

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

Ela Španjol

Utjecaj temperature i vremena trajanja termoterapije te načina čuvanja žira na morfološke značajke šumskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena dobi 3+0

Zagreb, 2021.

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Damira Drvodelića i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2020./2021.

## SADRŽAJ

Uvod .....	1
Hipoteza i opći cilj rada.....	3
Materijali i metode .....	4
Rezultati .....	5
Rasprava .....	26
Zaključak.....	29
Zahvale .....	30
Literatura.....	31
Sažetak .....	35
Summary .....	36

## UVOD

Hrast lužnjak, lužnjak (*Quercus robur* L.) jedna je od najvažnijih autohtonih vrsta naših krajeva kako s gospodarskoga gledišta, s obzirom na glavne i sporedne šumske proizvode, tako i s općekorisnog gledišta gdje je naglašena ekološka, zaštitna, društvena i socijalna uloga. Hrast lužnjak nazivamo Hrvatskim nacionalnim stablom (Idžojtić 2013). Na temelju dosadašnjih podataka o rasprostranjenosti šumskih fitocenoza (Vukelić i Rauš 1998, Vukelić i dr. 2008) te na temelju digitalne karte flore Hrvatske koja je dostupna na mrežnoj stranici Flora Croatica Database / Hrvatska flora / Flora of Croatia (Nikolić 2021) vidljivo je kako se lužnjak rasprostire od istočnog dijela nizinskih poplavnih šuma prema sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, odnosno prema Istri gdje raste na malom lokalitetu – u okolici grada Buzeta, te malo dalje, kod Motovuna u Motovunskoj šumi. Primarno nastanjuje riječne tokove naših rijeka te vlažna staništa. Primarno nastanjuje riječne tokove naših rijeka te vlažna staništa. Rasprostranjuje se na dubokim, plodnim, glinovitim ili pjeskovitim tlima (Bučar 2018).

Hrast lužnjak u Hrvatskoj pokriva 10 % ukupne šumske površine, odnosno 210 000 ha, s prirastom od 14 % ili 44 400 000 m<sup>3</sup> od ukupnog prirasta, i godišnji prirast od 11 % ili 1 050 000 m<sup>3</sup> ukupnog prirasta (Matić 2000). Najveće lužnjakove šume nalaze se na području Spačvanskog bazena. Njihova površina iznosi oko 40 000 ha, što čini jednu petinu od ukupne površine obrasle hrastom lužnjakom (Ballian i dr. 2010). Opskrba vodom (podzemnom i oborinskom) jedan je od najvažnijih ekoloških čimbenika koji utječe na opstanak i razvoj stabala. Nedostatak vode (suša) ili njezin suvišak u vegetacijskom razdoblju dovodi do fiziološkog slabljenja i čestog odumiranja jedinki (Prpić i Anić 2000, Siwecki i Ufnalski 1998). Fiziološko slabljenje jedinki pospješuje i omogućava napad sekundarnih štetnika, primjerice kukaca (Prebanić 2012, Castagnyrol i dr. 2019) i glodavaca (Vucelja 2013, Margaletić i dr. 2002). Narušena vitalnost sastojine dovodi do kvantitativno i kvalitativno slabijeg uroda sjemena u sastojini (Gradečki-Poštenjak i dr. 2018.). Hrast lužnjak rađa periodično, a obilni su urodi sve rjeđi, zbog čega je važno u godinama dobrog uroda sakupiti sjeme žira i skladištiti ga pravovremeno i na odgovarajući način, kako bi se sačuvala genetska varijabilnost jedinki te kvalitetno sjeme za buduće generacije.

Budući da se radi o klimatogenoj vrsti drveća, a šumske zajednice u kojima on uspijeva smatraju se klimatogenim zajednicama navedenih staništa, važno je njegovo stanište zadržati u optimalnom stanju (Palalić 2020). Zbog toga se rade brojne studije o utjecaju na okoliš, ali i znanstvena istraživanja u kojima se analizira osjetljivost hrasta lužnjaka na ostale vanjske čimbenike poput najviše temperature koju njegovo sjeme može podnijeti i nakon toga proklijati ili kako određena temperatura utječe na rast i razvoj klijanaca, a potom i na razvoj odrasle biljke. Takva se znanstvena istraživanja provode na terenu (*in situ*) ili u šumarskim rasadnicima i laboratorijima (*ex situ*). Za provođenje uspješnog istraživanja jedna od osnovnih stavki jest izabrati kvalitetan žir. Kvalitetno transportirano i skladišteno šumsko sjeme izravni je preduvjet za rast i razvoj kvalitetnih sadnica (Gradečki-Poštenjak i dr. 2018). Sjeme žira, kao i sjeme običnoga kestena te javora, spada u kategoriju lako propadajućeg i vrlo osjetljivog sjemena na vanjske čimbenike. Nazivamo ih recalcitrantnim sjemenom (Collin i O'Reilly 2008). Takvo se sjeme odmah nakon sabiranja preporuča posijati u šumarskim rasadnicima, a ako to nije moguće, tada se skladišti u posebnim uvjetima. Dugoročnim skladištenjem recalcitrantnog sjemena smatra se svaki period koji traje duže od godinu dana, a sve ostalo smatra se kratkoročnim skladištenjem. Za skladištenje su važni sljedeći parametri: sadržaj vlage u sjemenu i temperatura skladištenja. Sadržaj vlage u sjemenu žira ne smije pasti ispod 40 – 48 %, a preporučena temperatura ne smije biti niža od – 5 °C (do + 3 °C). Pri tako visokim udjelima vlage važno je osigurati

dovoljno prostora prilikom skladištenja kako se sjeme ne bi upalilo prilikom izmjene plinova u zbijenom prostoru. Osim upale i propadanja velikih količina sjemena postoji opasnost i od povećanja količine ugljikova (IV) oksida do te mjere da postaje smrtonosan za ljude (Collville 2017). Stoga je važno paziti na navedene parametre kako bi se zadržala vitalnost sjemena i, u konačnici, kako bi klijavost sjemena bila zadovoljavajuća (> 80 %) (Gosling 2002, Suszka i dr. 1996). Prije samog skladištenja sjemena preporuča se provesti proces termoterapije kako bi se smanjio utjecaj patogena kao što su bakterije i mikrogljive, primjerice mikrogljiva *Ciboria batschiana* (Zopf.) N. F. Buchw. (*Sclerotina pseudotuberosa* (Rehm) Rehm))(Orlović i dr. 2021). U praksi se žir tretira vodom čija temperatura iznosi 41 °C u razdoblju od dva sata (Suszka i dr. 1996). U laboratoriju za šumarsku patologiju u institutu INRA Nancy 1979. godine dokazan je pozitivan učinak termoterapije na suzbijanje patološke mikrogljive *Ciboria batschiana* (Zopf.) N. F. Buchw. (*Sclerotina pseudotuberosa* (Rehm) Rehm) te bolesti koju ona uzrokuje (*crna mumifikacija*). U provedenom eksperimentu dokazano je nekoliko tezi: proces termoterapije efikasniji je prilikom tretiranja žira u toploj vodi u odnosu na tretiranje žira vodenom parom; *Ciboria batschiana* (Zopf.) N. F. Buchw. postala je kompletno beživotna prilikom tretiranja toplom vodom u vremenskom intervalu 2 – 10 sati na temperaturi od 38 – 40 °C, a sam žir dobro je podnosio temperaturu do 44 °C u trajanju od 8 sati. Osim mikrogljive *Ciboria batschiana* (Zopf.) N. F. Buchw. stradale su i neke druge mikrogljive poput *Discula umbrinella*. Nakon 12 mjeseci skladištenja na – 1 °C u suhom tresetu tretirani žir proklijao je vrlo uspješno (80 – 90 %) u odnosu na netretirani žir (40 %) (Delatour 1980). U današnje vrijeme tretirani žir prolazi kroz proces umjetnog sušenja kako bi se udio vlage doveo na željenu razinu (40 – 48 %). Na kraju se žir tretira fungicidom (iproprodionom) i potom smješta u hladnjače.

Nakon termoterapije slijedi proces skladištenja, a nakon skladištenja sjeme se najčešće u proljeće sije u šumarskim rasadnicima. Kvaliteta sadnice determinirana je kvalitetnim sjemenskim materijalom. U slučaju da je kvaliteta sadnica lošija, dolazi do odumiranja biljaka nakon presađnje u njezino prirodno okruženje (izvan šumarskog rasadnika). Testiranje kvalitete sadnice nužno je kad postoji zabrinutost oko uspješnosti sadnica zbog loših vremenskih prilika tijekom kalendarske godine ili ako postoji mogućnost da su sadnice zaražene nekom patogenom gljivom, u slučaju da kupac zahtijeva provjeru kvalitete sadnica te ako su rasadničari primorani obaviti sjetvu u neadekvatno vrijeme. Prikupljeni podatci mogu poslužiti za daljnja istraživanja i buduće sjetve, ali i rasadničku proizvodnju. Testiranje kvalitete sadnica može nam pomoći u određivanju morfoloških i fizioloških karakteristika stabala koje se naknadno određuju u šumarskim rasadnicima ili na terenu u prirodnom okruženju. Čimbenici koji utječu na mladu i krhku sadnicu raznoliki su: stres prilikom uzgoja sadnice i njenog vađenja, ocjenjivanja, orezivanja, pakiranja, rukovanja, skladištenja, prijevoza i presađnje na novu lokaciju. No, bez obzira na navedene čimbenike kvaliteta sadnica prilikom napuštanja šumarskih rasadnika vrlo je visoka. Problemi sa sadnicama nastaju zbog utjecaja ekstremnih vanjskih čimbenika koji su prisutni na novoj lokaciji ili zbog lošeg rukovanja sadnicama prilikom presađnje. Tri primarna tipa stresa koji utječu na kvalitetu sadnice jesu vlaga, temperatura i fizički stres. Kulminacija navedenih stresova dovodi do slabljenja fiziološkog stanja sadnice, a energija sadnice preusmjerava se na popravak oštećenih dijelova. Krajnji rezultat može biti poražavajuć – preživljavanje i razvoj jedinke mogu biti svedeni na minimum, a posebice ako sadnice rastu u surovim i teškim uvjetima (Haase 2007). Sve navedeno ima izrazito velik utjecaj na rast i razvoj kvalitetnih stabala u budućnosti.

## **HIPOTEZA I OPĆI CILJ RADA**

Kvalitetne, vitalne jedinke hrasta lužnjaka odraz su kvalitetnog sjemena, dugoročnog skladištenja te načina skladištenja, ali i razdoblja sjetve i rasadničke proizvodnje kvalitetnih sadnica. Nadalje, transport, presadnja te vanjski čimbenici, ali i nasljedne genetske osobine, imaju značajan utjecaj na razvoj kvalitetnih stabala. Cilj je ovog istraživanja utvrditi utjecaj temperature i vremena trajanja termoterapije te načina čuvanja žira na morfološke značajke šumskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena dobi 3+0.

## MATERIJALI I METODE

Sjetva žira obavljena je 3. svibnja 2018. godine u rasadniku *Šumski vrt i arboretum* Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Posijano je dvije tisuće žirova porijeklom iz nastavno-pokusno šumskog objekta *Lipovljani*. Sjetva je vršena u dvije gredice. Gredice su podijeljene na pet jednakih dijelova, tj. repeticija, a svaka repeticija razdijeljena je u četiri reda. Žir je posijan na dubinu do tri puta veću od ravne širine njegova promjera (Gosling 2007). U svakom redu posijano je pedeset žirova. Repeticije su označene po redu slovima od slova A pa sve do slova J. Prve dvije repeticije (A i B) služile su kao kontrola i one nisu tretirane. Na preostalim osam ploha posijani su žirovi koji su bili tretirani termoterapijom, ali u različitim vremenskim intervalima te na različitim temperaturama.

Tretiranja:

- Tretman A – kontrola (netretirani žir), skladišteno na  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman B – kontrola (netretirani žir), skladišteno na  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman C – tretiranje na  $+41\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman D – tretiranje na  $+41\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman E – tretiranje na  $+41\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 5 h, skladišteno na  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman F – tretiranje na  $+41\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 5 h, skladišteno na  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman G – tretiranje na  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman H – tretiranje na  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman I – tretiranje na  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 5 h, skladišteno na  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tretman J – tretiranje na  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$

U prvoj, drugoj i trećoj godini vršili su se redoviti radovi njege (nakon prve vegetacijske periode obavilo se podrezivanje korijenskog sustava uz pomoć pluga za horizontalno podrezivanje korijena poduzeća Egdal, zalijevanje, mehaničko suzbijanje korova, zaštita od hrastove pepelinice (*Microsphaera alphitoides* Griffon & Maubl)).

Nakon toga uslijedio je proces izmjere za neke morfološke osobine sadnica hrasta lužnjaka gologa korijena dobi 3+0. U tom procesu izmjereno je devet različitih varijabli na tisuću dvjesto dvanaest biljaka od inicijalno mogućih dvije tisuće biljaka.

a) visina sadnice (cm -> mm), b) promjer vrata korijena (mm), c) odnos visine izbojka i promjera (koeficijent vitkosti), d) jedan glavni izbojak, e) rašljiv izbojak, f) četkast izbojak, g) i h) broj grana na četki, h) deformacija stabljike, i) broj višestrukih izbojaka.

Mjerenje morfoloških značajki obavljeno je 9. veljače 2021. Korišteni su sljedeći mjerni instrumenti: digitalno pomično mjerilo naziva *Sylvac pro* s točnošću na dvije decimale te mjerna letva visine 1,25 m s preciznošću od 1 mm. Prikupljeni podatci obrađivali su se u programu Statistica 8.0 i prikazani su u rezultatima.

## REZULTATI

Tablica 1. Deskriptivna statistika za brojčane varijable (visina, promjer vrata, koeficijent vitkosti) za sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0

Varijabla	N	Prosjek	Medijan	Minimum (mm)	Maksimum (mm)	St. dev. (mm)	St. pogreška (mm)
Visina (mm)	1212	878,58	912,5	100	2005	402,8557	11,57173
Promjer vrata korijena (mm)		11,16	12,05	8,39	13,05	4,1496	0,119194
Koeficijent vitkosti		87,07	85,29	9,26	309,82	27,8833	0,786709

Tablica 2. Postotak sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0 s određenom morfološkom karakteristikom

Varijabla	Postotak sadnica s navedenim svojstvom (%)	Postotak sadnica bez navedenog svojstva (%)
Jedan glavni izbojak	83,58	16,42
Rašljiv izbojak	23,10	76,90
Četkast izbojak	13,04	86,96
Deformacija stabljike	11,72	88,28

Tablica 3. Signifikantne razlike između ploha za visinu (H) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0

Tretmani	N (kom)	H (mm) ± Standardna devijacija (mm)
A	151	748 ± 332 <sup>^A</sup>
B	111	870 ± 424 <sup>^A</sup>
C	116	936 ± 404 <sup>^B</sup>
D	97	1042 ± 421 <sup>^B</sup>
E	121	822 ± 394 <sup>^A</sup>
F	141	859 ± 359 <sup>^A</sup>
G	113	809 ± 365 <sup>^A</sup>
H	121	875 ± 384 <sup>^A</sup>
I	123	972 ± 458 <sup>^B</sup>
J	118	916 ± 433 <sup>^B</sup>



Različita velika slova u stupcu pokazuju statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ).

**Tablica 4. Signifikantne razlike između ploha za promjer vrata korijena (D) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

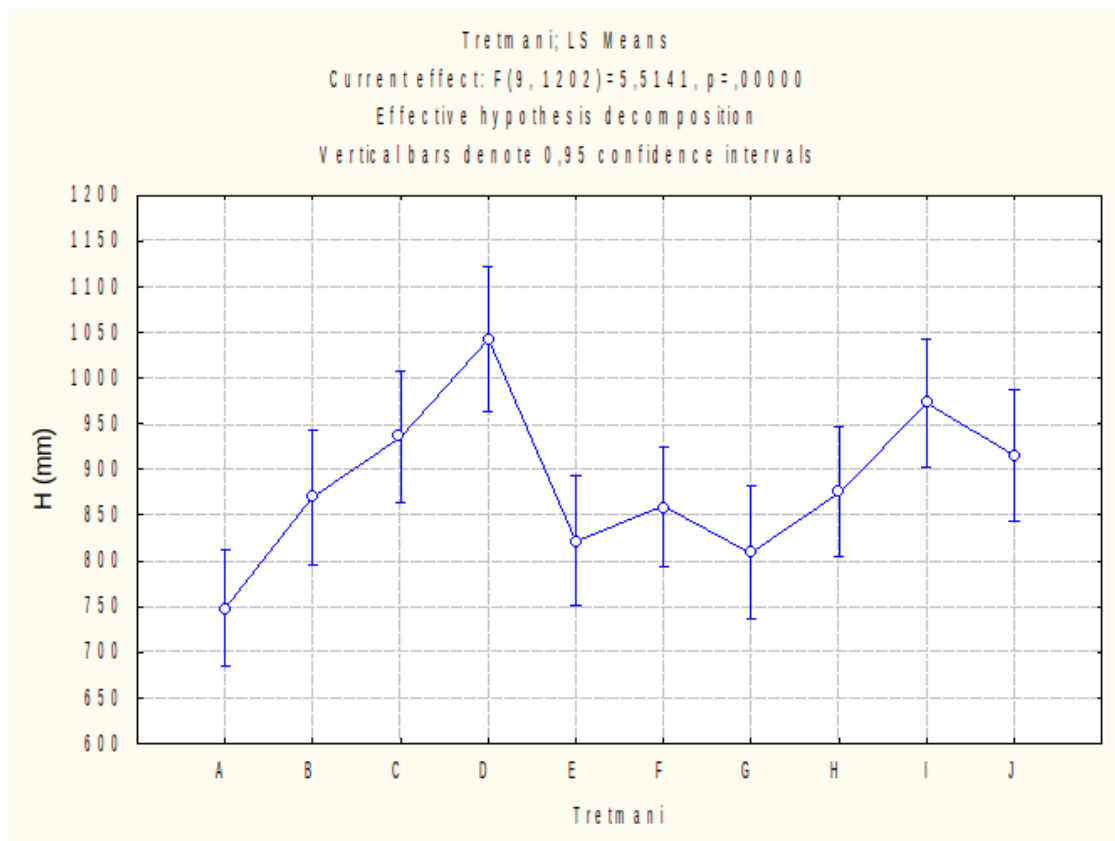
Tretmani	N (kom)	D (mm) ±Standardna devijacija (mm)
A	151	9,33 ± 3,93 <sup>^A</sup>
B	111	9,43 ± 4,63 <sup>^A</sup>
C	116	10,57 ± 4,17 <sup>^A</sup>
D	97	11,58 ± 4,50 <sup>^B</sup>
E	121	9,60 ± 3,98 <sup>^A</sup>
F	141	10,67 ± 4,10 <sup>^A</sup>
G	113	10,31 ± 3,86 <sup>^A</sup>
H	121	10,19 ± 3,71 <sup>^A</sup>
I	123	10,39 ± 4,51 <sup>^A</sup>
J	118	9,69 ± 3,80 <sup>^A</sup>

Različita velika slova u stupcu pokazuju statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ ).

**Tablica 5. Rezultati one-way ANOVA testa za visinu (H) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Intercept	936478690	1	936478690	5963,891	0,000000
Tretmani	7792715	9	865857	5,514	0,000000
Error	188743803	1202	157025		

Utvrđena je statistički značajna razlika u visinama sadnica (mm) s obzirom na tretmane ( $F = 5,514$ ;  $p = 0,000000$ )



**Slika br. 1. Grafički prikaz utjecaja različitih tretmana na visinu sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur L.*) gologa korijena starosti 3+0**

Na grafičkom prikazu vidljivo je kako se visine sadnica tretmana statistički značajno razlikuju u odnosu na kontrolu. Tretman D najviše dolazi do izražaja, ponajviše u odnosu na visine sadnica tretmana E, F, G. Iz toga se može zaključiti kako je termoterapija od + 41 °C na 2,5 h i potom skladištenja žira na + 3 °C imala najpovoljniji utjecaj na razvoj morfološke osobine visine sadnica.

**Tablica 6. Rezultati Tukey HSD *post-hoc* testa za visinu (H) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur L.*) gologa korijena starosti 3+0**

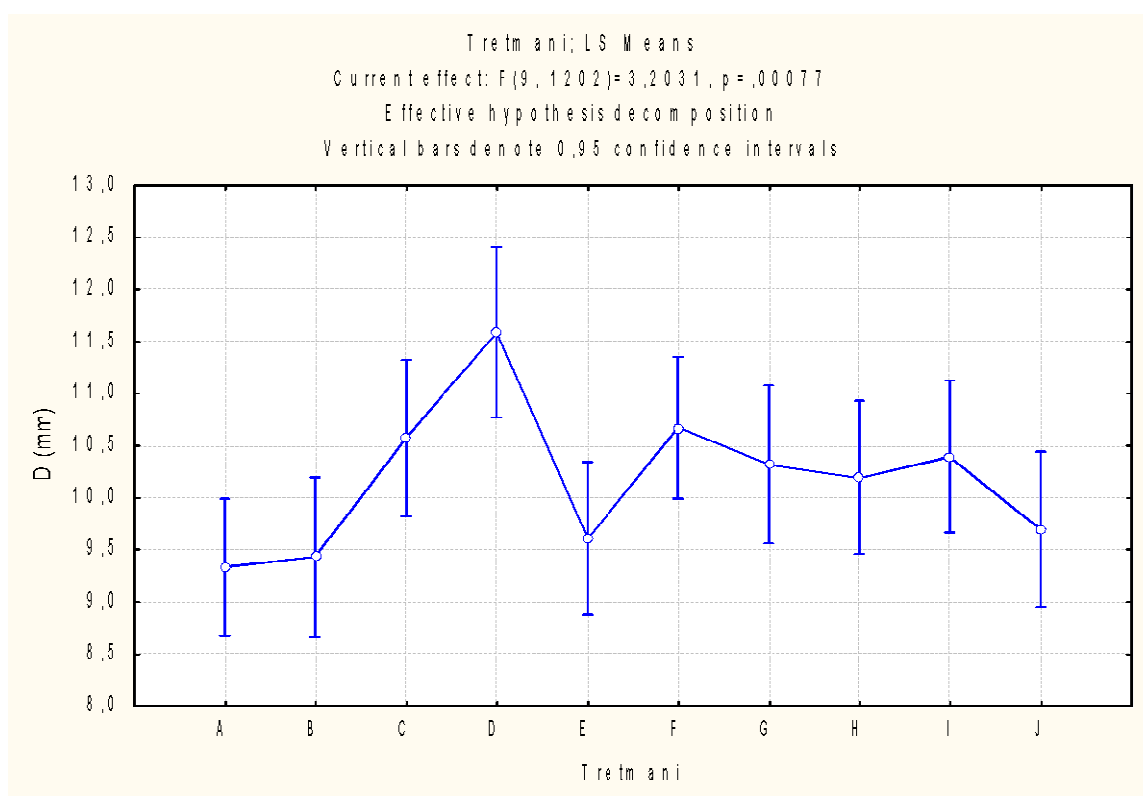
Tukey HSD test; variable H (mm) (Termoterapija_Ela Spanjol)											
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests											
Error: Between MS = 1570E2, df = 1202,0											
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	A										
2	B	0,293630									
3	C	0,004916	0,963115								
4	D	0,000013	0,055172	0,633602							
5	E	0,878806	0,996178	0,453774	0,001920						
6	F	0,325558	1,000000	0,878052	0,017167	0,999089					
7	G	0,967647	0,979274	0,310723	0,000895	1,000000	0,991518				
8	H	0,203268	1,000000	0,976249	0,062300	0,989758	0,999999	0,957518			
9	I	0,000141	0,609784	0,999400	0,955939	0,088667	0,378919	0,048381	0,655802		
10	J	0,020445	0,997095	0,999997	0,371068	0,720444	0,980831	0,562275	0,998745	0,983354	

Tukey HSD *post-hoc* test pokazuje koje grupe sadnica pridonose statistički značajnoj razlici. Statistički značajna razlika u visinama sadnica jest između tretmana A i tretmana C, D, I, J, zatim između tretmana D i tretmana E, F, G te između tretmana G i I.

Tablica 7. Rezultati *one-way* ANOVA testa za promjer vrata korijena (D) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Intercept	123813,5	1	123813,5	7308,133	0,000000
Tretmani	488,4	9	54,3	3,203	0,000776
Error	20364,1	1202	16,9		

Utvrđena je statistički značajna razlika kod promjera korijenova vrata (mm) s obzirom na tretmane ( $F = 3,203$ ;  $p = 0,000766$ ).



Slika br. 2. Grafički prikaz utjecaja različitih tretmana na razvoj promjera korijenova vrata hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0

Iz grafičkog prikaza može se uočiti kako su promjeri vrata korijena (mm) tretmana D znatno veći u odnosu na kontrolu. Posebice u odnosu na tretmane E i J. Iz toga se može zaključiti kako su termoterapija tretmana D i način skladištenja žira imali najpovoljniji utjecaj na razvoj morfološke osobine promjera korijenova vrata (mm).

**Tablica 8. Rezultati Tukey HSD post-hoc testa za promjer vrata korijena (D) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

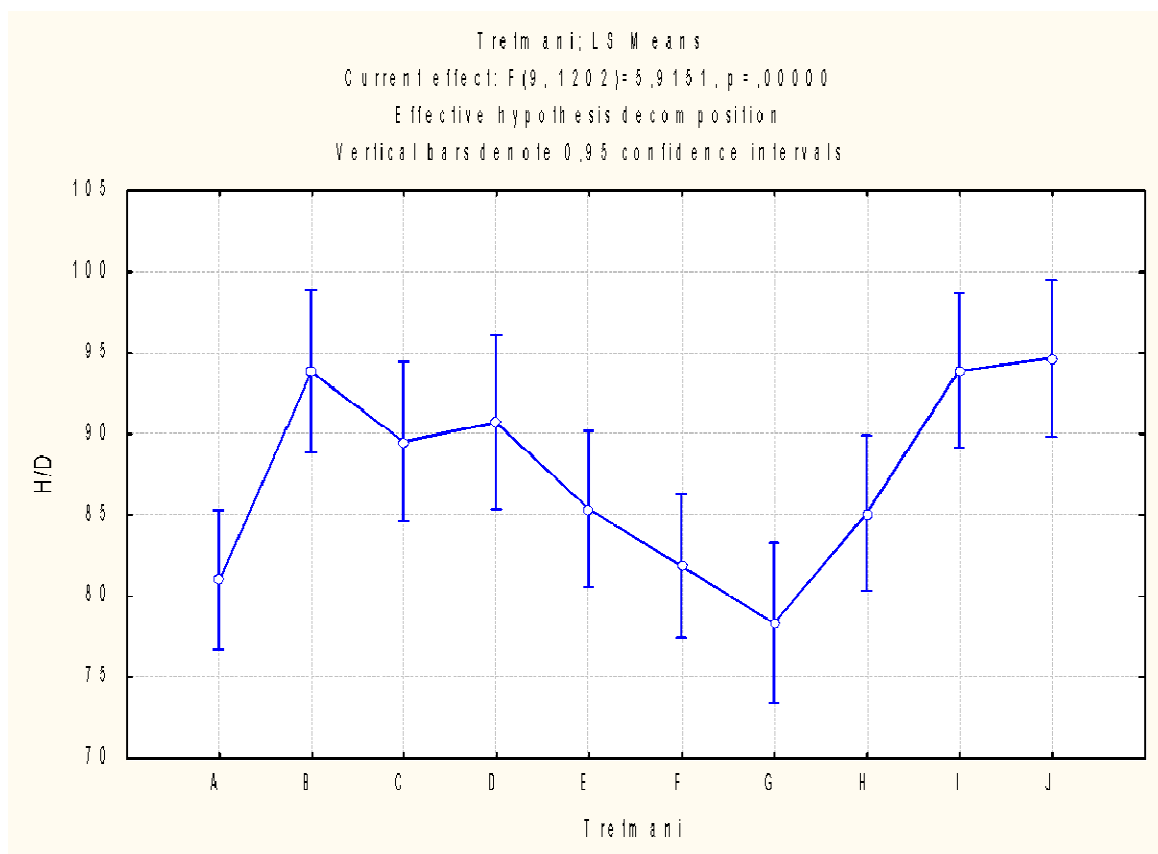
Tukey HSD test; variable D (mm) (Termoterapija_Ela Spanjol)											
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests											
Error: Between MS = 16,942, df = 1202,0											
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	A	9,3293	9,4254	10,571	11,582	9,6035	10,670	10,313	10,187	10,389	9,6920
2	B	1,000000									
3	C	0,300119	0,530452								
4	D	0,001102	0,006339	0,744969							
5	E	0,999939	0,999999	0,730027	0,015350						
6	F	0,143014	0,336558	1,000000	0,807121	0,534598					
7	G	0,654257	0,841828	0,999982	0,438244	0,949849	0,999595				
8	H	0,791519	0,925303	0,999413	0,275602	0,984605	0,994908	1,000000			
9	I	0,512945	0,742642	0,999999	0,503618	0,896173	0,999934	1,000000	0,999997		
10	J	0,999416	0,999976	0,832224	0,027884	1,000000	0,666850	0,979833	0,995558	0,950626	

Tretman A se statistički značajno razlikuje u odnosu na tretman D, tretman B se statistički značajno razlikuje u odnosu na tretman D te tretman D u odnosu na tretmane E i J.

**Tablica 9. Rezultati one-way ANOVA testa za koeficijent vitkosti sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Intercept	9131958	1	9131958	12618,68	0,000000
Tretmani	38526	9	4281	5,92	0,000000

Utvrđena je statistički značajna razlika kod promjera korijenova vrata (mm) s obzirom na tretmane (F = 5, 92; p = 0,000000).



**Slika br. 3. Grafički prikaz utjecaja različitih tretmana na razvoj koeficijenta vitkosti sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

Na temelju grafičkog prikaza može se zaključiti kako su, kad je riječ o parametru koeficijenta vitkosti, najvitkije sadnice na tretmanima I i J te kako se one značajno razlikuju u odnosu na tretmane A, F i G. U ovom slučaju treba uzeti u obzir utjecaj ekspozicije (izloženost sadnica različitim stranama svijeta).

**Tablica br. 10. Rezultati Tukey HSD *post-hoc* testa za koeficijent vitkosti sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

Tukey HSD test; variable H/D (Termoterapija_Ela Spanjol)											
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests											
Error: Between MS = 723,69, df = 1202,0											
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
		80,943	93,603	89,500	90,678	85,327	81,824	78,290	85,071	93,862	94,640
1	A										
2	B	0,005149									
3	C	0,228663	0,971878								
4	D	0,142775	0,998030	0,999999							
5	E	0,945464	0,327355	0,973489	0,907965						
6	F	1,000000	0,016304	0,404461	0,270969	0,989027					
7	G	0,998700	0,000695	0,051675	0,030036	0,599312	0,989786				
8	H	0,962656	0,285032	0,960876	0,860744	1,000000	0,993683	0,650607			
9	I	0,003087	1,000000	0,963629	0,997269	0,280395	0,010731	0,000408	0,240871		
10	J	0,001423	1,000000	0,907294	0,987131	0,183494	0,005253	0,000175	0,154303	1,000000	

U tablici je vidljivo kako postoji statistički značajna razlika između tretmana A u odnosu na ostale tretmane B, I i J, zatim između tretmana B u odnosu na tretmane F i G, između tretmana D i G te se plohe F i G statistički značajno razlikuju u odnosu na plohe I i J.

**Tablica 11. Rezultati hi-kvadrat testa za morfološku osobinu jedan glavni izbojak za sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

		Median Test, Overall Median = 1,00000; Jedan glavni izbojak (0/1) (Termoterapija_Ela Spanjol)										
Dependent: Jedan glavni izbojak (0/1)		Independent (grouping) variable: Tretmani										
		Chi-Square = 0,000000 df = 9 p = 1,000										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
<= Median:	observed	151,0000	111,0000	116,0000	97,00000	121,0000	141,0000	113,0000	121,0000	123,0000	118,0000	1212,000
	expected	151,0000	111,0000	116,0000	97,00000	121,0000	141,0000	113,0000	121,0000	123,0000	118,0000	
	obs.-exp.	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
> Median:	observed	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000
	expected	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	obs.-exp.	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Total: observed		151,0000	111,0000	116,0000	97,00000	121,0000	141,0000	113,0000	121,0000	123,0000	118,0000	1212,000

Nema statistički značajne razlike u postojanju jednog ili više glavnih izbojaka među sadnicama iz različitih tretmana.

**Tablica 12. Rezultati hi-kvadrat testa za morfološku osobinu rašljivost izbojaka za sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

		Median Test, Overall Median = 0,00000; Rašljiv (0/1) (Termoterapija_Ela Spanjol)										
Dependent: Rašljiv (0/1)		Independent (grouping) variable: Tretmani										
		Chi-Square = 13,35175 df = 9 p = .1473										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
<= Median:	observed	119,0000	81,0000	86,0000	72,00000	96,0000	100,0000	95,0000	102,0000	90,0000	90,0000	931,000
	expected	115,9909	85,2649	89,1056	74,51073	92,9464	108,3094	86,8012	92,9464	94,4827	90,6419	
	obs.-exp.	3,0091	-4,2649	-3,1056	-2,51073	3,0536	-8,3094	8,1988	9,0536	-4,4827	-0,6419	
> Median:	observed	32,0000	30,0000	30,0000	25,00000	25,0000	41,0000	18,0000	19,0000	33,0000	28,0000	281,000
	expected	35,0091	25,7351	26,8944	22,48927	28,0536	32,6906	26,1988	28,0536	28,5173	27,3581	
	obs.-exp.	-3,0091	4,2649	3,1056	2,51073	-3,0536	8,3094	-8,1988	-9,0536	4,4827	0,6419	
Total: observed		151,0000	111,0000	116,0000	97,00000	121,0000	141,0000	113,0000	121,0000	123,0000	118,0000	1212,000

Nema statistički značajne razlike kod pojave svojstva rašljivosti između sadnica iz različitih tretmana.

**Tablica 13. Rezultati hi-kvadrat testa za morfološku osobinu četkast izbojak za sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

		Median Test, Overall Median = 0,00000; Četkast (0/1) (Termoterapija_Ela Spanjol)										
Dependent: Četkast (0/1)		Independent (grouping) variable: Tretmani										
		Chi-Square = 6,518114 df = 9 p = .6871										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
<= Median:	observed	125,0000	99,0000	103,0000	86,00000	105,0000	119,0000	99,0000	110,0000	108,0000	100,0000	1054,000
	expected	131,3152	96,5297	100,8779	84,35479	105,2261	122,6188	98,2690	105,2261	106,9653	102,6172	
	obs.-exp.	-6,3152	2,4703	2,1221	1,64521	-0,2261	-3,6188	0,7310	4,7739	1,0347	-2,6172	
> Median:	observed	26,0000	12,0000	13,0000	11,00000	16,0000	22,0000	14,0000	11,0000	15,0000	18,0000	158,000
	expected	19,6848	14,4703	15,1221	12,64521	15,7739	18,3812	14,7310	15,7739	16,0347	15,3828	
	obs.-exp.	6,3152	-2,4703	-2,1221	-1,64521	0,2261	3,6188	-0,7310	-4,7739	-1,0347	2,6172	
Total: observed		151,0000	111,0000	116,0000	97,00000	121,0000	141,0000	113,0000	121,0000	123,0000	118,0000	1212,000

Nema statistički značajne razlike kod pojave svojstva četkastog izbojka između sadnica iz različitih tretmana.

**Tablica 14. Rezultati hi-kvadrat testa za morfološku osobinu deformacija stabljike za sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

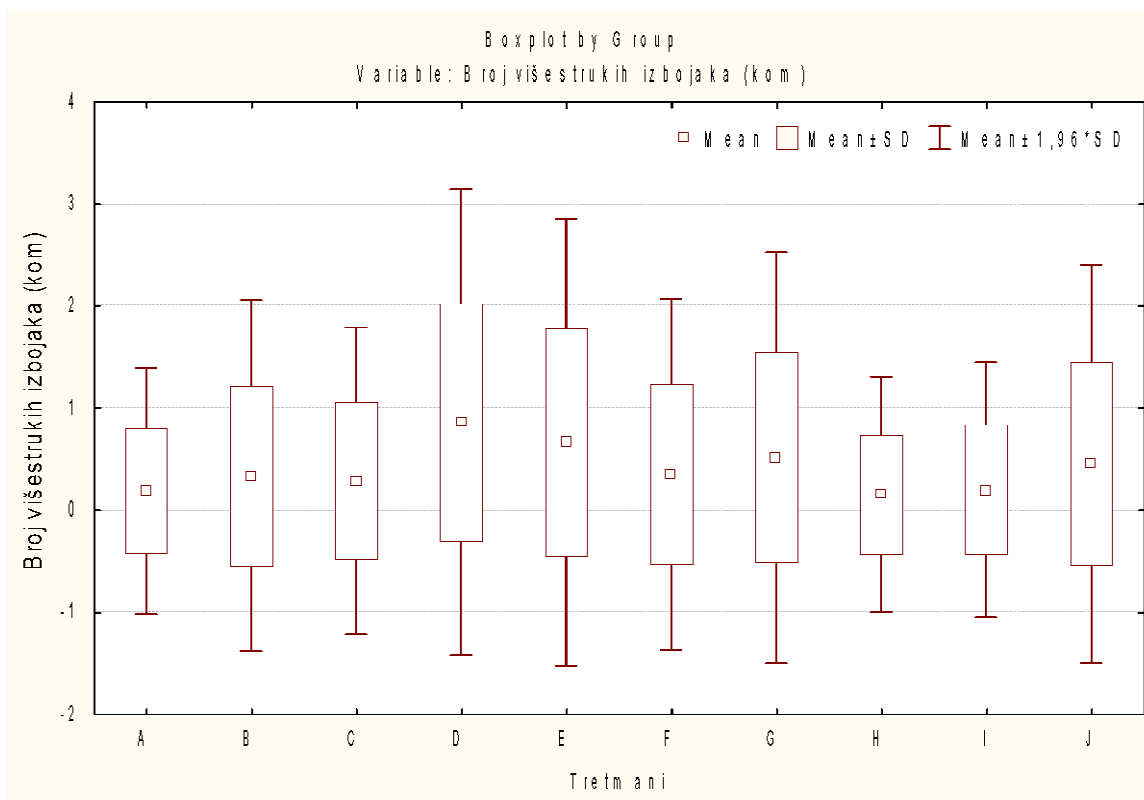
		Median Test, Overall Median = 0,00000; Deformacije stabljike (0/1) (Termoterapija_Ela Spanjol)										
Dependent:		Independent (grouping) variable: Tretmani										
Deformacije stabljike (0/1)		Chi-Square = 107,0301 df = 9 p = ,0000										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
<= Median:	observed	100,0000	89,0000	110,0000	92,00000	108,0000	126,0000	111,0000	116,0000	114,0000	104,0000	1070,000
	expected	133,3086	97,9950	102,4092	85,63531	106,8234	124,4802	99,7607	106,8234	108,5891	104,1749	
	obs.-exp.	-33,3086	-8,9950	7,5908	6,36469	1,1766	1,5198	11,2393	9,1766	5,4109	-0,1749	
> Median:	observed	51,0000	22,0000	6,0000	5,00000	13,0000	15,0000	2,0000	5,0000	9,0000	14,0000	142,000
	expected	17,6914	13,0050	13,5908	11,36469	14,1766	16,5198	13,2393	14,1766	14,4109	13,8251	
	obs.-exp.	33,3086	8,9950	-7,5908	-6,36469	-1,1766	-1,5198	-11,2393	-9,1766	-5,4109	0,1749	
Total:	observed	151,0000	111,0000	116,0000	97,00000	121,0000	141,0000	113,0000	121,0000	123,0000	118,0000	1212,000

Nema statistički značajne razlike kod pojave svojstva deformacije stabljike između sadnica svih tretmana.

**Tablica 15. Rezultati Kruskal-Wallis neparametrijskog testa za morfološku osobinu broj višestrukih izbojaka za sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena starosti 3+0**

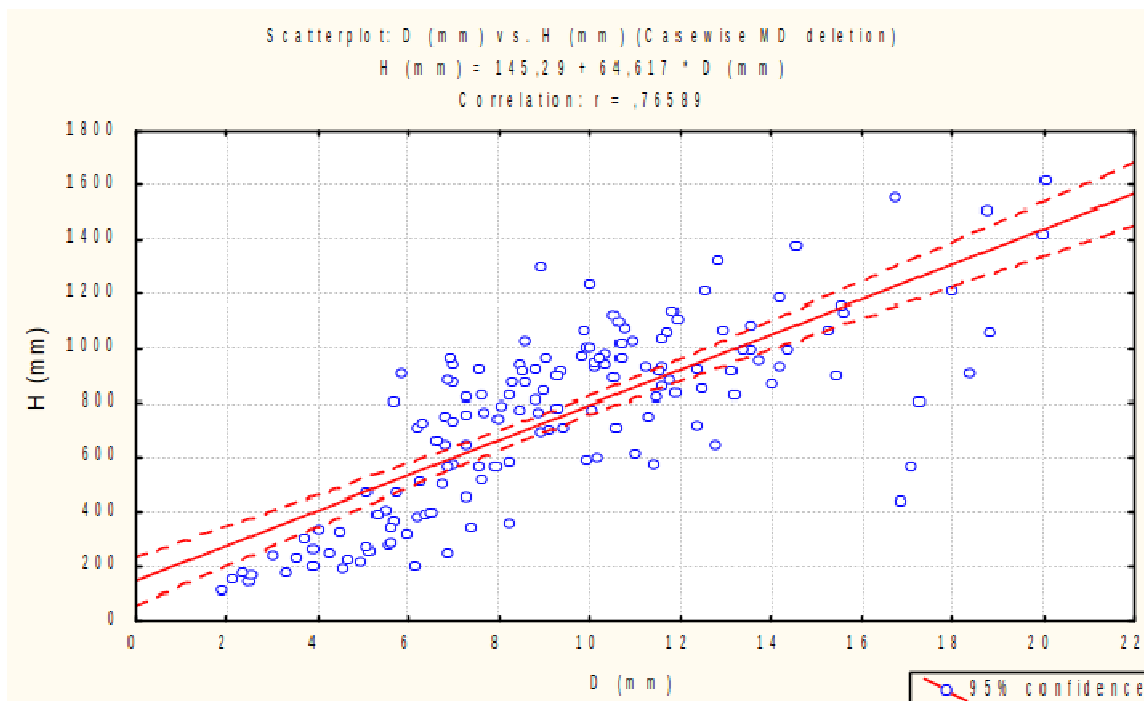
		Multiple Comparisons p values (2-tailed); Broj višestrukih izbojaka (kom) (Termoterapija_Ela Spanjol)									
Depend.:		Independent (grouping) variable: Tretmani									
Broj višestrukih izbojaka (kom)		Kruskal-Wallis test: H ( 9, N= 1212) =67,55465 p =,0000									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A											
B		1,000000									
C		1,000000	1,000000								
D		0,006031	0,164151	0,093365							
E		0,233740	1,000000	1,000000	1,000000						
F		1,000000	1,000000	1,000000	0,153431	1,000000					
G		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000				
H		1,000000	1,000000	1,000000	0,004430	0,159891	1,000000	1,000000			
I		1,000000	1,000000	1,000000	0,013630	0,403148	1,000000	1,000000	1,000000		
J		1,000000	1,000000	1,000000	0,921619	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

U tablici je vidljivo kako postoji statistički značajna razlika između tretmana kad je riječ o broju višestrukih izbojaka iz tla. Tretman A razlikuje se u odnosu na tretmane D te tretman D u odnosu na tretmane H i I.



Slika br. 4. Boxplot graf prikazuje odnos pojave broja višestrukih izbojaka u ovisnosti o tretmanu

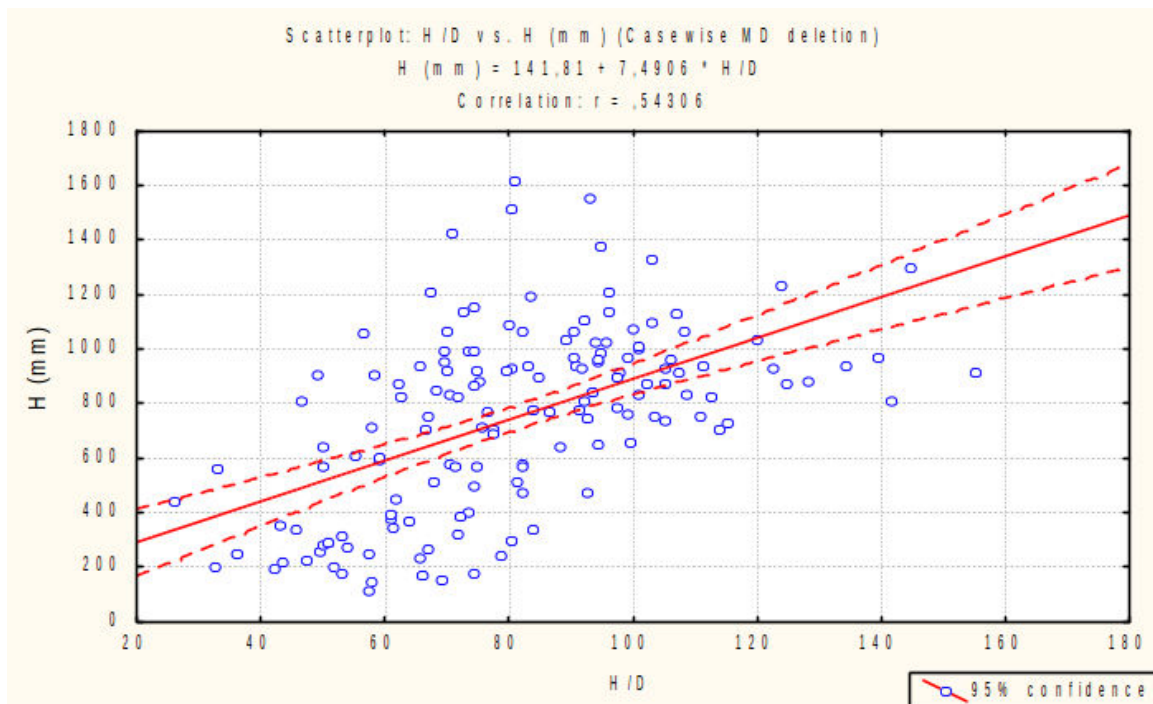
Na grafičkom prikazu može se uočiti kako postoji statistički značajna razlika između tretmana A u odnosu na tretman D te između tretmana D u odnosu na tretmane H i I.



Slika br. 5. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana A

Kod tretmana A utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,77$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

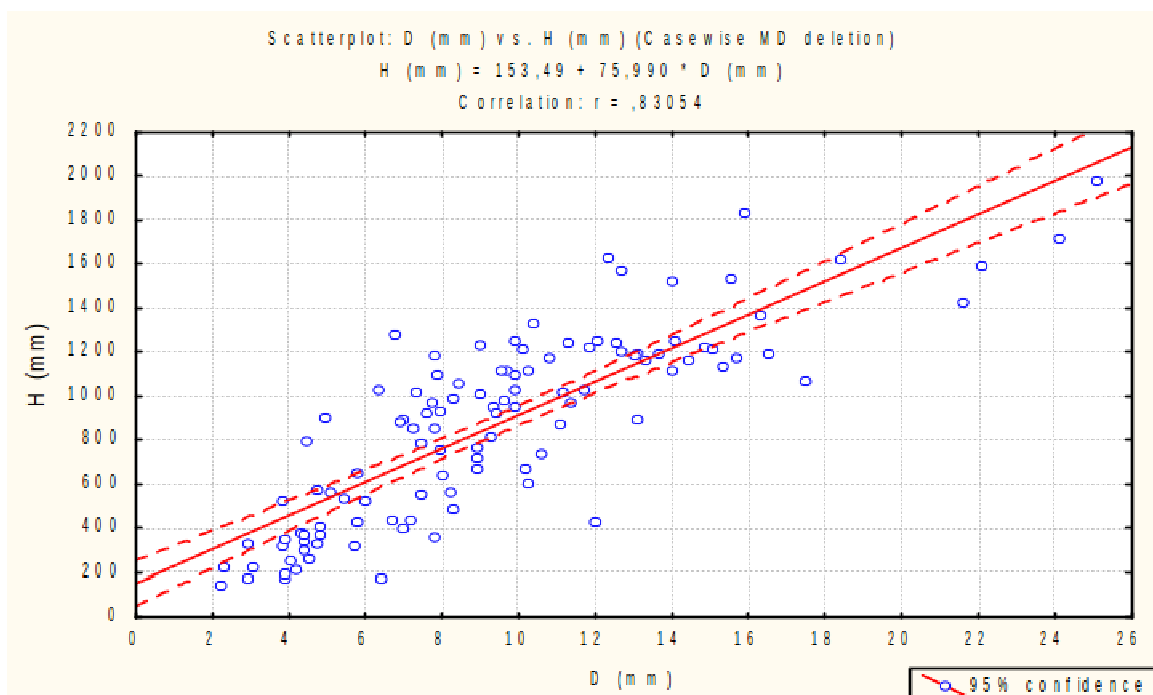




**Slika br. 6. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana A**

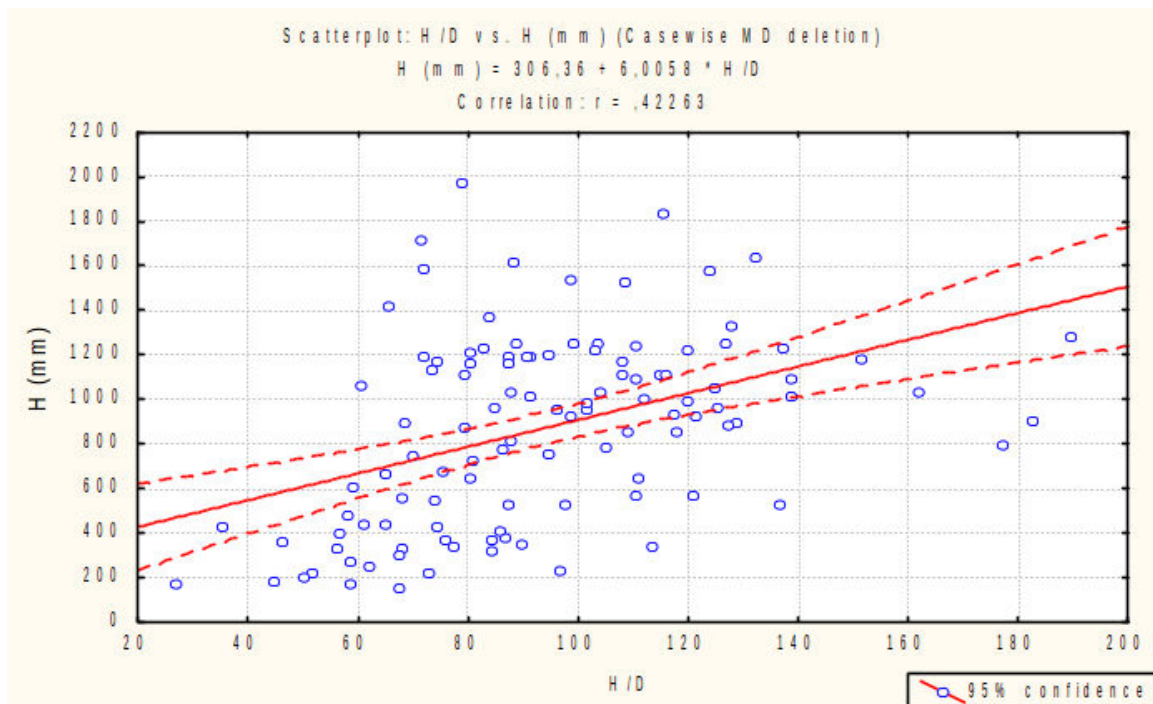
Kod tretmana A utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,54$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana A nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 7. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana B**

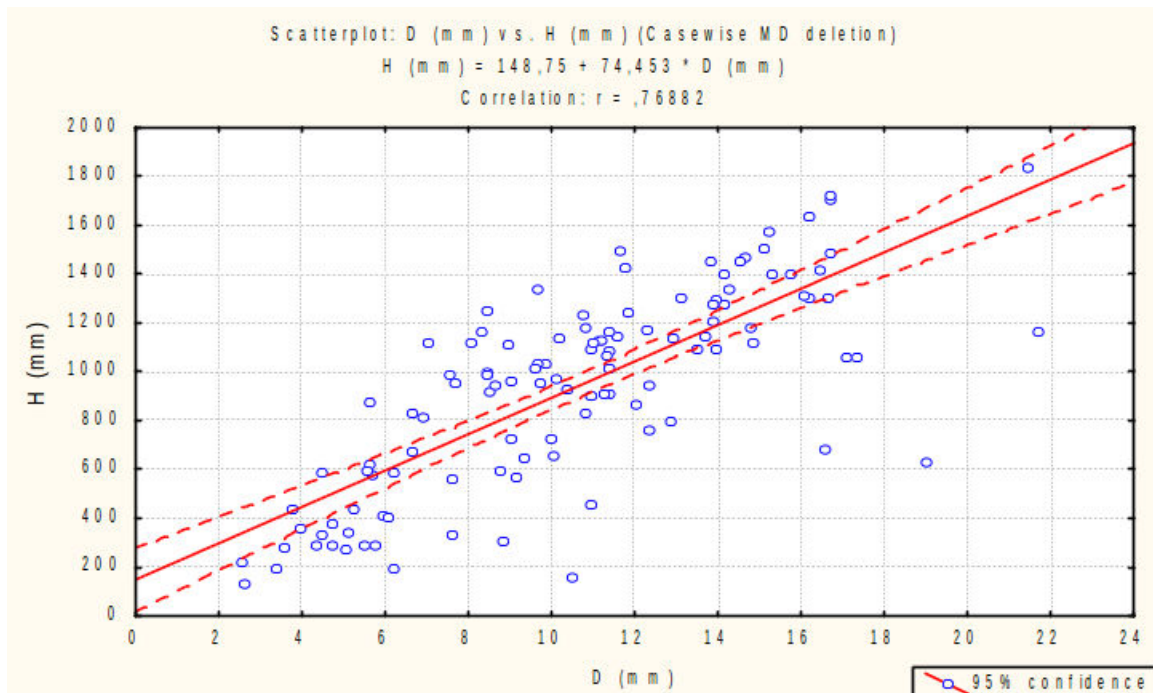
Kod tretmana B utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,83$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 8. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana B**

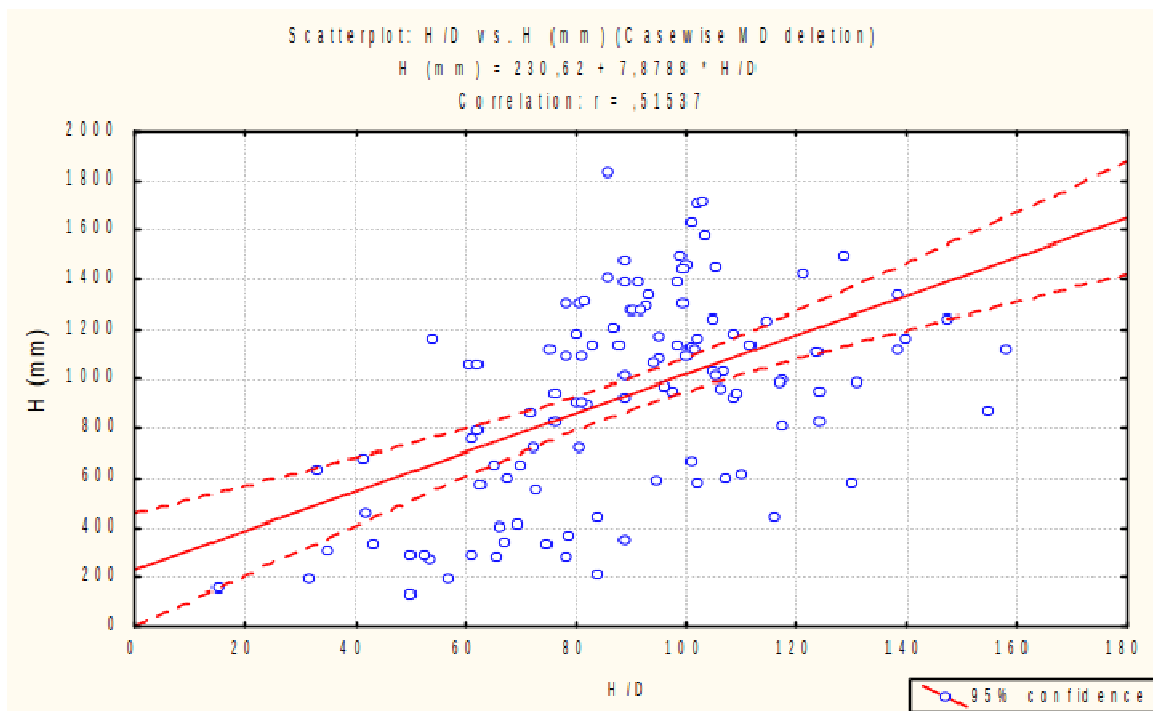
Kod tretmana B utvrđena je pozitivna i srednja korelacija ( $r = + 0,42$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana B nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 9. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana C**

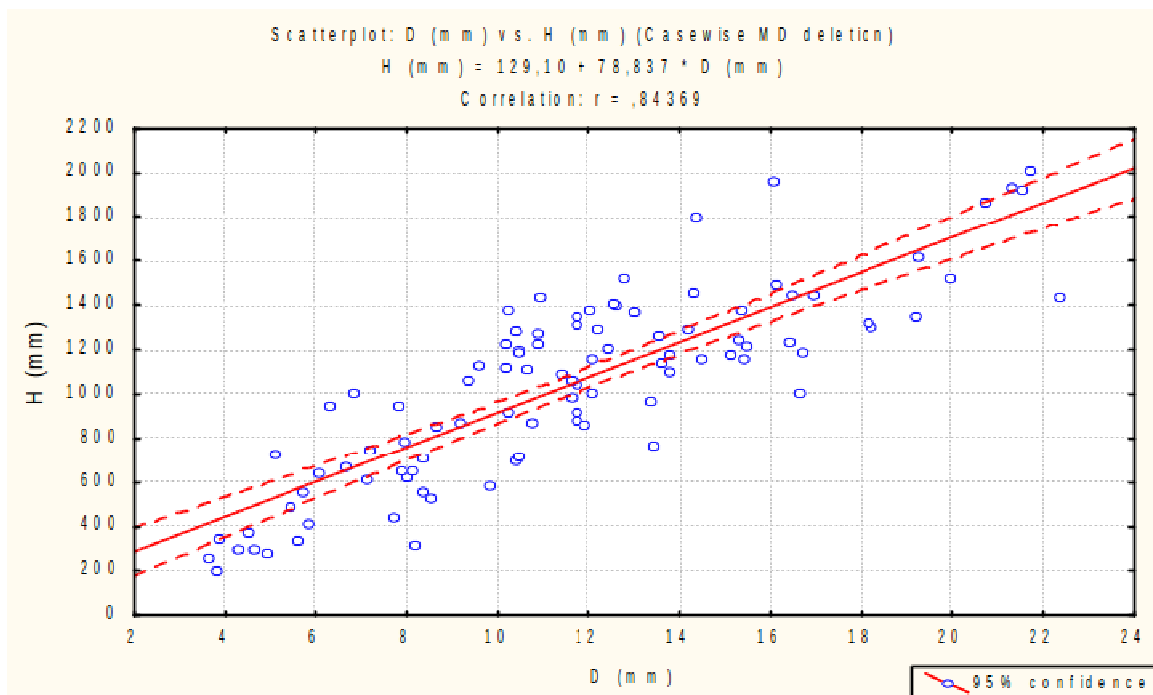
Kod tretmana C utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,77$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 10. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana C**

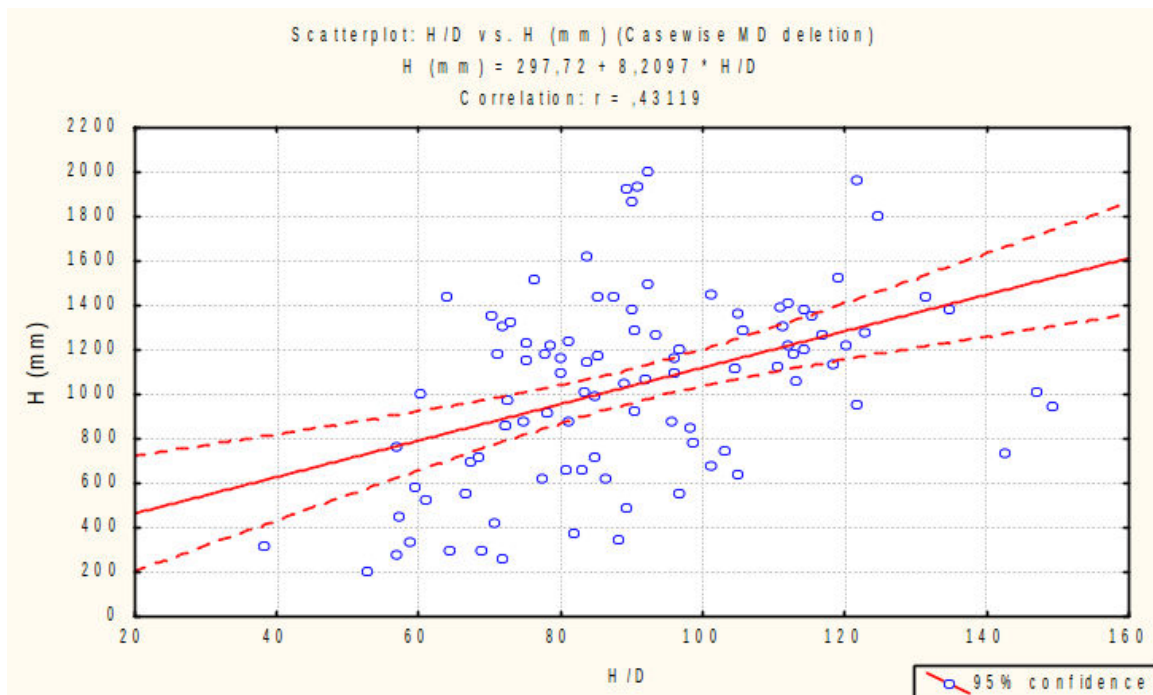
Kod tretmana C utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,52$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana C nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 11. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana D**

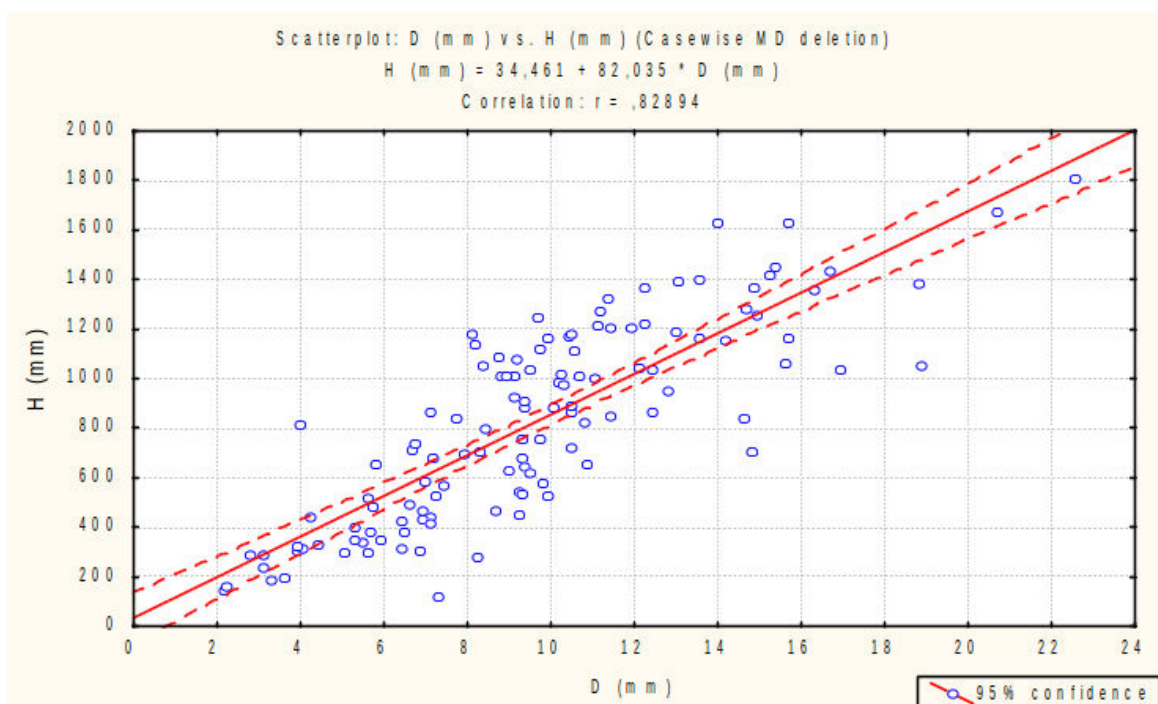
Kod tretmana D utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,84$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 12. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana D**

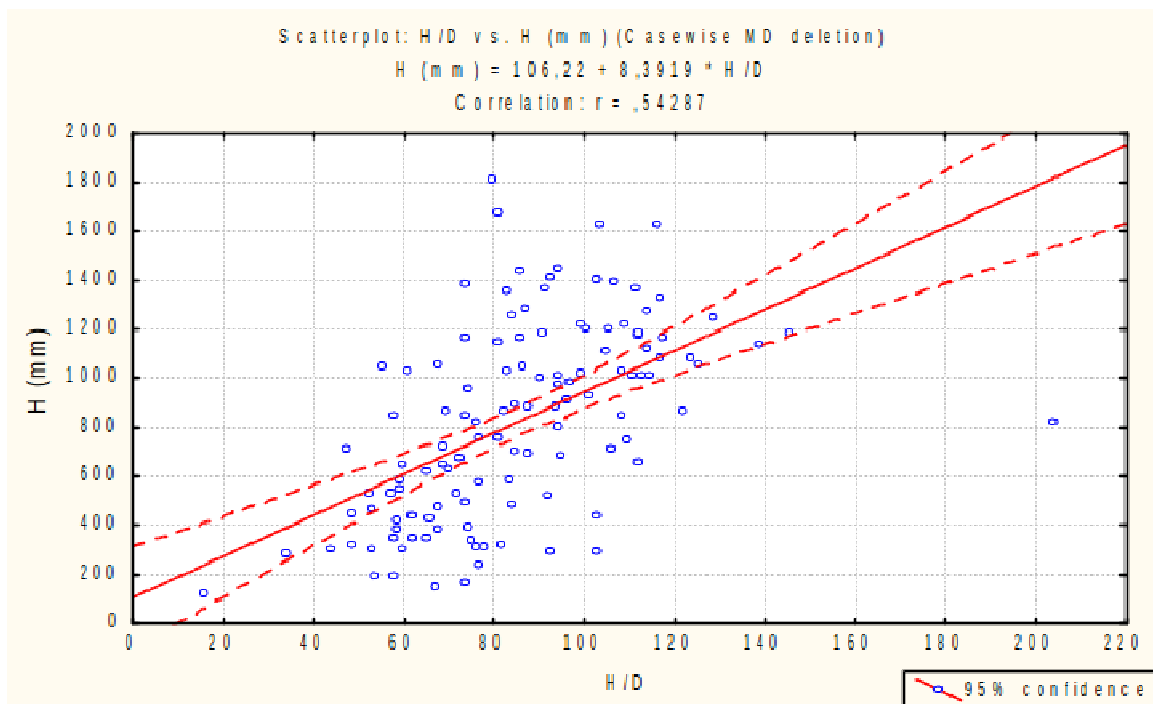
Kod tretmana D utvrđena je pozitivna i srednja korelacija ( $r = + 0,43$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana D nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 13. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana E**

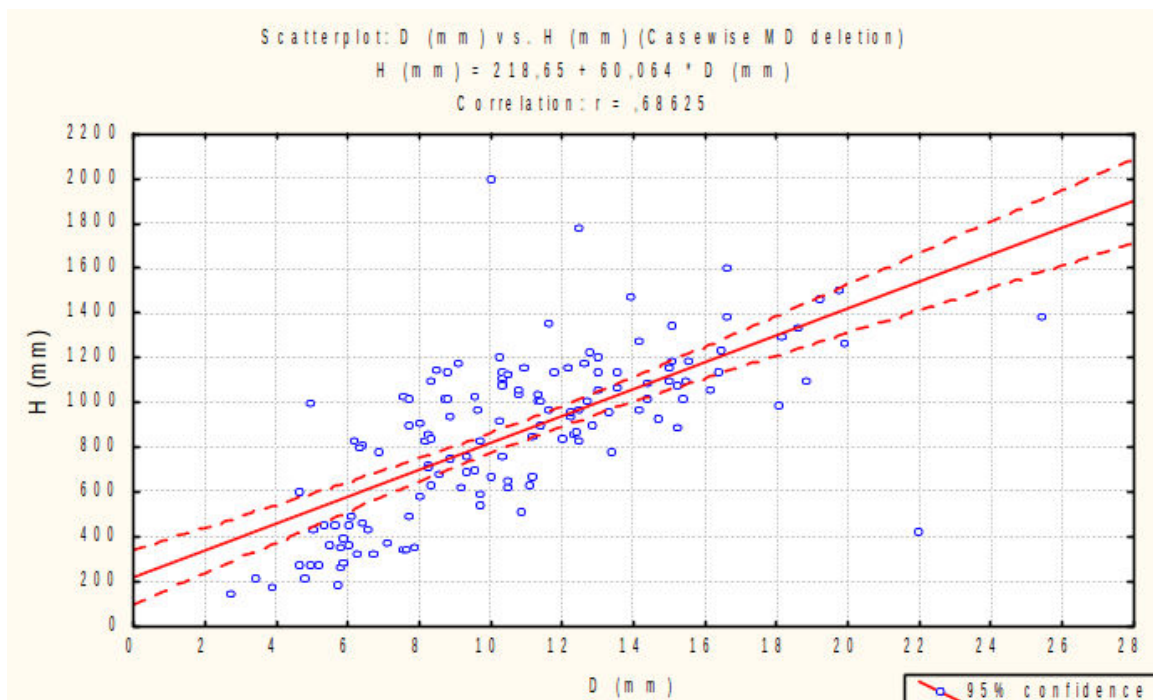
Kod tretmana E utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,83$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 14. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana E**

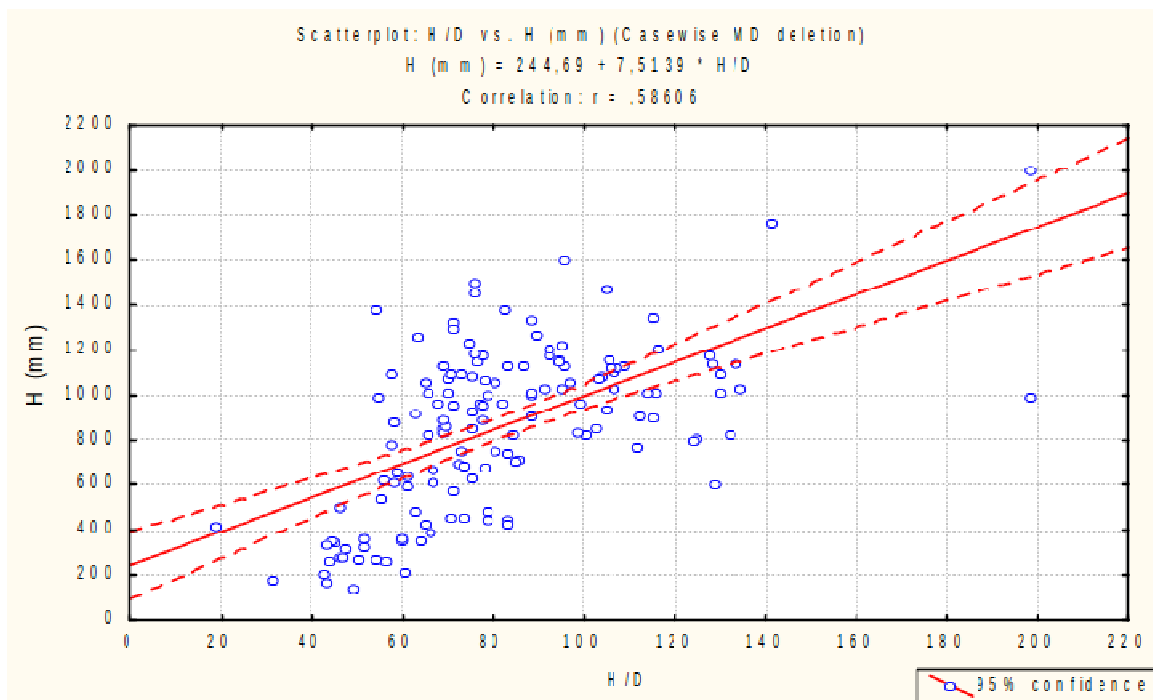
Kod tretmana E utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,54$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana E nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 15. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana F**

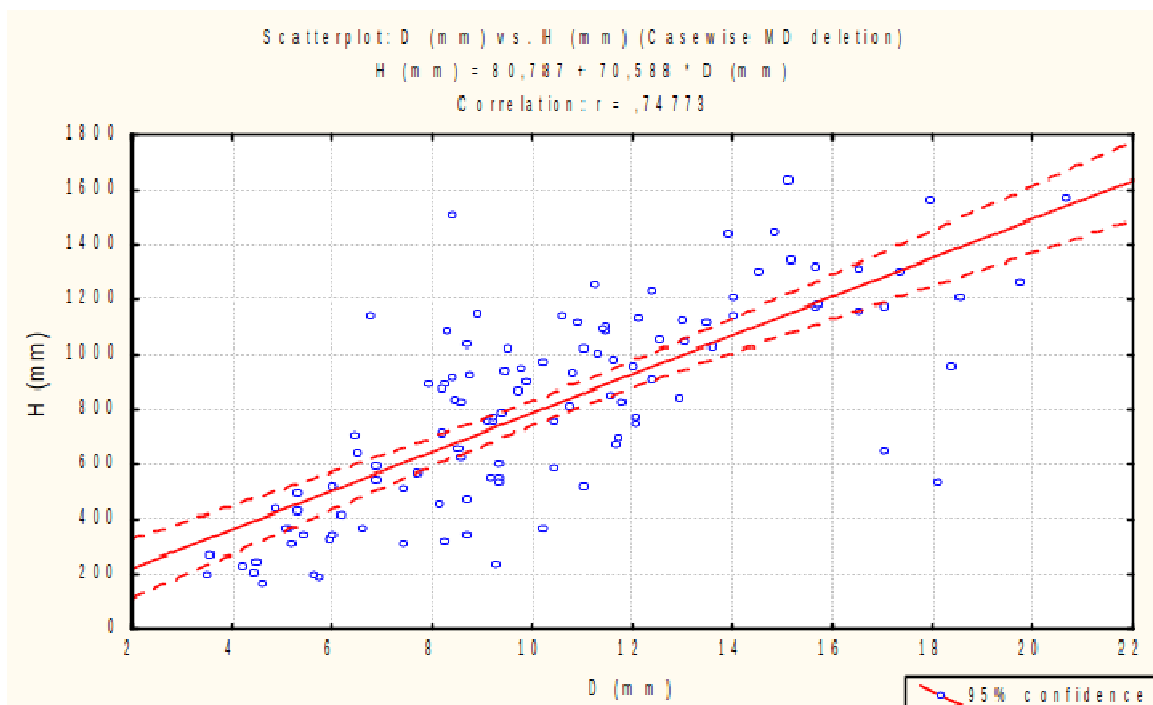
Kod tretmana F utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,69$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 16. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana F**

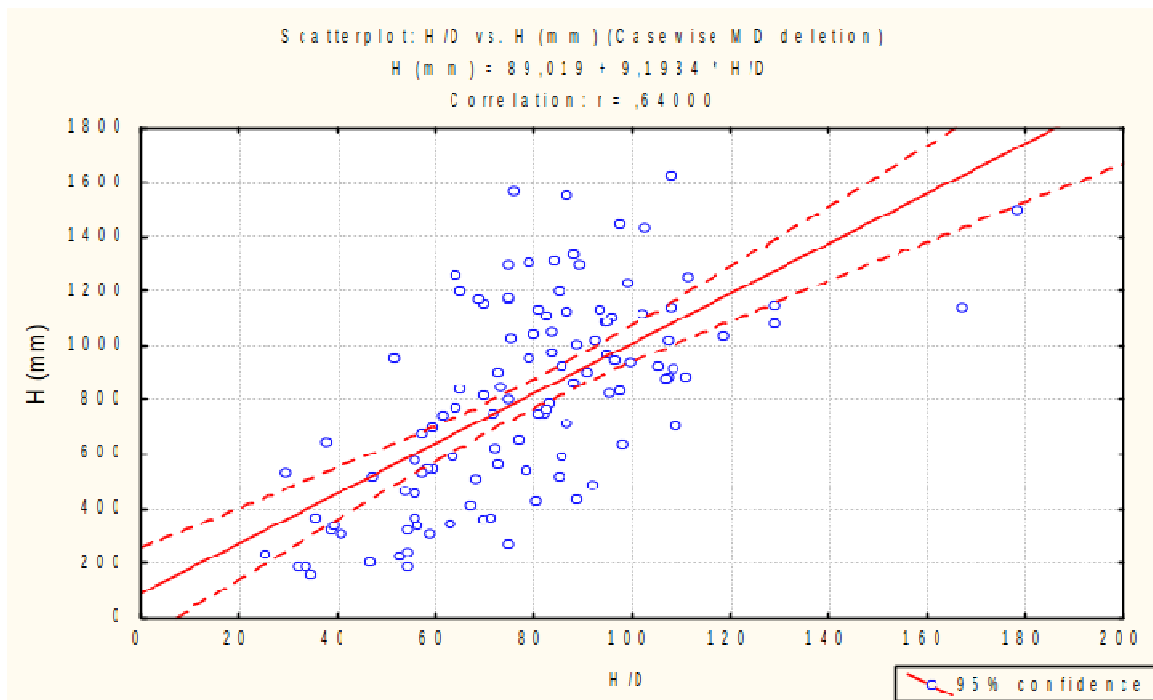
Kod tretmana F utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,59$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana F nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 17. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana G**

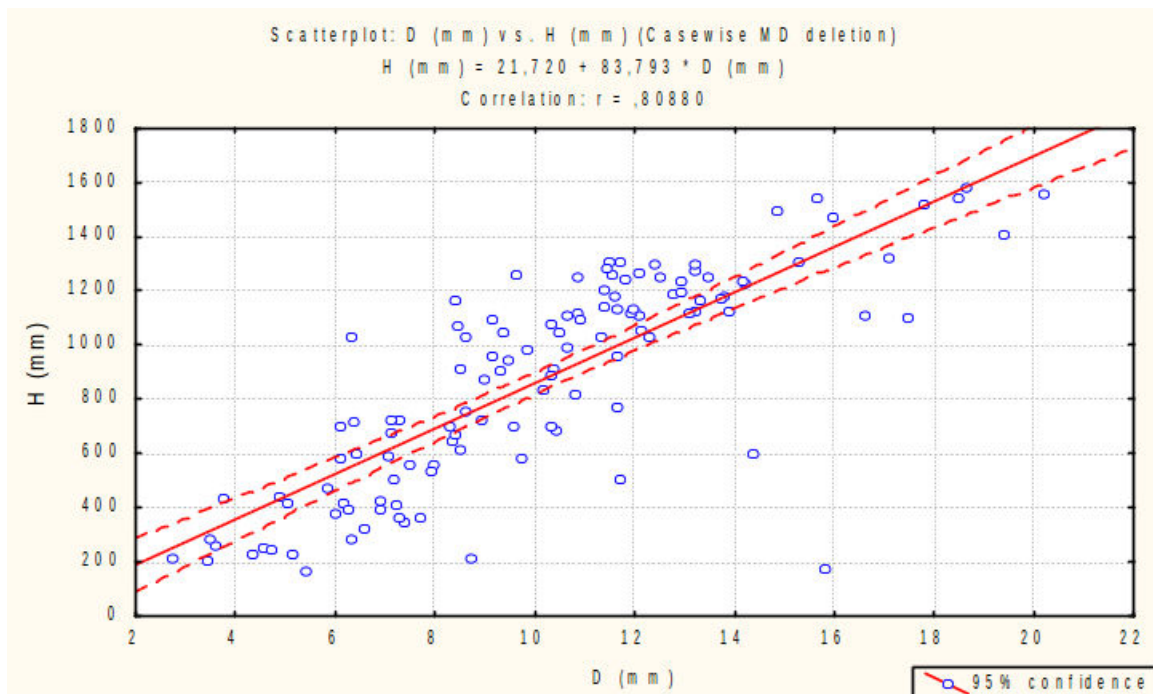
Kod tretmana G utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,74$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 18. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana G**

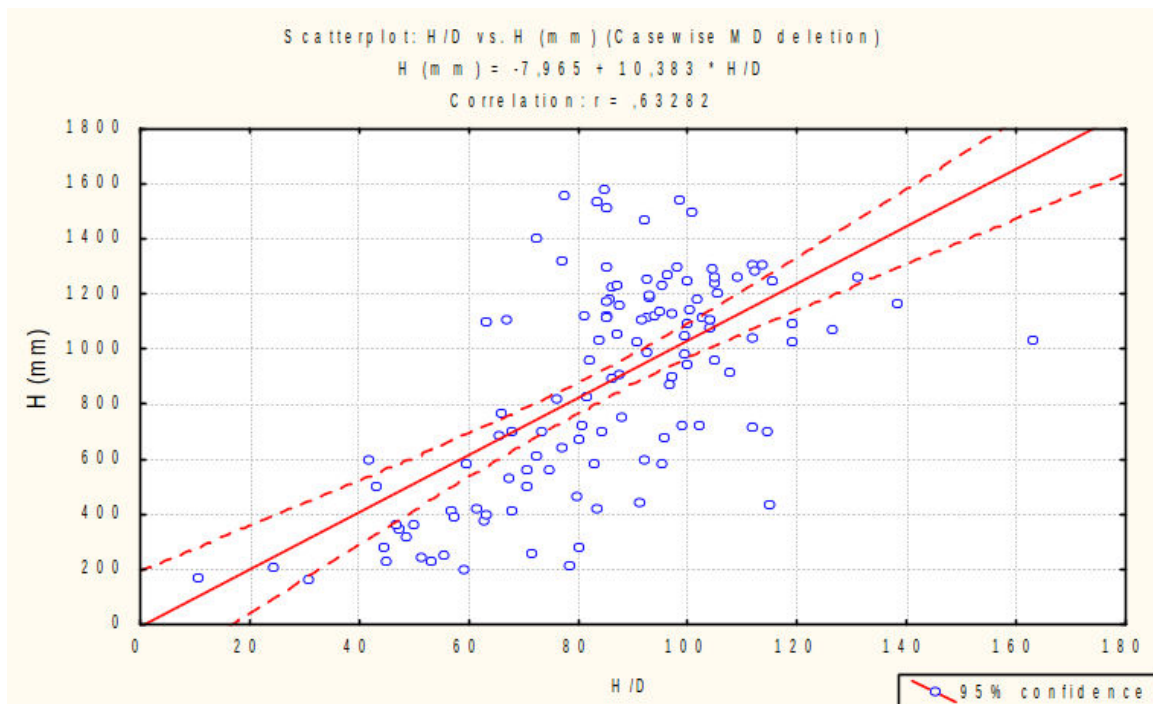
Kod tretmana G utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,64$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana G nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 19. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana H**

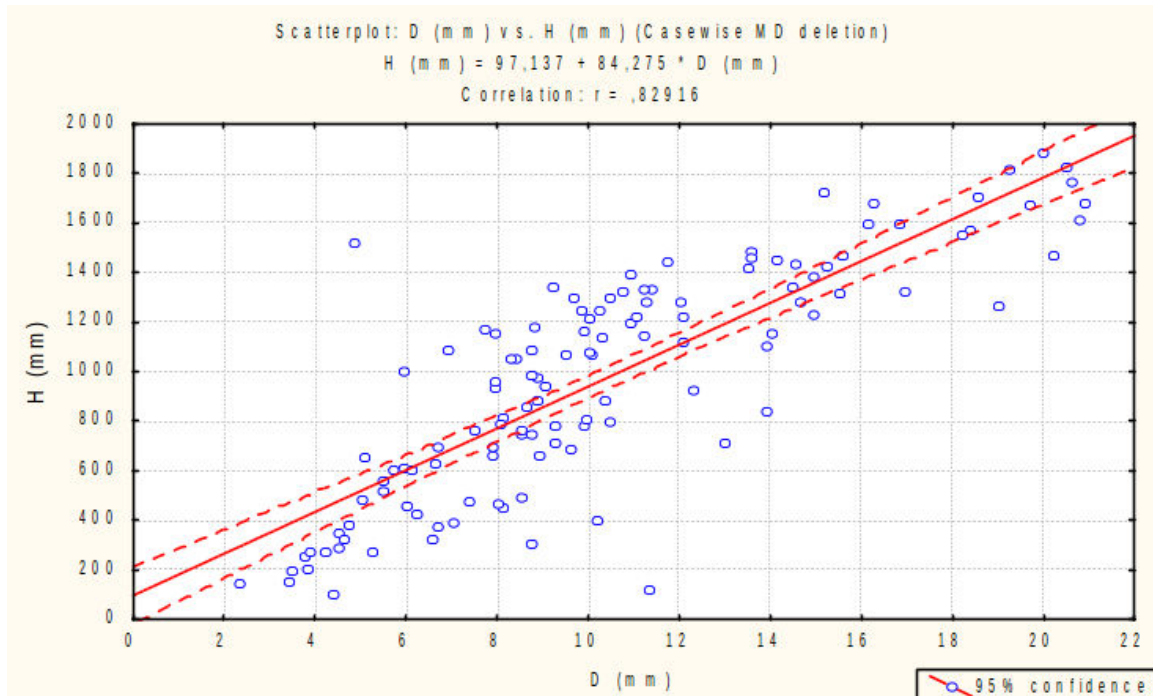
Kod tretmana H utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,81$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 20. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana H**

Kod tretmana H utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,63$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

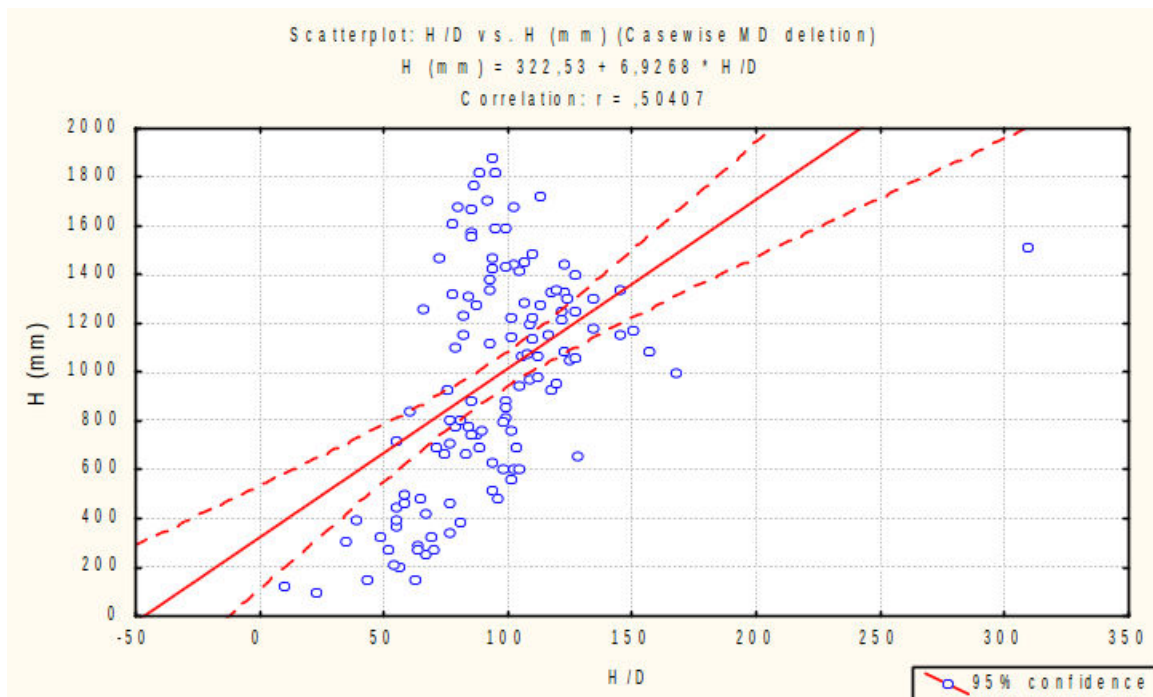
Kod tretmana H nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijena vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 21. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana I**

Kod tretmana I utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,83$ ) između visina i promjera korijena vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

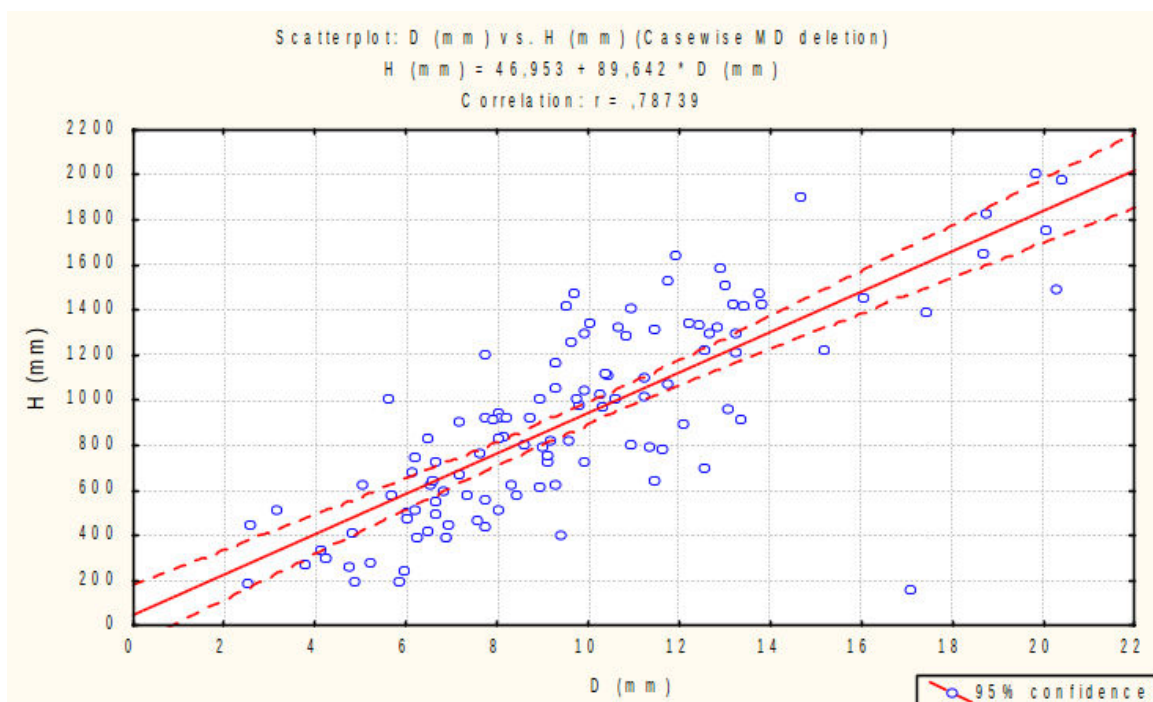




**Slika br. 22. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana I**

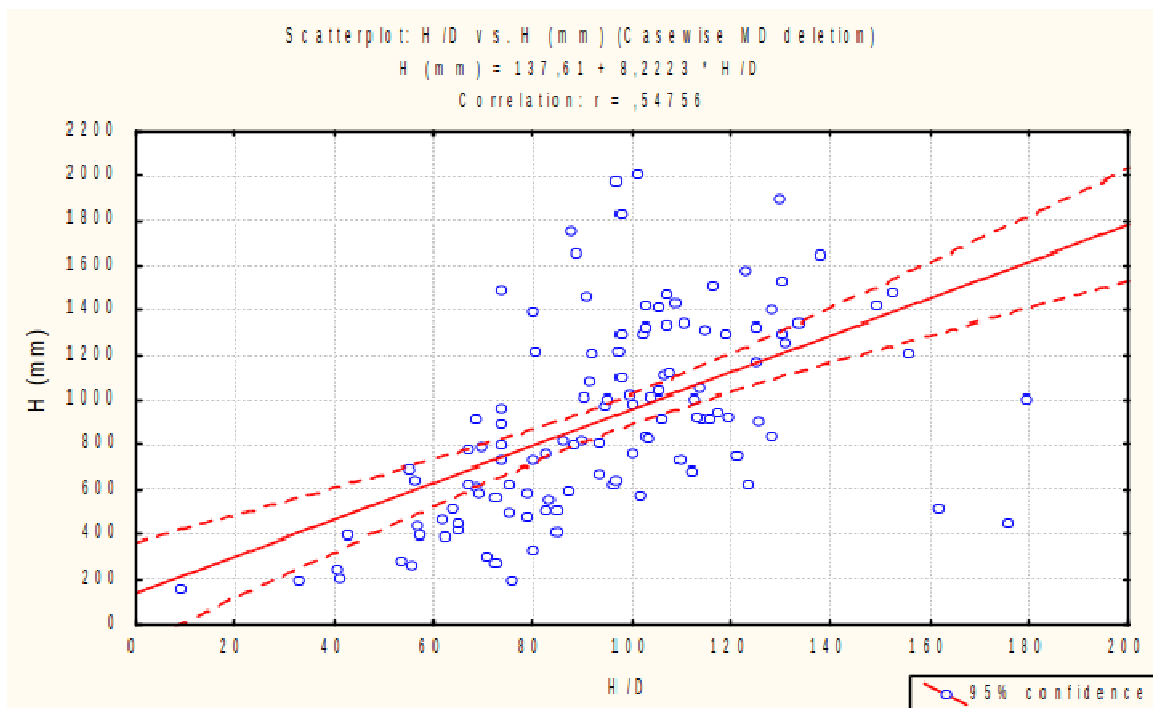
Kod tretmana I utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,50$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana I nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 23. Grafički prikaz korelacija visina i promjera vrata korijena sadnica tretmana J**

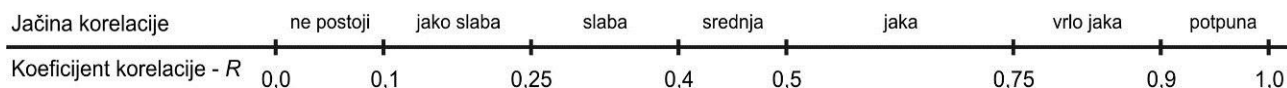
Kod tretmana J utvrđena je pozitivna i vrlo jaka korelacija ( $r = + 0,79$ ) između visina i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 24. Grafički prikaz korelacija visina i koeficijenta vitkosti sadnica tretmana J**

Kod tretmana J utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ( $r = + 0,55$ ) između visina i koeficijenta vitkosti sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.

Kod tretmana J nije utvrđena korelacija između koeficijenta vitkosti i promjera korijenova vrata sadnica prema Romer-Orphalovoj raspodjeli.



**Slika br. 25. Romer-Orphalova skala (Mraović 2015)**

Iz navedenih korelacijskih grafova može se zaključiti kako najveći promjer vrata korijena (mm) imaju upravo one sadnice koje su najviše te kako takvih sadnica najviše ima na tretmanima B, D, E, H i I. Navedenim sadnicama najviše je odgovarao kut otklona zraka Sunca te su imale dovoljno međuprostora za rast i razvoj.

Također, sadnice koje imaju najveći koeficijent vitkosti ujedno su i najviše, ali s manjim promjerima korijenova vrata. Takve sadnice nalaze se na polju G i H.

Kad je riječ o broju višestrukih izbojaka, iz korelacijskih grafova može se zaključiti kako se tretman D ponajviše razlikuje u odnosu na tretmane H i I. Takve morfološke varijabilnosti prisutne su zbog nasljednih svojstava gena roditelja potomstva, ali i zbog utjecaja termoterapije.

Na kraju se može zaključiti kako su sadnice tretmana D imale najpovoljnije utjecaje za rast i razvoj zbog velikih dimenzija promjera korijenova vrata, visine sadnica i pravilnijeg rasta. Razlog tomu su nasljedne osobine biljaka, utjecaj termoterapije, Sunčeve svjetlosti te dovoljno prostora za rast i razvoj.

**Tablica br. 16. Postotno učešće netretiranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur*L.) 3+0 prema visinskim klasama (Hrvatske šume d.o.o.)**

N (ukupno)	Klase	%
262	I	20,23
	II	41,60
	III	8,40
	IV	4,58

U tablici su navedeni postotni udjeli po pojedinim klasama, iz kojih je izračunat podatak o ukupnoj vrijednosti od 817,55 kn. Vrijednost sadnice iznosi 4,17 kn.

**Tablica br. 17. Postotno učešće tretiranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur*L.) 3+0 prema visinskim klasama (Hrvatske šume d.o.o.)**

N (ukupno)	Klase	%
950	I	19,37
	II	35,89
	III	18,10
	IV	5,89

U tablici su navedeni postotni udjeli po pojedinim klasama, iz kojih je izračunat podatak o ukupnoj vrijednosti od 3302,80 kn. Vrijednost sadnice iznosi 4,39 kn.

**Tablica br. 18. Jedinična cijena po sadnici hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena 3+0 raspoređenih u klase**

Klase u H.Š.d.o.o.	H (mm)	Cijena (kn)
I	1500 - 1800	6,00
II	1200 - 1500	5,25
III	800 - 1200	4,20
IV	500 - 800	3,25

Hrvatske šume d.o.o. klasificiraju sadnice na osnovi visina, a visine su definirane s dobi sadnica i svrstane su u klase.

Za šumske sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena 3+0 postoje četiri visinske klase: I) 150 – 180 cm, II) 120 – 150 cm, III) 80 – 120 cm, IV) 50 – 80 cm.

Na temelju razlika u cijeni između tretiranih i netretiranih sadnica raspoređenih po klasama dobivena je povećana ekonomska vrijednost u iznosu od 5,01 % po sadnici, što nije zanemariv iznos, pogotovo kad je u pitanju umjetna obnova sastojina.

## RASPRAVA

Koncept kvalitete sadnica uključuje morfološke i fiziološke značajke sadnice. One utječu na uspješnost preživljavanja sadnice tijekom i nakon presadnje na novu lokaciju. Obje su značajke pod neposrednim utjecajem rasadničkih procesa, poput transporta sadnica, gustoća sadnica u tretmanima te podrezivanje korijena i izbojaka.

Morfološke značajke, posebice visina i promjer vrata korijena, trenutno su najbolji pokazatelji za uspješnost sadnica nakon presadnje na novu lokaciju. Promjer vrata korijena najbolji je pokazatelj za mogućnost preživljavanja (Thompson 1985). Visina je u suštini pokazatelj budućeg visinskog rasta. Parametri poput "mase korijenskog sustava" i "broja bočnih korijenja" također su korisni, ali se njihova korisnost smanjuje nakon što promjer vrata korijena pređe veličinu od 5 mm. Morfološke karakteristike sadnica nisu uvijek dobar pokazatelj uspješnosti sadnice zbog toga što one ne određuju vitalnost i vigor sadnice (Mexal i dr. 1990).

Veličina sadnice jedna je od morfoloških karakteristika koja se tradicionalno koristi za ocjenjivanje kvalitete sadnica u rasadnicima. Na temelju toga određuje se nova lokacija presadnje s obzirom na ekološke uvjete na novom staništu.

U fiziološke elemente kvalitete sadnice ubrajaju se otpornost sadnice na hladnoću, potencijal rasta korijena (PRK), mirovanje pupa, koncentracija hranjiva u lišću i mjerenje fluorescencije klorofila "a". Fiziološka procjena kvalitete sadnice ima jednaka ograničenja kao i morfološka procjena kvalitete sadnice zbog toga što obje prikazuju samo uzak pogled na složenu prirodu kvalitete sadnica.

Morfologijom definiramo strukturu organizma, njegove vanjske karakteristike. Iako se procjenom morfoloških karakteristika ne može neposredno odrediti fiziološko stanje biljaka, mogu se koristiti u procjeni fizičkog stanja biljaka. Fizička reakcija sadnice rezultat je psihološkog odgovora s obzirom na njezino okruženje (Mexal i Landis 1990).

Kod ispitivanja morfološke kvalitete sadnica određuje se visina sadnice (mm), promjer korijenova vrata (mm), odnos visine izbojka i promjera stabljike (koeficijent vitkosti), duljina pupa, volumen korijena i stabljike, masa sadnice, odnos izbojka i korijena, boja i oblik te oštećenja i dr. U slučaju da se na sadnicama nalaze bilo kakva vidljiva oštećenja, npr. oštećeno korijenje ili kora, ili pak slomljeni terminalni izbojak, sadnice se uklanjaju. Standardi uklanjanja ovise o rasadničaru, vrsti biljke ili o kupcu.

Dobro razvijen pup omogućuje intenzivniji rast izbojka. Veliki promjer korijenova vrata omogućuje veću mogućnost preživljavanja, veći razvoj volumena i veću otpornost na oštećenja od, primjerice, životinja ili visokih temperatura. Visina omogućuje veću konkurentsku sposobnost protiv korova i drugih vrsta biljaka u borbi za svjetlost. Mali koeficijent vitkosti pospješuje veću otpornost na isušivanje vjetrom, veću sposobnost preživljavanja i rasta na sušnim područjima. Veliki volumen korijena odnosno vlaknasti korijenov sustav omogućava veću iskoristivost tla (Johnson i Cline 1991).

U ovom radu detaljnije su obrađene sljedeće morfološke karakteristike: visina sadnice (mm), promjer korijenova vrata (mm) te broj višestrukih izbojaka iz tla (kom).

Visina sadnice definirana je kao udaljenost od ožiljka supki (kotiledona) do baze terminalnog pupa kod dormantnih sadnica ili do vrha sadnice kod nedormantnih sadnica. Visina sadnice u korelaciji je s brojem izbojaka na sadnici, što daje dobru procjenu o fotosintetskom kapacitetu sadnice i transpiracijskoj površini (Hasse 2007). Što je veća visina sadnice (mm), veći je i broj izbojaka, a što je veći broj izbojaka, veća je lisna biomasa. S povećanjem lisne biomase povećava se fotosintetski kapacitet i transpiracijska površina.

No sadnicama koje rastu na sušnim područjima povećana transpiracijska površina zapravo je nedostatak. Nadalje, Ritchie (1984) navodi kako sadnice koje rastu na visokim nadmorskim visinama gdje prevladavaju isušujući vjetrovi podrazumijevaju veliku lisna površinu koja zahtijeva pojačanu transpiraciju korijena. U takvom okruženju uspješnije su sadnice manjih dimenzija.

Promjer stabljike ili promjer korijenova vrata definira se kao promjer glavne stabljike sadnice na ožiljku ili blizu ožiljka kotiledona (Drvodelić i Oršanić 2019). Broj višestrukih izbojaka podrazumijeva dva ili više izbojaka iz istog sjemena.

Kad je u pitanju utjecaj termoterapije na visinu sadnice (mm), u ovom istraživanju dobiveni su slijedeći rezultati: tretirane plohe statistički se značajno razlikuju u odnosu na netretirane plohe. Prosječna visina sadnica u tretmanima iznosila je 907,50 mm, a prosječna visina sadnica kontrole iznosila je 812,50 mm. Prosječna razlika između tretiranih i kontrolnih sadnica iznosila je 95 mm. Tretman D ponajviše dolazi do izražaja s prosječnom visinom sadnica od 1050 mm. Međutim, ne treba zanemariti niti utjecaj ekspozicije (izloženost sadnica različitim stranama svijeta) na rast sadnica.

Vukelić je (2018) godine u svom istraživanju *Utjecaj termoterapije na mikrobiotu, rasadničku klijavost hrasta lužnjaka (Q. robur L.) i morfološke značajke sadnica golog korijena (1+0)* ustanovio statistički značajnu razliku između visina sadnica kontrole i tretmana. Repeticije su bile tretirane termoterapijom od 40 do 60 °C. Sadnice kontrole u prosjeku su bile visoke 180 mm, a sadnice tretirane termoterapijom (od 41 do 45 °C) u prosjeku su bile visoke 260 mm. Navedeni rezultati dokazuju pozitivan učinak termoterapije na morfološku karakteristiku *visina sadnice* i potvrđuje rezultate ovog istraživanja.

U ovom istraživanju, kad je riječ o promjeru korijenova vrata, dobivena je statistički značajna razlika između tretiranih i kontrolnih sadnica. Promjer korijenova vrata tretiranih sadnica u prosjeku je iznosio 10,39 mm, a ne tretiranih sadnica 9,45 mm. Drugim riječima, prosječna razlika u promjeru vrata korijena između tretiranih i kontrolnih sadnica iznosila je 0,94 mm. Ponovo, tretman D dolazi do izražaja s prosječnim promjerom korijenova vrata od 11,6 mm.

No, potrebno je provesti dodatna istraživanja koja bi potvrdila pozitivan utjecaj termoterapije na razvoj povećanog broja višestrukih izbojaka iz tla. Rezultati ovog istraživanja pokazali su statistički značajnu razliku između tretmana D i netretirane plohe A, dok u rezultatima istraživanja Vukelića (2018) ne postoji statistički značajna razlika između kontrole i tretmana.

Velásquez-Vlle i Revalles Hernández (2009) godine u istraživanju navode pozitivan utjecaj termoterapije na morfološku osobinu visina sadnica. Istraživanje je provedeno na 22 različita genotipa češnjaka koji su bili podijeljeni na bijele, šarene i ljubičaste. Uz svaki genotip postavljena je i kontrola. Utvrđen je pozitivan utjecaj termoterapije na visine sadnica (mm) između 13 genotipova u odnosu na njihovu kontrolu. Tretirani su genotipovi u prosjeku bili viši za 16,8 do 37,5 % u odnosu na netretirane genotipove. Navedeni rezultati također potvrđuju rezultate ovog istraživanja.

U slučaju promjera korijenova vrata (mm) Velásquez-Vlle i Revalles Hernández (2009) ne pronalaze statistički značajne razlike između tretiranih i netretiranih biljaka, osim kod dvaju genotipova gdje su zabilježili značajan rast promjera korijenova vrata od 38,7 % i 18,6 %. Razlog neslaganja rezultata može biti u anatomske građi zeljastih biljaka. Zeljaste biljke ne posjeduju sekundarni meristem koji bi im omogućio sekundarni rast u širinu i odvijavanje stabljike, kao što je to slučaj kod drvenastih biljaka. To može utjecati na sporiji razvoj promjera korijenova vrata, a time i na diferencijaciju biljaka u odnosu na kontrolne biljke. Unatoč tome što je mjerenje morfoloških značajki najrašireniji i najjednostavniji način određivanja elemenata kvalitete sadnice (Thompson 1985), vrlo je malo istraživanja provedeno na tu temu. Trenutna istraživanja

uključuju pozitivan utjecaj termoterapije na, primjerice, klijavost sjemena i vigor kultivara rajčica u borbi protiv virusa (Divsalar 2014), mikrogljiva (Knudsen i dr. 2004), bakterija (Grondeau i dr. 1994), na kemijsku, fizičku, mehaničku, strukturu sadnice (Čabalová i dr. 2018.) i dr.

## ZAKLJUČAK

Dokazan je pozitivan učinak termoterapije na kvalitetu sadnice i njezine morfološke značajke: visina sadnice (mm), promjer korijenova vrata (mm), odnos visine izbojka i promjera stabljike (koeficijent vitkosti) te broj višestrukih izbojaka (kom). Termoterapija žira dovela je do povećanja prosječnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka. Prosječna sadnica iz tretmana bila je viša za 95 mm u odnosu na kontrolne sadnice, a prosječan promjer vrata korijena bio je za 0,95 mm veći. Dobivene su statistički značajne razlike u visinama sadnica u četirima tretmanima u odnosu na kontrolu: u tretmanu na + 41 °C u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na – 1 °C; u tretmanu na + 41 °C u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na + 3 °C; u tretmanu na + 45 °C u trajanju od 5 h, skladišteno na – 1 °C; u tretmanu na + 45 °C u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na + 3 °C.

U tretmanu na + 41 °C u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na + 3 °C, utvrđeno je kako postoji statistički značajna razlika između promjera korijenova vrata (mm) sadnica u odnosu na kontrolu. Nadalje, također je utvrđeno kako se koeficijent vitkosti statistički značajno razlikuje u dvama tretmanima u odnosu na kontrolu: u tretmanu na + 45 °C u trajanju od 5 h, skladišteno na – 1 °C; u tretmanu na + 45 °C u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na + 3 °C. Na kraju, statistički značajna razlika utvrđena je između jednog tretmana u odnosu na kontrolu kad je u pitanju broj višestrukih izbojaka: u tretmanu na + 41 °C u trajanju od 2 h i 30 min, skladišteno na + 3 °C.

Kod svih tretmana utvrđena je pozitivna i jaka do vrlo jaka korelacija između visine (mm) i promjera vrata korijena (mm). Nadalje, utvrđena je pozitivna i jaka do vrlo jaka korelacija između visina (mm) i koeficijenta vitkosti. Analizom rezultata utvrđeno je da temperatura od + 45 °C i duže vrijeme trajanja termoterapije, 5 h, te skladištenja na + 3 °C pozitivno utječu na uspješniji razvoj sadnica.

U budućim istraživanjima valjalo bi istražiti utjecaj termoterapije na fiziološke elemente kvalitete sadnica.



## ZAHVALE

Ovom prilikom zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Damiru Drvodeliću na susretljivosti, pomoći, dobronamjernosti i strpljenju.

Također zahvaljujem stručnom suradniku Mariu Šangi na savjetima, pomoći i strpljenju.

## LITERATURA

- Ballian, D., M. Memišević, F. Bogunić, N. Bašić, M. Marković, D. Kajba. 2010. Morfološka varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području Hrvatske i zapadnog Balkana. *Šumarski list*, vol. 7 - 8. 371 ;
- Prpić, B. i Anić, I. 2000. The influence of climate and hydro-technical developments in the stability of the peduncle oak (*Quercus robur* L.) stands in Croatia. *Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis* vol. 37, 229-239, [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:675186>. [Citirano: 29.05.2021.]
- Bučar, M. 2018. *Hrastove šume u Hrvatskoj*, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:544767> (29. 6. 2021.)
- Castagneyrol, B., B. Giffard, E. Valdés-Correchera, A. Hampe. 2019. The diversity effects on leaf insect damage on Pedunculate oak: The role of landscape context and forest stratum, *Forest ecology and management*, 433, 287 – 294.
- Colin N. D., C. O'Reilly. 2010. Drying and soaking pretreatments affect germination in pedunculate oak. *Annals of Forest Science, Springer Nature (since 2011)/EDP Science*, 65 (5), pp.1. fahal-00883388.
- Colville, L. 2017. *Encyclopedia of applied plant sciences* (second edition), vol. 1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00080-0>, 335 - 339.
- Čabalová, I, F. Kačík, R. Lagaňa, E. Výbohová, T. Bubeníková, I. Čaňová, J. Ďurkovič. 2018. Effect of Thermal Treatment on the Chemical, Physical and mechanical properties of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) Wood. *BioResources.com*, Vol. 13, No 1, 157.
- Delatour, C. 1980. Progress in acorns treatment in a long-term storage prospect. Laboratoire de Pathologie forestière, INRA - CNRF (Nancy) Champeonux 54280 Seichamps F., 126.
- Divsalar, M., M. Shakeri. i A. Khandan. 2014. Study on thermotherapy treatment effects on seed germination and vigor of tomato cultivars. *International Journal of Plant & Soil Science*, 3(6):799-809.

- Drvodelić, D. i M. Oršanić. 2019. Izbor kvalitetne šumske sadnice poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) za umjetnu obnovu i pošumljavanje. *Šumarski list*, 11 - 12, 577 – 585.
- Gradečki-Poštenjak, Marija; Novak Agbaba, Sanja; Čelepirović, Nevenka; Posarić, Darko. 2018. Kvalitetne osobine hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz Spačvanskog bazena i posljedice njenog neodgovarajućeg skladištenja // *Radovi (Hrvat. šumar. inst.)*(2018) (znanstveni, poslan), 46, 1 – 13.
- Grondeau, C., Régine Samson i D. Smith. 1994. *A review of thermotherapy to free plant materials from pathogens especially seeds from bacteria*. <http://dx.doi.org/10.1080/07352689409701908>(27. 6. 2021.)
- Gosling, P. 2002. Handling and storing acorns & chestnuts and sycamore frutis. *Forest research*, 1.
- Gosling, P. 2007. Raising trees and shrubs from seeds, *Forest research*, 20.
- Haase, Diane L. 2007. Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations -2006. Proceedings RMRS-P-50. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 3-8.
- Idžojić, M. 2013. *Dendrologija - cvijet, češer, plod, sjeme*. Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Sunakladnik:Hrvatske šume d.o.o., Zagreb; 479.
- Johnson, J. D. i M. L. Cline. 1991. Seedling quality of southern Pines. *Forestry science book series*, vol.36, 144.
- Knudsen, I. M. B., K. A. Thomsen, B. Jensen i K. M. Polsen. 2004. Effects of hot water treatment, biocontrol agents, disinfectants and fungicide on storability of English oak acorns and control of the pathogen, *Ciboria batschiana*. *For. Path.* 34, 47–64.
- Margaletić, J., M. Glavaš, W. Bäumlér. 2002. The development of mice and voles in an oak forest with a surplus of acorns // *Anzeiger für Schädlingskunde - Journal of Pest Science*, vol. 75, 4; 95-98.

- Matić, S. 2000. Oak forests (*Quercus* sp.) in Croatia, *Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis*, vol. 37, str. 5-14 [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:433410>. [Citirano: 04.06.2021.]
- Mexal, J.G.; Landis T. D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose, R.; Campbell, S.J.; Landis, T. D., eds. Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. General Technical Report RM-200. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 17-35. Available at: <http://www.fcnet.org/proceedings/1990/mexal.pdf>
- Mraović, I. 2015. *Energetska učinkovitost kamionskog prijevoza drva*(Diplomski rad), Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije . Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:362213>.
- Nikolić T. ur. 2005 nadalje. *Flora Croatica baza podataka* (<http://hirc.botanic.hr/fcd>). Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (datum pristupa:03.06.2021).
- Orlović K. J., D. Drvodelić, M. Vukelić, M. Rukavina, D. Diminić i M. Oršanić, 2021. The impact of thermotherapy and short term storage on *Quercus robur* L. acron mycobiota and germination, *Forests*, vol 12 (5) , 9 – 16.
- Palalić, V., 2020. *Kronologija propadanja hrasta lužnjaka (Quercus robur L.) u Hrvatskoj*(Završni rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:958871>(29.6.2021.).
- Prebanić, I. 2012. Štetni kukci na hrastu lužnjaku i mjere suzbijanja [Završni rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije [pristupljeno 25.05.2021.]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:010445>.
- Ritchie, G. A.. 1984. Assessing Seedling Quality. *Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings*, urednici: Duryea, M. L. i Landis T. D. (Eds.), vol 23, 254.
- Siwecki, R., K. i Ufnalski. 2007. Review od oak stand decline with special reference to the role of drought in Poland. *European journal of forest pathology*, vol. 28 (2), 99 – 112.

- Suszka B., C. Muller, M. Bonnet – Masimbert. 1996. Seeds of forest broadleaves from harvesting to sowing, Institut national. De la Recherche agronomique 147 rue de l' Université - 75338 Paris cedex 07, 32.
- Tikvić, I., Ž. Zečić, D. Ugarković, D. Posarić. 2009. Oštećenost stabla i kakvoća drvnih sortimenata hrasta lužnjaka na Spačvanskom području. *Šumarski list* br. 5 - 6, 237 – 248.
- Thompson, B. E. 1985. Seedling morphological evaluation—What you can tell by looking. In: M. L. Durvea (Ed.), Proceedings of workshop on evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Corvallis, OR: Oregon State University, Forest Research Laboratory, 59 – 71.
- Velasquez - Valle, R., M. Revelens Hernandez. 2019. Effect of thermotherapy on the emergence and vegetative characteristics of garlic genotypes. *Rev. Mex. Science. Agríc*[online]. Vol.10, n.2, pp. 447-452. ISSN 2007-0934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1522>.
- Vucelja, M. 2013. Zaštita od glodavaca (Rodentia, Murinae, Arvicolinae) u šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) – integrirani pristup i zoonotički aspekt, doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Vukelić, J., S. Mikac, D. Baričević, D. Bakšić, R. Rosavec. 2008. Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj Nacionalna ekološka mreža. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb. 52. – 71.
- Vukelić, J., Đ. Rauš. 1998. Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet Zagreb, Svetošimunska 25; Zagreb; 204 – 211.
- Vukelić, J. 2012. Šumska vegetacija Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Državni zavod za zaštitu prirode; Zagreb; 55.
- Vukelić, M. 2018. Utjecaj termoterapije na mikrobiotu, rasadničku klijavnost hrasta lužnjaka (*Q. robur* L.) i morfološke značajke sadnica golog korijena (1+0). <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:066793> (27. 6. 2021.);
- Mrežna stranica: <https://www.scienceopen.com/document?vid=647f5eba-27e6-4fa4-a27a-e2bc15c9e832>

## SAŽETAK

Ela Španjol

### **Utjecaj temperature i vremena trajanja termoterapije te načina čuvanja žira na morfološke značajke šumskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena dobi 3+0**

Sjetva žira obavljena je početkom svibnja 2018. godine u rasadniku *Šumski vrt i arboretum* Šumarskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu. Posijano je 2000 žirova u dvije gredice. Gredice su bile podijeljene u pet repeticija. Svaka repeticija bila je podijeljena u 4 reda. U svakom redu bilo je 50 žirova. Na svakoj repeticiji bili su različiti tretmani termoterapije. Tretmani su se razlikovali temperaturom, duljinom trajanja termoterapije i načinom skladištenja. Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi utjecaj temperature i vremena trajanja termoterapije te načina čuvanja žira na morfološke značajke šumskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) gologa korijena dobi 3+0.

U istraživanju je izmjereno devet različitih varijabli: visina sadnice, promjer korijenova vrata (mm), odnos visine izbojka i promjera (koeficijent vitkosti), broj glavnih izbojaka, rašljivost izbojka, četkavost izbojka, broj grana na četki, deformacija stabljike te broj višestrukih izbojaka. Prikupljeni podatci obrađeni su u programu Statistica 8.0.

Dokazan je pozitivan učinak termoterapije na morfološke značajke kao što su visina sadnice (mm), promjer korijenova vrata (mm), odnos visine izbojka i promjera stabljike (koeficijent vitkosti) te broj višestrukih izbojaka (kom). Termoterapija žira dovela je do povećanja prosječnih visina (mm) i prosječnih promjera vrata korijena (mm) sadnica hrasta lužnjak 3+0 gologa korijena. Prosječna sadnica iz tretmana bila je viša za 95 mm viša u odnosu na kontrolne sadnice i imala je za 0,95 mm veći prosječni promjer vrata korijena.

Ključne riječi: termoterapija, hrast lužnjak, kvaliteta sadnice, visina sadnice, promjer vrata korijena

## SUMMARY

Ela Španjol

### **The impact of temperature and the duration of thermotherapy treatment and storage of acorns on morphological properties of Penduculate oak (*Quercus robur* L.) bare root age 3+0**

Sowing took place at the beginning of May 2018 in Šumarski vrt i arboretumnursery at the Faculty of Forestry and Wood Technology of the University of Zagreb. Two thousand acorns were sown in two billets. The billets were then divided into five repetitions. The repetitions were divided into four rows. There were 50 acorns in every row. On every plot repetition, the different time of thermotherapy was used. The treatments were different in temperature, the duration of treatment and the way of stocking the acorns. The aim of this research was to establish the impact of thermotherapy and short-term storage on morphological properties of Penduculate oak (*Quercus robur* L.) 3+0.

Nine different variables were measured in the present study: the shoot height (mm), stem diameter (mm), height : diameter ratio, the number of main shoot, fork, brush, the number of branches at brush, deformation of a stem, the number of multiple shoots in one thousand and two hundred plants. The data analysis was carried out by Statistica 8.0 software.

The positive impact of thermotherapy on the quality of seedling and its morphological properties has been proven on shoot height (mm), stem diameter (mm), height : diameter ratio and the number of multiple shoots. Acorn thermotherapy has led to an increase in average heights of a seedling and increase of average stem diameter of a Penduculate oak (*Quercus robur* L.) bare root seedling age 3+0. Average seedling from any treatment was 95 mm higher in comparison to control and it had 0.94 mm wider stem diameter.

Key words: thermotherapy, Penduculate oak, the quality of a seedling, shoot height, stem diameter