub jasnemu razlikovanju pa se obravnavani znak v nobenem od uporabljenih ključev ne omenja kot razlikovalni znak med podvrsto *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *angustifolia* in *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *oxycarpa* (Bieb. ex Willd.) Franco et Rocha Alfonso na podlagi katerega bi lahko sklepali oziroma potrdili prisotnost posamezne podvrste poljskega jesena v Sloveniji.

Število lističev je morfološki znak, ki v določevalnih ključih, pripisuje podvrsti *F. a.* subsp. *angustifolia* nekoliko večjo heterogenost in sicer le-ta znaša med 5–13 lističi, medtem ko naj bi se število lističev pri podvrsti *F. a.* subsp. *oxycarpa* gibalo med (5)7-9(11). Glede omenjenega znaka populaciji Dragonja in Lijak resnično kažeta nekoliko večjo variabilnost, kar se ujema s predpostavko o večji variabilnosti mediteranske podvrste. Po drugi strani ima populacija Črni log največje število lističev, v povprečju 11, pri nekaterih drevesih povprečje celo presega 13 lističev, kar v ključih velja za zgornjo mejo lističev pri poljskem jesenu nasploh. Po eni strani nam te ugotovitve potrjujejo veliko variabilnost vrste in po drugi kažejo na nedoslednost in nenatančnost določevalnih ključev pri opisu vrste poljski jesen. Razloge za tovrstne pomanjkljivosti je iskati tako v pomanjkanju morfoloških raziskav, ki bi obravnavale poljski jesen na lokalnem nivoju kot obsežnejših raziskav, ki bi zajele vrsto v celotnem arealu njene razširjenosti. Ena od redkih raziskav v kateri so med drugim proučevali tudi morfologijo poljskega jesena je bila narejena v Franciji (Fernández-Manjarrés et al., 2006). Ker se omenjena raziskava metodološko razlikuje od naše, navajamo rezultate zgolj za primerjavo (podatki za slovenske populacije

veljajo samo za sončne liste). V petih populacijah poljskega jesena na jugu Francije je znašalo minimalno število lističev na drevo v posamezni populaciji od 4,47 do 5,75 (pri nas od 4,25 pri Dragonji do 8,10 pri Črnem logu) in maksimalno število lističev od 8,50 do 9,33 (pri nas od 8,43 pri Kostanjevici do 12,50 pri Črnem logu). Kljub temu, da smo v naši raziskavi liste iz posameznih dreves nabirali samo iz sredine enoletnih poganjkov in so bili vzorci zaradi tega bolj homogeni (pri francoski raziskavi so v analizo vključili vse liste na posameznem poganjku) so naše populacije po številu lističev veliko variabilnejše. Razlogi za manjšo 'francosko' variabilnost lahko iščemo v manjši genetski variabilnosti. Namreč, v taisti raziskavi so Fernández–Manjarrés et al. (2006) s pomočjo jedrnih mikrosatelitnih markerjev v obravnavanih populacijah poljskega jesena potrdili majhno število alelov, kar bi lahko nakazovalo tudi manjšo morfološko variabilnost.

Populacija Dragonja ima poleg najmanjših listov tudi najmanjše lističe (manjša odstopanja so le pri lističu št. 3). Po velikosti posameznih lističev ji je najbližje populacija Lijak, največje lističe pa najdemo v populaciji Kostanjevica. Določevalni ključi pripisujejo mediteranski podvrsti poljskega jesena nekoliko večjo variabilnost v dolžini posameznih lističev, kar v našem primeru še posebno velja za populacijo Lijak, medtem ko je variabilnost dolžine lističev populacije Dragonja manjša. Glede širine lističev so razlike med populacijami manjše. Absolutno gledano srečamo najožje lističe v populaciji Dragonja, njej najbližje pa je populacija Lijak, vendar so razlike neznčilne. Primerjava francoske raziskave (Fernández–Manjarrés et al., 2006) z našo (podatki za sončne liste) kaže, da se dolžina lističa št. 2 v populacijah poljskega jesena v Franciji nahajala med 6,03 in 7,10 cm, medtem ko znaša dolžina lističa št. 2 pri naših populacijah med 5,66 cm pri Dragonji in 7,68 cm pri populaciji Kostanjevica. Na večjo variabilnost naših populacij kaže tudi primerjava v širini lističev št. 2 in sicer se ta širina v francoskih populacijah nahaja med 1,90 in 2,06 cm in pri nas med 1,52 cm pri Dragonji in 1,82 cm v Kostanjevici. Glede na razširjenost posameznih podvrst poljskega jesena (Fraxigen, 2005), pripadajo populacije iz juga Francije najverjetneje podvrsti *F. a. subsp. angustifolia* za katero Roloff in Bärtels (2006) navajata večjo variabilnost tako v številu lističev kot v njihovi dolžini. Slovenske populacije se v primerjavi s francoskimi kažejo kot variabilnejše, čemur je lahko vzrok večja heterogenost med populacijami, kot tudi večja genetska variabilnost. Genetske raziskave na velikem jesenu so pokazale na njegovo veliko variabilnost ravno v območju vzhodnih Alp kjer naj bi se nahajalo tudi eno izmed njegovih ledenodobnih zatočišč (Heuertz et al., 2004b). Kako je z genetsko variabilnost poljskega jesena pri nas pa nam bo deloma odgovorila tudi molekularna raziskava, ki že poteka na Gozdarskem inštitutu Slovenije.

Martinčič et al. (2007) kot enega izmed razlikovalnih znakov med mediteransko in panonsko podvrsto poljskega jesena navajajo oblikovanost baze lističev in sicer naj bi bili lističi pri panonski podvrsti na bazi polagoma zoženi in zato na videz pecljati. Primerjava

dolžine pecljev pri lističu št. 1 kaže, da so le-ti pri subpanonskih populacijah res nekoliko daljši, še posebno pri populaciji Kostanjevica, ki se po omenjenem znaku značilno razlikuje od populacij Lijak in Dragonja. Razlik med ostalimi populacijami v tem znaku nismo potrdili.

V analizi smo dali posebni poudarek tudi morfološkim znakom, ki nakazujejo oblikovanost lističev (relativna širina, zašiljenost, oblika listnega dna lističev). Na splošno lahko rečemo, da omenjeni znaki kažejo veliko variabilnost, ter da nanje močno vpliva osončenost o kateri bomo govorili v nadaljevanju. Med obravnavanimi 'oblikovnimi' znaki, bi težko izpostavili takšnega, ki bi nakazoval na razlike med submediteranskimi in subpanonskimi populacijami. Splošno vzeto ima populacija Kostanjevica relativno najožje, najbolj na dolgo zašiljene in na bazi najpočasneje zožene lističe, medtem ko ima populacija Lijak relativno najširše, na bazi najhitreje zožene in na najbolj kratko zašiljene lističe. Določevalni ključi so si glede oblikovanosti lističev nekoliko nasprotujoči. Tako Roloff in Bärtels (2006) za podvrsto *F. a. subsp. angustifolia* navajata ozko suličaste liste in za podvrsto *F. a. subsp. oxycarpa*, eliptično podolgaste do suličaste, medtem ko Martinčič et al. (2007) za podvrsto *F. a. subsp. angustifolia* suličaste in za *F. a. subsp. oxycarpa* ozkosuličaste lističe. Kljub omenjenemu nesoglasju, je razlikovalna ostrina obravnavanih lastnosti v določevalnih ključih premajhna za razlikovanje že tako majhnih razlik med obravnavanimi populacijami.

V določevalnih ključih se kot razlikovalni znak med podvrsto *F. a. subsp. angustifolia* in *F. a. subsp. oxycarpa* omenja tudi dlakavost listov. Teoretično vzeto, kažejo kvalitativni znaki, zaradi svoje nezvezne porazdelitve in možnostjo razločne segregacije skupin, v primerjavi z zveznimi kvantitativnimi znaki močnejšo razlikovalno ostrino. Pri slednjih prihaja pogostokrat do prekrivanj in zaradi tega do nejasnih mej med skupinami. Fitschen (2006) za podvrsto *F. a. subsp. angustifolia* navaja, da je spodnja stran lističev gola, medtem ko Roloff in Bärtels (2006) isti podvrsti pripisujeta po spodnji strani gole ali le ob glavni žili dlakave lističe, podvrsta *F. a. subsp. oxycarpa* naj bi imela spodnjo stran lističev dlakavo. Pri opazovanju listov obravnavanih populacij, razlik v dlakavosti lističev med njimi nismo opazili. Listi vseh dreves, ki smo jih zajeli v analizo so bili po spodnji strani, vsaj ob glavni žili močno dlakavi. Preverili smo, kako je z dlakavostjo lističev v populaciji Motovun ob reki Mirni (Istra), za katero Fukarek (1983) piše, da gre za podvrsto *F. a. subsp. angustifolia*. Tudi pri njej so bili lističi vseh opazovanih dreves po spodnji strani ob glavni žili močno dlakavi. Herbarijske primerke hranimo v herbariju Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani. V istem herbariju hranimo tudi primerek poljskega jesena iz Španije, čigar spodnja stran lističev je popolnoma gola. Ta primerek naj bi bil po kraju nabiranja in določevalnem ključu, podvrsta *F. a. subsp. angustifolia*. Če se osredotočimo samo na dlakavost listov, lahko na podlagi določevalnih ključev, ki dlakavost pripisujejo predvsem podvrsti *F. a. subsp.*

oxycarpa sklepamo, da omenjena podvrsta uspeva tudi v Sloveniji. In ker med vsemi obravnavanimi in analiziranimi drevesi ni bilo nobenega, ki bi imel spodnjo stran lističev golo, prisotnosti podvrste *F. a. subsp. angustifolia* v Sloveniji, na podlagi dlakavosti, ne moremo potrditi.

5.1.2 Razlike med populacijami poljskega jesena v posameznih morfoloških znakih na plodovih

Oblika plodov oziroma krilc pri poljskem jesenu je zelo variabilna. Na podlagi velikosti, oblike ali zgradbe krilca so v preteklosti izločili številne taksone, največkrat na nivoju forme (Fukarek, 1955). V določevalnih ključih se morfološki znaki plodov pri razlikovanju poljskega jesen na nižje taksonomske enote kažejo kot znaki z majhno razlikovalno ostrino. Od uporabljenih ključev so razlike v plodovih omenjene le pri Roloffu in Bärtelsu (2006), kjer za podvrsto *F. a. subsp. oxycarpa* navajata manjši razpon v dolžini, med 3–4 cm, in s tem večjo homogenost plodov, medtem ko naj bi bil razpon dolžine plodov pri podvrsti *F. a. subsp. angustifolia* med 2 in 6 cm. Variabilnost v dolžini plodov pri populaciji Lijak in Dragonja je resda večja od variabilnosti populacij Črni log in Orlovšček, vendar razlik statistično nismo potrdili. Razlike smo statistično potrdili le pri znaku, ki opisuje položaj najširšega mesta krilca. To mesto leži najvišje pri populaciji Dragonja in najnižje pri populaciji Črni log, medtem ko populaciji Orlovšček in Lijak predstavljata vmesne vrednosti. Glede večine merjenih znakov na plodovih lahko rečemo, da sta si populaciji Dragonja in Lijak morfološko bližji in populaciji Orlovšček in Črni log bližji, vendar razlike med enim in drugim parom populacij niso tako velike, da bi bile statistično značilne.

5.1.3 Razlike med populacijami poljskega jesena na podlagi multivariatne analize znakov na listih

Z uporabo metode glavnih komponent in diskriminativno analizo smo želeli odpraviti slabosti izoliranih primerjav, ki so pri večini znakov sicer pokazale na značilne razlike med populacijami, vendar večinoma z medpopulacijskim prekrivanjem, kar onemogoča postavitev jasnih mej na podlagi katerih bi potrdili prisotnost dveh podvrst poljskega jesena v Sloveniji. Zato smo z multivariatnima metodama želeli določiti kombinacijo znakov, ki bi obravnavane populacije kar se da jasno medsebojno razlikovali ter morda potrdili prisotnost podvrst.

Metoda glavnih komponent (PCA) je na osnovi morfoloških znakov na listih povzročila, da so se drevesa (na sliki 19 so drevesa predstavljena kot točke) iz petih populacij v Sloveniji v dvorazsežnem prostoru razporedila kontinuirano. Takšna razporeditev onemogoča potrditve obstoja dveh jasno ločenih skupin, ki bi lahko nakazovale na obstoj

dveh podvrst poljskega jesena pri nas. Prva komponenta, ki pojasnjuje največji delež skupne variabilnosti, razmešča drevesa na podlagi širine in zašiljenosti lističev. Z relativno najožjimi in najbolj na dolgo zašiljenimi lističi rahlo izstopa populacija Kostanjevica, medtem ko je izražanje (izstopanje) ostalih populacij neizrazito. Z drugo komponento najmočneje korelirajo znaki, ki se nanašajo na velikost posameznih lističev. Raztros dreves vzdolž druge komponente kaže na manjše lističe pri obeh primorskih populacijah in na večje lističe pri populacijah iz vzhodne Slovenije. Vendar so razlike majhne in težje razpoznavne. Tudi pri diskriminativni analizi so se kot najmočneje razlikovalni pokazali znaki 'velikosti' listov. S prvo diskriminativno funkcijo smo jasno razločili populacijo Dragonja, kot populacijo z najmanjšimi, od populacije Črni log kot populacije z največjimi listi. Druga diskriminativna funkcija razvršča drevesa na podlagi velikosti posameznih lističev in tako loči populacijo Lijak od populacij Kostanjevica in Orlovšek.

Pri obeh multivariatnih metodah so se z največjo močjo razlikovanja izkazali tisti znaki, ki se nanašajo na velikost listov in lističev. Znaki 'oblike' so se izkazali kot znaki manjše razlikovalne ostrine. Ne glede na uporabljeno metodo ugotavljamo, da z najmanjšimi listi izstopa populacija Dragonja in da je njej nekako najbližja populacije Lijak, kar se v celoti sklada z rezultati dobljenimi pri individualnih primerjavih.

Vzroka za različno velikost listov (velja tudi za ostale znake), sta predvsem dva, genetski zapis rastline in okolje v katerem rastlina raste, oziroma interakcija med njima. Kakšen je prispevek posameznega faktorja za določeno lastnost je težko ugotoviti. Številni morfološki in fenološki znaki, ki jih lahko pri rastlini opazimo, so rezultat delovanja enega ali več genov hkrati. Kvantitativne lastnosti, kot so dolžina, širina, prirastek, volumen.... lahko v določeni populaciji osebkov poljubno natančno izmerimo. Na te znake vpliva veliko število genov, vsak z (domnevno) majhnim doprinosom k opazovani fenotipski lastnosti. Veliko število genov, ki vpliva na kvantitativno lastnost, pa povzroča kontinuirano variabilnost. Drugače je pri kvalitativnih znakih. Na pojav določenega kvalitativnega znaka vpliva en ali le par genov zaradi česar prihaja do diskontinuirane variabilnosti, npr. barva cveta pri rastlini je lahko rdeča, bela, ali vijolična brez vmesnih razredov barv. Pogled na seznam v naši raziskavi proučevanih znakov pove, da smo imeli opravka le s kvantitativnimi lastnostmi in iz tega izhajajočim velikim številom genov. Na vprašanje, kolikšna je genetska determiniranost proučevanih znakov bi nam do določene mere lahko odgovorili skrbno načrtovani provenienčni poskusi ali ustrezni genetski testi. Delne odgovore pričakujemo tudi od genetske raziskave, ki že poteka na istem vzorčnem materialu. Za namen slednje je bil v vseh proučevanih populacijah poljskega jesena odvzet vzorčni material 30-tih dreves, med katerimi so tudi vsa drevesa, ki so bila vključena v morfometrijsko analizo. Proučevanje poljskega jesena v omenjeni genetski raziskavi temelji na mikrosatelitskih genetskih markerjih, ki so po svoji naravi selektivno nevtralni in kot taki najverjetneje ne sledijo geografski distribuciji genom, ki kodirajo morfološke

lastnosti. Pa vendar pričakujemo med njimi in rezultati predstavljenimi v tem delu, značilne korelacije.

Kot smo že omenili pa na izražanje posameznih lastnosti vpliva tudi okolje. Vse prevečkrat namreč pozabljam, da je gen, recept za beljakovino, potrebno vklopiti in izklopiti, to pa lahko storijo tudi zunanji dogodki, oziroma kot pravi Matt Ridley v svoji knjigi *Genom*: "živa bitja niso na milost in nemilost prepuščena vsemogočnim genom, pač pa so geni pogosto prepuščeni okolju". Razlage različne velikosti listov med populacijami lahko torej iščemo tudi v okoljskih, predvsem abiotičnih dejavnikih. Znano je, da rastline na pomanjkanje vode reagirajo z zmanjševanjem asimilacijskega aparata, vendar bi drevesom poljskega jesena v naši raziskavi težko pripisali kakršenkoli stres zaradi pomanjkanja vode, saj so bila le-ta v vseh primerih izbrana na vlažnih in ob rekah ležečih rastiščih. Poleg tega je količina letnih padavin v Prekmurju bistveno manjša od količine padavin v drugih delih Slovenije (Priloga Pravilnika o določitvi provenienčnih območij 2003) zato bi bilo pričakovati najmanjše liste pri populacijah Črni log in Orlovšček in ne obratno. Nekoliko bližje nam je raziskava, ki govori, da na velikost listov vpliva predvsem temperatura, medtem ko naj bi imeli ostali abiotični dejavniki (vlaga, C/N razmerje v tleh) manjši vpliv (Meier in Lauschner, 2008). Po podatkih meteoroloških postaj Slovenije ležita populaciji Dragonja in Lijak v območjih, kjer povprečna letna temperatura za cele 3°C presega povprečje območij subpanonskih populacij, kar bi že lahko značilno vplivalo na omenjene lastnosti. Manjši listi submediteranskih populacij so lahko tudi rezultat evolucijske prilagoditve vrste na veter, ki je v območju Sredozemlja še posebno izrazit. Toda kakršnokoli je že delovanje okoljskih dejavnikov na velikost listov, je njihov vpliv potrebno obravnavati kompleksno, kar pa presega namen te raziskave.

5.2 RAZLIKOVANJE POLJSKEGA IN VELIKEGA JESENA

Primerjave posameznih morfoloških znakov na listih poljskega in velikega jesena so pokazale na značilno razlikovanje med njima pri skoraj vseh proučevanih znakih. Razlik nismo potrdili le pri znakih, ki se nanašajo na oblikovanost dna in vrhov listnih ploskev lističev in oblikovanost lističa št. 3. Listi in lističi poljskega so v primerjavi z velikim jesenom krajši, ožji, sam list sestavlja manjše število lističev, lističi so suličasti do ozkosuličasti z najširšim mestom, ki leži vedno nekoliko nižje kot pri velikim jesenu, pri katerem so lističi širši in bolj eliptični. Vrsti se značilno razlikujeta tudi po znakih, merjenih na plodovih. Tako so plodovi poljskega jesena večji in to predvsem na račun večje dolžine, medtem ko razlik v širini plodov nismo potrdili. Tudi oblikovanost baze plodov je med vrstama značilno različna. Le-ta je pri poljskem jesenu močnejše zašiljena. Ta lastnost je odigrala pomembno vlogo tudi pri poimenovanju vrste, namreč epitet *oxycarpa* pomeni ostroplodni.

Z diskriminativno analizo znakov na listih smo ugotovili, da je dolžina lista tista, ki najmočneje in najbolj jasno razlikuje vrsti med seboj. Vendar velja opozoriti na veliko variabilnost dolžine listov znotraj posameznih dreves. V naši analizi je znašala dolžina posameznih listov poljskega jesena med 7 in 33 cm, dolžina listov velikega jesena pa med 20 in 56 cm, kar kaže na veliko prekrivanje vrst glede omenjenega znaka. Za zanesljivejšo določitev vrste je tako potrebno izmeriti in upoštevati povprečje večjega števila listov, kar pa je v praksi praviloma zamudno. Če se vseeno odločimo za določanje vrste na podlagi le nekaj listov, predlagamo da si izberemo sončne liste na plodnih vejicah. Le-ti so se pri našem terenskem razpoznavanju izkazali kot najbolj homogeni in razlikovalni. Boljši kot kvantitativni, so se za razlikovanje vrst izkazali kvalitativni znaki, kjer so v ospredju barva in nameščenost brstov na poganjku, oblika socvetja in soplodja, število žil in zobcev v posameznem lističu. Težave glede razlikovanja se pojavijo v sestojih, kjer vrsti rasteta skupaj. Zaradi nedostopnosti morfoloških znakov, listi, brsti in plodovi se nahajajo visoko v krošnjah dreves, lahko taksonomsko pripadnost posameznega drevesa pogostokrat ugotovimo šele, ko se iz njega odlomi kakšna večja veja ali ko ga podremo. Težave so tudi pri določevanju vrst v pomladku, kjer posamezni morfološki znaki še niso razviti (npr. cvetovi, plodovi, nameščenost brstov na plodnih vejicah), spet drugi so netipični kot npr. temno rjavi do skoraj črni brsti, mladi senčni listi s širokimi pogosto okroglastimi lističi. V mešanih sestojih poljskega in velikega jesena pa lahko prihaja tudi do njunega križanja, kar samo razlikovanje še dodatno otežuje.

5.3 VPLIV OSONČENOSTI NA VARIABILNOST LISTOV

Na zgradbo zrelega lista pri vseh semenkah močno vpliva jakost osvetljenosti med razvojem lista. Pomembni sta tako intenziteta kot vrsta svetlobe, ki ji je list med razvojem izpostavljen (Dermastia, 2007). Listi, ki so izpostavljeni močni svetlobi so sončni listi. Le-ti imajo debelejšo kutikulo, ki pomaga pri odbijanju svetlobe in zaščiti notranjih organov pred sevanjem. Sončni listi so v primerjavi z senčnimi manjši (Dermastia, 2007), kar so npr. pri hrastu gradnu dokazali Bruschi et al. (2003), kot tudi mi pri poljskemu jesenu. Bruschi et al. (2003) so ugotovili, da imajo sončni listi hrasta gradna v primerjavi z senčnimi listi debelejša plasti palisadnega in gobastega tkiva, so v celoti debelejši in imajo večjo gostoto listnih rež. Na makro-morfološkem nivoju so pri senčnih listih potrdili daljše listne peclje in širino listov. Na dolžino listov in mesto maksimalne širine listov pri gradnu pa naj bi značilno vplivale tudi interakcije med osončenostjo in populacijo (Bruschi et al. 2003).

V naši raziskavi smo vpliv osončenosti potrdili pri večini (36/40) morfoloških znakov na listih poljskega jesena (rezultati v nalogi samostojno niso prikazani). Znaki, pri katerih z raziskavo razlik nismo potrdili so dolžina listne ploskve lističa št. 2 (dpl-2), kot na 10 % dolžine lističa pri prvem in drugem lističu (kl-1/10% in kl-2/10%) ter površina lističa št.3

(pl-3). Primerjava sončnih in senčnih listov je pokazala, da so slednji večji, kar je predvsem posledica večje dolžine lista in večjega števila lističev. Dolžina peclja pri poljskem jesenu je večja pri sončnih listih, kar pa je ravno obratno kot je pokazala raziskava pri hrastu gradnu (Bruschi et al., 2003). Razloge za to je iskati v sestavljenih jesenovih listih, kjer se na listnem vretenu (rahisu) senčnih listov nahaja več parov lističev, kar se posledično odraža v krajšem peclju lista.

Vpliv različne osončenosti pa se močno kaže tudi pri znakih, ki se nanašajo na obliko lističev. Lističi senčnih listov so širši, na krajše zašiljeni in z mestom maksimalne širine, ki leži višje kot pri sončnih lističih. Na splošno lahko rečemo, da so senčni lističi bolj 'okroglasti'. Ravno zaradi te 'okroglaste' lastnosti senčnih listov pa nastopijo težave pri določanju in razpoznavanju vrst v sestojih, ko zaradi velikih drevesnih višin lahko opazujemo samo senčne liste v spodnjem delu krošnje. Namreč, senčni listi so večji, sestavljeni iz relativno širših in krajše zašiljenih lističev, po čemer so zelo podobni listom velikega jesena. To pa je tudi eden glavnih razlogov za njuno težavno razpoznavanje na terenu. Potrjene razlike med sončnimi in senčnimi listi v naši raziskavi govorijo tudi o tem, da je pri načrtovanju morfometrijskih analiz nujno upoštevati mesto nabiranja vzorcev (zunanjí sončni del ali notranji sončni del krošnje), saj bi v nasprotnem primeru lahko dobljeni rezultati vodili k napačnim ugotovitvam.

5.4 VAROVANJE GENETSKE PESTROSTI V POPULACIJAH POLJSKEGA JESENA

Ohranjanje in varovanje genetske variabilnosti gozdnih drevesnih vrst v okviru gozdnih ekosistemov se v Sloveniji v veliki meri zagotavlja že z gozdarstvom, ki temelji na načelih sonaravnosti, trajnosti in mnogonamenskosti. V večini naših gozdov poteka obnova po naravni poti s čimer je zagotovljeno ohranjanje lokalnih populacij in njihovega genofonda. Poljski jesen je vrsta, ki jo v naravi najdemo na ekskluzivnih rastiščih in kjer je naravna obnova velikokrat motena z močno razvito zeliščno plastjo. Gospodarjenje s tovrstnimi gozdovi je zato pogostokrat velikopovršinsko, ponekod celo golosečno. Tako evropske smernice (Direktiva Sveta 1999/105/EC) kot slovenska zakonodaja (Zakon o gozdnem reprodukcijskem materialu, 2002, 2002, 2004; Pravilnik o določitvi provenienčnih območij, 2003; Kraigher in Grecs, 2004) na področju pridelovanja, trženja in uporabe gozdnega reprodukcijskega materiala (GRM) določajo in spodbujajo uporabo GRM lokalnega izvora. Raziskave lokalne prilagojenosti poljskega jesena so pokazale, da je pri tej vrsti potrebno pojem lokalne adaptiranosti jemati v širokem razponu in sicer več kot 100 km (Bogdan, 2006). Izvajanje le-tega se kaže v pravilniku o določitvi provenienčnih območij (2003), kjer za poljski jesen velja področje celotne Slovenije kot enotno provenienčno območje in znotraj katerega je potrebno pri prenašanju GRM upoštevati le višinske pasove. Po zakonu o gozdnem reprodukcijskem materialu (2002, 2004) se v slovenskih gozdovih lahko uporablja GRM le iz semenskih objektov, vpisanih v Seznam

gozdnih semenskih objektov v Sloveniji, ki ga je vodi Gozdarski inštitut Slovenije. Po Seznamu gozdnih semenskih objektov (stanje 1. 1. 2009) so v Sloveniji 4. semenski objekti namenjeni nabiranju semena poljskega jesena. Semenski sestoj Orlovšček, uvrščen v kategorijo 'znano poreklo' in semenski sestoj Krakovo–Kostanjevica, uvrščen v kategorijo 'izbran', sta namenjena za uporabo v gozdarstvu. Semenski sestoj Dragonja je opredeljen kot sestoj z omejenim lesnoproizvodnim pomenom, medtem ko četrti semenski objekt ni namenjen uporabi v gozdarstvu. Današnje število semenskih sestojev poljskega jesena sicer zadostuje trenutni porabi semena te vrste v Sloveniji, vendar jim bo zaradi načina nabiranja semena v njih, bržkone potrebno kmalu najti zamenjave. Namreč, zaradi velikih drevesnih višin poljskega jesena, se nabiranje semena v semenskih sestojih pogostokrat vrši iz posekanega drevja, zaradi česar se število dreves primernih za nabiranje, v sestoju sčasoma zmanjšuje. Pogled na terenu je odkril, da v registriranih semenskih objektih poljskega jesena velikokrat uspeva tudi veliki jesen in obratno. V semenskih sestojih Logarnica in Črni log, ki sta registrirana kot semenska objekta velikega jesena, se na primer pojavlja tudi poljski jesen. Poljski kot tudi veliki jesen sta v Prekmurju pogosti drevesni vrsti. Zaradi njune velike morfološke podobnosti pride zlahka do zamenjave, zato bi veljalo priporočilo, da se semenske sestoje, v katerih uspevata obe vrsti opusti in zamenja s čistimi sestoji (sestoji z le eno od obeh vrst). V kolikor takšnih sestojev ni mogoče zagotovi bi za GRM nabran v semenskih objektih, v katerih se pojavljata obe vrsti, veljalo priporočilo o njegovi uporabljal le za lokalne potrebe. Ekološke razlike med vrstama so namreč prevelike, da bi ju bilo moč zamenjati in vnašati tudi v druge predele Slovenije. Posebnost uporabe GRM v slovenskem prostoru predstavlja provenienčno podobmočje Šavrinsko gričevje, za katerega Pravilnik o določitvi provenienčnih območij (2003) v 7. členu navaja, da je zaradi ohranjanja gozdnih genskih virov v omenjenem podobmočju dovoljena le uporaba GRM iz tega podobmočja. Omejitev se nanaša tako na vrste, ki jih taisti pravilnik obravnava kot večinske drevesne vrste (smreka, jelka, rdeči bor, črni bor, macesen, bukev, gradin in dob), kot na vse ostale vrste, ki jih pravilnik obravnava kot manjšinske drevesne vrste. V Šavrinskem provenienčnem podobmočju se nahaja tudi naša populacija Dragonja, semenski sestoj, ki je v seznamu gozdnih semenskih objektov že od leta 2006 registriran tudi kot gozdni genski rezervat (Seznam gozdnih semenskih ..., 2006). Med vsemi obravnavanimi populacijami poljskega jesena se v naši raziskavi od vseh ostalih najmočneje razlikuje ravno populacija Dragonja, kar pritrjuje njeni posebni obravnavi in statusu.

Rezultati raziskave so pokazali na določene razlike med submediteranskima populacijama Lijak in Dragonja ter med subpanonskimi populacijami Orlovšček, Črni log in Kostanjevica vendar na podlagi le-teh ne moremo potrditi obstoja dveh podvrst poljskega jesena v Sloveniji. Dodatne odgovore pričakujemo od genetske raziskave, ki že poteka na istem vzorčnem materialu, vsaj do takrat pa bi na področju semenarstva veljalo priporočilo, da se za poljski jesen uporablja gozdno reprodukcijski material lokalnega izvora.

6 SKLEPI

V ciljih naloge smo si zastavili štiri delovne hipoteze na katere smo v nalogi skušali najti ustrezne odgovore.

1) Vrsti poljski in veliki jesen se po morfoloških znakih na listih in plodovih značilno razlikujeta

Primerjave posameznih morfoloških znakov so pokazale, da se obravnavani vrsti značilno razlikujeta po skoraj vseh znakih na listih, izjema so znaki, ki se nanašajo na oblikovanost dna in vrhov listnih ploskev posameznih lističev in oblikovanost najnižjega lističa v sestavljenem listu. Listi in lističi poljskega jesena so v primerjavi z velikim jesenom krajši, ožji, sam list sestavlja manjše število lističev. Lističi so suličasti do ozkosuličasti z najširšim mestom, ki leži vedno nekoliko nižje kot pri velikim jesenu, pri katerem so lističi širši in bolj eliptični. V naši analizi se je kot znak z največjo ostrino razlikovanja med vrstama izkazala dolžina celotnega lista. Vrsti se značilno razlikujeta tudi po znakih na plodovih, saj so plodovi poljskega jesena značilno daljši in na bazi močneje zašiljeni.

2) Populacije poljskega jesena subpanonskega fitogeografskega območja se fenotipsko jasno razlikujejo od populacij poljskega jesena submediteranskega območja

Fenotipske razlike med subpanonskimi in submediteranskimi populacijami poljskega jesena so neizrazite. Med vsemi obravnavanimi populacijami z najmanjšimi listi in lističi izstopa populacija Dragonja. Po večini morfoloških znakov je Dragonji najbližje populacija Lijak, ki pripada istemu, submediteranskemu fitogeografskemu območju. Kljub omenjeni podobnosti pa je med omenjenima populacijama tudi nekaj razlik. Tako je populacija Lijak po nekaterih morfoloških znakih bolj podobna populacijam Kostanjevica, Črni log in Orlovšek, ki pripadajo subpanonskemu fitogeografskemu območju. Težavi pri razlikovanju in določitvi jasne taksonomske pripadnosti slovenskih populacij poljskega jesena predstavljata zlasti velika in kontinuirana morfološka variabilnost vrste ter velika znotraj populacijska variabilnost, ki v večini primerov presega medpopulacijsko variabilnost. Težava so tudi nenatančni in včasih preveč ohlapno zastavljeni določevalni ključi. Na podlagi rezultatov naše raziskave ne moremo potrditi prisotnosti dveh podvrst poljskega jesena v Sloveniji. Po večini proučevanih morfoloških znakov na listih in plodovih pripada poljski jesen v Sloveniji najverjetneje podvrsti *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (Bieb. ex Willd.) Franco et Rocha Alfonso (= *F. angustifolia* subsp. *pannonica* (Fuk.) Soó et Simon). Zanesljivejšo oceno bo mogoče dobiti s pomočjo genetskih raziskav.

3) Fenotipska različnost populacij poljskega jesena v Sloveniji je dovolj velika, da bi bilo za to vrsto smiselno oblikovati dve različni provenienčni območji

Razlike med populacijami poljskega jesena niso tolikšne, da bi narekovale oblikovanje več provenienčnih območij, vendar naj se pri pridelovanju in trženju GRM kar se da upošteva lokalni izvor. Na eni strani imamo populacijo na reki Dragonji, ki se v morfološkem pogledu od ostalih slovenskimi populacijami izraziteje razlikuje. Problem provenienčnega območja je v tem primeru do določene mere rešen s pravilnikom o določitvi provenienčnih območij, ki Šavrinsko provenienčno podobmočje, kamor populacija na Dragonji tudi spada, obravnava kot posebno območje, znotraj katerega se lahko uporablja GRM samo iz tega podobmočja. V našem primeru pa bi morali biti previdni tudi pri prenašanju GRM iz omenjenega podobmočja v druga območja. Po drugi strani imamo vse ostale populacije, znotraj katerih se praviloma pojavlja tudi veliki jesen, ki je po morfoloških znakih podoben poljskemu, razlikujeta pa se po nekaterih ekoloških zahtevah, zaradi česar bi bila njuna zamenjava pri prenašanju GRM med različnimi območji veliko bolj usodna, kot če bi do zamenjave prišlo na lokalnem nivoju znotraj iste ekološke regije. Zato pri uporabi GRM poljskega jesena priporočamo izključno uporabo lokalnega izvora.

4) Morfometrične lastnosti sončnih in senčnih listov se značilno razlikujejo

Parna primerjava morfoloških znakov med sončnimi in senčnimi listi poljskega jesena je pokazala na značilne razlike pri večini morfoloških znakov na listih. Senčni listi so v primerjavi z sončnimi večji, sestavljeni iz večjega števila lističev. Lističi senčnih listov so relativno širši in na krajše zašiljeni po čemer so podobni lističem velikega jesena. Za jasnejše razlikovanje med omenjenima vrstama predlagamo primerjavo sončnih listov na plodnih poganjkih. Potrjene razlike med sončnimi in senčnimi listi govorijo tudi o pomembnosti pravilne izbire listov pri morfometrijskih analizah. Katere liste bomo proučevali je odvisno od namena raziskovanja oziroma od zastavljenega raziskovalnega vprašanja na katerega iščemo odgovor.

7 POVZETEK

Poljski jesen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) je v Sloveniji samonikla vrsta z deljenim arealom. Večji del areala obsega poplavna, obrečna nižinska rastišča v panonskem svetu, kjer uspeva skupaj s hrastom dobom, črno jelšo, navadnim belim gabrom, vrbami in topoli. Manjši del zajema vlažna rastišča v sredozemskem svetu, kjer ga najdemo ob spodnjih tokovih Dragonje, Vipave, ob potoku Lijaku, posamično pa se pojavlja tudi drugod po Sloveniji, na primer na Kočevskem in Postojnskem. Večinoma gre za ostanke nekdanjih obširnih gozdov, ki jih je človek izkrčil za kmetijsko rabo. Rastlinska sestava teh ostankov je zaradi človekove bližine, močnih gospodarskih vplivov in nenehnega poseganja v gozd velikokrat močno spremenjena. Na rastiščih, kjer raste, poleg poljskega pogosto najdemo tudi veliki jesen. Vrsti sta si močno sorodni, kar se kaže tako na genetskem kot morfološkem nivoju. Posledica je njuno težavno razpoznavanje in pogosto zamenjevanje.

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, ali se populacije poljskega jesena iz submediteranske ekološke regije po morfoloških lastnostih listov in plodov značilno razlikujejo od populacij poljskega jesena iz subpanonske regije, oziroma, ali je mogoče na osnovi ugotovljenih razlik potrditi prisotnost podvrst *F. a. subsp. angustifolia* in *F. a. subsp. oxycarpa* v Sloveniji. S primerjavo in ločeno obravnavo sončnih in senčnih listov smo želeli raziskati vzorce morfološke variabilnosti listov tako znotraj posameznih dreves kot znotraj celotnih populacij, zanimalo pa nas je tudi, kateri so tisti znaki na listih in plodovih, ki omogočajo najzanesljivejše razlikovanje med poljskim in velikim jesenom.

Analize, ki bi potrdile ali ovrgle postavljene hipoteze, smo izvajali v subpanonski ekološki regiji, kjer smo izbrali tri raziskovalne ploskve (Črni log, Orlovšček, Kostanjevica) in v submediteranski regiji, kjer smo izbrali dve ploskvi (Dragonja in Lijak). Za primerjavo s poljskim smo izbrali tudi tipično populacijo velikega jesena iz okolice Ljubljane. Variabilnost poljskega jesena in njegovo podobnost z velikim jesenom smo proučevali s pomočjo morfometrijske analize listov in plodov. V petih populacijah poljskega jesena (70 dreves) in eni populaciji velikega jesena (14 dreves) smo skupno analizirali 5490 listov in 2440 plodov. Na posameznih listih, ki smo jih glede osončenosti delili na sončne in senčne, smo merili 40 znakov, medtem ko smo na plodovih merili 9 znakov. Vse meritve smo izvedli s pomočjo računalniških programov WinFolia in WinSeedle Régent Instruments Inc.

Za predstavitev rezultatov smo uporabili osnovno deskriptivno statistiko. Od multivariatnih statističnih tehnik smo izvedli metodo glavnih komponent (analiza PCA), za razlikovanje med posameznimi populacijami poljskega jesena in za razlikovanje poljskega in velikega jesena pa smo uporabili tudi diskriminativno analizo. Z analizo variance smo želeli odkriti razlike med posameznimi populacijami, med drevesi znotraj populacij in med listi iz

različno osvetljenih delov krošnje. V ta namen smo zastavili gnezdst (hierarhični) poskus, kjer so se drevesa gnezдила v ploskvah (populacijah).

Ugotovili smo, da k variabilnosti listov pri poljskem jesenu značilno prispevajo vsi proučevani nivoji (populacija, osončenost, drevo znotraj populacije). Največji del variabilnosti prispevajo razlike med drevesi v posameznih populacijah, sledi jim variabilnost, ki je posledica razlik med populacijami in nazadnje variabilnost, ki je posledica različne osončenosti. Variabilnost med drevesi znotraj populacij prispeva med 32 in 88 % celotne variabilnosti, z nekoliko večjim vplivom pri znakih, ki opisujejo obliko lističev. Vpliv razlik med populacijami na variabilnost listov je manjši in se giblje med 2 in 56 %. Kljub povprečno manjšemu prispevku pa je z razlikami med populacijami pojasnjen velik del variabilnosti pri znakih, ki se nanašajo na velikost listov, medtem ko se vpliv različne osončenosti listov kaže predvsem v obliki lističev in manj v znakih velikosti lističev.

Primerjava posameznih morfoloških znakov na listih znotraj in med populacijami poljskega jesena je pokazala na veliko variabilnost vrste. Tako za večino znakov velja, da znotraj populacijske variabilnosti presega variabilnost med populacijami. Po znakih, ki se nanašajo na velikost listov in lističev, z najmanjšimi listi in lističi izstopa populacija Dragonja, medtem ko so razlike med ostalimi populacijami manjše. Pri znakih, ki se nanašajo na oblikovanost lističev, smo ugotovili, da nanje bolj kot učinek populacije vpliva osončenost listov. Populacija Kostanjevica ima relativno najožje, najbolj na dolgo zašiljene in na bazi najpočasneje zožene lističe, medtem ko ima populacija Lijak relativno najširše, na bazi najhitreje zožene in najbolj na kratko zašiljene lističe. Populacije Dragonja, Črni log in Orlovšček zavzemajo vmesne vrednosti.

Glede večine merjenih znakov na plodovih je analiza pokazala, da sta si populaciji Dragonja in Lijak morfološko podobni, prav tako sta si bolj podobni populaciji Orlovšček in Črni log. Vendar pa razlike med enim in drugim parom populacij niso tako velike, da bi bile statistično značilne. Razlike smo statistično potrdili le pri znaku, ki opisuje položaj najširšega mesta krilca. To mesto leži najvišje pri populaciji Dragonja in najnižje pri populaciji Črni log.

Pri obeh multivariatnih metodah so največjo razlikovalno moč pokazali znaki, ki se nanašajo na velikost listov in lističev. Ne glede na uporabljeno metodo ugotavljamo, da z najmanjšimi listi izstopa populacija Dragonja in da je njej nekako najbližja populacije Lijak, kar se v celoti sklada z rezultati, dobljenimi pri individualnih primerjavah.

Primerjave posameznih morfoloških znakov na listih poljskega in velikega jesena so odkrile značilne razlike med vrstama pri skoraj vseh proučevanih znakih. Listi in lističi

poljskega so v primerjavi z velikim jesenom krajši, ožji, list sestavlja manjše število lističev, lističi so suličasti do ozkosuličasti z najširšim mestom, ki leži vedno nekoliko nižje kot pri velikem jesenu, pri katerem so lističi širši in bolj eliptični. Od naštetih lastnosti smo z diskriminativno analizo ugotovili, da je dolžina lista tista, ki najmočneje in najbolj jasno razlikuje vrsti med seboj. Vrsti se značilno razlikujeta tudi po znakih, merjenih na plodovih. Tako so plodovi poljskega jesena večji in to predvsem na račun večje dolžine, medtem ko značilnih razlik v širini plodov nismo potrdili. Tudi oblikovanost baze plodov je med vrstama značilno različna. Le-ta je pri poljskem jesenu močneje zašiljena.

Vpliv osončenosti na morfologijo listov poljskega jesena smo potrdili pri večini (36/40) znakov. Primerjava sončnih in senčnih listov je pokazala, da so senčni listi praviloma večji in imajo širše in bolj na kratko zašiljene posamezne lističe. V tem so zelo podobni listom velikega jesena, kar je tudi eden glavnih razlogov za njuno težavno razpoznavanje na terenu.

Fenotipske razlike med subpanonskimi in submediteranskimi populacijami poljskega jesena so majhne in neizrazite oziroma niso tako velike, da bi narekovale oblikovanje dodatnih provenienčnih območij. Kljub temu pa priporočamo, da se pri pridelovanju in trženju GRM poljskega jesena upošteva uporaba GRM lokalnega izvora, še posebno zato, ker se v sestojih poljskega pogosto pojavlja tudi veliki jesen, kar bi pri pridobivanju GRM lahko pripeljalo do nepravilne določitve vrste. Vrsti se po ekoloških zahtevah med seboj razlikujeta, zaradi česar bi bila njuna zamenjava pri prenašanju GRM med različnimi ekološkimi območji veliko bolj usodna, kot če bi do zamenjave prišlo na lokalnem nivoju znotraj iste ekološke regije.

8 SUMMARY

Narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) is a species native to Slovenia, where it has a divided range. Most of the range is located in flood-prone riparian sites on the Pannonian plain, where it grows alongside penduculate oak, black alder, common hornbeam, willow and poplar. A smaller part of the range is in the Mediterranean region, where it is found along the lower parts of the Dragonja and Vipava rivers and the Lijak stream. Individual trees are found elsewhere in Slovenia, such as in the Postonjsko and Kočevsko regions. Most narrow-leaved ash populations are remnants of once extensive forests which had been cleared for agricultural use. Due to the proximity of settlements, strong economic impacts, and constant human interventions, these remnants are often severely altered. Narrow-leaved ash sites often contain common ash. The two species are very closely related, which is evident at the genetic and morphological levels. Consequently, it is very difficult to distinguish between them and they are often misidentified.

The objectives of this study were to determine whether populations of narrow-leaved ash from the Submediterranean and Subpannonian regions are significantly different in terms of the morphological characteristics of leaves and fruits, and whether it is possible based on the discovered differences to confirm the presence of the subspecies *F. a.* subsp. *angustifolia* and *F. a.* subsp. *oxycarpa* in Slovenia. Leaves in sunny and shady positions were compared and analysed separately in order to determine the patterns of morphological leaf variability on individual trees and within entire populations. Another point of interest was which morphological traits on leaves and fruits are the most reliable references to distinguish between narrow-leaved and common ash.

The analyses were carried out in the Subpannonian ecological region, where three sampling plots (Črni log, Orlovšček, Kostanjevica) were selected, and in the Submediterranean region, where two plots (Dragonja and Lijak) were chosen. In order to carry out a comparison between narrow-leaved ash and common ash, a typical population of common ash in the vicinity of Ljubljana was also selected. The variability of narrow-leaved ash and its similarity to common ash were studied with morphometric analysis of leaves and fruits. In five populations of narrow-leaved ash (70 trees) and one population of common ash (14 trees), 5,490 leaves and 2,440 fruits were analysed. A total of 40 morphological traits were measured on the leaves, which were divided depending on exposure to sunlight, and 9 traits on the fruits. All the measurements were carried out with WinFolia and WinSeedle Régent Instruments Inc. software

Basic descriptive statistics were used for the presentation of the results, while principal component analysis (PCA) and discriminant analysis were used to determine the

differences between the individual populations of narrow-leaved ash and for the differences between narrow-leaved ash and common ash. Analysis of variance was used to confirm differences among individual populations, among trees in a single population, and between leaves from parts of the canopy that have different exposure to sunlight. For this purpose a nested (hierarchical) analysis of variance was designed where trees were nested within populations.

The results show that all the studied levels (population, exposure to sunlight, trees within the population) had a significant impact on the variability of narrow-leaved ash leaves. Differences among trees in a single population accounted for the greatest part of the variability, followed by differences among populations, and differences that are the result of different exposure to sunlight. The variability among trees in a single population accounted for 32% to 88% of total variation; the impact is slightly larger in traits which describe leaf form. The impact of differences among populations was smaller, between 2% and 56%. However, even though they are responsible for a smaller share of the total variability, the differences among populations explained a significant part of the variability of traits that refer to leaf size. Different exposure to sunlight, meanwhile, had a larger impact on leaf form than leaf size.

The inter- and intra-population comparison of individual morphological traits on narrow-leaved ash leaves showed high variability of the species. For most traits intra-population variability exceeded inter-population variability. In terms of traits referring to the size of leaves and leaflets, the population Dragonja had the smallest leaves and leaflets; the differences between other populations were smaller. Traits referring to leaf form were found to be affected more by exposure to sunlight than by the population. The Kostanjevica population had leaflets that, on average, were the narrowest and had the longest pointed tips and bases. Leaflets in the population Lijak were the broadest and had the shortest pointed tips and bases. The populations Dragonja, Črni log and Orlovšček had values that were in between the two extremes.

Analysis of fruits showed that the populations Dragonja and Lijak were morphologically similar, as were the populations Orlovšček and Črni log. However, the differences between these population pairs were not large enough to be statistically significant. The differences were statistically confirmed only for the trait that describes the position of the widest point on the wing. This point is located the farthest from the base in the Dragonja population and the closest to the base in the Črni log population.

In both multivariate methods the traits which refer to leaf and leaflet size displayed the greatest differentiating power. Notwithstanding the method used, the Dragonja population

had the smallest leaves and was most similar to the Lijak population. This was in complete conformity with the results obtained from individual comparisons.

Comparisons of individual morphological traits of leaves of narrow-leaved ash and common ash showed differences between the two species in almost all the studied traits. The leaves and leaflets of narrow-leaved ash were shorter and narrower than those of common ash, the leaves were made up of smaller numbers of leaflets, the leaflets were more narrowly spear-shaped, and their widest point was always slightly lower than on common ash, whose leaflets were broader and more elliptical. Discriminant analysis showed that of all these differences, leaf length is the clearest and strongest differentiator between the two species. The species were also clearly set apart by the traits of their fruits. The fruits of narrow-leaved ash were larger, mostly by virtue of being longer, but no significant differences were detected in fruit width. The shape of the fruit base was also significantly different, as those of narrow-leaved ash were more long-pointed.

The impact of exposure to sunlight on the leaf morphology of narrow-leaved ash was confirmed for the majority (36 of 40) traits. Comparisons between leaves growing in sunny and shady positions showed that the latter were typically larger and had broader and more short-pointed individual leaflets; this is a feature they share with common ash, hence the difficulty in distinguishing between the two species in the forest.

Phenotypic differences between the Subpannonian and Submediterranean populations of narrow-leaved ash were minor and indistinct – not significant enough to call for the formation of additional provenance regions. Nevertheless, the authors of the study recommend that the forest reproductive material (FRM) of local origin be used in the production and marketing of narrow-leaved ash, in particular because common ash often grows in narrow-leaved ash stands, which could lead to incorrect identification of species in the acquisition of FRM. The two species have different ecological demands and their misidentification in the transfer of FRM between ecological regions would be much graver than if the misidentification were to occur at the local level within the same ecological region.

9 VIRI

- Anić I. 1997. Pomlađivanje sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u središnjoj Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse, 34: 1-40.
- Anić I., Pernar R., Seletković Z. 1999. Narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) in the structure of floodplain forests of Croatian Posavina. Ekologia (Bratislava), 18, Suppl. 1: 69-81.
- Ashton P. M. S., Olander L. P., Berlyn G. P., Thadani R., Cameron I. R. 1998. Changes in leaf structure in relation to crown position and tree size of *Betula papyrifera* within fire-origin stands of interior cedar-hemlock. Canadian journal of botany, 76: 1180-1187.
- Batič F., Sinkovič T., Javornik B. 1995. Morphological and genetic variability of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) populations in Slovenia. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 46: 75-96.
- Bogdan S. 2006. Varijabilnost posavskih populacija poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u testovima polusrodnika: disertacija. Zagreb, Šumarski fakultet sveučilišta u Zagrebu: 272 str.
- Bogdan S., Kajba D., Franjić J., Idžojić M., Škvorec Ž., Katičić I. 2007. Genetic variation in quantitative traits within and among Croatian narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) populations assessed in an open-pollinated progeny test. Periodicum biologorum, 109, 1: 1-11.
- Brachet S., Jubier M. F., Richard M., Jung-Muller B., Frascaria-Lacoste N. 1999. Rapid identification of microsatellite loci using 5' anchored PCR in the common ash *Fraxinus excelsior*. Molecular ecology, 8: 157-168.
- Breznikar A., Horvat-Marolt S. 1997. Morfološka in fenološka variabilnost doba (*Quercus robur* L.) in gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) na robnih območjih njihovih naravnih habitatov v SV Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 57: 59-92.
- Breznikar A., Kump B., Csaikl U., Batič F., Kraigher H. 2000. Taxonomy and genetics of chosen oak populations in Slovenia. Glasnik za šumske pokuse, 37: 361-373.
- Brus R. 1995. Možnosti ohranjanja genofonda minoritetnih drevesnih vrst. V: Prezrte drevesne vrste. XVII. Gozdarski študijski dnevi. Kotar M. (ur.). Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 93-108.
- Brus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 399 str.
- Brus R. 2008. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 408 str.
- Cicek E., Yilmaz M. 2002. The importance of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* as a fast growing tree for Turkey. V: Management of fast growing plantations. Proceedings of a meeting of IUFRO Unit 4.04.06, 11-13 September 2002, Izmit, Turkey: 192-200.

- Cristofolini G., Crema S. 2005. A morphometric study of the *Quercus crenata* species complex (*Fagaceae*). *Botanica Helvetica*, 115: 155-167.
- Dermastia M. 2007. Pogled v rastline. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo: 237 str.
- Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 348 str.
- Erhardt W., Götz E., Bödeker N., Seybold S. 2000. Zander. Handwörterbuch der Pflanzennamen. Stuttgart, Eugen Ulmer: 990 str.
- Eriksson G., Ekberg I., Clapham D. 2006. An introduction to Forest Genetics. Uppsala: 186 str.
- Fernández-Manjarrés F. J., Gérard R. P., Dufour J., Raquin C., Frascaria-Lacoste N. 2006. Differential patterns of morphological and molecular hybridization between *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl (*Oleaceae*) in eastern and western France. *Molecular ecology*, 15, 11: 3245-3257.
- Fitschen J. 2006. Gehölzflora mit Knospen- und Früchteschlüssel. Wiebelsheim, Quelle&Meyer: 915 str.
- Fraxigen: ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. 2005. Oxford, Oxford Forestry Institute, University of Oxford, UK. 128 str.
- Fukarek P. 1954. Poljski jasen. (*Fraxinus angustifolia* Vahl). *Šumarski list*, 78: 433-453.
- Fukarek P. 1955. Dodatak članku »Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl)«. *Šumarski list*, 79: 16-21.
- Fukarek P. 1957. Novi podaci o poljskom jasenu (*Fraxinus angustifolia* Vahl). *Šumarski list*, 81: 30-35.
- Fukarek P. 1960. Poljski jasen i njegova morfološka variabilnost. *Fraxinus angustifolia* Vahl (= *Fr. oxycarpa* Willd.). *Glasnik za šumske pokuse*, 14: 133-258.
- Fukarek P. 1971. O novijih rezultatih proučavanja areala razprostranjenosti ozkolistnega jesena. *GozdV*, 29, 6-7: 193-201.
- Fukarek P. 1983. Jasen. V: *Šumarska enciklopedija*. 2. Grad-Pl. Potočić Z. (ur.) Zagreb, Jugoslavenski leksikografski zavod: 171-177.
- Gérard R. P., Fernández-Manjarrés F. J., Bertolino P., Dufour J., Raquin C., Frascaria-Lacoste N. 2006a. New insight in the recognition of the European ash species *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl as useful tools for forest management. *Annals of forest science*, 63: 733-738.
- Gérard R. P., Fernández-Manjarrés F. J., Frascaria-Lacoste N. 2006b. Temporal cline in a hybrid zone population between *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl. *Molecular ecology*, 15, 12: 3655-3667.
- Heuertz M., Hausman J.F., Tsvetkov I., Frascaria-Lacoste N., Vekemans X. 2001. Assessment of genetic structure within and among Bulgarian populations of the common ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Molecular ecology*, 10, 7: 1615-1623.

- Heuertz M., Vekemans X., Hausman J.F., Palada M., Hardy O.J. 2003. Estimating seed vs. pollen dispersal from spatial genetic structure in the common ash. *Molecular ecology*, 12, 9: 2483-2495.
- Heuertz M., Hausman J.F., Hardy O.J., Vendramin G.G., Frascaria-Lacoste N., Vekemans X. 2004a. Nuclear microsatellites reveal contrasting patterns of genetic structure between western and southeastern European populations of the common ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Evolution*, 58, 5: 976-988.
- Heuertz M., Fineschi S., Anzidei, R., Pastorelli D., Salvini L., Paule L., Frascaria-Lacoste N., Hardy O.J., Vekemans X., Vendramin G.G. 2004b. Chloroplast DNA variation and postglacial recolonization of common ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Europe. *Molecular ecology*, 13, 11: 3437-3452.
- Heuertz M., Carnevale S., Fineschi S., Sebastiani F., Hausman J. F., Paule L., Vendramin G. G. 2006. Chloroplast DNA phylogeography of European ashes, *Fraxinus* sp. (*Oleaceae*): roles of hybridization and life history traits. *Molecular ecology*, 15, 8: 2131-2140.
- Idžojić M. 2004. Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju. Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 256 str.
- Janković M. M. 1963. Fitoekologija s osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na Zemlji. Beograd, Naučna knjiga: 550 str.
- Jarni K., Brus R. 2007. Možnosti razlikovanja velikega jesena (*Fraxinus excelsior* L.) in poljskega jesena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) na osnovi morfoloških znakov. *Gozdarski vestnik*, 65, 3: 173-179.
- Jeandroz S., Frascaria-Lacoste N., Bousquet J. 1996. Molecular recognition of the closely related *Fraxinus excelsior* and *F. oxyphylla* (*Oleaceae*) by RAPD markers. *Forest genetics*, 3, 4: 237-242.
- Jeandroz S., Roy A., Bousquet J. 1997. Phylogeny and phylogeography of the circumpolar genus *Fraxinus* (*Oleaceae*) based on internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA. *Molecular phylogenetics and evolution*, 7, 2: 241-251.
- Jogan N. (ur.) 2001. Gradivo za Atlas flore Slovenije. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 443 str.
- Jovanović B. 1986. O novoj vrsti jasena u flori Srbije (*Fraxinus oxycarpa* Willd). *Glasnik šumarskog fakulteta, Serija A, šumarstvo*, 68: 1-10.
- Judd W. S., Campbell C. S., Kellogg E. A., Stevens P. F., Donoghue M. J. 2008. *Plant systematic: a phylogenetic approach*. 3rd ed. Sunderland, Sinauer Associates: 611 str.
- Kadovič R. 1989. Tolerantnost poljskega jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) prema solima i mogućnost njegove primjene u šumskim zasadima na zaslanjenim zemljištima. *Šumarski list*, 63: 111-118
- Kadunc A. 2004. Rastne značilnosti velikega jesena (*Fraxinus excelsior* L.) v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 73: 63-88.

- Kadunc A. 2005. Factors influencing brown heart formation in common ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Centralblatt für das gesamte Fortswessen*, 122, 4: 205-220.
- Kajba D., Ballian D., Idžojić M., Bogdan S. 2004. The differences among hairy and typical European black poplars and the possible role of the hairy type in relation to climatic changes. *Forest ecology and management*, 197: 279-284.
- Kajba D., Ballian D. 2007. Šumarska genetika. Zagreb – Sarajevo, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu: 283 str.
- Klimko M., Boratyńska K., Boratyńska A., Marcysiak K. 2004. Morphological variation of *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (*Cupresaceae*) in three Italian localities. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 73, 2: 113-119.
- Komlenović N., Bezak K., Rastovski P. 1989. Istraživanja stanja ishrane poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) u utvrđenim ekološko-gospodarskim tipovima šuma u SR Hrvatskoj. *Radovi*, 24, 80: 43-63.
- Kotar M. 2001. Trohnoba debela pri divji češnji, črni jelši in poljskem jesenu – vzroki in posledice. *Gozdarski vestnik*, 59, 2: 59-67.
- Kraigher H. 1996. Kakovostne kategorije gozdnega reprodukcijskega materiala, semenske plantaže in ukrepi za izboljšanje obroda. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 51: 199-215.
- Kraigher H., Žitnik S. 1999. Slovenska gozdna genska banka. *Sodobno kmetijstvo*, 32, 1: 46-50.
- Kraigher H. 2001. Semenarski praktikum: skripta za strokovni seminar o gozdnem semenarstvu in predmet podiplomskega študija Fiziologija gozdnega drevja. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 72 str.
- Kraigher H., Grecs Z. 2004. Operativna izvedba nove zakonodaje s področja gozdnega semenarstva in drevesničarstva. *Gozdarski vestnik*, 62, 5-6: 281-287.
- Kremer A., Dupouey J. L., Deans J. D., Cottrell J., Csaikl U., Finkeldey R., Espinel S., Jensen J., Kleinschmit J., Van Dam B., Ducousso A., Forrest I., Lopez de Heredia U., Lowe A. J., Tutkova M., Munro R. C., Steinhoff S., Badeau V. 2002. Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands. *Annals of forest science*, 59: 777-787.
- Kremer D., Stabentheiner E., Borzan Ž., Jurišić-Grubešić R. 2008. Micromorphological differences between some European and American *Fraxinus* (*Oleaceae*) species. *Biologia*, 63, 6: 1111-1117.
- Kutnar L., Zupančič M., Robič D., Zupančič N., Žitnik S., Kralj T., Tavčar I., Dolinar M., Zrnec C., Kraigher H. 2002. Razmejitev provenienčnih območij gozdnih drevesnih vrst v Sloveniji na osnovi ekoloških regij. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 67: 73-117.
- Lefort F., Brachet S., Frascaria-Lacoste N., Edwards K. J., Douglas G. C. 1999. Identification and characterization of microsatellite loci in ash (*Fraxinus excelsior* L.) and their conservation in the olive family (*Oleaceae*). *Molecular ecology*, 8: 1075-1092.

- Letno poročilo GIS in Samoevaluacijsko poročilo GIS za obdobje 2004-2007. 2008. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.
- Levanič T. 1993. Vpliv melioracij na rastne in prirastne značilnosti črne jelše (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ozkolistnega jesena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) in doba (*Quercus robur* L.) v Prekmurju: magistrsko delo (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 114 str.
- Martinčič A., Sušnik F. 1969. Mala flora Slovenije. Ljubljana, Cankarjeva založba: 515 str.
- Martinčič A., Sušnik F., Strgar V., Ravnik V. 1984. Mala flora Slovenije. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 793 str.
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B., Vreš B. 1999. Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 845 str.
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman B., Strgulc Krajšek S., Trčak B., Bačič T. 2007. Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- Matovič A. 1977. Characteristics of anatomical elements of ash wood *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl ssp. *pannonica* Soó et Simon. Drevársky výskum 22, 4: 213-226.
- Mavsar R. 1996. Variabilnost doba (*Quercus robur* L.) v Sloveniji, na osnovi morfologije listov in želoda: diplomska naloga (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 112 str.
- Mayer E. 1958. Pregled spontane dendroflоре Slovenije. Gozdarski vestnik, 16, 6-7: 161.
- Meier I. C., Leuschner C. 2008. Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forest: Competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability. Ecosystems, 11, 5: 655-669.
- Morand-Prieur M. E., Vedel F., Raquin C., Brachet S., Sihachakr D., Frascaria-Lacoste N. 2002. Maternal inheritance of a chloroplast microsatellite marker in controlled hybrids between *Fraxinus excelsior* and *Fraxinus angustifolia*. Molecular ecology, 11, 3: 613-617.
- Nikolaev E. V. 1981. The genus *Fraxinus* (*Oleaceae*) in the flora of the USSR. Botaničeskij žurnal, 66, 10: 1419-1432.
- Pielou E. C. 1996. Matematična interpretacija ekoloških podatkov. (prevod in dopolnitev M. Kotar).
- Piškur M. 1999. Razširjenost in rastne značilnosti malega jesena (*Fraxinus ornus* L.) v Sloveniji. Gozdarski vestnik, 57, 10: 419-434.
- Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2007. 2008. Ljubljana, ZGS. 120 str.
- Pravilnik o določitvi provenienčnih območij. Ur.l. RS, 72/2003
- Prirodna potencialna vegetacija Jugoslavije: (komentar karte M 1 : 1,000.000). 1986. Ljubljana: 122 str.

- Pučko M., Kraigher H. 2007. SOP5 – LABFIGE_GIS 2007. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.
- Ridley M. 2002. Genom. Bibliografija človeške vrste. Tržič, Učila: 317 str.
- Robič D. 1970. Razprostranjenost, ekologija in gospodarski pomen jesenovih rastišč v severozahodnem delu Balkanskega polotoka. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo: 76 str.
- Roloff A., Bärtels A. 2006. Flora der Gehölze. Bestimmung, Eigenschaften und Verwendung. Eugen Ulmer KG. Stuttgart: 844 str.
- Sadar Z. 2008. »Cvetenje poljskega jesena na Dragonji«. Sežana, Zavod za gozdove Slovenije, OE Sežana (osebni vir, 25. jan. 2008).
- Sever A. 2005. Razširjenost in gospodarski pomen jesenov (*Fraxinus* sp.) v območni enoti Kranj: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 61 str.
- Seznam gozdnih semenskih objektov – stanje na dan 1.1.2006. Ur.l. RS, 9/2006
- Seznam gozdnih semenskih objektov – stanje na dan 1.1.2009. Ur.l. RS, 6/2009
- Šilić Č. 2005. Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine. Matica hrvatska Čitluk, Franjevačka kuća Masna Luka: 575 str.
- Trajber D. 1998. Ugotavljanja variabilnosti gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) v Sloveniji z analizo listov: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 98 str.
- Trajber D., Breznikar A., Sinkovič T., Batič F. 2001. Ugotavljanje križancev doba (*Quercus robur* L.) in gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) z morfološko analizo listov. Hladnikia, 12/13: 167-175.
- Torelli N., Zupančič M. 1998. Kvaliteta jesenovine. Les, 50, 1/2: 8-10.
- Vukelić J. (ur.) 2005. Poplavne šume u Hrvatskoj. Zagreb, Akademija šumarskih znanosti: 455 str.
- Wallander E. 2008. Systematics of *Fraxinus* (*Oleaceae*) and evolution of dioecy. Plant systematics and evolution, 273, 1/2: 25-49.
- Wraber M. 1951. Gozdna vegetacijska slika in gozdnogojitveni problemi Prekmurja. Geografski vestnik, posebni odtis, 23: 52 str.
- Zakon o gozdnem reprodukcijskem materialu. Ur.l. RS, 58/2002, 85/2002, 45/2004

ZAHVALA

Mentorju doc. dr. Robertu Brusu se iskreno zahvaljujem za vso pomoč, vzpodbudo in razumevanje ter za veliko mero potrpežljivosti v času študija in izdelavi naloge. Redke sem imel profesorje, ki so mi podajali znanje tako srčno in s takšnim navdušenjem kot to počneš ti. Hvala.

Iskrena hvala somentorici prof. dr. Hojki Kraigher, za vso pomoč, podporo in postavljena vprašanja, ki so me vzpodbujala na raziskovalni poti.

Za hitro in dobro opravljeno delo se zahvaljujem recenzentoma prof. dr. Francu Batiču in prof. dr. Davorinu Kajbi. Vem, težko je razumeti človeka, ki 7 let štrika magisterij in te na koncu prosi za hiter pregled naloge, češ da se zelo mudi.

Hvala Maja Božič, za pregled naloge in odkritje številnih drobnih napak, ki so se izmuznile mojemu, že nekoliko utrujenemu očesu.

Hvala Danijel Borkovič, za pomoč pri herbariziranju listov in hvala Matej Pejanovič, za pomoč pri obdelavi slik jesenov. Bilo jih je resnično veliko.

Hvala Zvone Sadar, za tankočutna opazovanja in nepogrešljive terenske informacije.

Hvala Marjana Westergren, pokazala si mi kako se izolira DNA in da je natančnost laboratorijskega dela nadvse pomembna. Še posebno pa mi bodo ostali v spominu dnevi, ki sva jih preživela v nabiranju jesenov. Hvala.

Hvala Klemen Jerina, tvoja prisotnost v sosednji pisarni, ob vseh mogočih urah in dnevih, je ustvarjalno razbijala tišino prazne stavbe. Predvsem pa bi se ti rad zahvalil za pogovore ob pavzah, ki so odpirali mojo statistično čakro. Hvala.

I'm grateful to Tom Nagel, for reviewing my english text, including this sentence.

Hvala mami in oči, da sta me celo študijsko pot pustila pri miru in nista veliko spraševala.

Hvala Tjaša, da si mi vsa leta študija stala ob strani, mi risala slikice in mi otroško nagajala. Z izgovorom, da moram dokončati nalogo si bila deležna veliko odrekanj, kar si ustvarjalno prenašala. Hvala za vse trenutke, ko ti je vendarle uspelo odtrgati me od 'pomembnega dela'.

Priloga A

Koeficienti klasifikacijskih funkcij za vsak sončni in senčni del populacij poljskega jesena

populacija → ↓ znak	Kostanjevica		Črni log		Orlovšček		Lijak		Dragonja		primer ^a ↓
	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	sončno	senčno	
PL	-11,51	-11,36	-11,11	-11,01	-11,21	-11,47	-11,28	-11,38	-11,00	-11,31	64,43
DL	130,82	129,42	132,63	130,91	131,56	128,89	123,15	122,52	121,43	115,94	19,70
DP	-112,16	-111,96	-110,28	-111,67	-113,72	-110,81	-107,89	-106,98	-106,86	-103,34	5,40
ŠTL	135,16	134,51	136,21	135,10	134,22	135,52	133,57	135,47	128,28	129,67	7,10
DVR	-130,15	-129,35	-132,74	-130,91	-132,15	-128,10	-122,94	-122,15	-121,21	-115,12	5,73
pl-1	66,24	60,85	57,84	63,06	71,13	68,40	60,49	58,57	67,84	68,65	10,52
šl-1	282,24	273,89	246,34	261,87	180,45	261,38	258,01	290,69	252,68	266,37	2,22
šl-1/dpl-1	-2235,68	-2074,01	-1658,39	-1922,90	-1613,02	-2145,35	-1924,24	-2082,24	-2053,52	-2075,39	0,29
dpl-1	-71,42	-69,87	-46,39	-54,80	-57,69	-71,46	-45,38	-46,50	-58,86	-61,02	7,70
mmšl-1	1239,27	1322,46	1423,12	1390,96	1471,04	1340,42	1260,66	1271,06	1357,34	1425,16	0,42
šl-1/80%	-1928,81	-1829,35	-1861,72	-1922,45	-1717,08	-1834,02	-1749,55	-1857,28	-1785,12	-1830,15	0,92
šl-1/90%	-963,15	-905,38	-961,89	-961,27	-1238,03	-1033,92	-1180,41	-1034,30	-1199,44	-1087,14	0,49
šl-1/80%/(d80%-1)	1844,44	1741,79	1771,12	1847,02	1591,50	1729,31	1673,96	1817,54	1648,12	1684,23	0,60
šl-1/90%/(d90%-1)	414,14	363,25	383,49	373,57	511,65	436,54	516,41	424,48	545,74	481,03	0,64
pl-2	-375,81	-369,11	-379,60	-383,91	-393,28	-377,93	-376,82	-376,91	-378,03	-378,66	9,69
šl-2	-1544,81	-1535,46	-1457,09	-1494,39	-1440,35	-1540,76	-1505,10	-1542,03	-1554,52	-1571,98	2,01
šl-2/dpl-2	15307,80	15096,42	14347,42	14756,99	14876,73	15442,63	14959,84	15199,73	15284,45	15401,51	0,27
dpl-2	798,84	797,31	774,53	787,07	799,44	800,28	783,36	790,76	794,58	810,49	7,37
mmšl-2	3952,44	3856,53	3831,07	3861,40	3879,80	3887,10	3769,85	3728,49	3832,25	3828,20	0,40
šl-2/80%	5274,15	5115,88	5224,87	5292,08	5225,59	5268,53	5199,52	5271,66	5229,21	5213,53	0,88
šl-2/90%	814,69	823,53	839,22	858,11	835,71	773,83	826,62	814,79	834,75	835,93	0,43
šl-2/80%/(d80%-2)	-6817,64	-6644,65	-6731,14	-6814,25	-6760,04	-6804,96	-6717,60	-6793,89	-6747,57	-6740,09	0,60
k2ot_10	40,19	38,91	39,69	39,64	40,01	40,25	38,57	38,83	38,62	38,56	35,00
k2ot_25	32,55	34,28	35,83	35,82	33,63	31,61	33,29	33,46	34,48	35,49	25,20
pl-3	-340,68	-332,94	-333,53	-338,76	-322,65	-337,46	-322,47	-330,24	-333,65	-336,92	6,22
šl-3	-327,78	-307,19	-295,21	-315,47	-325,14	-326,66	-368,70	-350,22	-296,07	-295,22	1,82
šl-3/dpl-3	-142,52	-212,06	-406,22	-253,27	-131,56	-95,06	-277,82	-347,81	-351,28	-383,35	0,33
dpl-3	614,87	599,91	598,80	606,93	590,90	609,63	595,05	602,46	599,75	601,73	5,47
mmšl-3	2861,92	2792,12	2832,65	2835,66	2649,13	2751,77	2831,45	2877,26	2781,93	2794,25	0,31
šl-3/80%	1324,48	1290,82	1250,24	1312,20	1282,33	1329,33	1354,42	1352,12	1266,88	1315,41	0,65
šl-3/80%/(d80%-3)	-903,81	-914,12	-891,28	-936,60	-835,95	-865,16	-942,56	-951,83	-881,81	-916,98	0,60
šl-3/90%/(d90%-3)	202,37	227,29	248,37	242,80	214,14	195,35	217,77	230,82	239,69	252,09	0,61
k3ot_25	79,32	78,69	80,12	80,07	76,52	77,86	81,16	82,00	79,29	80,27	31,80
konstanta	-6921,29	-6818,05	-6928,59	-6965,65	-6893,79	-6877,88	-6738,92	-6847,66	-6741,89	-6869,04	

^a primer izračuna klasifikacijske vrednosti: sončni vzorec drevesa iz populacije Kostanjevica

nadaljevanje

Kostanjevica sončno: $(-11,51 \cdot 64,43) + (130,82 \cdot 19,70) + \dots (79,32 \cdot 31,80) + (-6921,29$	= 6781,87
Kostanjevica senčno: $(-11,36 \cdot 64,43) + (129,42 \cdot 19,70)$	= 6780,87
Črni log sončno:.....	= 6770,98
Črni log senčno:	= 6770,23
Orlovšček sončno:	= 6771,42
Orlovšček senčno:	= 6777,56
Lijak sončno:	= 6776,90
Lijak senčno:	= 6772,82
Dragonja sončno:	= 6772,62
Dragonja senčno:	= 6774,75

Vzorec je bil klasificiran v skupino 'Kostanjevica sončno' (vrednost 6781,87 je med vsemi izračunanimi vrednostmi najvišja) od koder vzorec tudi dejansko izvira. Sklep: klasifikacija vzorca je pravilna.