

# MORFOLOŠKA VARIJABILNOST NIZINSKOG BRIJESTA (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) NA PODRUČJU KONTINENTALNE HRVATSKE

## MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE FIELD ELM (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) IN CONTINENTAL CROATIA

Marko Zebec<sup>1</sup>, Marilena Idžojtić<sup>1</sup>, Igor Poljak<sup>1</sup>

### Sažetak

Istraživana je morfološka varijabilnost listova šest populacija nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) na području kontinentalne Hrvatske: Bilogora, Dilj, Donji Miholjac, Jastrebarsko, Nova Kapela i Zagreb. Morfometrijsko istraživanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi 10 morfoloških svojstava listova, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode. Utvrđena je visoka varijabilnost istraživanih morfoloških značajki, usprkos pretpostavljenom negativnom utjecaju holandske bolesti brijesta na varijabilnost vrste. Koeficijent varijabilnosti na razini svih populacija kretao se od 17,05 % za svojstvo broja sekundarnih i tercijarnih žila subapikalne regije lista do 45,24 % za svojstvo bazalne asimetrije. Za većinu svojstava pokazalo se da je 1/2-2/3 od ukupne varijance uvjetovano varijabilnošću između listova unutar stabla, dok je najmanja varijabilnost bila prisutna između populacija. Odstupanje od ovoga pravila utvrđeno je za svojstvo broja sekundarnih i tercijarnih žila subapikalne regije i duljinu peteljke, gdje je međupopulacijska varijabilnost bila visoka. Prema klusterskoj analizi istraživane populacije se grupiraju prema ekološkim uvjetima staništa, ali se kao osnova za grupiranje populacija etablira i negativni antropogeni utjecaj na okoliš u smislu promjene načina korištenja šumskog zemljišta i hidroregulacijskih zahvata. Međusobno najbližnje populacije bile su Bilogora, Donji Miholjac i Zagreb, odnosno Jastrebarsko i Nova Kapela. Odvajanje populacije Dilj uvjetovano je specifičnim uvjetima njena pridolaska, budući da se nalazi unutar srednjoeuropske vegetacijske zone termofilnih šuma sveze *Quercion pubescentis-petraeae* Br. – Bl. 1931.

KLJUČNE RIJEČI: *Ulmus minor* Mill. sensu latissimo, varijabilnost, morfologija lista, kontinentalna Hrvatska.

### UVOD INTRODUCTION

*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo je listopadno, do 30 metara visoko stablo, u mladosti s uspravno usmjerenim granama, a kasnije vodoravno položenim granama. Odlikuje se stožastom krošnjom s ravnim, položenim vrhom. Za

mlada stabalca karakteristični su tanki, dugi izbojci, koji se ponekad lateralno otklanjaju od osi stabla, ali se doskora ispravljaju te rastu paralelno s glavnom osi. Dugi izbojci nose kratke izbojke, koji pak nose 5-6 listova različitog oblika. Listovi su jednostavni; obrnuto jajasti, jajasti do okruglasti; šiljastog vrha, dvostruko napiljenog ruba, kose osnove. (Hegi 1957; Tutin 1962, 1964; Idžojtić 2005, 2009).

<sup>1</sup> doc. dr. sc. Marko Zebec, prof. dr. sc. Marilena Idžojtić, dr. sc. Igor Poljak, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, e-mail: mzebec@sumfak.hr; midzotic@sumfak.hr; ipoljak@sumfak.hr

Nizinski brijest prirodno dolazi u većem dijelu Europe, osim Norveške, Švedske, Finske i sjevernog dijela Rusije. Nema ga na sjeveru Europe (osim na baltičkim otocima Gotland, Oland i Bornholm), a vrlo je rijedak u Irskoj i Danskoj, dok je u Nizozemskoj i sjeverozapadnoj Njemačkoj vrlo čest križanac s gorskim brijestom - *U. × hollandica* Mill. Javlja se duž mediteranske obale, na većini otoka Sredozemnog mora, kao i u Alžiru. Dolazi i u Aziji, i to od turske obale Crnoga mora, preko Transkavkazije, sve do padina Elburz planina, južno od Kaspijskog jezera (Richens 1976).

Na području svog prirodnog pridolaska, nizinski brijest se pojavljuje na pretežito ravničarskim, ali i brežuljkastim terenima, tako da u srednjoj Europi dolazi na visinama do 600 metara, a na području Sredozemlja do 1000 mnv. Važan je član zajednica hrastovih poplavnih šuma, koje se protežu duž velikih srednjoeuropskih rijeka, a za prirodne sastojine nizinskog brijesta karakteristični su vrlo različiti uvjeti staništa. Tako se, osim na područjima bogatim vođom, brijest javlja i u sredozemnim šumskim zajednicama, a ponekad izgrađuje i čiste sastojine na plitkim, suhim tlima u ekstremnim klimatskim uvjetima, pa ga nalazimo i na području Aragona u Španjolskoj, Apeninima, šumostepama južne Rusije, sjeveroistočnom Balkanu (Richens 1983, Namvar i Spethmann 1985).

Narušavanje optimalne količine genetske raznolikosti brijestova sekcije *Ulmus* Heybr. uslijed pojave holandske bolesti brijesta (*Ophiostoma novo-ulmi* Brasier), kao i posljednog masovnog sušenja adultnih stabala na području Europe, defragmentacija staništa, te polucija genetskog bazena nizinskog brijesta putem hibridizacije s introduciranim azijskim vrstama, pobudile su zanimanje znanstvenika za skorašnja istraživanja varijabilnosti vrste.

Preteču istraživanjima genetske varijabilnosti brijestova predstavljaju morfometrijske analize varijabilnosti njihovih folijarnih značajki, na temelju kojih su se pokušali oformiti morfološki deskriptori za delimitaciju specijskih i intraspecijskih taksona brijestova sekcije *Ulmus* Heybr. (Melville 1975; Richens 1968, 1980; Richens i Jeffers 1985, 1986; Jeffers 1996, 1999). No, konsenzus biljnih taksonoma o važnosti pojedinih morfoloških značajki nije postignut, tako da se taksonomski integritet nizinskog brijesta i dalje održava pod kolektivnim nazivom *U. minor* Mill. sensu lato, koji kao šira taksonomska jedinica obuhvaća veći broj hipotetskih intraspecijskih jedinica vrste *U. minor* Mill.

Rezultati istraživanja varijabilnosti lisnih značajki, dobiveni klasičnom morfometrijskom analizom, imali su u prošlosti veliko značenje u formiranju stavova o delimitaciji pojedinih taksonomskih jedinica unutar *U. minor* Mill. s. l. kompleksa, a pomoću morfometrije pokušava se ponuditi odgovor i na pitanje autohtonosti nizinskog brijesta na području Velike Britanije. Tako Jeffers i Richens (1970), odnosno Richens i Jeffers (1986) pomoću morfologije lista

nastoje riješiti filogenetsko pitanje introdukcijskih ruta brijesta na područje današnje Engleske i Španjolske.

Istraživanja morfološke varijabilnosti brijestova analizom lisnih svojstava, podrazumijevaju vrlo veliku raznolikost i diskordantnost u izboru značajki za obradu te odabiru statističke metode za provedbu analize. Upravo zbog oprečnih stavova o značajnosti pojedinih svojstava, a slijedom toga i izvedenih zaključaka o taksonomskoj strukturi nizinskih brijestova, usporedba rezultata istraživanja različitih autora je često nemoguća.

Bitno je napomenuti da uzorkovani materijal u navedenim studijama genetske i morfološke varijabilnosti ne čine isključivo prirodne populacije nizinskog brijesta, već se zajedno uzorkuju i stabla s klonskih plantaža, stabla u gradskim nasadima, tako da se ovdje ne radi o pravim populacijskim istraživanjima.

Slijedom toga, komparacija rezultata dobivenih u ovome radu s rezultatima drugih istraživanja u Europi, moguća je samo orijentacijski, budući da su ciljevi, kao i problematika kojom se drugi autori bave, u velikoj mjeri različita od u nastavku prezentirane problematike.

Na području jugoistočne Europe istraživanja morfološke varijabilnosti nizinskog brijesta provodi više autora, i to Zlatarić (1952) daje prikaz varijabilnosti za područje Hrvatske, Janjić (1981) za područje Bosne i Hercegovine, te Popovski (1970) za područje Makedonije. Nažalost, navedena istraživanja su s obzirom na veličinu uzorka parcijalna i neujednačena, a metodološki zastarjela, slijedom čega nisu populacijskog karaktera, tako da danas nemaju posebno značenje i ne predstavljaju primjerene izvore za nastavak istraživanja.

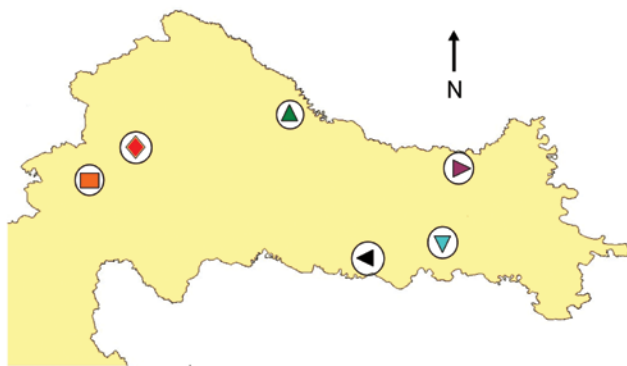
Prvi prikaz varijabilnosti isključivo prirodnih populacija nizinskog brijesta u Hrvatskoj, koristeći suvremene metode morfometrijske analize, na staništima uz rijeku Dravu, daju Zebec i sur. (2010), gdje je razvidan visok stupanj raznolikosti.







U ovoj će se studiji morfometrijskom analizom lisnih značajki nizinskog brijesta na području kontinentalne Hrvatske nastojati opisati modalitet morfološke varijacije uzorkovanog materijala, kvantificirati komponente varijabilnosti na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini te odrediti potencijalni negativni utjecaj traheomikoze brijesta na raznolikost istraživanih populacija.

## MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Materijal za morfometrijsku analizu sakupljen je u šest prirodnih populacija nizinskog brijesta s područja kontinentalne Hrvatske. Populacije obuhvaćene istraživanjem bile su: Bilogora, Dilj, Donji Miholjac, Jastrebarsko, Nova Kapela, Zagreb (slika 1). Sabrani su listovi s pet stabala po po-

pulaciji, dok je svako stablo bilo prezentirano s 30 zdravih i neoštećenih listova (Jeffers 1996). Korišteni su subdistalni listovi kratkih fertilnih izbojaka osvjetljenog dijela krošnje, budući da se vršni, distalni listovi formiraju u sušno doba godine, što uzrokuje njihovu deformaciju, pa su neprikladni za izmjeru (Richens 1955). Uzorkovanje je obavljeno pomoću teleskopskih vrtnih škara za orezivanje grana. Budući da *U. minor* ima vrlo velik potencijal vegetativnog širenja pri selekciji uzoraka, primjenjivan je kriterij da su stabla međusobno udaljena najmanje 50 metara, upravo da bi se izbjegla mogućnost uzorkovanja genetski istih jedinki (Rackham 1980, Coleman i sur. 2000).

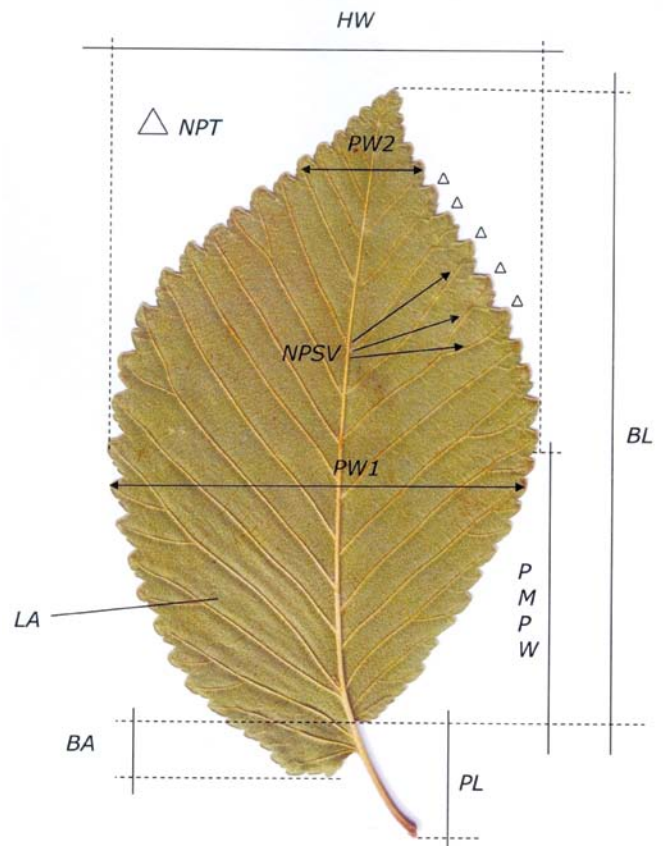


-  Bilogora
-  Dilj
-  Donji Miholjac
-  Jastrebarsko
-  Nova Kapela
-  Zagreb



**Slika 1.** Uzorkovane populacije.  
**Figure 1** Sampled populations.

Nakon skeniranja, lišće je izmjereno programskim paketom WinFolia (WinFolia™ 2001). Odabir značajki za izmjeru izvršen je prema Zebec i sur. (2010). Ukupno je izmjereno 10 folijarnih svojstava (slika 2). Točnost mjerenja iznosila je 0,1 mm, a za svaki list mjerena su sljedeća svojstva: površina plojke (LA); maksimalna širina plojke (HW); duljina plojke, mjerena od baze plojke na kraćoj strani lista do mjesta najveće širine plojke (PMPW); širina plojke na 50 % duljine plojke kraće strane lista (PW1); širina plojke na 90 % duljine plojke kraće strane lista (PW2); broj primarnih zubaca subapikalne regije, mjereno od vrha lisne plojke do polovine duljine plojke kraće strane lista (NPT); broj sekundarnih i tercijarnih žila subapikalne regije, mjereno od apeksa do polovine duljine plojke kraće strane lista (NPSV);



**Slika 2.** Mjerena svojstva lista:

LA = površina plojke; HW = maksimalna širina plojke; PMPW = duljina plojke, mjerena od baze plojke na kraćoj strani lista do mjesta najveće širine plojke; PW1 = širina plojke na 50 % duljine plojke kraće strane lista; PW2 = širina plojke na 90 % duljine plojke kraće strane lista; NPT = broj primarnih zubaca subapikalne regije, mjereno od apeksa do polovine duljine plojke kraće strane lista; NPSV = broj sekundarnih i tercijarnih žila subapikalne regije, mjereno od polovine duljine plojke kraće strane lista; PL = duljina peteljke; BA = bazalna asimetrija; BL = duljina plojke.

**Figure 2** Measured leaf traits:

LA = leaf blade area; HW = leaf blade breadth at its widest point; PMPW = leaf blade length, measured along the shorter side of lamina, starting from the leaf base to the point of maximum leaf breadth; PW1 = leaf blade width at 50 % of leaf blade length, measured along the shorter side of lamina; PW2 = leaf blade width at 90 % of leaf blade length, measured along the shorter side of lamina; NPT = number of primary teeth, measured in the subapical region of the leaf, along the shorter side of lamina, starting from leaf apex to the point of 50 % of leaf blade length; NPSV = number of secondary and tertiary veins, measured in the subapical region of the leaf, along the shorter side of lamina, starting from leaf apex to the point of 50 % of leaf blade length; PL = petiole length; BA = leaf base asymmetry; BL = blade length.

duljina peteljke (PL); bazalna asimetrija, razmak između najnižih točaka dulje i kraće strane lista (BA); duljina plojke (BL).

Trend izmjerenih morfoloških značajki opisan je putem deskriptivnih statističkih pokazatelja, pri čijem su izračunu korišteni standardni algoritmi deskriptivne statističke analize (Sokal i Rohlf 1989). Podaci su prikazani sljedećim pro-

cjeniteljima: aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ), standardna devijacija (SD), raspon ( $x_{min} - x_{max}$ ), koeficijent varijabilnosti (CV). U svrhu utvrđivanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti nizinskog brijesta, korištena je univarijatna analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori varijabilnosti bili su populacija i stablo, na način da je faktor stablo ugniježđen unutar faktora populacija. Ukoliko su između populacija postojale signifikantne razlike u vrijednostima aritmetičkih sredina za pojedina svojstva, a kako bi se utvrdilo koje se točno populacije međusobno signifikantno ra-

zlikuju, provedeno je i dodatno testiranje Fisherovim multiplim testovima (LSD) za sve parove populacija. Također je provedena i razdjelba ukupne varijance, alociranjem izračunate komponente varijabilnosti pripadajućem izvoru (između populacija, između stabala unutar populacije, unutar stabla) za sva analizirana svojstva. U tu svrhu korištena je REML metoda (*Restricted Maximum Likelihood Method*).

S ciljem što boljeg prikaza odnosa između istraživanih populacija, primijenjena je klusterska analiza na temelju

**Tablica 1.** Parametri deskriptivne statistike za mjerena morfološka svojstva. Najveće i najmanje vrijednosti su podebljane.

**Table 1** Descriptive statistical parameters for measured morphological traits. Maximum and minimum values are bolded.

Svojstvo Trait	Deskriptivni pokazatelji Statistical parameters	Bilogora	Dilj	Donji Miholjac	Jastrebarsko	Nova Kapela	Zagreb	Ukupno Total
LA	$\bar{x}$ (cm <sup>2</sup> )	11,37	10,50	<b>10,43</b>	<b>14,66</b>	13,26	11,15	11,89
	SD (cm <sup>2</sup> )	3,75	4,15	3,77	8,20	5,86	3,43	5,36
	$x_{min} - x_{max}$	3,28 – 24,43	4,17 – 28,40	4,04 – 23,05	4,07 – 43,26	3,00 – 28,86	4,65 – 20,47	3,00 – 43,26
	CV (%)	32,98	39,52	36,15	<b>55,93</b>	44,19	<b>30,76</b>	45,08
HW	$\bar{x}$ (cm)	3,14	3,20	<b>2,93</b>	<b>3,47</b>	3,44	3,15	3,22
	SD (cm)	0,53	0,62	0,55	0,92	0,81	0,54	0,70
	$x_{min} - x_{max}$	1,68 – 4,83	2,07 – 5,32	1,82 – 4,67	1,96 – 6,05	1,49 – 5,23	1,88 – 4,42	1,49 – 6,05
	CV (%)	<b>16,88</b>	19,38	18,77	<b>26,51</b>	23,55	17,14	21,74
PMPW	$\bar{x}$ (cm)	2,15	<b>1,86</b>	2,21	<b>2,70</b>	2,28	2,12	2,22
	SD (cm)	0,47	0,46	0,52	0,93	0,57	0,59	0,66
	$x_{min} - x_{max}$	1,08 – 3,49	1,03 – 3,50	0,96 – 3,69	1,19 – 5,19	1,15 – 3,69	0,88 – 3,58	0,88 – 5,19
	CV (%)	<b>21,86</b>	24,73	23,53	<b>34,44</b>	25,00	27,83	29,73
PW1	$\bar{x}$ (cm)	2,97	3,01	<b>2,79</b>	<b>3,31</b>	3,26	2,99	3,05
	SD (cm)	0,53	0,61	0,54	0,90	0,78	0,51	0,68
	$x_{min} - x_{max}$	1,55 – 4,67	1,91 – 5,15	1,59 – 4,56	1,84 – 5,76	1,42 – 4,91	1,80 – 4,31	1,42 – 5,76
	CV (%)	17,85	20,27	19,35	<b>27,19</b>	23,93	<b>17,06</b>	22,30
PW2	$\bar{x}$ (cm)	<b>0,55</b>	<b>0,82</b>	0,61	0,60	0,75	0,71	0,67
	SD (cm)	0,13	0,21	0,11	0,19	0,18	0,14	0,19
	$x_{min} - x_{max}$	0,25 – 0,86	0,47 – 1,69	0,38 – 0,91	0,31 – 1,26	0,34 – 1,27	0,32 – 1,11	0,25 – 1,69
	CV (%)	23,64	25,61	<b>18,03</b>	<b>31,67</b>	24,00	19,72	28,36
NPT	$\bar{x}$	<b>12,45</b>	<b>10,14</b>	12,29	11,65	12,22	10,90	11,61
	SD	1,92	1,58	2,26	1,95	1,51	1,62	2,00
	$x_{min} - x_{max}$	8,00 – 18,00	6,00 – 14,00	8,00 – 18,00	8,00 – 17,00	8,00 – 15,00	8,00 – 15,00	6,00 – 18,00
	CV (%)	15,42	15,58	<b>18,39</b>	16,74	12,36	14,86	17,23
NPSV	$\bar{x}$	13,03	<b>10,02</b>	<b>13,83</b>	11,69	13,09	11,93	12,26
	SD	1,68	1,56	1,71	2,14	1,52	1,47	2,09
	$x_{min} - x_{max}$	9,00 – 17,00	7,00 – 14,00	10,00 – 18,00	7,00 – 17,00	8,00 – 16,00	8,00 – 15,00	7,00 – 18,00
	CV (%)	12,89	15,57	12,36	<b>18,31</b>	11,61	12,32	17,05
PL	$\bar{x}$ (cm)	0,86	0,87	<b>1,19</b>	<b>0,50</b>	1,14	0,89	0,91
	SD (cm)	0,19	0,30	0,30	0,16	0,32	0,32	0,35
	$x_{min} - x_{max}$	0,43 – 1,41	0,24 – 1,68	0,57 – 1,85	0,21 – 0,92	0,49 – 1,83	0,28 – 2,03	0,21 – 2,03
	CV (%)	<b>22,09</b>	34,48	25,21	32,00	28,07	<b>35,96</b>	38,46
BA	$\bar{x}$ (cm)	<b>0,28</b>	0,41	0,49	0,30	0,56	0,45	0,42
	SD (cm)	0,12	0,15	0,18	0,17	0,18	0,17	0,19
	$x_{min} - x_{max}$	0,05 – 0,64	0,15 – 0,80	0,12 – 0,95	0,03 – 0,80	0,17 – 1,10	0,09 – 0,96	0,03 – 1,10
	CV (%)	42,86	36,59	36,73	<b>56,67</b>	32,14	37,78	45,24
BL	$\bar{x}$ (cm)	5,52	<b>4,47</b>	5,46	<b>6,08</b>	6,07	5,40	5,50
	SD (cm)	0,94	0,92	1,06	1,75	1,34	0,95	1,31
	$x_{min} - x_{max}$	2,95 – 7,94	2,75 – 7,85	3,17 – 8,76	3,17 – 11,43	2,88 – 9,05	3,12 – 7,85	2,75 – 11,43
	CV (%)	<b>17,03</b>	20,58	19,41	<b>28,78</b>	22,08	17,59	23,82



**Tablica 2.** Rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA).

Table 2 Results of univariate analysis of variance (ANOVA).

Efekti – Effects		df	LA	HW	PMPW	PW1	PW2
Populacija <i>Population</i>	F	5	1,55	1,40	2,41	1,41	4,76
	p		0,21	0,26	0,07	0,26	p<0,01
Stablo/populacija <i>Tree/population</i>	F	24	14,40	12,52	18,65	12,33	17,91
	p		p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
Efekti – Effects		df	NPT	NPSV	PL	BA	BL
Populacija <i>Population</i>	F	5	2,80	7,13	10,83	7,81	3,54
	p		p<0,05	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,05
Stablo/populacija <i>Tree/population</i>	F	24	20,63	20,43	16,05	10,58	13,49
	p		p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01

UPGMA (*Unweighted Pair Group Average Method*) metode, pri čemu je korištena Euklidska udaljenost. Sve navedene statističke analize provedene su pomoću statističkog programa STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc. 2001).

## REZULTATI RESULTS

Rezultati deskriptivne statističke analize prikazani su u tablici 1. Prosječno najveću površinu plojke (LA), najšire lisne plojke (HW), najveće vrijednosti duljine plojke, mjerene od baze plojke na kraćoj strani lista do mjesta najveće širine plojke (PMPW), najveće vrijednosti širine plojke na 50 % duljine plojke kraće strane lista (PW1), kao i prosječno najveću duljinu plojke (BL), ali i najkraće peteljke (PL) imala je populacija Jastrebarsko. Stabla brijesta donjomiholjačke populacije odlikovala su se najmanjim vrijednostima varijabli LA, HW, te PW1, no istovremeno su vrijednosti za varijable NPSV i PL promatrane populacije bile maksimalne. Prosječno najveći, odnosno najmanji broj primarnih zubaca subapikalne regije (NPT) imale su populacije Bilogora i Dilj. Najveća asimetrija baze lisne plojke (BA) bila je svojstvena jedinkama populacije Nova Kapela, dok je najmanji stupanj bazalne asimetrije utvrđen za stabla populacije Bilogora. Za populaciju Dilj bile su karakteristične najkraće lisne plojke (PL) i najmanje vrijednosti duljine plojke, mjerene od baze plojke na kraćoj strani lista do mjesta najveće širine plojke (PMPW).

Najvarijabilnija svojstva s visokim koeficijentima varijabilnosti (iznad 30 %) bila su površina plojke (LA), duljina peteljke (PL), bazalna asimetrija (BA). Najmanji koeficijenti varijabilnosti utvrđeni su za varijable: maksimalna širina plojke (HW), broj primarnih zubaca subapikalne regije (NPT), broj sekundarnih i tercijarnih žila subapikalne regije (NPSV).

Rezultati provedene analize varijance pokazuju da se stabla unutar populacija značajno razlikuju prema svim istraživanim svojstvima (tablica 2). Populacije se na razini si-

gnifikantnosti 0,05 razlikuju univarijatno za svojstvo duljine plojke (BL), dok je na razini 0,01 razlikovanje značajno za sljedeća svojstva: širina plojke na 90 % duljine plojke kraće strane lista (PW2), broj primarnih zubaca subapikalne regije (NPT), broj sekundarnih i tercijarnih žila subapikalne regije (NPSV), duljina peteljke (PL), bazalna asimetrija (BA) i duljina plojke (BL).

Na tragu činjenice da rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA) potvrđuju postojanje statistički značajnih razlika, i to za glavninu promatrajnih značajki, u nastavku je provedeno testiranje pomoću Fisherovih multiplih testova (LSD) između svih parova populacija, kako bi se utvrdilo koje se točno populacije međusobno razlikuju za pojedina svojstva (tablica 3). Prema dobivenim rezultatima može se izvesti zaključak da se međusobno najviše razlikuju parovi populacija Bilogora i Dilj (značajno razlikovanje za sva istraživana svojstva, osim PL), zatim populacije Donji Miholjac i Dilj (značajno razlikovanje za sva istraživana svojstva, osim BA), kao i populacije Dilj i Nova Kapela (značajno razlikovanje za sva istraživana svojstva, osim PW2). Međusobno najslabiji parovi populacija su Donji Miholjac i Nova Kapela, koji se značajno ne razlikuju za promatrana svojstva, zatim Bilogora i Jastrebarsko, odnosno Nova Kapela i Zagreb, gdje je značajno razlikovanje utvrđeno samo za varijablu PL.

Particioniranjem varijance na pojedine izvore varijabilnosti utvrđeno je da je 1/2-2/3 od ukupne varijance uvjetovano varijabilnošću između listova unutar stabla (tablica 4), dok je najmanja varijabilnost prisutna između populacija (2,33-22,31 % ukupne varijance). Odstupanje od ovog pravila vidljivo je kod varijabli NPSV i PL, gdje je međupopulacijska varijabilnost relativno visoka (33,63-41,20 % ukupne varijance).

Na temelju vizualizacije klusterske analize putem UPGMA dendrograma (slika 3) i pripadnih euklidskih udaljenosti između parova populacija (tablica 5) vidljivo je da su prema istraživanim svojstvima listova međusobno najslabiji parovi populacija Bilogora i Donji Miholjac, na koje se nadovezuje

**Tablica 3.** Rezultati komparacije parova populacija za 6 svojstava, korištenjem Fisherovog LSD testa.

A = Bilogora, B = Dilj, C = Donji Miholjac, D = Jastrebarsko, E = Nova Kapela, F = Zagreb

Table 3 Results of populations pairwise comparisons for 6 traits by using Fisher LSD testing procedure.

A = Bilogora, B = Dilj, C = Donji Miholjac, D = Jastrebarsko, E = Nova Kapela, F = Zagreb

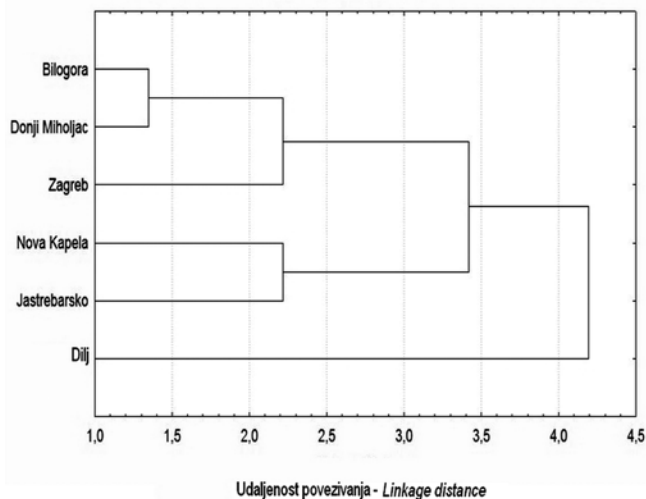
Komparacija populacija Comparison of populations	Svojstvo Trait					
	PW2	NPT	NPSV	PL	BA	BL
A – B	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,91	p<0,05	p<0,05
A – C	0,37	0,84	0,23	p<0,01	p<0,01	0,90
A – D	0,48	0,31	0,08	p<0,01	0,65	0,22
A – E	p<0,01	0,77	0,93	p<0,05	p<0,01	0,23
A – F	p<0,05	0,06	0,14	0,78	p<0,01	0,79
B – C	p<0,01	p<0,05	p<0,01	p<0,01	0,18	p<0,05
B – D	p<0,01	0,06	p<0,05	p<0,01	0,06	p<0,01
B – E	0,29	p<0,05	p<0,01	p<0,05	p<0,05	p<0,05
B – F	0,10	0,34	p<0,05	0,87	0,47	p<0,05
C – D	0,85	0,42	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,18
C – E	0,05	0,93	0,31	0,65	0,21	0,18
C – F	0,16	0,09	p<0,05	p<0,01	0,53	0,89
D – E	p<0,05	0,47	0,06	p<0,01	p<0,01	0,99
D – F	0,11	0,34	0,75	p<0,01	p<0,05	0,14
E – F	0,54	0,10	0,12	p<0,05	0,07	0,14

**Tablica 4.** Komponente varijance.

Table 4 Variance components.

Svojstvo Trait	Efekt – Effect (%)		
	Populacija Population	Stablo/populacija Tree/population	Unutar stabla Within the tree
LA	3,51	29,79	66,70
HW	2,33	27,10	70,57
PMPW	9,94	33,36	56,70
PW1	2,38	26,75	70,87
PW2	22,31	28,00	49,69
NPT	13,03	34,46	52,51
NPSV	33,63	26,09	40,28
PL	41,20	19,65	39,15
BA	26,69	17,74	55,57
BL	13,90	25,30	60,80

populacija Zagreb, koje zajedno čine klaster. Sljedeću skupinu međusobno najbližnjih populacija formiraju Nova Kapela i Jastrebarsko, dok se populacija Dilj nalazi na najvećoj udaljenosti povezivanja te predstavlja morfološki najdistinktivniju populaciju.



**Slika 3.** UPGMA dendrogram istraživanih populacija.

Figure 3 UPGMA tree diagram of researched populations.

**Tablica 5.** Euklidske udaljenosti između istraživanih populacija.

Table 5 Euclidean distances among observed populations.

Populacija Population	Euklidske udaljenosti Euclidean distances					
	Bilogora	Dilj	Donji Miholjac	Jastrebarsko	Nova Kapela	Zagreb
Bilogora	0,00	4,05	1,35	3,77	2,08	1,93
Dilj	4,05	0,00	4,53	5,10	4,93	2,36
Donji Miholjac	1,35	4,53	0,00	4,96	3,08	2,50
Jastrebarsko	3,77	5,10	4,96	0,00	2,22	3,76
Nova Kapela	2,08	4,93	3,08	2,22	0,00	2,88
Zagreb	1,93	2,36	2,50	3,76	2,88	0,00

## RASPRAVA I ZAKLJUČAK DISCUSSION AND CONCLUSION

Shodno provedenoj statističkoj analizi podataka izmjere morfoloških značajki listova, evidentno je da su najvarijabilnija svojstva u istraživanim populacijama bila bazalna asimetrija (BA), površina plojke (LA) i duljina peteljke (PL). Na temelju analize varijance (ANOVA) potvrđene su statistički značajne razlike u vrijednostima aritmetičkih sredina kompariranih svojstava na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini. Populacije su se međusobno značajno razlikovale za šest svojstava, i to za varijable PW, NPT, NPSV, PL, BA, BL, dok su se uzorkovana stabla unutar populacija međusobno potpuno razlikovala za sva promatrana svojstva. Provedbom *post hoc* testiranja pomoću Fisherovih multiplih testova (LSD), kao i klusterske multivarijatne analize, dodatno je pojašnjen uzorak variranja i trend diferencijacije populacija, prethodno dobiven metodama deskriptivne statistike, odnosno analize varijance. Particioniranjem ukupne varijance na izvore varijabilnosti utvrđeno je da je

unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti, što je očekivano u studijama morfološke varijabilnosti listova drvenastih vrsta (Franjić 1996, Kajba 1996, Škvorc i sur. 2005, Idžojić i sur. 2006). Vrlo sličan obrazac variranja morfoloških značajki listova, uz relativno visoke koeficijente varijacije dobivaju Zebec i sur. (2010), prilikom morfometrijskih istraživanja populacija nizinskog brijesta uz rijeku Dravu. Prema Jeffers (1996) visoki koeficijenti varijacije za pojedina svojstva ukazuju na vrlo veliku heterogenost populacija nizinskog brijesta u Europi.

Grupiranje većine populacija prema sličnosti u morfološkim značajkama listova može se tumačiti ekološkim načelom, ali i negativnim antropogenim utjecajem na izvornu strukturu i stabilnost staništa, koja pojedine populacije nastanjuju. Naime, populacije Donji Miholjac i Zagreb pridolaze u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli* – *Quercetum roboris* / Anić 1959/ Rauš 1971), koja predstavlja završni stadij razvoja šumske vegetacije nizinskoga područja. Navedene sastojine rastu na svježim, ocjedinim povišicama ili gredama, na pseudoglejnom, odnosno podzolastom tlu koje je slabo kiselo do neutralno.

Brijestovi populacije Bilogora pridolaze na antropogenom djelatnošću, u pogledu stupnja bioraznošnosti, drastično devastiranom i osiromašenom staništu. Prema kazivanju starijih žitelja na današnjem kultiviranom području kolinskog pojasa Bilogore, u neposrednoj blizini lokaliteta Belevine, gdje mahom prevladavaju voćnjaci i vinogradi, u skorašnjoj prošlosti bila je prisutna starija šumska sastojina s dominacijom kitnjaka, bukve, graba i trešnje i ponekim nizinskim brijestom. Budući da se istraživani lokalitet uzdiže na prosječno 200 mnv, na prapornim naslagama, prema Vukeliću i Raušu (1998) moguće je određenje fitocenoze kao šume hrasta kitnjaka i običnog graba s vlasuljom (*Festuco drymeiae-Carpinetum betuli* Vukelić 1991 ex Marinček 1994). Postupnom konverzijom staništa u korist voćarskih i poljoprivrednih kultura, dolazi do krčenja iskonske šume te generiranja agrosfere, uz brojne negativne posljedice po raznolikost autohtonih drvenastih svojti.

U svrhu vezanja pjeskovitih terena strmih padina Bilogore, intenzivno su se sadile agresivne alohtone vrste, ponajprije bagrem i pajasen, koje vrlo brzo guše prirodnu vegetaciju. Na lokalitetu, gdje je uzrokovan materijal za morfometrijsku analizu, danas je prisutan gusti sklop tankih stabalaca bagrema, pajasena i nizinskog brijesta (slika 4). Indikacija vegetativnog načina razmnožavanja brijesta može se nazrijeti iz niskih koeficijenata varijabilnosti za pojedine folijarne značajke, što posljedično ukazuje i na referentnu jednostojnost genetske strukture jedinki promatrane populacije. Nažalost, većina stabalaca se, ne dostigavši značajnije dimenzije, suši uslijed traheomikoze, što je dodatno potencirano klonalnim podrijetlom populacije i činjenicom da je genetska raznolikost, a tako i otpornost prema patogenu, kod klonova vrlo niska (Ballian i Kajba 2011).



Slika 4. Žilište nizinskog brijesta na pjeskovitom tlu padina Bilogore.  
Figure 4. Root collar of the field elm on sandy soils of Bilogora slopes.

Stabla populacije Dilj fitocenoški pripadaju ekstrazonalnoj termofilno-bazofilnoj zajednici hrasta medunca s crnim jasenom (*Orno-Quercetum pubescentis* Klika 1938), na južnim obroncima Dilja, gdje su prisutni nepovoljniji pedološki i klimatski uvjeti u odnosu na ostale kontinentalne populacije. Škvorc (2006) navodi da su sastojine ove fitocenoze na Dilju fragmentarno rasprostranjene na manjim površinama, prosječnog nagiba preko 20°, južnih ekspozicija i visine od 180 do 280 m. Za lokalitet su karakteristični strmi, izloženi, suhi i topli obronci, a tla su skeletnija, u pravilu plitke rendzine, tako da i manje vrijednosti mjerenih morfoloških značajki, a uslijed ekspresije kseromorfnosti, odstupaju od prosječnih dimenzija listova ostalih kontinentalnih populacija.

Međusobno najbližnje populacije, Nova Kapela i Jastrebarsko, dijelom su prostranih nizinskih poplavnih šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto elatae* – *Quercetum*



Slika 5. Bilogorski brijestovi.  
Figure 5. Bilogora's elm trees.



roboris Ht.1938). Brijestovi ovih šuma rastu na mineralno-močvarnom, slabije ili jače kiselom tlu i na pseudoglejnom, odnosno podzolastom, slabo kiselom do neutralnom tlu. Visoki koeficijenti varijabilnosti za većinu istraživanih morfoloških značajki, posredno govore u prilog činjenici da su promatrane populacije izrazito heterogene genetske baze, koja jamči adekvatan odgovor vrste na promjenjive uvjete staništa, što je osobito važno u nizinskim poplavnim šumama, uzimajući u obzir izrazito negativan utjecaj hidromeliorativnih zahvata na smanjenje visoke bioraznolikosti ovih šumskih staništa (Prpić 1975, 2001; Vukelić i Baričević 1998).

Unatoč stalnom antropogenom pritisku na okoliš, te konzekventnoj destruktiji prirodnih staništa, popraćenoj introdukcijom invazivnih neofita, ornamentalnih vrsta i trenutnom pandemijom holandske bolesti brijesta, ovim istraživanjem utvrđen je visok stupanj varijabilnosti morfoloških značajki prirodnih populacija nizinskog brijesta na području kontinentalne Hrvatske.

Dobiveni rezultati, u svjetlu utvrđivanja raznolikosti nizinskog brijesta kao izrazito ugroženog člana fitocenoza, neizravno potvrđuju zavidnu prirodnost šumskih ekosustava Republike Hrvatske, što je posebice vidljivo u nizinskim poplavnim šumama, dinamičnim ekosustavima vrlo osjetljive strukture i stabilnosti. Neosporna je to zasluga hrvatskih šumarskih stručnjaka, koji već stotinjak godina svojim filigranskim radom, marom, trudom i znanjem, uz često neophodne kompromise, održavaju izvornost naših šuma postojanom.

## ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo svim djelatnicima šumarija UŠP Našice, Nova Gradiška, Karlovac, Koprivnica, Osijek i Zagreb, koji su nam olakšali pronalaženje stabala nizinskog brijesta na terenu. Posebno se želimo zahvaliti zaposlenicima šumarije Nova Kapela, čiji smo bili česti gosti i upravitelju, gospodinu Ivanu Višiću, dipl. ing. na iskazanoj ljubaznosti i stručnim diskusijama.

Rad je izrađen u okviru projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske pod naslovom "Varijabilnost i očuvanje genofonda plemenitih listača u Hrvatskoj".

## LITERATURA REFERENCES

- Ballian, D., D. Kajba, 2011: Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu i Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 299 str., Sarajevo – Zagreb.
- Coleman, M., M. L. Hollingsworth, P. M. Hollingsworth, 2000: Application of RAPDs to the critical taxonomy of the English

endemic elm *Ulmus plottii* Druce, Botanical Journal of the Linnean Society, 133: 241–262.

- Franjić, J., 1996: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj, Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Hegi, G., 1957: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band III.1., 2. Aufl., Parey, Berlin.
- Idžojtić, M., 2005: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 256 str., Zagreb.
- Idžojtić, M., 2009: Dendrologija – List. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 903 str., Zagreb.
- Idžojtić, M., M. Zebec, D. Drvodelić, 2006: Varijabilnost populacija brekinje u kontinentalnom dijelu Hrvatske prema morfološkim obilježjima lišća i plodova, Glas. šum. pokuse, pos. izd. 5: 305–314.
- Janjić, N., 1981: Raširenost i varijabilitet poljskog bresta u Bosni i Hercegovini. Radovi Šum. fak. i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, knjiga 26, svezak 1–2, 123 str., Sarajevo.
- Jeffers, J. N. R., 1996: Multivariate analysis of a reference collection of elm leaves, J. Appl. Stat., 23: 571–587.
- Jeffers, J. N. R. 1999: Leaf variation in the genus *Ulmus*, Forestry 72: 183–190.
- Jeffers, J. N. R., R. H. Richens, 1970: Multivariate analysis of the English Elm population, Silvae Genet., 19: 31–38.
- Kajba, D., 1996: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost breze (*Betula pendula* Roth.) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj, Glas. Šum. pokuse 33: 53–108.
- Melville, R., 1975: *Ulmus* L., U: C.A. Stace (ur.): Hybridization and the Flora of the British Isles, Academic Press, 292–299 str., London.
- Namvar, K., W. Spethmann, 1985: Waldbaumarten aus der Gattung *Ulmus*, AFZ, 45: 1220–1225.
- Popovski, P., 1970: Morfološke odlike na nizinske brestove u Srednjoj Povardarje i Ovčje Pole, God. Zbor. Zemj. – Šum. Fak. Univ. Skopje, 23: 87–117, Skopje.
- Prpić, B., 1975: Posljedice promjene šumske fitoklime u ekosustavu poplavne šume hrasta lužnjaka, JAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci, posebna izdanja, knjiga 2, 87–100.
- Prpić, B., 2001: Utjecaj vodotehničkih zahvata na stabilnost sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u primjeru HE Novo Virje, Šum. list, 125 (7–8): 379–390.
- Rackham, O., 1980: Ancient woodland: Its history, vegetation and uses in England, Edward Arnold, 402 str., London.
- Richens, R. H., 1955: Studies on *Ulmus* I, The range of variation of East Anglian elms, *Watsonia*, 3: 138–153.
- Richens, R. H., 1968: The correct designation of the European field elm, *Feddes Repertorium Speciorum Novarum Regni Vegetabilis*, 79: 1–2.
- Richens, R. H., 1976: Variation, cytogenetics and breeding of the European field elm (*Ulmus minor* Miller sensu latissimo = *U. carpifolia* Suckow), *Annales Forestales*, 7: 107–145.
- Richens, R. H., 1980: On fine distinctions in *Ulmus* L., *Taxon*, 29: 305–312.
- Richens, R. H., 1983: Elm, Cambridge University Press, 347 str., Cambridge.
- Richens, R. H., J. N. R. Jeffers, 1985: The elms of Wales, *Forestry*, 58: 8–25.



- Richens, R. H., J. N. R. Jeffers, 1986: Numerical taxonomy and ethnobotany of the elms of northern Spain, *An. Jard. Bot. Madr.*, 42: 325–341.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1989: *Biometry*, Freeman and Co., 887 str., San Francisco.
- Škvorc, Ž., 2006: Florističke i vegetacijske značajke Dilja, Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
- Škvorc, Ž., J. Franjić, M. Idžojtić, 2005: Population structure of *Quercus pubescens* Willd. (Fagaceae) in Croatia according to morphology of leaves., *Acta Bot. Hung.*, 47(1-2): 193–206.
- Tutin, T. G., 1962: *Ulmus* L., U: A. R. Clapham, T. G. Tutin i E. F. Warburg (ur.): *Flora of the British Isles*, Cambridge University Press, 562–566 str., New York.
- Tutin, T. G., 1964: *Ulmus* L., U: T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. H. Valentine, S. M. Walters, D. A. Webb (ur.): *Flora Europaea*, 1: 65, Cambridge University Press, New York.
- Vukelić, J., D. Baričević, 1998: Sukcesija šumskih zajednica na području sušenja hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, U: B. Prpić (ur.): *Održivo gospodarsko korištenje nizinskih rijeka i zaštita prirode i okoliša*, Hrvatsko šumarsko društvo Zagreb i EURO-NATUR, 23–37 str., Zagreb.
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Zagreb, 310 str., Zagreb.
- WinFOLIA™, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- Zebec, M., M. Idžojtić, I. Poljak, I. Mihaldinec, 2010: Varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) na području hrvatske Podravine prema morfološkim svojstvima listova, *Šum. list*, 134 (11–12): 569–580.
- Zlatarić, B., 1952: Forme nizinskog brijesta, njegovo rasprostranjenje i šumsko-uzgojno značenje kod nas, *Manuskript*, Zagreb.

## SUMMARY

The European field elm (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo), our native noble broad-leaved species is known for having very valuable and highly prized wood. The favorable characteristics of this tree are not limited solely to its economic usefulness, since it also has more important, invaluable role in preserving the stability of lowland forest ecosystems. Unfortunately, European elm trees have suffered enormous losses due to Dutch elm disease pandemics, which resulted in significant dieback of adult trees. Now, threats to morphological and genetic diversity of *U. minor* s.l. are manifold and expressed in terms of anthropogenic-induced destruction of habitat, introduction of new elm species and spontaneous hybridization with ornamental species, as well as extremely high susceptibility of elms of the *Ulmus* Heybr. section to the said *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier pathogenic fungus. Giving the fact that in Croatia elm trees are also severely affected by the disease, abundance of healthy, adult individuals in the field is rather low. Accordingly, it is presumed that genetic and consequently morphological diversity of *U. minor* s.l. in Croatia as well as throughout Europe has been exceedingly negatively affected.

The study of morphological variability of leaves encompassed six elm populations (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) from continental Croatia: Bilogora, Dilj, Donji Miholjac, Jastrebarsko, Nova Kapela and Zagreb (Figure 1). Quantification of the intra- and interpopulational variability was done on the basis of 10 morphological leaf traits (Figure 2). In order to describe the pattern of variability, descriptive statistics and multivariate methods were used. Analysed morphological traits showed high variability, despite hypothesized negative impact of Dutch elm disease on morphological variability of the studied species. The variability coefficient for populations in total ranged from 17,05 % for the trait of number of secondary and tertiary veins in the subapical region to 45,24 % for the trait of leaf base asymmetry (Table 1).

There were significant differences among trees within populations and among populations for all measured leaf traits (Tables 2 and 3), except for four traits on populational level: leaf blade area (LA), leaf blade breadth at its widest point (HW), leaf blade length, measured along the shorter side of lamina, starting from the leaf base to the point of maximum leaf breadth (PMPW) and leaf blade width at 50 % of leaf blade length, measured along the shorter side of lamina (PW1).

Partitioning of variance showed that differences among trees in a single population accounted for 1/2-2/3 of total variability, whereas the amount of variation attributable to differences among populations was considerably smaller. However, interpopulation variability proved high for the trait of number of secondary and tertiary veins in the subapical region and the trait of petiole length (Table 4). Application of cluster analysis revealed grouping of populations regarding ecological site conditions (Table 5 and Figure 3). However, negative impact of anthropogenic activities on environmental conditions in terms of land use alteration and hydroregulation processes as a basis for population differentiation was also confirmed. Thus, the first group of the most similar populations involved Bilogora, Donji Miholjac, Zagreb and the second group Jastrebarsko and Nova Kapela. The reasons for the Dilj population differentiation can be sought in its affiliation to the Central European vegetation zone thermophilic forests of the alliance *Quercion pubescentis-petraeae* Br. – Bl. 1931.

In spite of continuous anthropogenic pressure on the environment and consistent destruction of natural habitats, accompanied by the introduction of the invasive neophytes, ornamentals and current pandemic of Dutch elm disease, we revealed high morphological diversity of field elm populations. Thus, this study provided accurate insight into morphological diversity of *U. minor* s.l. in continental Croatia. Precisely for this reason and with the aim of conservation of elms biodiversity in Croatia, the continuation of this type of research is essential and necessary.

---

KEYWORDS: *Ulmus minor* Mill. sensu latissimo, variability, leaf morphology, continental Croatia