



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET

Goran Jelić

**UTJECAJ VRSTE KONTEJNERA I
PRIPREME TLA NA USPJEH
POŠUMLJAVANJA U SREDOZEMNOM
PODRUČJU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2012.



UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF FORESTRY

Goran Jelić

**EFFECTS OF CONTAINER TYPE AND
FIELD PREPARATION ON
AFFORESTATION SUCCESS IN
MEDITERRANEAN AREA**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2012.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET

Goran Jelić

**UTJECAJ VRSTE KONTEJNERA I
PRIPREME TLA NA USPJEH
POŠUMLJAVANJA U SREDOZEMNOM
PODRUČJU**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Milan Oršanić

Zagreb, 2012.

UDK	
Naslov rada	Utjecaj vrste kontejnera i pripreme tla na uspjeh pošumljavanja u sredozemnom području
Sažetak	Za uspješno pošumljavanje sredozemnog krškog područja trebalo bi zadovoljiti niz uvjeta od kojih su najvažniji vrsta drveća, kvaliteta sadnica i priprema tla za pošumljavanje. U tu svrhu su analizirana morfološka svojstva jednogodišnjih sadnica pet najzastupljenijih vrsta drveća sredozemnog područja: <i>Cupressus sempervirens</i> L. var. <i>pyramidalis</i> Nymann, <i>Pinus halepensis</i> Mill., <i>Pinus pinaster</i> Aiton, <i>Pinus pinea</i> L. i <i>Quercus ilex</i> L., uzgajanih u različitim kontejnerima, kako bi se utvrdio učinak pojedinog kontejnera na razvijenost (kvalitetu) nadzemnog i podzemnog dijela sadnice za svaku pojedinu vrstu. U razdoblju od 2003. do 2009. godine praćeno je preživljjenje, rast i razvoj pojedinih vrsta drveća u šumskoj kulturi na pokusnom objektu "Jamina" kod Šibenika posadenih na riperanoj površini i u iskopanim jamama dimenzija 40×40×40 cm. Zbog izrazitih deformacija korijena sadnica iz kontejnera MP 53/12, a koji su poslijedica neadekvatnih dimenzija istog i općenito, tehnološke zastarijelosti Bosnaplast kontejnera, preporuča se njihovo postupno napuštanje u rasadničarskoj proizvodnji. Proizvodnja kvalitetnih jednogodišnjih sadnica nije moguća bez primjene odgovarajućih kontejnera. Na temelju dobivenih rezultata, može se zaključiti da bez kvalitetne pripreme tla, u ovom slučaju riperanja, uporabe adekvatnih kontejnera u proizvodnji kvalitetnih sadnica, te odgovarajućih vrsta drveća ne možemo uspješno pošumljavati na sredozemnom krškom području.
Ključne riječi	Sredozemno krško područje, vrsta kontejnera, morfološka svojstva sadnica, priprema tla, uspjeh pošumljavanja, visinski rast, promjer
Znanstveno područje	Biotehničke znanosti
Znanstveno polje	Šumarstvo
Institucija u kojoj je rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Mentor rada	prof. dr. sc. Milan Oršanić
Broj stranica	220
Broj slika	60
Broj tablica	48
Broj grafikona	43
Broj literaturnih navoda	218
Datum obrane	
Povjerenstvo	prof. dr. sc. Milan Oršanić prof. dr. sc. Igor Anić dr. sc. Vlado Topić, znanstveni savjetnik
Institucija u kojoj je rad pohranjen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

UDK	
Title	Effect of container type and field preparation on afforestation success in Mediterranean area
Summary	<p>For successful afforestation in Mediterranean karst areas several important criteria must be met, especially adequate tree species, high-quality seedlings and proper soil preparation. With that in mind, morphological features of one-year old seedlings of five most common tree species in Mediterranean area were analyzed: <i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>pyramidalis</i> Nymann, <i>Pinus halepensis</i> Mill., <i>Pinus pinaster</i> Aiton, <i>Pinus pinea</i> L., <i>Quercus ilex</i> L. Seedlings were grown in different types of containers to establish the effect of container type on development (quality) of above- and belowground parts of the seedlings for each investigated species. Survival rates, growth and development of seedlings were measured and monitored in the period from 2003 to 2009, in forest culture on experimental plot "Jamina" in the vicinity of Šibenik. Seedlings were planted on ripped ground and in the pits with dimensions of 40×40×40 cm. Seedlings of Mediterranean tree species grown in container MP 53/12 have developed highly deformed root systems because of inadequate dimensions of this container and its technological absoluteness. Therefore is recommended to gradually abandon the use of MP 53/12 and MP 33/18 containers from nursery production. According to results it can be concluded that without proper soil preparation (ripping in this case), adequate containers for production of high-quality seedlings, and right choice of tree species, it is impossible to successfully afforest Mediterranean karst area.</p>
Key words	Mediterranean karst area, container type, morphological features of seedlings, soil preparation, afforestation success, height growth, diameter
Scientific area	Biotechnological sciences
Scientific field	Forestry
Dissertation was made at	Faculty of Forestry, University of Zagreb
Mentor	Professor Milan Oršanić PhD.
Number of pages	220
Number of figures	60
Number of tables	48
Number of graphs	43
Number of references	218
Date of oral examination	
Dissertation committee	Professor Milan Oršanić PhD Professor Igor Anić PhD Vlado Topić PhD
Dissertation is archived at	Faculty of Forestry, University of Zagreb

SAŽETAK

Za uspješno pošumljavanje sredozemnog krškog područja trebalo bi zadovoljiti niz uvjeta od kojih su najvažniji vrsta drveća, kvaliteta sadnica i priprema tla za pošumljavanje. U tu svrhu su analizirana morfološka svojstva jednogodišnjih (1+0) sadnica pet najzastupljenijih vrsta drveća sredozemnog područja: obični čempres piridalnog varijeteta (*Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* Nymann), alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton), bor pinija (*Pinus pinea* L.) i hrast crnika (*Quercus ilex* L.), uzgajanih u različitim kontejnerima (MP 53/12, MP 33/18, T 7/24 i T 8/24), kako bi se utvrdio učinak pojedinog kontejnera na razvijenost (kvalitetu) nadzemnog i podzemnog dijela sadnice za svaku pojedinu vrstu. U razdoblju od 2003. do 2009. godine praćeno je preživljjenje, rast i razvoj navedenih vrsta drveća u šumskoj kulturi na pokusnom objektu "Jamina" kod Šibenika posađenih na riperanoj površini i u iskopanima jamama dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm. Rezultati istraživanja morfoloških svojstava biljaka na uzorku od 20 sadnica, po tipu kontejnera, su pokazali značajno veće vrijednosti u većim kontejnerima (T 7/24 i T 8/24) u odnosu na manje kontejnere (MP 53/12 i MP 33/18) i to kod svih istraživanih vrsta. Analiza korijena sadnica iz najmanjih kontejnera (MP 53/12) svih istraživanih vrsta pokazuje izraziti stupanj deformacije istog, kod nešto većih kontejnera (MP 33/18) deformacija korijena je prisutna u znatno manjoj mjeri, ali je zato nedovoljna proraslost korijena kod sadnica uzgajanih u većim kontejnerima, iako kod njih nisu zapažene deformacije. Rezultati pokazuju da je na preživljjenje svih pet istraživanih vrsta drveća u šumskoj kulturi, u prvih šest godina, najveći utjecaj imala priprema tla, a zatim veličina kontejnera, i to u kombinaciji s pripremom tla. Sadnice iz većih kontejnera (kvalitetnije sadnica) sađene na riperanom tlu imale su višestruko manji mortalitet od sadnica iz manjih kontejnera (manje kvalitetnijih sadnica) posađenih u ručno iskopane jame, kod svih vrsta obuhvaćenih istraživanjem. Na visinski rast promatranih sredozemnih vrsta drveća, u prvih šest godina, utjecaj su imali i tip kontejnera i priprema tla. Jednogodišnje sadnice svih vrsta uzgojene u većim kontejnerima pokazuju intenzivniji rast i razvoj u šumskoj kulturi u prvih šest godina, a isto tako biljke sađene na riperanom tlu pokazuju bolje rezultate rasta i razvoja od onih sađenih u iskopane jame dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm. Šest godina od sadnje, jednogodišnje sadnice svih vrsta uzgojene u većim kontejnerima imaju veće vrijednosti promjera od onih iz manjih kontejnera. Isto tako i biljke posađene na riperanom tlu pokazuju bolje rezultate promjera od onih sađenih u jame.

Ključne riječi: Sredozemno krško područje, vrsta kontejnera, morfološka svojstva sadnica, priprema tla, uspjeh pošumljavanja, visinski rast, promjer

SUMMARY

Afforestation of Mediterranean karst area in Croatia is of very high significance and relevance, not only because of the value of forest externalities, but also due to the possibilities for the increase of their overall value. These areas have the potential to become an important national resource for wood production. For successful afforestation in Mediterranean karst areas several important criteria must be met, especially adequate tree species, high-quality seedlings and proper soil preparation. With that in mind, morphological features of one-year old seedlings of five most common tree species in Mediterranean area were analyzed: *Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* Nymann, *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus pinea* L., *Quercus ilex* L. Seedlings were grown in different types of containers to establish the effect of container type on development (quality) of above- and belowground parts of the seedlings for each investigated species. Survival rates, growth and development of seedlings were measured and monitored in the period from 2003 to 2009, in forest culture on experimental plot "Jamina" in the vicinity of Šibenik. Seedlings were planted on ripped ground and in the pits with dimensions of 40 × 40 × 40 cm.

Four types of containers were used: MP 53/12, MP 33/18, T 7/24 and T 8/24. Studied seedling variables (morphological features) include: seedling height, root collar diameter, biomass of the aboveground part of the seedlings and total seedling biomass. Two morphological indexes were calculated from measured variables: S/R ratio and DQI. Morphological dimensions of root systems were scanned and measured with software WinRhizo, namely: total root length, number of root tips, surface area and root volume. Seedlings were arranged over the area of the experimental plot according to the randomized block method. Each tree species was randomly assigned to 3 blocks (block area = 0.2 ha). Within each block two types of soil preparation prior to planting were performed: in pits with dimensions of 40 × 40 × 40 cm, and on the ripping ground. Each year during the experiment, after the growing season, seedlings were measured for height increment, and survival rates (e.g. mortality), with respect to tree species, container type and planting method. After six years plants were also measured for stem diameter at the height of 10 cm above ground level. Morphological features with regard to container type were evaluated with analysis of variance (ANOVA) and multiple Turkey's *post hoc* test. Relationship between survival rates in 2009 and initial seedling height, container type, soil preparation method, as well as their interactions, for the period between 2003 and 2009, was evaluated with the repeated measures

analysis of variance. ANOVA was also used to test for the influence of container type and soil preparation method on the diameters of seedlings six years after planting.

Morphological features of seedlings derived from the samples of 20 seedlings per container type, all show significantly higher values in larger containers (T 7/24 and T 8/24) compared to smaller containers (MP 53/12 and MP 33/18). This finding is consistent across all tree species. Root analyses also show that roots of seedlings regardless of tree species from smallest containers (MP 53/12) are deformed to a high degree. In larger containers (MP 33/18) root deformation is largely reduced. On the other hand, bind of roots into growing medium in seedlings grown in large containers is insufficient, although the roots are not deformed. Results indicate that the survival rates over six years in forest culture are influenced mainly by soil preparation, followed by container size in interaction with soil preparation method. Seedlings from larger containers (seedlings of higher quality) planted on ripping ground had several times lesser mortality compared to seedlings from smaller containers planted in pits excavated manually. This finding is also consistent across all investigated tree species. Container type and soil preparation also exhibit influence on height growth of investigated Mediterranean tree species. Seedlings of all species grown in larger containers show more intensive growth and development in forest culture during first six years. Similarly, seedlings planted on ripping ground have better growth and development characteristics compared to seedlings planted in pits with dimensions of $40 \times 40 \times 40$ cm. Six years after the planting seedlings of all tree species grown initially in larger containers (T 7/24 and T 8/24) have larger stem diameters compared to seedlings originated from smaller containers (MP 53/12 and MP 33/18). Plants that were growing on ripping ground have managed to acquire larger stem diameters compared to seedlings planted in pits.

Seedlings of Mediterranean tree species grown in container MP 53/12 have developed highly deformed root systems because of inadequate dimensions of this container and its technological absoluteness. Therefore is recommended to gradually abandon the use of MP 53/12 and MP 33/18 containers from nursery production. Further research is needed to eventually define new, modern solutions adapted to production of high-quality seedlings for afforestation of Mediterranean karst area. Without proper soil preparation (ripping in this case), adequate containers for production of high-quality seedlings, and right choice of tree species, it is impossible to successfully afforest Mediterranean karst area.

Key words: Mediterranean karst area, container type, morphological features of seedlings, soil preparation, afforestation success, height growth, diameter

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	II
1. UVOD	1
2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA S PREGLEDOM LITERATURE	5
2.1. Pošumljavanje sredozemnog krškog područja R. Hrvatske kroz pregled dosadašnjih istraživanja	5
2.2. Povijest razvoja proizvodnje kontejnerskih sadnica kroz literaturni pregled	11
2.3. Osnovni tipovi kontejnera	14
2.4. Utjecaj kontejnera na kvalitetu sadnice i uspjeh pošumljavanja	20
2.4.1. Kvaliteta sadnice	20
2.4.2. Kvantitativna morfološka svojstva šumskih sadnica	21
2.4.2.1. Nadzemni dio sadnice	22
2.4.2.2. Podzemni dio sadnice (korijen)	24
2.4.3. Karakteristike kontejnera koje utječu na kvalitetu sadnica i uspjeh pošumljavanja	26
2.4.3.1. Veličina kontejnera	28
2.4.3.1.1. Volumen kontejnera	29
2.4.3.1.2. Dubina (visina) kontejnera	30
2.4.3.1.3. Promjer kontejnera	33
2.4.3.2. Razmak (gustoća) kontejnera	34
2.4.3.3. Konstrukcijske značajke kontejnera kojima se kontrolira rast korijena	36
2.4.3.4. Karakteristike kontejnera koje utječu na sadržaj vlage supstrata	37
2.4.3.5. Karakteristike kontejnera koje utječu na temperaturu supstrata	38
2.5. Utjecaj pripreme tla na uspjeh pošumljavanja u Sredozemlju	41
2.5.1. Priprema sadnog mjesta kopanjem jama	41

2.5.2. Priprema tla za pošumljavanje uporabom mehanizacije	45
2.6. Međudjelovanje postupaka u rasadniku i pripreme tla	52
 3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	53
 4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	54
4.1. Područje istraživanja	54
4.1.1. Geološke i pedološke značajke pokusnog objekta	56
4.1.2. Klimatske značajke istraživanog područja	60
4.1.2.1. Temperatura zraka	60
4.1.2.2. Oborine	62
4.1.2.3. Relativna zračna vлага	65
4.1.2.4. Meteorološke pojave	65
4.1.2.5. Vjetar	66
4.1.3. Vegetacija područja istraživanja	67
4.2. Opis vrsta drveća korištenih u pokusu	69
4.2.1. Rasprostranjenost i ekološke osobine alepskoga bora <i>(Pinus halepensis Mill.)</i>	69
4.2.2. Rasprostranjenost i ekološke osobine bora pinije <i>(Pinus pinea L.)</i>	70
4.2.3. Rasprostranjenost i ekološke osobine primorskog bora <i>(Pinus pinaster Aiton)</i>	70
4.2.4. Rasprostranjenost i ekološke osobine običnoga čempresa <i>(Cupressuss sempervirens L. var. <i>pyramidalis</i> Nymann)</i>	71
4.2.5. Rasprostranjenost i ekološke osobine hrasta crnike <i>(Quercus ilex L.)</i>	72
4.3. Metode istraživanja	74
4.3.1. Istraživanja u rasadniku	74
4.3.2. Istraživanja u šumskoj kulturi (na pokusnoj plohi "Jamina")	76
4.3.2.1. Pedološka istraživanja na pokusnom objektu	76
4.3.2.2. Shema pokusa	77
4.3.2.3. Mehanička priprema terena na pokusnoj plohi	79
4.3.2.4. Sadnja biljaka na pokusnoj plohi	79
4.3.2.5. Izmjera biljaka na pokusnoj plohi	80
4.3.3. Istraživanja u laboratoriju	80
4.4. Obrada i analiza podataka	85

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	86
5.1. Rezultati pedoloških istraživanja na pokusnom objektu	86
5.2. Analiza morfoloških značajki jednogodišnjih sadnica istraživanih vrsta u različitim tipovima kontejnera	88
5.2.1. Obični čempres piramidalnog varijeteta (<i>Cupressus sempervirens</i> L. var. <i>pyramidalis</i> Nymann)	88
5.2.1.1. Visine jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera	88
5.2.1.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera	90
5.2.1.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera	91
5.2.1.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera	94
5.2.1.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica običnoga čempresa prema tipu kontejnera	95
5.2.2. Alepski bor (<i>Pinus halepensis</i> Mill.)	96
5.2.2.1. Visine jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera	96
5.2.2.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera	98
5.2.2.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera	99
5.2.2.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera	102
5.2.2.5. Kvalitativni morfološki indexi jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera	104
5.2.3. Primorski bor (<i>Pinus pinaster</i> Aiton)	105
5.2.3.1. Visine jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera	105
5.2.3.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera	106
5.2.3.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera	107

5.2.3.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera	111
5.2.3.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera	112
5.2.4. Bor pinija (<i>Pinus pinea</i> L.)	113
5.2.4.1. Visine jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera	113
5.2.4.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera	115
5.2.4.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera	116
5.2.4.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera	119
5.2.4.5. Kvalitativni morfološki indexi jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera	121
5.2.5. Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)	122
5.2.5.1. Visine jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera	122
5.2.5.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera	123
5.2.5.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera	124
5.2.5.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera	128
5.2.5.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera	129
5.3. Analiza preživljjenja jednogodišnjih sadnica u šumskoj kulturi za razdoblje od 2004. do 2009. godine	131
5.3.1. Obični čempres piramidalnog varijeteta (<i>Cupressus sempervirens</i> L. var. <i>pyramidalis</i> Nymann)	132
5.3.2. Alepski bor (<i>Pinus halepensis</i> Mill.)	136
5.3.3. Primorski bor (<i>Pinus pinaster</i> Aiton)	139
5.3.4. Bor pinija (<i>Pinus pinea</i> L.)	143
5.3.5. Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)	146

5.4. Analiza visinskog rasta biljaka u šumskoj kulturi za razdoblje od 2003. do 2009. godine	149
5.4.1. Obični čempres piramidalne forme (<i>Cupressuss sempervirens</i> L. var. <i>pyramidalis</i> Nymann)	150
5.4.2. Alepski bor (<i>Pinus halepensis</i> Mill.)	153
5.4.3. Primorski bor (<i>Pinus pinaster</i> Aiton)	156
5.4.4. Bor pinija (<i>Pinus pinea</i> L.)	160
5.4.5. Hrast crnika (<i>Quercus ilex</i> L.)	163
5.5. Analiza promjera biljaka u šumskoj kulturi šest godina od sadnje (2009. godine)	166
5.5.1. Obični čempres piramidalne forme (<i>Cupressuss sempervirens</i> L. var. <i>pyramidalis</i> Nymann)	166
5.5.2. Alepski bor (<i>Pinus halepensis</i> Mill.)	168
5.5.3. Primorski bor (<i>Pinus pinaster</i> Aiton)	169
5.5.4. Bor pinija (<i>Pinus pinea</i> L.)	170
6. RASPRAVA	172
6.1. Utjecaj kontejnera na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica i rast korijenovog sustava	172
6.2. Utjecaj kontejnera i pripreme tla na preživljenje biljaka u šumskoj kulturi	180
6.3. Utjecaj kontejnera i pripreme tla na rast i razvoj biljaka u šumskoj kulturi	186
7. ZAKLJUČCI	190
8. POPIS LITERATURE	193
ŽIVOTOPIS	215
CURRICULUM VITAE	218
PRILOZI (CD ROM)	

1. UVOD

Šume sredozemnog krškog područja su tijekom stoljeća bile uništavane, tako da danas imamo samo ostatke nekadašnjih prostranih šuma. Sredozemno krško područje R. Hrvatske u svom je velikom dijelu, nestankom šuma, degradiran i devastiran prostor. Kao izuzetnu nacionalnu vrijednost potrebno ga je sačuvati i pošumljavanjem zaštititi od daljne degradacije i erozije te na taj način stvoriti uvjete za progresiju, odnosno njegovu biološku melioraciju.

Gotovo 60 % površine sredozemnog područja R. Hrvatske pokrivaju panjače, šikare, makije i goleti, dok visoke šume, uglavnom alepskog i crnog bora, zauzimaju samo 9,9 % obrazlih šumskih površina (Topić, 1994.). Stadiji degradacije su često toliki da se više ne može govoriti o šumi, već o raznim tipovima kamenjara. U takvim slučajevima tlo je jako erodirano. Uslijed nestanka šuma i klimatske prilike su se promijenile. Sve je to rezultiralo time da sada na kršu imamo vrlo nepovoljne edafske, hidrološke, klimatološke i druge ekološke prilike.

Pitanje pošumljavanja sredozemnog krškog područja Hrvatske vrlo je značajno i aktualno, ne samo radi općekorisnih funkcija koje šume imaju i koje u ovom području zauzimaju središnje mjesto, već i radi podizanja gospodarske vrijednosti tih površina, koje po svom prostranstvu, što ga zauzimaju, mogu postati značajan nacionalni resurs za proizvodnju drva. S obzirom na to da potražnja drva u svijetu neprekidno raste, te da je njegova proizvodnja limitirana u prvom redu zemljistem, onda je sredozemno krško područje sa svojih 400.000 hektara neobrazlih šumskih površina (Topić, 1994.) golem šumski potencijal za proizvodnju šumske biomase, koju treba aktivirati u interesu ekološkog i gospodarskog razvijanja regije i zemlje u cjelini.

Prema procjenama FAO-a (1981., 1991.), godišnje se u svijetu podigne preko 4,5 milijuna hektara novih šumskih kultura od čega 3 milijuna hektara uspješno (Oršanić, 2003.). U današnje vrijeme tijekom jednog desetljeća nestane preko 125 milijuna hektara šuma, a podigne se samo 32 milijuna (Oršanić, 2003.).

U mnogim dijelovima svijeta, šumske kulture osnovane pošumljavanjem su glavni izvor drva za domaće potrebe, a u nekim zemljama i za izvoz. Procjenjuje se da površina podignutih šumskih kultura iznosi 187 milijuna hektara, a to je samo 5 % ukupnoga šumskog

pokrova na zemlji. Među vrstama drveća koje se koriste za osnivanje šumskih kultura prevladava rod *Pinus* sp. s oko 20 % (Oršanić, 2003.).

Prema procjeni, najviše je šumskih kultura zasađeno u Aziji – 62 %, Europi 17 %, Sjevernoj Americi 9 %, Južnoj Americi 6 %, Africi 4 %, Oceaniji 4 % (Oršanić, 2003.).

Šumske kulture su obnovljivo dobro, gospodarski, socijalno, kulturno i okolišno potrajne, odnosno održive. Njihova će uloga u pozitivnom smislu doći do punog izražaja samo onda ako stručno planiramo njihovo podizanje te ih kvalitetno i pravodobno njegujemo i obnavljamo.

Dosadašnji pokušaji pošumljavanja krških područja koji su se odvijali u kraćim razdobljima i traju skoro dva stoljeća, dali su vrijedne rezultate, ali zbog geološko-pedoloških, klimatskih i drugih uvjeta, a posebice zbog ograničene mogućnosti proizvodnje sadnog materijala, rezultati ipak nisu zadovoljavajući.

Pošumljavanje je, uz njegu i obnovu šuma, nezaobilazan postupak iz područja uzgajanja šuma koji je nužno izvoditi na području Sredozemlja, a koji po obimu, uloženom radu i materijalnim sredstvima, prednjači pred ostalima. Postupak pošumljavanja sastoji se od više faza: odabir najprikladnijih površina za pošumljavanje, odabir odgovarajućih vrsta drveća, određivanje načina pošumljavanja, određivanje razdoblja pošumljavanja, pripreme tla za pošumljavanje te određivanje prostornog rasporeda i razmaka biljaka (Matić i sur., 1997.). O pravilnom izboru vrsta drveća, odabiru načina pošumljavanja, te načina pripreme tla ovisi ne samo uspjeh pošumljavanja, nego i produkcija biomase, kao i melioracijski učinci uopće.

Biljke uzgajane za pošumljavanje u uvjetima sredozemnog krša moraju preživjeti i rasti na negostoljubivom staništu bez zalijevanja i ostale skrbi kakve su imale u rasadniku.

U suhim krškim područjima, kakav je sredozemni krš, rast i razvoj sadnice u šumskoj kulturi najviše ovisi o nedostatku vode, stupnju degradacije tla i određenim antropološkim utjecajima (Chirino 2009). Sredozemna degradirana staništa predstavljaju vrlo nepovoljne uvjete za prirodnu regeneraciju i pošumljavanje. Izostanak oborina nakon sadnje, neprimjerena kvaliteta sadnica i nepovoljne vodno-fizikalne i kemijske karakteristike tla često utječu na uspjeh obnove i pošumljavanja. Stoga je prijeko potrebno unaprijediti tehnologiju biološke melioracije degradiranih staništa, počevši od tehnologičkih procesa u rasadniku sve do tehnike rada na terenu, kako bi se smanjio stres nakon sadnje.

U novije vrijeme, razvojem znanosti i tehnologije, nova tehnološka rješenja daju široku mogućnost proizvodnje kvalitetnog sadnog materijala s obloženim korijenovim sustavom (kontejnerske sadnice). Upravo takve mogućnosti zahtijevaju od znanosti i struke, koristeći vlastita saznanja i svjetska dostignuća, da na području sredozemnog krša R. Hrvatske usvoji najpovoljnije rješenje za proizvodnju kvalitetnog i ekonomski prihvatljivog sadnog materijala.

Jedna od vrlo bitnih stavki tehnologiskog procesa u rasadniku, svakako je izbor vrste i veličine kontejnera za uzgoj kvalitetnih sadnica koje bi trebale biti pripremljene na surove uvjete sredozemnog krša. Varijable kontejnera, kao što je volumen, odnosno njegov promjer i dubina (visina), utječe na fiziologiju i morfologiju sadnica u rasadniku, a kasnije i na njihov daljni razvoj u šumskoj kulturi. Stoga je vrlo važno odrediti kakvi kontejneri, odnosno koje dimenzije kontejnera pozitivno utječe na morfološke elemente sadnica najznačajnijih sredozemnih vrsta u rasadniku, u smislu boljih morfoloških značajki sa što manjom deformacijom korijenovog sustava, prouzročenom, uglavnom, ograničenim volumenom kontejnera, a zatim utvrditi kakav utjecaj imaju ti isti kontejneri kasnije na biljku, u smislu njenog dalnjeg rasta i razvoja u šumskoj kulturi.

Pripremom tla, pogotovo mehaničkom (riperanjem), popravljamo strukturu, vodno fizikalne i kemijske karakteristike tla. Stoga, vrlo je važno utvrditi u kojoj mjeri mehanička priprema tla, samostalno i u kombinaciji s veličinom kontejnera, utječe na preživljenje i razvoj biljaka nakon njihova presađivanja iz rasadnika na teren.

U R. Hrvatskoj do sada nisu provedena sustavna istraživanja utjecaja tipa (veličine) kontejnera na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica tipičnih sredozemnih vrsta drveća te utjecaja tipa kontejnera i pripreme tla na uspjeh pošumljavanja najznačajnijih vrsta drveća na sredozemnom krškom području. Obzirom na veoma slabu istraženost ove problematike i važnost koju ona ima sa znanstvenog i gospodarskog stajališta, u ovoj disertaciji je istraživan utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj pet najznačajnijih sredozemnih vrsta drveća (Alepski bor – *Pinus halepensis* Mill., Primorski bor – *Pinus pinaster* Aiton, Pinija – *Pinus pinea* L., Obični čempres piramidalnog varijeteta – *Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann i Hrast crnika – *Quercus ilex* L.) u rasadniku i šumskoj kulturi, pri različitim metodama pripreme tla. Istraživanja su obavljena u rasadnicima poduzeća Hrvatske šume d.o.o., podružnica Uprava šuma Split i na pokusnom objektu "Jamina" na području Šumarije

Šibenik. Cilj istraživanja je utvrditi koji od istraživanih kontejnera, koji se već nekoliko godina primjenjuju u redovitoj šumskoj proizvodnji, imaju najbolji učinak na razvoj sadnica, naprijed navedenih vrsta drveća, u rasadniku i na pokusnoj plohi, posađenih na riperanoj površini i u iskopanim jamama.

Disertacija je izrađena uz suglasnost izv. prof. dr. sc. Milana Oršanića sa Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i dr. sc. Vlade Topića sa Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu. Sastavni je dio znanstveno-istraživačkog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH "Izbor vrsta i metoda pri pošumljavanju mediteranskog krškog područja" (Voditelj: dr. sc. Vlado Topić) kojeg su sufinancirale i Hrvatske šume d.o.o. Zagreb.

2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA S PREGLEDOM LITERATURE

2.1. Pošumljavanje sredozemnog krškog područja R. Hrvatske kroz pregled dosadašnjih istraživanja

Pošumljavanje je umjetno podizanje šuma sjetvom sjemena ili sadnjom sadnica na površinama koje su duži niz godina bez šume (Matić i Prpić, 1983.).

Pitanje sredozemnog krša i njegova pošumljavanja zaokupljalo je od davnih vremena šumarske stručnjake. Njihova aktivnost je vidljiva u bogatoj bibliografiji, izrađenim studijama te organiziranim savjetovanjima na kojima se raspravljalo o osnovnim problemima pošumljavanja krša, tj. melioraciji krša uopće.

Prvi objavljeni radovi o pošumljavanju krša R. Hrvatske nalaze se već sredinom 19. stoljeća. "Bericht Uber die bedigungen der Aufforstung und Cultivirung des kroatisches Karstgebiet" (Izvještaj o uvjetima pošumljavanja i kultiviranja hrvatskog krškog područja) je naslov rada Lorenca izdanog u Beču 1860. godine (Topić, 1988.). Prvi je prirodoslovac koji je izradio studiju biljnogeografskih, geoloških, pedoloških i klimatskih uvjeta Hrvatskoga primorja. Podijelio je krško područje od Rijeke do Novog Vinodolskoga u tri vegetacijske zone i za svaku odredio vrste drveća kojima bi se trebalo pošumljavati.

Nakon Lorenca, 1866. godine B. Šulek u svojoj knjizi "Korist i gojenje šuma" posvećuje veliko poglavlje pošumljavanju krša, u kojem navodi zaključak sa skupštine austrijskog šumarskog društva: "*Pošumljavanje sadnicama biljaka je brže, pouzdanije i jeftinije nego sjetvom sjemena; površine gdje nema dobre zemlje, niti je zemlja obrasla travom, da se pošumljavaju biljkama crnoga bora, a da se površine obrasle travom i s dosta zemlje pošumljavaju listopadnim drvećem uz primjesu crnoga bora; za ispašu treba ostaviti potrebno prostranstvo, a ostale površine zabraniti i pošumiti; vlasnike zemlje, koji sami pošume svoje goleti, treba oslobođiti od plaćanja poreza za pošumljene površine*". Šulek je jedan od prvih autora šumarskih priručnika izrađenih po stranoj literaturi (Topić, 1988.).

U prvom broju "Šumarskoga lista" iz 1877. godine nalazi se članak nepoznatog autora, koji piše o plutastom hrastu i njegovim svojstvima za "zaplođivanje krasa".

Knjiga J. Wesselya "Das Karstgebiet Militäerkroatiens un seine Rettung, dann die Karstfrage überhaupt", čiji naslov u prijevodu glasi: "Krš Hrvatske krajine i kako da se spasi, za tiem kraško pitanje uploške" iz 1876. godine je jedan od najvećih i najvrijednijih radova

koji kompleksno obuhvaća problematiku melioracije krša. Wessely u svojoj knjizi daje tehnička upustva za pošumljavanje i nabrja vrste drveća koje bi trebalo koristiti za pošumljavanje. Pošumljavanje sjetvom u svom radu odbacuje, uz obrazloženje da mlade biljke, ako i niknu, propadnu, jer ne ojačaju do nastupa ljetne suše. Također autor navodi da biljke za sadnju trebaju biti jedre, a ne visoke i tanke. Borove treba saditi kao dvogodišnje sadnice, a listopadne vrste kao jednogodišnje, da bi se smanjili troškovi kopanja rupa. Isti autor preporuča da se upotrebljavaju samo sjeme ili sadnice autohtonih vrsta (Topić, 1988.).

Ćelija (1879.) piše o pošumljavanju Grobničkoga polja, a Ettinger (1897.) govori o uspjehu pošumljavanja Grobničkoga polja i daje preporuke za bolji uspjeh.

Nanicini (1881.) predlaže slanje naših šumarskih stručnjaka u Francusku kako bi тамо stekli iskustva o pošumljavanju krša.

Guttenberg (1881.) ističe pašu kao osnovni problem kod melioracije krša, te inzistira na zakonu po kojem bi se znalo čija je dužnost pošumiti krš.

Crnković (1882.) piše o šumarstvu Istre prebacujući krivnju za devastaciju šuma toga područja na domaće stanovništvo, suprotno dotadašnjim pisanjima koja odgovornost pripisuju isključivo Mlečanima. Nadalje, autor dijeli Istru i Dalmaciju u tri pojasa i za svaki preporuča vrste drveća za pošumljavanje.

Radovi koji su propagirali pošumljavanje i donosili izvještaje o pošumljavanju i stanju ljudstva u šumarstvu Dalmacije, uređenju bujica, pitanju problema koza i td., izlazili su u više brojeva "Šumarskog lista" (1882., 1883., 1884., 1885., 1886., 1888., 1904., 1907. i 1912. godine) (Topić, 1988.).

Pregledni članak: "Melioracija krša i ostalih devastiranih terena", u kojem su navedena bitna znanstvena djela koja su izašla u "Šumarskom listu", a tiču se problema pošumljavanja krša, napisao je Matić (1976.) i dio je knjige "Povijest šumarstva Hrvatske 1846.-1976. kroz stranice Šumarskog lista".

Malbohan (1885.) piše o šumsko-uzgojnim radovima potrebnim za ozelenjavanje krša, te o sadnji dvogodišnjih četinjača i jednogodišnjih listača. Isti autor (1892.) donosi pregršt uputstava za pošumljavanje krša.

Nakon osnivanja posebnog nadzorništva za pošumljavanje krša u Senju 1878. godine, u "Šumarskom listu" se tiskaju godišnji izvještaji o radu i aktivnosti toga nadzorništva, primjerice 1896. i 1897. godine (Topić, 1988.).

Rad koji obrađuje problematiku pošumljavanja krša autora F. Holla: "Pošumljenje krša" iz 1901. godine spada među obimnije radeve tog doba. U radu su opisane geološke, klimatske, orografske i hidrografske prilike krša te načini pošumljavanja. Prema autoru, u to se vrijeme slabo pošumljavalo sjetvom sjemena zbog toga što mlade biljke ne podnose duge ljetne suše, dok prepruča sjetvu jedino u južnim toplijim predjelima na zaštićenim položajima, i to samo pinijom i alepskim borom. Od listača se, prema istome, mogu donekle uspješno sijati vrste krupnog sjemena kao što su hrast, orah, kesten (Topić, 1988.).

B. Kosović je u "Šumarskom listu (1909.) objavio rad pod naslovom "Pošumljenje krša" u kojem ističe vrlo slab uspjeh pošumljavanja listopadnim vrstama. Autor preporuča slijediti primjer slovenskih šumarskih stručnjaka, koji najprije podignu šumu vajmutovca (*Pinus strobus* L.) i dalmatinskog crnog bora (*Pinus nigra* Arnold ssp. *dalmatica* (Vis.) Franco), radi zaštite od jakih vjetrova i ostalih krških klimatskih nepogoda, a uz to iglicama popravljuju tlo. Autor piše i o slabom uspjehu pošumljavanja sjetvom sjemena na degradiranim površinama. Ako se već mora pošumljavati sjetvom sjemena, Kosović preporuča Miroševićevu metodu, kojom se uz kamen ili grm baci po zemlji nekoliko sjemenki, koje se pokriju suhim lišćem i travom te se poklope grančicom koju zatim pritisnemo kamenom, a sve u svrhu održavanja vlage i zaštite od ptica. Isti autor (1910.) piše o postanku krša, izgledu i plodnosti pojedinih geoloških slojeva, te mogućnostima njihova pošumljavanja.

O potrebi donošenja zakona o pošumljavanju vrlo temeljito i detaljno piše Petrović (1910.). U radu iznosi glavna načela na kojima bi se taj zakon temeljio. Autor piše i kako je, nakon borovih kultura, potrebno podizati trajnu autohtonu vegetaciju budući tek tada možemo govoriti o završenom pošumljavanju krša.

J. Balen napisao je mnogo radeva na temu pošumljavanja krša u razdoblju od 1921.-1931. godine. Jedan od njegovih najznačajnijih radeva svakako je knjiga "Naš goli krš" iz 1931. godine. U ovoj knjizi je obradio ekološke prilike krša, tehniku pošumljavanja te brojna pitanja vezana za pošumljavanje. U knjizi je istaknuo važnije zakonske odredbe te postavio zadatke znanstvenog šumarskog rada na kršu, uz povijesne napomene.

O pošumljavanju krša u Dalmaciji piše i Oraš (1939., 1940.), poglavito o organizaciji posla oko pošumljavanja, opisujući tehniku sadnje i sjetve.

Beltram (1935.) govori o stvaranju krša, mjerama za spas postojećih šikara i pošumljavanju primorskog krša. Beltram (1946.) tvrdi da je problem krša kompleksan te da,

osim problema pošumljavanja, tu postoje i problemi kadrova, agrarne reforme, kolonizacije, brsta koza i td.

Veseli (1935.) piše o osnovnim ekološkim prilikama na kršu i njegovom pošumljavanju. Između ostalog, piše i o rasadnicima, transportu biljaka pri pošumljavanju i vremenu izvođenja sadnje na kršu.

Krpan (1946.) piše o osnovnim geološkim karakteristikama krša, glavnim tipovima tala na kršu, uzrocima degradacije šuma na kršu i o iskustvima oko pošumljavanja krša.

Autor koji se mnogo bavio problemom pošumljavanja krša je i Horvat (1951., 1954., 1958., 1961., 1964. i 1965.). On je u radu iz 1961. godine zaključio kako je dubina jama za sadnju na kršu od 40 cm sasvim dovoljna, ako se biljke u rasadniku obilno zalijevaju. Uz Horvata se pitanjem pošumljavanja krša bavio i Vrdoljak (1952., 1954., 1955., 1957. i 1967.).

Giperborejski (1952.) opisuje vrste koje dolaze u obzir za pošumljavanje sredozemnog krša.

Izborom vrsta koje dolaze u obzir pri pošumljavanju submediteranskog krškog područja, u svojoj doktorskoj disertaciji, bavio se Topić (1988.).

Marinković je (1956.) pisao o problematici pošumljavanja sadnicama alepskog bora i čempresa.

Simunović (1957.) opisuje pošumljavanje i tehniku obrade tla na terase, izbor vrsta za pošumljavanje, vrijeme i tehniku sadnje, uz analizu troškova pošumljavanja na ovaj način.

Piškorić (1961.) piše vrlo zanimljiv rad: "Splitski normativi za radove pošumljavanja u kršu" u kojem, između ostalog, donosi i kategorizaciju terena na kršu. Isti autor (1979.) piše o suvremenoj tehnici pošumljavanja krša. Opisuje pripremu terena, sadnju biljaka, gustoću i prostorno razmještanje biljaka, zatim sjetvu sjemena i neuspjeh sjetve sjemena hrasta crnike i medunca. Autor preporuča sjetvu sjemena alepskoga i crnoga bora na požarištima.

Vidaković (1972.) smatra da su osnovni problemi pošumljavanja krša pronalaženje novih "hibrida" šumskog drveća koji će više biti prilagođeni krškom staništu te pronalaženje novih metoda uzgoja. U radu apelira na nas, šumarske stručnjake, da se borimo svim raspoloživim sredstvima kako bi našli rješenje za ozelenjavanje krša.

O značaju šumskih kultura u području krša pisao je Meštrović (1977.).

Jedan od najvažnijih istraživača koji se bavio problematikom pošumljavanja krša novijeg doba svakako je Ante Tomašević.

Tomašević (1977.) zaključuje da je flišna podloga bolja od vagnene, uspoređujući rezultate istraživanja uspijevanja kultura alepskog bora na tim dvjema podlogama unutar prirodnog areala.

Tomašević (1981.) donosi rezultate pokusne sadnje alepskoga i primorskoga bora golog korijena u polietilenskim tuljcima te (1983.) rezultate ljetne pokusne sadnje biljaka u submediteranskom području Hrvatske, gdje na osnovi broja preživjelih biljaka na kraju prve vegetacijske sezone pretpostavlja da je ljetna sadnja moguća na našem kršu, uz dobru pripremu tla i korištenje odgovarajućeg zdravog i vitalnog sadnog materijala proizvedenog u odgovarajućim kontejnerima. Tomašević (1986.) ističe kako teoretski i praktično nema nikakve zapreke da se najveći dio krških goleti privede šumskoj proizvodnji jer su tehnički i tehnološki problemi više manje riješeni. Jedina zapreka, po autoru, je društvo tj. njegova spremnost odvojiti sredstva za radove na pošumljavanju, a za dobrobit današnjih i budućih generacija. U tom radu autor je dao pregled i prve rezultate istraživanja pošumljavanja na kršu u razdoblju od 1975.-1985. godine. Isti autor (1993.) zaključuje kako je pinija vrsta pogodna za pošumljavanje krša, a na temelju istraživanja provedenih u okolini Zadra i na Rabu. Pinija se pokazala kao vrsta koja nimalo ne zaostaje za alepskim borom po pitanju preživljavanja. Tomašević nam (1995.) daje rezultate istraživanja uspjeha pošumljavanja na kršu, alepskim, primorskim i crnim borom, kod tri različite metode pripreme tla za pošumljavanje, gdje zaključuje kako je na sredozemnom krškom području moguće primjeniti teške strojeve za pripremu tla.

Hren i sur. (1984.) daju osvrt na pošumljavanje omladinskih radnih akcija, s prijedlozima za njihovo poboljšanje.

Matić (1976.a) obrađuje problematiku utjecaja borovih kultura na sukcesiju autohtone vegetacije u staništima hrasta crnike. Istimje da je pošumljavanje devastiranih terena hrasta crnike sa sjemenom i sadnicama borova te njega novoosnovanih kultura četinjača tek jedna faza u dogotrajanom i mukotrpnom poslu privođenja tih površina u prvobitno stanje, tj. u šumu hrasta crnike.

Matić i Prpić (1983.) nam obogaćuju šumarsku literaturu sada već legendarnom knjižicom-priručnikom: "Pošumljavanje", u kojem opisuju ulogu rasadnika pri pošumljavanju, proizvodnju sadnica, pripremne radove kod pošumljavanja (od odabira površina, izbora vrsta drveća, izbora načina pošumljavanja, vremena pošumljavanja, pripreme tla itd.), načine pošumljavanja te se posebno osvrću na pošumljavanje područja krša.

Matić (1986.) proučava šumske kulture alepskog bora i njihovu ulogu u šumarstvu Mediterana. Matić (1994.) daje prilog poznавању broja biljaka i količine sjemena za uspješno pomlađivanje i pošumljavanje. Između ostalog, autor određuje broj biljaka i količinu sjemena po hektaru koje treba saditi ili sijati, da bi se do bile kvalitetne sastojine za vrste drveća hrvatskog dijela Sredozemlja.

Matić i sur. (1997.) nam detaljno opisuju sve faze kod podizanja šuma na golome kršu.

Topić (1999.) piše o melioracijskim učincima šumskih kultura na kršu u odnosu na pedosferu, te ističe da su oni obilježeni kemijskim i fizikalnim promjenama u tlu. Rad je dio istraživanja u sklopu autorove doktorske disertacije.

Meštrović i sur. (2000.) govore o zaštiti sadnica pri pošumljavanju.

Matić, Anić i Oršanić (2000.) pišu o obnovi, podizanju i njezi šuma na kršu u današnjim ekološkim i gospodarskim prilikama. Autori ističu da se uloga šuma na kršu u temeljnim postavkama ne razlikuje od uloge šuma u kontinentalnom dijelu.

Prgin (2005.) ističe da je alepski bor prvorazredna vrsta za podizanje šuma na sredozemnom kršu. Tvrdi da se u sastojini alepskog bora, tijekom jedne ophodnje, bonitet tla povisi za jedan bonitetni razred.

Topić i sur. (2009.) iznose rezultate istraživanja utjecaja tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica običnoga čempresa u rasadniku i šumskoj kulturi. Istraživanjem je utvrđeno da su biljke u kontejnerima većeg obujma imale bolji rast u šumskoj kulturi te veći postotak preživljavanja.

Pošumljavanje je kompleksan proces koji pokriva različita područja djelovanja, kao što je izbor vrsta za pošumljavanje, uzgoj biljaka u rasadniku i priprema tla, pored ostalih. (Chirino i sur., 2008.).

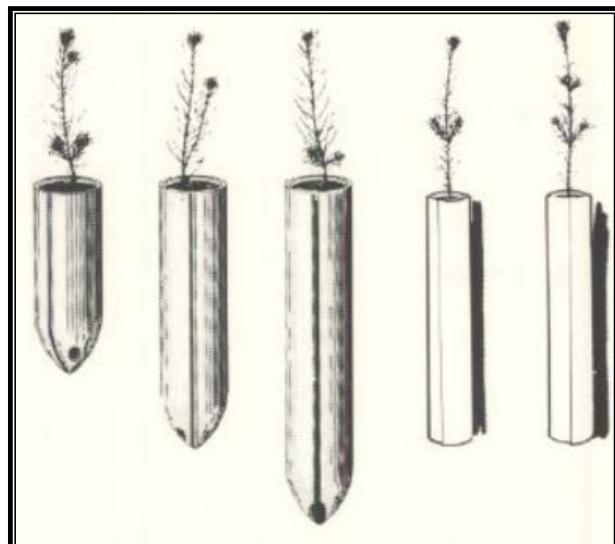
Pod pretpostavkom da smo vrstu drveća za pošumljavanje propisno izabrali, glavni čimbenici o kojima ovisi uspjeh pošumljavanja su uvjeti okoliša (staništa), priprema tla, kvaliteta sadnica (South, 2000.) i datum sadnje (Palacios i sur., 2009.). Tsakaldimi i sur. (2005.) te Cortina i sur. (2006.) navode kako je uspjeh pošumljavanja u mediteranskom području najčešće povezan sa godišnjom količinom oborina, tipom tla i kvalitetom sadnica.

U nastavku ovog poglavlja iznosi se povjesni prikaz razvoja proizvodnje kontejnerskih sadnica te literarni pregled dosadašnjih istraživanja o utjecaju tipa, odnosno dimenzija kontejnera na rast i razvoj šumskih sadnica.

2.2. Povijest razvoja proizvodnje kontejnerskih sadnica kroz literaturni pregled

Unatoč činjenici da su se ukrasne biljke proizvodile u kontejnerima još od početka civilizacije (Matkin i sur., 1957. u: Landis, 1990.), proizvodnja kontejnerskih sadnica šumskog drveća je relativno novija inovacija. Landis (1990.) navodi da je jedna od prvih uporaba kontejnerskih sadnica velikog razmjera u Sjevernoj Americi bila tijekom tridesetih godina dvadesetog stoljeća ("Great Plains Forestry Project"). Prvi je razvijen **tarpaper** pot sustav za proizvodnju jakih i otpornih sadnica za surove okolišne uvjete (Strachan, 1974. u: Landis, 1990.).

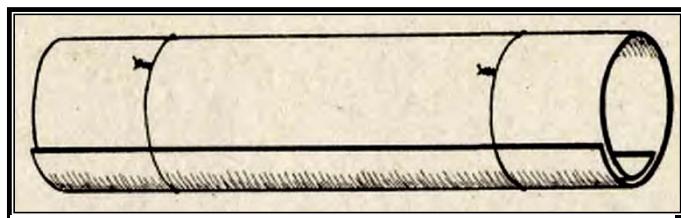
Proizvodnja kontejnerskih sadnica znatno je porasla u drugoj polovici dvadesetog stoljeća. Značajnije povećanje proizvodnje šumskih sadnica u kontejnerima datira negdje početkom šezdesetih godina dvadesetog stoljeća u Kanadi, pojavom "Waiter bullet" i "Ontario tube" (Slika 1) kontejnera (Hallet, 1986. u: Matić i sur., 1996.). Na temelju ovih dvaju prototipova ostali kontejneri su razvijeni i testirani u Kanadi i Sjedinjenim Američkim Državama tijekom 60-ih i 70-ih godina dvadesetog stoljeća, uključujući i neke koji su još uvijek popularni (Landis, 1990.).



Slika 1. Waiters bullet (lijevo) i Ontario tube (desno) (Izvor: Landis 1990; prema: Carlson 1983).

Nepoznati autor (1881.) u "Šumarskom listu" opisuje proizvodnju sadnica u zemljanim loncima i ističe dobre rezultate pri pošumljavanju s takvim sadnicama. To možemo označiti kao prvi pokušaj rasadničarske kontejnerske proizvodnje sadnica obložena korijena ili s busenom na ovim prostorima.

Jedlowski (1955.) opisuje, u kratkim crtama, uporabu krovne ljepenke (Slika 2) za izradu tuljaka, umjesto glinenih lončića i šupljih stabljika suncokreta, koji su se do tada upotrebljavali.



Slika 2. Krovna ljepenka uvijena u tuljak. (Izvor: Jedlowski 1955)

Jedlowski (1961.) objavljuje rad pod naslovom: "Tuljci od polietilena za uzgoj sadnica", u kojem govori o korištenju polietilenskih tuljaka za proizvodnju šumske sadnica. Polietilensi tuljci su se, kako navodi autor, u svijetu koristili puno prije nego na ovim prostorima (Jedlowski navodi rad alžirskog znanstvenika A. Monjauze iz 1956.: "L'enveloppe de polyethylene, vecteur des racines et instrument d'étude du développement radiculaire"), no znatan razvoj kemijske industrije u bivšoj SFRJ, posebice tvornica plastičnih masa, omogućio je proizvodnju tuljaka, samim tim i njihovu uporabu na ovim prostorima. Također, isti autor, navodi kako su se u rasadniku šumske pokusne stanice u Splitu koristili polietilenski tuljci od 1959. godine, za uzgoj nekoliko vrsta eukaliptusa, cedra, arizonskog čempresa, borova, koji su se pokazali vrlo podesnima.

Što se tiče razvoja proizvodnje sadnica u kontejnerskim sustavima u mediteranskim zemljama, prema pisanju Chirina i sur. (2009.), do 60-ih godina prošlog stoljeća u većini mediteranskih zemalja (Španjolska, južna Francuska, Italija itd.) tradicionalni sustav proizvodnje sadnica golog korijena zamijenila je proizvodnja sadnica u polietilenskim vrećicama, kako bi se reducirao šok nakon presađivanja na teren.

Postignut je vrlo veliki napredak ovom promjenom metodologije sadnje, u smislu preživljavanja biljaka na terenu (Peñuelas i Ocaña, 1996.). Međutim, tehnološka promjena nije bila vezana uz organizirana znanstvena istraživanja pa se rasadnicima upravljalo temeljem dotadašnjih iskustava (Chirino i sur., 2009.).

Učestalo su se događale bolesti biljnog materijala, nije bilo mehaniziranosti te nisu bili kontrolirani neki faktori bitni kod proizvodnje sadnog materijala, kao primjerice zalijevanje, gnojidba i dr. (Chirino i sur., 2009.).

Štoviše, prema pisanju Chirina i sur. (2009.), biljke proizvedene u polietilenskim vrećicama su pokazivale, kratkoročno i dugoročno, ozbiljne nedostatke glede smanjenog preživljjenja i rasta. Korijenje u razvoju imalo je tendenciju kovrčanja po unutrašnjoj površini vrećice, pogotovo po njenom dnu.

Kratkoročno, ove deformacije korijena su reducirale kapacitet prodiranja korijenovog sustava u dublje slojeve tla nakon presađivanja. Srednjeročno i dugoročno, deformacije mogu izazvati gušenje (strangulaciju) korijenovog sustava ili pak nestabilnost drveća (Kinghorn, 1974.).

Tek sredinom 80-ih godina prošlog stoljeća, implementacija novih tehnologija je promijenila dotadašnju rasadničku proizvodnju, koja se od tada bazira na kontroli same proizvodnje i mehanizaciji proizvodnih procesa. Kontrola proizvodnje se fokusirala na uporabu malih kontejnera dizajniranih za sprječavanje spiralnog rasta korijena, korištenje organskih supstrata velike prozračnosti i kapaciteta zadržavanja vode, vrijeme uzgoja, zasjenjivanje i ostale uzgojne faktore (Chirino i sur., 2009.).

2.3. Osnovni tipovi kontejnera

Kontejnerske sadnice šumskog drveća su tijekom godina uzgajane u mnogo različitih tipova kontejnera. Prema pisanju Landisa (1990.), samo 28 % kontejnera navedenih u članku iz 1979.: "How to grow seedlings in containers in greenhouses" autora Tinus & McDonald-a je još u uporabi. No, budući je taj podatak iz 1990. godine, vjeruje se da je taj postotak još manji zbog neprestanog rada na dizajniranju i testiranju novih tipova kontejnera, koji daju sve bolje rezultate te su kao takvi tržištu zanimljiviji.

Iako postoji nekoliko različitih sustava za podjelu i kategoriziranje kontejnera u uporabi, najpraktičniji je onaj koji dijeli kontejnere u dvije funkcionalne grupe (Tinus i McDonald, 1979.):

1. Kontejneri koji se sade zajedno sa sadnicom
2. Sadnica se prije sadnje vadi iz kontejnera, zajedno sa proraslim busenom supstrata. Kontejneri se vraćaju ponovno u poizvodnju ili se bacaju, ovisno o tipu kontejnera.

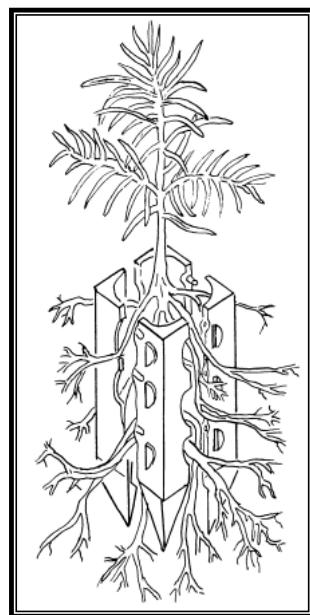
Kontejneri koji se sade zajedno sa sadnicom

Prema pisanju Landisa (1990.), razvijena su dva tipa ovakvog sustava:

Kontejneri prvog tipa su bili izrađeni od biorazgradivog materijala, kao što je ukalupljeni treset ilidrvna vlakna, koji se raspadne nakon presađivanja. Sjeme je sijano na vrhu, a korijenje sadnice bi prodrijelo kroz kontejner. Najveći problem kod biorazgradivih kontejnera je manjak čvrstih stijenki sa antispiralnim značajkama, tako da su korjenčići rasli nasumce, često i u susjedne kontejnere. Zbog tih nedostataka takva vrsta kontejnera se više ne rabi u rasadnicima. Barnett i Brissette (1986.) navode uspjeh proizvodnje sadnica borova sa "KysTree-Start" biorazgradivim kontejnerima. Landis (1990.) zaključuje kako su biorazgradivi kontejneri korisni samo ako se sadnice uzgajaju u nekom kraćem periodu, dok korijen ne postane preekspanzivan.

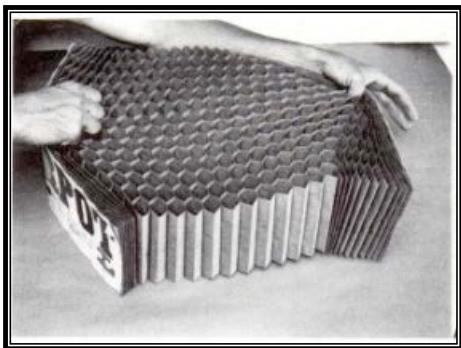
Drugi tip biorazgradivih kontejnera se sastoji od oplate od tvrde plastike, plastične mrežice ili specijalno obrađenog papira koji se puni supstratom, u koji se sije sjeme za proizvodnju sadnica u normalnim rasadničkim uvjetima. Tada se sadnica presađuje na teren zajedno s kontejnerom, koji bi se u zemlji, teoretski, trebao raširiti, razgraditi i omogućiti korijenju da se nesmetano razvija u okolnom tlu. Kontejneri od tvrde plastike, koji su bili dizajnirani da se rašire pod pritiskom korijenovog sustava, kao npr. Waiters Bullet (Slika 3) i

Ontario tube, su imali prvobitni uspjeh (Waiters, 1974., Reese, 1974. u: Landis, 1990.), ali je bilo problema sa nestalnim probijanjim korijena kroz njih i nekoliko slučajeva gušenja (strangulacije) korijena (Barnett i McGilvray, 1981., Van Eerden, 1982. u: Landis, 1990.). Sadnice drveća su također s uspjehom uzgajane u kontejnerima od plastične mrežice, ali ograničenost korijenovog sustava bila je vidljiva i nakon presadnje (Barnett i McGilvray 1981., Budy i Miller, 1984. u: Landis, 1990.). Zbog nepravilnog oblika korijena te njegova slabog razvoja nakon presađivanja, opao je interes za uporabu razgradivih kontejnera od tvrde plastike i plastične mrežice.

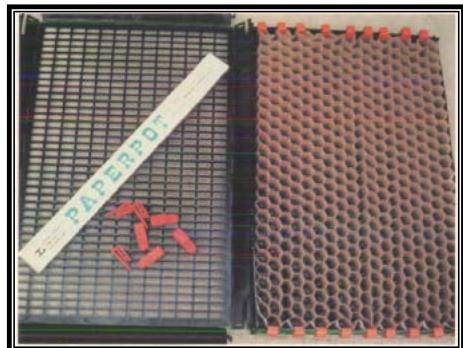


Slika 3. Waiters bullet (kvadratni) prilikom uzdužnog pucanja uslijed sile rasta korijena (Izvor: Tinus 1979.; prema: Waiters 1974.)

Jedan od najuspješnijih kontejnera koji se sadi zajedno sa sadnicom i koji je još u uporabi je paperpot kontejner. Paperpot je unešen u istočnu Kanadu 70-ih godina dvadesetog stoljeća kako bi zamijenio dotadašnji Ontario tube. Paperpot kontejneri su bez dna, u obliku heksagona i međusobno su spojeni poput pčelinjeg saća. Izrađeni su od specijalnog papira, koji je mješavina lako razgradivog papira i vlakana otpornih na razgradnju, i bili su dostupni u tri nivoa otpornosti prema vremenskoj dužini trajanja: B - 4 do 6 tjedana, V – 7 do 9 tjedana i F – 3 do 12 mjeseci. Svaki individualni paperpot je zalipljen sa vodootpornim ljepilom tako da tvori formu heksagona. Ljepilo se tijekom vremena u rasadniku lagano razgrađuje tako da se svaki individualni paperpot može odvojiti netom prije sadnje na terenu (Slika 4 i 5).



Slika 4. Paperpot kontejneri zasjepljeni u heksagon (Izvor: Landis 1990.).



Slika 5. Paperpot kontejneri (Izvor: Landis 1990.).

Glavni nedostatak paperpot kontejnera je slaba kontrola oblika korijenovog sustava. Spiralni rast i rast korijena u susjedne ćelije su česta i nepoželjna pojava kod ovih kontejnera (Barnett i McGilvray, 1981., u: Landis, 1990.). Barteaux i Kreiberg (1982. u: Landis, 1990.) prikazuju kako su pak ti problemi minimalni i kako istraživanja u kulturama pokazuju bolje oblike korijenovog sustava nego kod kultura osnovanih sadnicama golog korijena.

Prema pisanju Landisa (1990.), razvijena su nova dva sustava paperpot kontejnera: PS paperpot, koji je načinjen od vrlo tanke plastike koja sadrži bakrenu vrpcu, kako bi se eliminiralo zakorjenjivanje između kontejnera te Ecopot, koji je također nova modifikacija klasičnog paperpot sustava te sadrži paralelne plastične trake između individualnih ćelija. Ovaj dodatak umanjuje rast korijena među susjednim ćelijama i proizvodi sadnice s grudom supstrata koje se mogu izvaditi iz kontejnera (Sims, 1988. u: Landis, 1990.).

Najviše istraživanja paperpot sustava vršeno je u Kanadi budući je tamo imao najveću primjenu. Između ostalih, jedan od najznačajnijih radova je onaj Barteaux-a i Kreiberga iz 1982. (u: Landis, 1990.), u kojem u desetgodišnjem periodu uspoređuju paperpot sustave sa ostalim tipovima kontejnera zaključujući kako su paperpot kontejneri najjeftiniji te laki za rukovanje. Nadalje Barnett i Gilvray, 1981. god. (u: Landis, 1990.), testirajući japanske paperpot sustave, zaključuju kako se papir takvog paperpota veoma teško razgrađuje te time ne dopušta korijenu izlazak u tlo, što rezultira vrlo slabim preživljnjem na terenu. Barnett i Brisette, 1986. (Landis, 1990.) testiraju zatim finski paperpot, koji u usporedbi s japanskim, dopušta vrlo brzi izlazak korijena van u tlo. Budy i Miller, 1984. (u: Landis, 1990.) otkrivaju vrlo malo preživljjenje i rast sadnica *Pinus jeffrey* Balf. u šumskoj kulturi iz japanskih papepotova. Dirmarsen i Alm, 1979. (u: Landis, 1990.) sade *Pinus banksiana* Lamb. i *Pinus resinosa* Sol. iz japanskih paperpotova te zaključuju kako korijenov sustav nije probio lončić ni nakon četiri sezone uzgajanja jer se paperpot nije razgradio.

Paperpot je tijekom godina doživio razne modifikacije u smislu povećanja dimenzija (promjera, visine-dubine, odnosno volumena) tako da i danas pronalazimo autore koji u svojim istraživanjima koriste paperpot kontejnere, pa čak i i u istraživanjima sa vrstama koje imaju žilu srčanicu (*Quercus ilex* L. i slični).

Kontejneri koji se odvajaju od sadnice prilikom sadnje

Kontejneri za proizvodnju sadnica koje se vade van prije sadnje (sadnice s grudom supstrata - busenom) su, prema pisanju Landisa (1990.), najpopularniji u SAD-u i Kanadi budući čak 91 % ukupne proizvodnje sadnica u šumarskim rasadnicima tih zemalja otpada na takav tip proizvodnje. Termin sadnice s grudom supstrata (busenom) posljedica je činjenice da njihovo korijenje veže supstrat u kojem raste u jednu čvrstu masu ili grudu (busen) (Landis, 1990.).

Kontejneri za proizvodnju sadnica sa grudom supstrata moraju imati dvije karakteristike (Tinus i McDonald, 1979.):

1. Zidovi (stijenke) kontejnera moraju biti relativno glatki, tako da se sadnice mogu bez problema izvaditi iz kontejnera.
2. Šupljina kontejnera mora biti konusnog oblika (blago zašiljena) od vrha prema dnu, tako da se sadnica može lagano izvaditi s vrha.

Landis (1990.) radi podjelu kontejnera koji se odvajaju od sadnice prilikom sadnje na:

1. Individualne ćelije u pliticama (Slika 6)
2. Kontejneri u obliku knjige i rukava (Slika 7)
3. Blok kontejneri (Slika 8)
4. Minijaturni kontejneri (Slika 9)

Obje funkcionalne grupe kontejnera imaju svojih prednosti i nedostataka. Ipak se može zaključiti kako se više koriste kontejneri kod kojih se sadnica prije sadnje vadi iz kontejnera (Landis, 1990.). Prema istom autoru, prednosti i nedostaci kontejnera kod kojih se biljka prije sadnje vadi iz kontejnera bili bi slijedeći:

Prednosti:

1. U rasadniku je lako spriječiti korijen sadnica da proraste iz jedne ćelije u drugu.
2. Kontejneri se vraćaju, što umanjuje cijenu koštanja sadnice.
3. Mnogi kontejneri od tvrde plastike imaju vertikalna rebra ili brazdice, što sprječava bočno korijenje da raste spiralno oko središnje osi, pa čak i ako se vremenski duže uzgaja.
4. Kod sadnje, biljka izvađena iz kontejnera nema nikakvu prepreku da nastavi s rastom.

Nedostaci:

1. Sadnicu vadimo iz kontejnera, što može dovesti do oštećenja korijenovog sustava.
2. Čišćenje i sterilizacija pri povratu kontejnera poskupljuje proizvodnju.



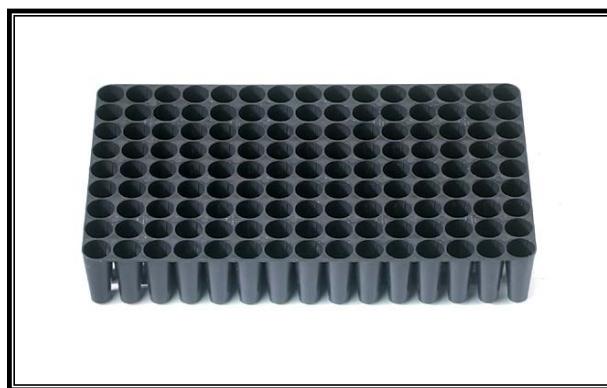
Slika 6. Ray Leach sustav individualnih ćelija različitih boja i veličina
(Izvor: <http://stuewe.com>).



Slika 7. Roottrainer kontejner u obliku knjige sa pripadajućim držačem (Izvor: <http://stuewe.com>).



Slika 8. Multipot-blok kontejner (Hiko-BCC) (Izvor: <http://stuewe.com>).



Slika 9. Minijaturni kontejnери (Izvor: <http://stuewe.com>).

2.4. Utjecaj kontejnera na kvalitetu sadnice i uspjeh pošumljavanja

Burdett (1990.) navodi da osnutak šumskih kultura sadnicama prvenstveno ovisi o morfološkim i fiziološkim svojstvima sadnica i stanišnim uvjetima.

Na morfološka i fiziološka svojstva sadnica, svakako, možemo utjecati i pravilnim izborom kontejnera. Kontejner je uvršten među glavne čimbenike koji uvjetuju proizvodnju zdravih i kvalitetnih šumskih sadnica (Chirino i sur., 2008.).

Glavni preduvjet opstanka sadnice na nepovoljnem, degradiranom staništu jest njeno zdravlje i kvaliteta (Mattsson, 1997.).

2.4.1. Kvaliteta sadnice

Kvaliteta sadnice može biti definirana kao njena sposobnost da preživi i raste nakon presadnje u specifičnim stanišnim uvjetima (Ritchie, 1984., Wilson i Jacobs, 2006). Ritchie (1984.) čini usporedbu između kvalitete sadnice i ljudskog zdravlja tvrdeći: "*Ne postoji nijedan pokazatelj ljudskog zdravlja, pa prema tome ne postoji ni mjerilo kvalitete sadnice*".

Mattsson (1997.) navodi kako je definicija kvalitete sadnice "*fitness for purpose*" Lavendera i sur., iznesena na IUFRO-voj radionici 1980. godine: "Ocenjivanje kvalitete sadnog materijala", još uvijek prilično precizna.

Prema Mattsson-u (1997.) kvalitetna sadnica je ona koja udovoljava željenom nivou rasta i preživljivanja nakon presadnje i to po dostupnoj cijeni (Davis i Jacobs, 2005.).

Kvaliteta sadnice je izravno određena genetskim sastavom, i pod utjecajem je rukovanja, načina sadnje i postupcima skladištenja (Davis i Jacobs, 2005.).

Burdett (1990.) kaže da preživljavanje i sposobnost rasta ovisi o gospodarenju biljke ugljikom, vodom i hranjivim tvarima, koji su u konačnici određeni struktrom i fiziološkim svojstvima biljke.

Villar – Salvador i sur. (2009.) pišu kako su funkcionalna svojstva biljke određena genetički, ali su također fenotipski promjenjiva i mogu varirati ovisno o dostupnosti resursa i životnim prilikama u kojima biljka živi.

O važnosti kvalitete sadnica za pošumljavanje i njihove ocjene pisano je u mnogo znanstvenih radova koji su prikazani u nekoliko preglednih članaka (Sutton, 1979., Chavasse, 1980., Schmidt – Vogt, 1981., Ritchie, 1984., Duryea, 1985., Omi, 1991., Mohammed, 1996.,

Mattson, 1997., Wilson i Jacobs, 2006.). Sva istraživanja vezana za ocjenu kvalitete sadnica napravljena su u svrhu procjene ponašanja sadnica nakon presađivanja na teren (misli se na rast i preživljavanje). Nažalost, većina tih istraživanja pokriva vrste drveća sjevernih hladnijih i vlažnijih staništa, dok je vrlo malo literature koja obrađuje vrste područja Sredozemlja. Također, sva ta istraživanja se bave kvalitetom nadzemnog dijela sadnica, dok je kvaliteta korijena obuhvaćena manjim obimom istraživanja.

Glavni cilj istraživanja kvalitete sadnica je odrediti koje i kakve strukturne i fiziološke značajke mora ostvariti biljka da bi preživjela i rasla na specifičnim stanišnim uvjetima te kako te funkcionalne značajke možemo postići tijekom uzgoja u rasadniku.

Prema tome, kvaliteta biljke bi trebala biti prilagođena karakteristikama staništa na kojem će se saditi (Rose i sur., 1990.).

Villar - Salvador i sur. (2009.) kažu kako je kvalitetu biljke moguće utvrditi mijereći nekoliko morfoloških i fizioloških svojstava (materijalna svojstva) te ispitujući rezultate djelovanja nakon što ih podvrgnemo specifičnim stanišnim uvjetima (svojstva djelovanja u šumskoj kulturi).

Morfološka svojstva kvalitete biljaka sadrže niz svojstava koja ocjenjuju strukturu, boju i izgled biljke (Villar – Salvador i sur., 2009.). Prema Villar - Salvador-u i sur. (2009.), morfološka svojstva mogu biti kvalitativna ili kvantitativna i kod većine njih mogu biti ocjenjena jednostavnim izmjerama.

Za potrebe analiziranja kvalitete sadnica određene vrste drveća s obzirom na tip, odnosno dimenzije kontejnera, u disertaciji će biti korištene samo izmjere kvantitativnih morfoloških parametara kako nadzemnog dijela, tako i korijenovog sustava (podzemnog dijela).

2.4.2. Kvantitativna morfološka svojstva šumskih sadnica

Kvantitativna morfološka svojstva se ocjenjuju izmjerom veličine stabljike i korijena. Kvantitativna svojstva se koriste za ocjenu kvalitete sadnica, kako u znanstvenim istraživanjima, tako i u operativnom dijelu (u komercijalnim rasadnicima).

2.4.2.1. Nadzemni dio sadnice

Promjer vrata korijena, visina stabljike, biomasa stabljike i biomasa korijena su najčešće mjereni kvantitativni morfološki elementi. Iz tih mjeranja razvijeni su mnogi indeksi (pokazatelji). Najčešći među njima su:

- *vitkost sadnice* (shoot slenderness), koji se dobije kao omjer: visina stabljike / promjer vrata korijena (Thompson, 1986.);

- *Dicksonov kvalitativni index* (DQI) (Thompson, 1986.) ocjenjuje kombinacije morfoloških elemenata koji su međusobno u zamršenim odnosima (visina, promjer i biomasa), opisuje zdravstveno stanje biljke te predviđa ponašanje biljaka na terenu. Prvi ga je uporabio Dickson 1960. godine na kanadskoj smreki (*Picea glauca* (Moench) Voss) i borovcu (*Pinus strobus* L.);

- *omjer nadzemnog i podzemnog dijela sadnice* (shoot / root ratio) koji je zamjena za balans transpiracijskog potencijala i unosa vode u biljku (Ritchie, 1984., Thompson, 1986.).

Zbog jednostavnosti izmjere, visina stabljike i promjer vrata korijena su najčešći morfološki atributi koji se koriste za procjenu kvalitete sadnica, a time i za procjenu rasta i preživljavanja sadnice u šumskoj kulturi.

Thompson (1986.), te Mexal i Landis (1990.) pišu kako je, za razliku od visine, promjer vrata korijena generalno bolje prihvaćen kao pokazatelj razvoja i preživljavanja biljaka na terenu.

Bez obzira na to, na što su ukazali Chavasse (1977.), Thompson i Schultz (1995.), Jacobs i sur. (2005.), visina sadnice i promjer vrata korijena samostalno ne koreliraju u svim slučajevima sa performansama na terenu.

Villar - Salvador i sur. (2009.) pišu kako su mnoge zemlje propisale standarde za visine stabljike i promjer vrata korijena (Tablica 1) te pri tom daju primjer za prihvatljivu kvalitetu sadnica za sadnju vrste *Quercus ilex* L. u mediteranskim zemljama. Prema prijedlozima navedenih autora, visina stabljike prihvatljive sadnice spremne za sadnju mora se kretati između 8 i 30 cm, a minimalni promjer korijenovog vrata mora biti 2 mm.

Tablica 1. Predloženi standardi za visinu stabljike, promjer, vitkost i nadzemni/podzemni odnos kod jednogodišnjih kontejnerskih sadnica za četiri najčešće mediteranske vrste drveća. Vrijednosti u zagradama su standardi donešeni od strane EU. Prilagođeno (Izvor: Villar-Salvador i sur., 2009., preuzeto od Navarro i sur., 2006.).

	Visina stabljike (cm)	promjer vrata korijena (mm)	Vitkost sadnice (cm/mm)	nadzemni/podzemni odnos (g/g)
<i>Pinus halepensis</i>	15-30	3-4	nije definirano	nije definirano
	(10-25)	(>2)	(5-7)	(1,5-2,0)
<i>Pinus pinea</i>	20-30	3,5-4,5	nije definirano	nije definirano
	(10-30)	(>3)	(5-7)	(2,0-2,5)
<i>Quercus ilex</i>	20-30	4-5	nije definirano	nije definirano
	(8-30)	(>2)	(4-7)	(0,6-1)
<i>Olea europaea</i> var. <i>Sylvestris</i>	30-50	4-5	7-12	2-4

Određene studije, u kojima su korištene vrste drveća prilagođene hladnijim i vlažnijim uvjetima, pokazale su kako je veličina biljke vrlo dobar pokazatelj kapaciteta rasta i razvoja nakon sadnje, koji se često povećava sukladno veličini stabljike i korijena.

Thompson (1986.) naglašava da se sa sušnjim staništem smanjuje potrebna optimalna visina biljčica koje trebaju preživjeti u takvim uvjetima. To potvrđuju i istraživanja više autora: Larsen i sur. (1986.), Tuttle i sur. (1987.), Wilder - Ayers i Tolliver (1987.) kod teda bora (*Pinus taeda* L.) na području jugoistočnog dijela SAD-a.

Što se tiče španjolskih šumara, koji, kako pišu Royo i sur. (1997.), a prema Villar - Salvadoru i sur. (2009.), tradicionalno preferiraju biljčice sa malim stabljikama i relativno niskim omjerom nadzemnog / podzemnog dijela, smatrajući da manje sadnice u odnosu na veće koriste manje vode, što je jako bitno u sušnim područjima kakav je Mediteran. Što se tiče takve pretpostavke, za vrste koje su prisutne u Sredozemlju, pronađen je samo jedan članak koji podupire tezu o boljem rastu i preživljavanju sadnica s manjom visinom i promjerom. Radi se o tršljji (*Pistacia lentiscus* L.), autora Trubata i sur. (2003.).

Suprotno tome, drugi autori su opažanjem ustanovili bolji rast i postotak preživljjenja biljčica u šumskoj kulturi kod većih sadnica. Tu možemo ubrojiti istraživanja slijedećih autora: Oilet i sur. (1997.) kod sadnica alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.), Luis i sur. (2003.) kod sadnica kanarskog bora (*Pinus canariensis* C. Sm.), Puértolas i sur. (2003.) kod alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.), Villar - Salvador i sur. (2004.) za hrast crniku (*Quercus ilex* L.), Tsakaldimi i sur. (2005.) za hrast oštiku (*Quercus coccifera* L.) i česminu

(*Q. ilex* L.). Dominguez - Lerena i sur. (2006.) za piniju (*Pinus pinea* L.), Topić i sur. (2009.) za obični čempres (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) i td.

2.4.2.2. Podzemni dio sadnice (korijen)

Jacobs i sur. (2005.) pišu kako je Stone 1955. godine utvrdio kako na fiziološko stanje biljke (prikazano kroz potencijal rasta korijena) nakon presađivanja može ukazivati potencijal rasta stabljike i korijena, budući da varijabla uvelike određuje kapacitet sadnice pri ublažavanju stresa uzrokovani sušom.

Burdett (1990.) naglašava kako je vodni stres jedan od glavnih razloga šoka presađivanja, koji rezultira slabim rastom (prodiranjem) novog korijena u tlo i nedostatnim kontaktom korijen - tlo. Isti autor, nadalje, navodi kako rast novog korijena kod presađene sadnice ovisi o trenutnoj fotosintezi i visokom vodnom potencijalu sadnice odmah nakon presađivanja.

O tome kako sadnica reagira na okolišne uvjete stvaranjem novog korijena u okolno tlo, ovisi njeno preživljavanje procesa sadnje (Grosnickle, 2005.). Isti autor tvrdi kako će se novoposađena sadnica prilagoditi na stanišne uvjete samo ukoliko ima pristup određenoj količini vode u tlu, koja odgovara atmosferskoj potražnji za vodom.

South i Zwolinski (1997.) pišu kako je slaba propusnost grubljeg korijena, zajedno sa ograničenim omjerom nadzemnog i podzemnog dijela, jedan od glavnih razloga stresa prilikom presađivanja.

Morfološke izmjere korijenovih sustava u pravilu su dugotrajni i destruktivni postupci određivanja kvalitete sadnica, što je jedan od glavnih razloga nedostatnog istraživanja u tom području.

Aphalo i Rikala (2003.) kod sadnica obične breze (*Betula pendula* L.) ustanovljuju kako na morfologiju korijenovog sustava, između ostalih, utječu veličina, oblik kontejnera te razmak između kontejnera. To isto potvrđuju Tsakaldimi i sur. (2005.) za hrast ošttriku i česminu, napominjući kako kod plastičnih kontejnera zatvorenih i glatkih stijenki najveći problem predstavlja spiralni rast korijena. Thompson i Schultz (1995.) te Day i Parker (1997.) ističu dobro građene i razvijene korijenove sustave, sa brojnim postranim žiljem prvog reda, kao glavne osobine visoko kvalitetnih sadnica hrastova.

Pri opisivanju kvalitete morfoloških karakteristika korijenovih sustava, najčešće korišteni parametri su vlaknatost (gustoća) korijenovog sustava, volumen korijena, duljina korijena i površina plašta korijena.

Vlaknatost korijenovog sustava

Thompson (1986.) navodi kako vlaknasti korijenov sustav karakterizira velika apsorpcijska površina za vodu i hranjiva te izrazito veliki broj aktivnih korijenovih vrhova, koji participiraju u razvoju sadnica. Mnoge studije su pokazale kako veća vlaknatost korijena pokazuje bolje rezultate terenskih performansi biljaka (Davis i Jacobs, 2005.). Isti autori ukazuju na problematičnost postavljanja definicije vlaknatosti, navodeći brojne autore koji su to pokušali: Tanaka i sur., 1976.; Kainer i Duryea, 1990.; Deans i sur., 1990. Utjecaj kontejnera na broj aktivnih vrhova korijena sadnica, a time i njihovu vlaknatost, tek treba dovesti u vezu, uslijed nepostojanja literature po tom pitanju.

Volumen korijena

Davis i Jacobs (2005.) navode kako je izmjera volumena korijena, kao morfološkog parametra, postala popularna sredinom 80-ih godina prošloga stoljeća kao sredstvo za procjenu veličine korijenovog sustava. Još je Burdett (1979.) pisao kako se nedestruktivnom metodom istisnuća vode može procijeniti volumen korijena. Thompson (1986.) nalazi veliki nedostatak te metode u nepostojanju diferencijacije između finog i grubog korijenja te, posljedično, limitiranom kapacitetu opisa arhitekture korijenovog sustava.

Pozitivne korelacije volumena korijena i preživljavanja biljaka u šumskoj kulturi su otkrili mnogi autori: Rose i sur. (1991.a, 1991.b, 1992., 1997.) te Jacobs i sur. (2005.), koji su ustanovili kako sadnice koje spadaju u veću volumnu kategoriju korijena imaju veći visinski prirast u šumskoj kulturi, u prve dvije godine rasta. Hasse i Rose (1993.) su kod obične američke duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) utvrdili uspješnije izbjegavanje transplatacijskog šoka kod sadnica većeg volumena korijena.

Pozitivan učinak povećanja dimenzija kontejnera na volumen korijena u rasadniku i u šumskoj kulturi, i to kod česmine i hrasta oštike, opazili su Tsakaldimi i sur. (2005.). Nadodaju kako sadnice većeg volumena korijena imaju veći unos vode i hranjiva, nego sadnice manjeg volumena korijena te kako je to jedan od faktora izbjegavanja stresa u ranoj fazi nakon presadijanja na teren, pogotovo tijekom ljetnog sušnog perioda.

Površina plašta i duljina korijena

Površina plašta i duljina korijena omogućavaju kvantitativni opis korijenovog sustava sadnica. Važnost površine plašta korijena je velika zbog njene uloge absorptivne površine za vodu i mineralne tvari. Nekoliko radova je pokazalo pozitivnu korelaciju između duljine korijena i površine plašta te performansi na terenu (rast i preživljjenje). Chiatante i sur. (2002.) su u svojim istraživanjima kod crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) zaključili kako je ukupna duljina korijena bila znatno bolji pokazatelj snage sadnica od broja vrhova korijena. Gazal i Kubiske (2004.) nalaze zavisnost između veće duljine postranog korijenja i veće izmjene plinova u lišću.

2.4.3. Karakteristike kontejnera koje utječu na kvalitetu sadnica i uspjeh pošumljavanja

Faktori koji utječu na kvalitetu, a time i na djelovanje sadnice na terenu prema Villar – Salvadoru i sur. (2009.):

1. Gnojidba
2. Navodnjavanje
3. Supstrat u kojem biljčice rastu
4. Kontejner
5. Skladištenje, rukovanje sadnicama i lokacija rasadnika

Od svih nabrojenih čimbenika koji uvjetuju kvalitetu sadnica, analogno tome i uspjeh pošumljavanja, pobliže se u nastavku opisuje kontejner budući je isti, uz pripremu tla, predmet istraživanja doktorske disertacije.

U proizvodnji kvalitetnih sadnica za pošumljavanje, izbor kontejnera je jedna od najvažnijih odluka (Chirino i sur. 2008.; Luna i sur. 2009.).

Svojstva idealnog kontejnera za uzgoj šumskih sadnica predmet su rasprava već dugi niz godina. Iako se kontejneri mogu uspoređivati na nekoliko različitih načina, najprikladniji je funkcionalni pristup (Landis 1990.). Isti autor piše kako je primarna funkcija svakog kontejnera zadržavanje određene količine supstrata, koji korijenovom sustavu zauzvrat daje vodu, zrak, mineralne tvari i, na koncu, predstavlja fizički oslonac sadnice u rasadniku. Kontejneri za proizvodnju šumskih sadnica moraju ispunjavati i druge funkcije, koje se odnose na zaštitu biljaka u rasadniku, kao i performanse biljaka nakon sadnje.

Landisov funkcionalni pristup podjele karakteristika kontejnera koje utječu na rast sadnica (1990.):

1. Veličina kontejnera
2. Razmak kontejnera
3. Konstrukcijske značajke kojima se kontrolira rast korijena
4. Karakteristike koje utječu na sadržaj vlage supstrata:
 - a) visina (dubina kontejnera)
 - b) propusnost stijenki kontejnera
 - c) utjecaj prisutnosti odvodnog otvora
5. Karakteristike koje utječu na temperaturu supstrata

O tipu i veličini kontejnera, kao jednom od glavnih faktora u rasadničkoj proizvodnji, ovisi kvaliteta sadnica namijenjenih pošumljavanju, o čemu govore brojna istraživanja koja se navode u nastavku.

Istraživanja vrsta, odnosno karakteristika kontejnera i njihova utjecaja na kvalitetu šumskih sadnica, počela su u Kanadi i SAD-u tijekom 70-ih godina prošloga stoljeća. Jedan od prvih radova je rad kanadskog znanstvenika Boudouxa koji datira iz 1970. godine. U tom radu autor piše o utjecaju dimenzija tuljaka na gustoću korijenovog sustava sadnica.

Barnett (1971.) daje smjernice za proizvodnju američkih borova u kontejnerima. Isti autor (1982.) piše o adekvatnim kontejnerima za proizvodnju sadnica "južnih" borova ("southern pines").

Glavnina znanstvenih spoznaja o utjecaju kontejnera na kvalitetu sadnice, a posljedično i na uspjeh pošumljavanja, odnosi se na Kanadu, SAD i skandinavske zemlje, dok se istraživanja u mediteranskim zemljama pojavljuju nešto kasnije.

O karakteristikama kontejnera s različitim aspekata te njihovom utjecaju na rast i razvoj biljaka u rasadniku, kao i preživljavanje i razvoj u šumskoj kulturi, pisali su mnogi autori.

Dominguez - Lerena i sur. (2006.), prema: McConnughay i Bazzar (1991.), ističu mogućnost utjecaja režima rasta sadnice u rasadniku na razvoj sadnice, budući fizička ograničenost korijenovog sustava u kontejneru utječe na dostupnost vode i hranjivih tvari prijeko potrebnih biljci. Prema tome, karakteristike, odnosno varijable kontejnera, kao što su volumen, promjer vrha kontejnera, dubina (visina) i gustoća kontejnerskih sadnica, utječu na

fiziologiju i morfologiju sadnica u rasadniku, a kasnije i u šumskoj kulturi (Marien i Drovin, 1978.; Dominguez - Lerena i sur. 1997., 2006.; Topić i sur. 2006., 2009.).

Najvećim dijelom su se istraživale, i još uvijek se istražuju, slijedeće varijable kontejnera: volumen kontejnera, promjer kontejnera na njegovu gornjem dijelu, gustoća kontejnerskih sadnica te dubina, odnosno visina kontejnera te, posljedično, njihov utjecaj na morfološke i fiziološke karakteristike sadnica, preživljavanje i rast istih u šumskoj kulturi.

Karakteristike kontejnera s obzirom na varijable (volumen, dubina) i njihov utjecaj kod vrste *Pinus pinea* L. istraživali su Dominguez - Lerena i sur. (1997., 2000., 2006.) te Topić i sur. (2006a.). Dominguez - Lerena sa suradnicima u svom radu (2006.) zaključuje kako najveći utjecaj na razvoj sadnica pinije (*Pinus pinea* L.) u rasadniku ima omjer dubine i promjera kontejnera. Kao optimalni, preporučuje omjer 1:4. Navodi kako spiralni rast korijena u kontejneru nije utjecao na rast i preživljavanje biljaka nakon presadnje na teren.

Marcelli (1984.), naprotiv, ističe kako spiralni rast korijena, kao svojevrsna deformacija, može utjecati na razvoj biljke u šumskoj kulturi i nekoliko godina nakon sadnje.

Ritchie (1984.) je ustanovio kako su rast i preživljavanje sadnica drveća u izravnoj zavisnosti sa sposobnošću korijenovog sustava da se promptno regenerira i dalje raste u tlu. To je razlog što su mnoga obilježja kontejnera dizajnirana s ciljem da podupiru sadnicu u razvoju kvalitetnog korijenovog sustava i da štite korijen od vanjskih utjecaja do trenutka presađivanja na teren (Landis i sur., 1990.). Isti autori ističu utjecaj relativno zdravog i jakog korijena na morfologiju i rast nadzemnog dijela sadnice, što je razlog dizajniranja mnogih svojstava kontejnera u cilju unaprijeđenja veze između korijena i stabljike.

2.4.3.1. Veličina kontejnera

Veličina kontejnera može biti opisana na mnogo načina, ali najvažniji su volumen, visina, promjer i oblik kontejnera. Landis (1990.) "najbolju" veličinu kontejnera za određenu vrstu drveća dovodi u vezu s biološkim i ekonomskim faktorima. U biološke faktore svrstava veličinu sjemena ili reznice, krajnju veličinu sadnice i okolišne uvjete na terenu namjenjenom za sadnju, dok u ekonomski faktore ubraja početnu cijenu i dostupnost kontejnera na tržištu te raspoloživi prostor za uzgoj kontejnerskih sadnica (veličina rasadnika).

Aphalo i Rikala (2003.) navode da su veličina i gustoća kontejnera dvije najvažnije odrednice cijene proizvodnje sadnica i njihove kvalitete. Nadalje, tvrde kako su, u praksi,

veličina i gustoća kontejnera međusobno povezane, a optimalni oblik kontejnera ovisi o vrsti drveća koja se u njemu uzgaja (prema: Endean i Carlson, 1975; Carlson i Endean, 1976.).

Luna i sur. (2009.) pišu da optimalna veličina kontejnera ovisi o vrsti biljke, veličini biljke koju želimo postići, gustoći sadnje biljaka u rasadniku, duljini sezone rasta u rasadniku i supstratu koji koristimo. Veličina kontejnera u rasadničkom žargonu predstavlja volumen, iako koncept veličine obuhvaća sve dimenzionalne aspekte, uključujući volumen, visinu (dubinu), promjer i oblik.

Veći kontejneri općenito pružaju više vode i hranidbenih tvari biljkama na raspolaganje, kao i više prostora za pravilan razvoj korijenovog sustava, što je osobito važno za vrste s jakim korijenovim sustavom (Topić i sur., 2006.).

2.4.3.1.1. *Volumen kontejnera*

Volumen kontejnera diktira veličinu biljke koja u njemu raste, stoga je volumen jedna od najvažnijih karakteristika kontejnera.

Mnogo autora je promatralo varijablu volumena kontejnera kroz njen utjecaj na rast i razvoj biljaka u rasadniku. Već su 1975. godine Endean i Carlson ustanovili kočenje razvoja sadnica usukanog bora (*Pinus contorta* Douglas) kod kontejnera malog volumena. Godinu kasnije, 1976. godine, isti autori (Carlson i Endean) utvrđuju isto na primjeru kanadske smreke (*Picea glauca* (Moench) Voss). Tinus i McDonald (1979.) naglašavaju kako je veličina sadnice u izravnoj vezi s veličinom kontejnera. Day i Sutherland (1986.) kod crne smreke (*Picea mariana* (Mill.) B. S. P.) dokazuju velik utjecaj veličine kontejnera na morfologiju sadnica. Romero (1986.) u svojim neobjavljenim podacima ustanavljuje povećanje ukupne biomase kod karipskog bora (*Pinus caribaea* Morelet) usporedo s povećanjem volumena kontejnera. Hanson i sur. (1987.), istražujući veličinu kontejnera za uzgoj sadnica crvenog hrasta, nalaze kako veći kontejneri omogućuju proizvodnju sadnica sa većim i čvršćim izdankom. O'Reilly i sur. (1994.) uspoređuju veličinu kontejnera i dimenzije sadnica zapadnoameričke čuge (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.). Cigliastro i sur. (1995.) veličinu kontejnera ispituju na sadnicama američkog bijelog jasena (*Fraxinus americana* L.), zvр hrasta (*Quercus macrocarpa* Michx) i crvenog hrasta (*Quercus rubra* L.). Paterson (1996.) kod crne smreke (*Picea mariana* (Mill.) B. S. P.) također nalazi zavisnost veličine kontejnera s promjerom vrata korijena i ukupnom biomasom suhe tvari. Što se tiče istraživanja utjecaja veličine kontejnera na razvoj sadnica drveća koja se koriste za

pošumljavanje u sredozemnom području, valja istaći rade Domínguez - Lerena i sur. (1997.) za hrast crniku (*Quercus ilex* L.), alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), primorski bor (*Pinus pinaster* Ait.) i bor piniju (*Pinus pinea* L.). Aphalo i Rikkala (2003.) ustanovljuju veliki utjecaj veličine kontejnera na morfologiju sadnica obične breze (*Betula pendula* Roth.). South i sur. (2005.) promatraju veličine sadnica dugoiglavog bora (*Pinus palustris* Mill.) kroz različite veličine kontejnera. Domínguez - Lerena i sur. (2006.), ispitujući karakteristike sadnica bora pinije (*Pinus pinea* L.) u 14 različitim tipova kontejnera (različitih veličina i oblika), dolaze do zaključka kako veće biljke imaju i veće korijenove sustave, koji mogu ulaziti u dublje slojeve tla, u kojima bi vлага mogla biti dostupna u vrijeme sušnih perioda nakon sadnje. Također, navode kako veći kontejneri u rasadniku proizvode biljke većih visina, promjera, biomase i sa većim udjelom mineralnih komponenti (N, P, K). Topić i sur. (2006.) kod hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) zaključuju kako je veličina kontejnera pozitivno utjecala na morfologiju jednogodišnjih i dvogodišnjih sadnica, dok u kontejnerima manjih volumena nije uputno ostavljati sadnice duže od jedne i pol vegetacije, zbog velikih deformacija korijena. Topić i sur. (2006a.) slično zaključuju i za piniju (*Pinus pinea* L.) i (2009.) obični čempres (*Cupressus sempervirens* L.).

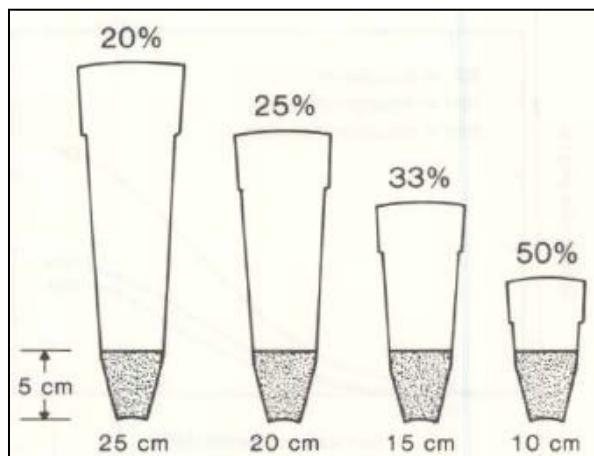
2.4.3.1.2. Dubina (visina) kontejnera

Landis (1990.) nalazi kako je dubina kontejnera jedna od najvažnijih karakteristika koja utječe na morfologiju sadnice, budući ona direktno utječe na kapacitet zadržavanja vlage, vlažnost, pa čak i provjetravanje korijenovog busena.

Isti autor, nadalje, iznosi razloge navedenog: "Voda se u kontejneru ponaša različito nego u otvorenom tlu. Količine date vode u fiksno određenoj količini supstrata u malom kontejneru rezultira različitim sadržajem vode, različitim gibanjem vlage, samim tim i različitim odgovorom biljke nego kod jednakе količine vode upotrebљene kod iste količine nezatvorenog tla. Kod zaliđevanja napunjenog kontejnera, voda ulazi prema dolje (silazni tok) pod utjecajem gravitacije sve dok ne dođe do dna kontejnera; odavde, voda prestaje otjecati zbog toga što je sila gravitacije manja nego što su to kombinirane adhezivne i kohezivne sile unutar stupca vode. Oticanje vode kroz dno kontejnera se pojavljuje samo u slučaju kada je sila određena visinom vodenog stupca dostatna da nadjača adhezivne i kohezivne sile. Biološka značajka ovakvog odvodnog modela jest da područje zasićenog supstrata uvijek egzistira iznad sučelja supstrat/zrak na dnu kontejnera. Dubina sloja zasićenog supstrata je

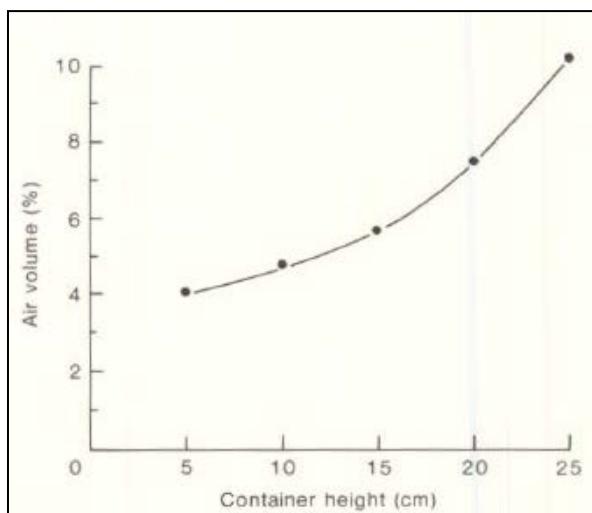
uvijek u funkciji teksture supstrata. Dubina zasićenog sloja će biti veća kod supstrata fine teksture nego kod grubljih, zbog toga što su kapilarne sile puno veće u manje poroznom supstratu".

Visina (dubina) kontejnera određuje udio supstrata sa slobodnom odvodnjom, pretpostavljajući da je tekstura supstrata jednaka (Withcomb, 1988.). To znači da će i plitki i duboki kontejner imati istu količinu zasićenog supstrata, ali će plitki kontejner imati proporcionalno manje supstrata sa slobodnom odvodnjom (Slika 10).



Slika 10. Dubina zasićenog sloja supstrata na dnu kontejnera je proporcionalno veća u pličim kontejnerima pri uporabi istog supstrata (Izvor: Landis, 1990.).

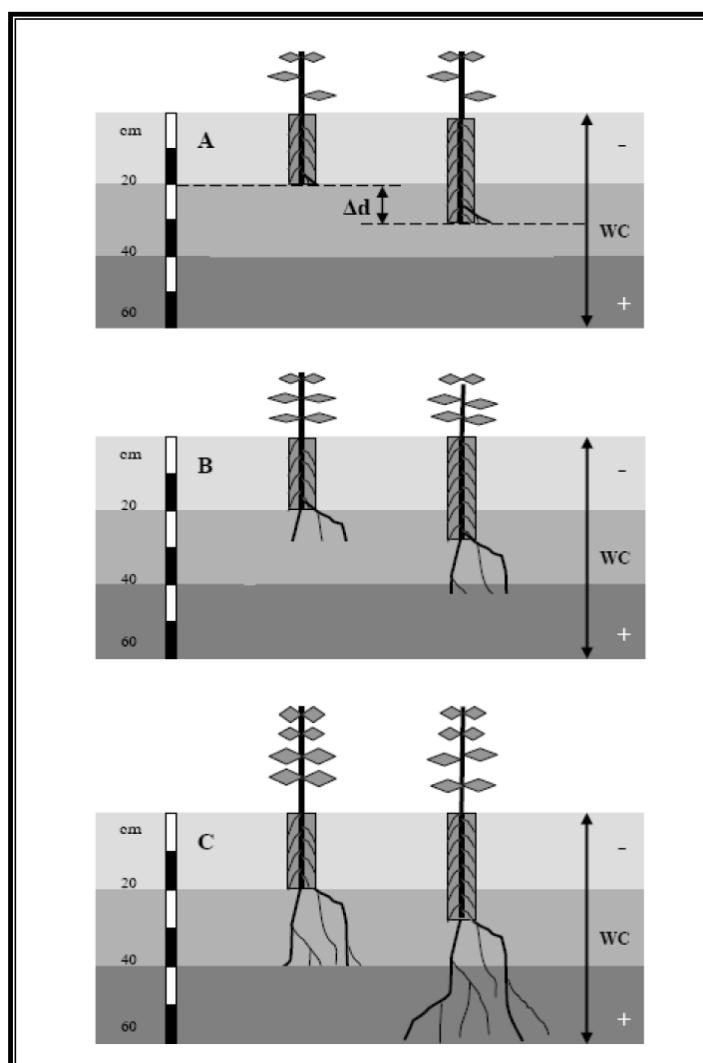
Prisutnost ovog zasićenog sloja supstrata ima ozbiljan utjecaj na prozračnost supstrata. Bunt (1976.), prema Landisu (1990.), nalazi da promjenom visine kontejnera od 5 do 20 cm, povećavamo i zapremninu zraka u kontejneru od 4 do 8 % (Slika 11).



Slika 11. Relativna zapremnina zraka u supstratu raste s visinom kontejnera. (Izvor: Landis (1990.), prema: Bunt (1976.)).

Dubina kontejnera je posebno važna kod vrsta koje u relativno kratkom roku razvijaju žilu srčanicu, primjerice, vrste roda *Quercus* sp., što u svojim istraživanjima za crniku (*Quercus ilex* L.) potvrđuju Dominguez - Lerena i sur. (1997.), Dominguez - Lerena (1999.), Chirino i sur. (2005.), Pemán i sur. (2006.), Tsakaldimi i sur. (2005; 2009.), Topić i sur. (2006.), dok slična istraživanja provode Chirino i sur. (2008) za plutnjak (*Quercus suber* L.).

Chirino i sur. (2008.) navode kako dubina kontejnera određuje rast korijenovog sustava i duljinu žile srčanice te, prema tome, može izmjeniti korijenovu kolonizaciju tla koja se očituje ranijim i dubljim prodiranjem u slojeve tla (Slika 12).



Slika 12. Početne razlike položaja busena korijena u sadnoj jami i dinamika razvoja korijenovog sustava u pravcu dubljih horizontata gdje je tijekom godine stabilnija vлага tla. Hipotetska vremenska skala: A – odmah nakon sadnje, B – 3 mjeseca nakon sadnje, C – prije ljetnog perioda. (Δd: razlike u dubini, WC: sadržaj vode) Izvor: Chirino i sur. (2009.).

Grosnickle (2005.) ističe kako je rast novog korijenja u dublje slojeve tla od ključne važnosti za preživljavanje biljaka, naročito u klimatskim uvjetima kakvi vladaju na Mediteranu, gdje veličina i raspodjela korijenovog sustava, kontakt korijen - tlo te hidraulička provodljivost korijena mogu utjecati na kapacitet uzimanja vode iz tla nakon sadnje. Nadalje, isti autor navodi kako dublje pozicioniranje korijena u tlu pridonosi izbjegavanju ili smanjenju natjecanja s korovskom vegetacijom za vodu, budući i to može biti limitirajući faktor rasta i preživljavanja nakon sadnje. Najčešća dubina kontejnera koja se koristi u programima pošumljavanja Sredozemlja (Španjolska) je 18 cm (Peñuelas i Ocaña, 1996.).

Chirino i sur. (2009.) navode kako je ta dubina relativno mala za vrste koje, da bi izbjegle sušu u stresnom periodu, razvijaju žilu srčanicu (*Quercus* sp.). To dokazuju i njihova istraživanja kod mediteranskih vrsta hrastova - oštike (*Quercus coccifera* L.), crnike (*Quercus ilex* L.) i plutnjaka (*Quercus suber* L.). Sadnice koje su uzgajane u dubljim kontejnerima pokazuju dulju žilu srčanicu, naseljavanje dubljeg sloja tla korijenovim sustavom, veći broj novih korjenčića i veću biomasu korijena u dubljim slojevima, za razliku od onih koje su uzgajane u pličim kontejnerima.

Chirino i sur. (2008.), proučavajući utjecaj dubine kontejnera na kvalitetu sadnica plutnjaka, dolaze do spoznaja da su morfofunkcionalne karakteristike i kvaliteta sadnica izražene Dicksonovim indeksom kvalitete (DQI) poboljšane korištenjem dubljih kontejnera. Te poboljšane morfofunkcionalne karakteristike biljaka iz dubljih kontejnera promiču veći transportni kapacitet u korijenovom sustavu (dobiveno: mjeranjem hidraulične provodljivosti korijena), koji pak dovodi do boljeg statusa vode u biljci tijekom stresnog sušnog perioda. Iz toga navedeni autori izvode zaključak o neophodnosti korištenja dubljih kontejnera za proizvodnju sadnica hrastova u sredozemnom krškom području.

2.4.3.1.3. *Promjer kontejnera*

Luna i sur. (2009.) navode kako je važnost promjera kontejnera ovisna o vrsti koja se uzgaja. Listače, grmoliko bilje i sl. trebaju za svoj rast i razvoj kontejnere većih promjera, kako bi, prilikom zalijevanja, voda za navodnjavanje mogla prodrijeti kroz guste krošnjice do supstrata, koji se nalazi u kontejneru.

2.4.3.2. Razmak (gustoća) kontejnera

Landis (1990.) nalazi da je razmak između kontejnera jedna od najvažnijih karakteristika kontejnera, koja utječe na rast sadnica. Razmak definira udaljenošću individualnih ćelija kontejnera. Razmak ćelija unutar bloka ne utječe samo na biološki aspekt rasta biljaka, već predstavlja i ekonomsku komponentu. Sadnice drveća trebaju određeni prostorni minimum za rast, što opet ovisi o vrsti i starosti sadnice.

Generalno gledajući, kvaliteta kontejnerskih sadnica se povećava usporedno sa smanjenjem gustoće sadnica u rasadniku. To najbolje pokazuju istraživanja vezana za ovu problematiku.

Tanaka i Timmis (1974.) zaključuju kako sadnice obične američke duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), uzgajane u kontejnerima manje gustoće, pokazuju veću kvalitetu i kasniji rast u šumskoj kulturi.

Landis (1990.) naglašava kako, kod uspoređivanja sadnica proizvedenih u različitim tipovima kontejnera, u obzir treba uzeti gustoću uzgoja, jednakao kao i volumen kontejnera.

Barnett i Brisette (1986.) pišu kako je izravne usporedbe sadnica na temelju gustoće i volumena kontejnera vrlo često teško interpretirati, budući postoji jasno određena veza među njima. Većina objavljenih usporedbi kontejnera jednakog volumena ne uključuju utjecaj gustoće uzgoja sadnica pa ih na taj način treba i tumačiti.

Timmis i Tanaka (1976.) su kod promatranja obične američke duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) u kontejnerima jednakog volumena, ali različitog razmaka ćelija, došli do zaključka kako morfologija sadnica varira ovisno o razmaku ćelija kontejnera (gustoći kontejnerskih sadnica). Autori navode kako veća gustoća smanjuje promjer stabljike te biomasu stabljike i korijena, dok povećava visinu stabljike, vjerojatno uslijed natjecanja za svjetlo, a to se posljedično reflekira na nadzemni / podzemni omjer koji je, naravno, veći pri većoj gustoći uzgoja.

Scaratt (1972.) je, uzgajajući sadnice kanadske smreke (*Picea glauca* (Moench) Boss.), ustanovio da morfološke vrijednosti sadnica rastu s povećanjem volumena i razmaka ćelija kontejnera (Slika 13), te je našao kako je važnost volumena u ovom slučaju veća od važnosti razmaka ćelija kontejnera.

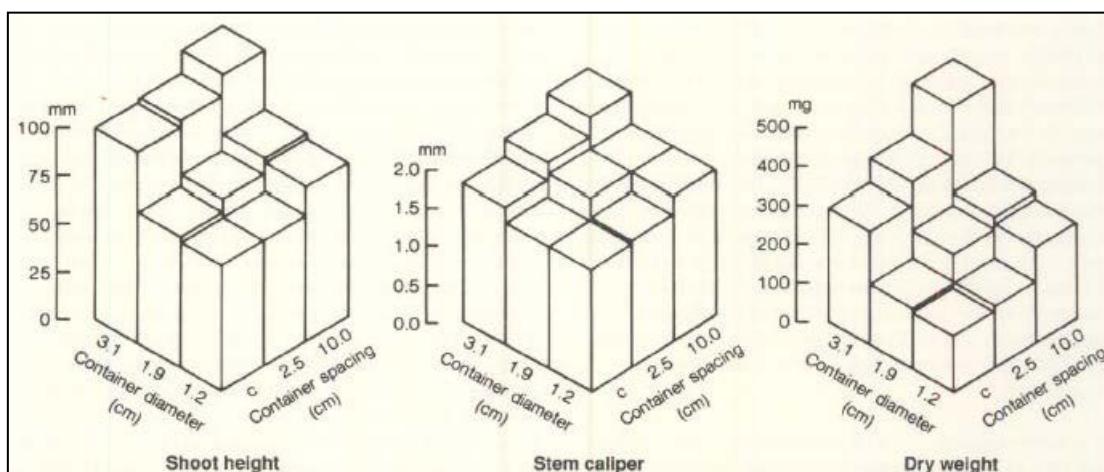
Hocking i Mitchell (1975.) za usukani bor (*Pinus contorta* Douglas), kanadsku smreknu (*Picea glauca* (Moench) Boss.) i običnu američku duglaziju (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.))

Franco), a Paterson (1996.) za crnu smreku (*Picea mariana* (Mill.) B. S. P.), dobivaju slične rezultate.

Rezultate istraživanja utjecaja gustoće rasta u kontejneru za crni bor (*Pinus nigra* L.), obični bor (*Pinus sylvestris* L.) i običnu američku duglaziju (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) donose Jinks i Mason (1998.).

Aphalo i Rikala (2003.) također promatraju morfologiju sadnice i performanse nakon sadnje na terenu, između ostalog, i kroz aspekt gustoće uzgoja kontejnerskih sadnica u rasadniku kod obične breze (*Betula pendula* Roth.).

Dominguez - Lerena i sur. (2006.) ističu kako su kod uzgoja pinije (*Pinus pinea* L.), volumen i gustoća rasta najvažnije varijable kontejnera, s tim da, prema istim autorima, gustoća rasta utječe na morfologiju sadnica samo u rasadniku, dok u šumskoj kulturi nema nikakvog efekta. Pri tom preporučuju gustoću rasta sadnica u kontejneru od 200-300 biljaka po m².



Slika 13. Veličina kontejnera (njegov promjer) kao i prostorni razmak između ćelija kontejnera diktiraju gustoću rasta sadnica u rasadniku što utječe na morfološke karakteristike sadnice. (Izvor: Scaratt, 1972.).

Osim što utječe na morfologiju sadnica u rasadniku, razmak ćelija kontejnera također ima i druge biološke i uzgojne implikacije na rast sadnica.

Sadnice koje rastu u manje gustom sklopu u kontejnerima primaju deset puta više aktivne fotosintetičke radijacije u nižim dijelovima krošnje i imaju manji vodni potencijal, nego biljke koje rastu u gušćem sklopu (Timmis i Tanaka, 1976.). Isti autori, također, tvrde kako kontejnerske sadnice koje rastu u gušćem sklopu više trpe štete od mraza.

Landis (1990.) piše kako je u kontejnerima čije su ćelije manjeg razmaka, veća temperatura supstrata. Također nalazi problem pri zalijevanju sadnica, budući uslijed gušće

površine listova sadnica, voda i tekuća gnojiva ne mogu prodrijeti do supstrata. Više se javljaju i gljivična oboljenja (*Botrytis cinerea* (De Bary) Whetzel - siva plijesan).

Da efekt gustoće sadnica u kontejneru ovisi i o duljini sezone uzgajanja, dokazuju Barnett i Brissette (1986.), uzgajajući južnoameričke borove. Oni su ustanovili kako se, produženjem sezone uzgajanja, efekt gustoće očituje u smanjivanju biomase sadnica.

Landis (1990.) kaže kako vrste drveća različito reagiraju na "gužvu" u kontejnerima te, kod proizvodnje listača i na sjenu netolerantnih četinjača, preporuča kontejnere sa većim razmakom među čelijama.

2.4.3.3. Konstrukcijske značajke kontejnera kojima se kontrolira rast korijena

Jedan od najozbiljnijih problema kod kontejnerskog uzgoja sadnica predstavlja tendencija spiralnog rasta korijena unutar kontejnera. Korijenje sadnica ima geotropni rast, ali, ako ne najde na nikakvu fizičku prepreku tijekom rasta, tada ima tendenciju postranog rasta (Landis, 1990). Takvu pojavu su zamijetili Orlić i sur. (2000.), prilikom uzgajanja sadnica običnog i crnog bora u Multipot blok kontejnerima ("Bosnaplast" 12 i 18). Navode kako se u tim kontejnerima arhitektura korijena znatno razlikuje od prirodne, budući korijen sadnica poprima oblik gnijezda. Orlić i sur. (2000.) tvrde kako je spiralni rast postranog žilja karakteristična deformacija korijena u kontejnerima od tvrde plastike svih tipova.

Landis (1990.) tvrdi da spiralni rast korijena neće štetno utjecati na razvoj biljke dok je ona u rasadniku. Burdett (1979.) nalazi kako spiralni rast korijena onemogućava sadnici valjano zakorjenjivanje u tlu nakon presadnje, a rezultat toga može biti izvaljivanje sadnica, što su istraživanjima potvrdili Orlić i sur. (2000.), ili zagruženje (strangulacija) korijenovog sustava.

Problem spiralnog rasta, prema pisanju Landisa (1990.), je djelomično riješen dizajniranjem kontejnera sa vertikalno postavljenim brazdama, rebrima i kanalima unutar stijenki kontejnera, koji predstavljaju prepreku postranom korijenju da spiralno raste, usmjeravajući ga prema dnu kontejnera, gdje dolazi do zračnog rezanja (air pruning) korijena i zaustavljanja njegova razvoja. Većina modernih kontejnera koji se koriste u rasadničarskoj proizvodnji šumskog drveća imaju dizajnirana svojevrsna antispiralna rebra.

Abnormalan rast u vidu spiralnog rasta postranog korijenja nije isti za sve vrste, utvrđuje Girouard (1982.), uzgajajući četiri vrste četinjača (dvije smreke i dva bora) u tri

različita tipa kontejnera. Kod borova je ta pojava bila znatno izraženija. Barnett i Brissette (1986.) također nalaze, kod vrsta unutar roda *Pinus*, razlike u deformaciji.

Spiralni rast i ostale vrste deformacija korijena postaju ozbiljniji proporcionalno duljini uzgoja sadnica u kontejneru (Barnett i Brissette, 1986.). To potvrđuju Topić i sur. (2006., 2006.a, 2009.), dajući preporuke glede duljine uzgoja sadnica u kontejneru za određene vrste.

Jedna od značajki modernih kontejnera su odvodne rupe na dnu, koje također služe svrsi zračnog rezanja korijena. Prema pisanju Tolića (1995.), kontejneri bi se u našim rasadnicima polagali na samo tlo. Tada bi žila srčanica izlazila kroz rupu na dnu kontejnera pa bi se zakorijenila u tlu, gdje bi se korijenov sustav nastavio nesmetano razvijati, što bi u konačnici imalo negativne posljedice za biljku. Stoga, da bi omogućili proizvodnju sadnica "air pruning metodom", kontejnere je potrebno odignuti nekoliko cm od tla na rešetkaste nosače. Nažalost, u literaturi nema znanstvenih istraživanja vezanih za ovakvu praksu, ali gotovo svi autori preporučuju prirodno zračno rezanje korijena, ukoliko je isto moguće.

Glatkoća unutarnjih stijenki kontejnera je jedna od značajki kojima kontroliramo rast korijena.

Na primjeru uzgajanja vrsta *Thuja plicata* D. Don (golema tuja) i *Callitropsis nootkatensis* D. Don (Florin) (žuti cedar), Matthews (1983.) zaključuje da se kod kontejnera glatkih unutarnjih stijenki sadnica lakše vadi, a korijen se pritom ne oštećuje, za razliku od kontejnera od stiroporne pjene, koji imaju grube unutarnje stijenke u kojima fino korijenje zapinje za pukotine stijenki, što otežava vađenje sadnice i oštećuje korijen, pa je posljedično otežana sadnja.

2.4.3.4. Karakteristike kontejnera koje utječu na sadržaj vlage supstrata

Jedna od karakteristika kontejnera koja utječe na sadržaj vlage supstrata jest dubina (visina) kontejnera (vidi poglavlje 3.4.3.1.2.).

Karakteristike kontejnera koji utječu na sadržaj vlage supstrata opisao je Landis (1990.), pa se isti autor u nastavku u cijelosti citira: "Na sadržaj vlage supstrata utječu i svojstva stijenki kontejnera. Kontejneri sastavljeni od propusnih materijala kao što je papir (paperpot) ili plastične mrežice omogućavaju vodi i otopljenim solima da nesmetano prodiru lateralno kroz stijenku kontejnera u supstrat susjednog kontejnera. Kontejneri sa propusnim

stijenkama, tako zahtjevaju supstrat grublje teksture kako bi povećali poroznost i time onemogućili natapanje (preveliko zasićenje vodom).

Svi kontejneri moraju imati jednu ili više odvodnih rupa na samom dnu kako bi osigurali odvodnju viška vode i poduprli ispiranje viška gnojiva. Odvodne rupe bi trebale biti što veće, a da ne dozvole ispadanje supstrata kroz njih tijekom punjenja. Razlog tome leži u činjenici da se na kraju većina vrhova korijena razvija oko odvodnih rupa i da u konačnici mogu stvoriti svojevrstan "čep" i time prouzrokovati probleme sa odvodnjom ako su premalene. Druga funkcija odvodnih rupa je omogućiti zračno rezanje korijena u trenutku kada korijen dođe do dna kontejnera. Nikakvih koristi od odvodnih rupa nećemo imati ako ispod kontejnera ne omogućimo sloj zraka".

2.4.3.5. Karakteristike kontejnera koje utječu na temperaturu supstrata

Landis (1990.) nalazi da boja i izolacijska svojstva materijala od kojih je načinjen kontejner utječu na temperaturu supstrata, a samim time i na rast korijenovog sustava. Furuta (1978.) tvrdi kako visoka temperatura može usporiti, čak i zaustaviti rast korijena, što u konačnici rezultira ugibanjem biljke.

Whitcomb (1988.), u svojoj diskusiji vezanoj za utjecaj visokih temperatura korijena u kontejnerskoj proizvodnji, naglašava kako postoji značajna varijabilnost u otpornosti na visoke temperature kod različitih vrsta biljaka, a čak i kod varijeteta iste vrste.

Tamnija boja kontejnera absorbira mnogo više sunčeve radijacije nego svjetlja (Landis, 1990.).

Landis (1990.) tvrdi da će kontejneri načinjeni od debljih izolacijskih materijala, primjerice od stiropora i stiroporne pjene (Styrofoam®), provoditi manje topline, nego kontejneri napravljeni od tanke plastike. Isti autor se poziva na istraživanje Bassmana i sur. iz 1989. godine, koji su, uzgajajući zapadnoamerički ariš (*Larix occidentalis* Nutt.) u tri tipa kontejnera, ustanovili brže grijanje supstrata u kontejnerima načinjenim od tanje, nego u kontejnerima načinjenim od deblje plastike.

Landis (1990.) ističe kako korijenje ima bolji rast u toplijem supstratu, ali napominje kako prekomjerna temperatura može uzrokovati štete na korijenovom sustavu.

Whitcomb (1988.) je došao do saznanja da temperatura supstrata kod nekih kontejnera za hortikulturni uzgoj, izloživši ih direktno suncu, može doseći i do 48° C.

Landis (1990.) napominje, pozivajući se na istraživanje Barney-a iz 1947. godine, kako je korijenje nekoliko vrsta četinjača uginulo prilikom izlaganja tako visokoj temperaturi u periodu od nekoliko sati. Isto tako, oslanjajući se na Brownovo istraživanje iz 1982. godine (eksperiment sa hortikulturnim biljem), nalazi kako, mijenjajući boje kontejnera od crne pa sve do bijele, možemo reducirati temperaturu supstrata za čak 7°C , te tako proizvesi mnogo kvalitetnije biljke.

Luna i sur. (2009.) navode kako izbor kontejnera za određenu vrstu drveća ovisi o morfologiji korijenovog sustava, cilju koji želimo postići i ekonomskim prilikama. Nabrojeni faktori su u međusobnom odnosu, što otežava njihovo razmatranje, ali generalno gledajući može se utvrditi slijedeće:

- biljke koje razvijaju plitki, vlaknasti korijenov sustav, kao većina zeljanica, bolje rastu u kraćim kontejnerima;
- biljke sa dugačkom žilom srčanicom, kao npr. hrastovi i neki borovi, rastu bolje u višim kontejnerima;
- biljke sa višestrukim, debelim, mesnatim korijenjem, rastu bolje u širokim kontejnerima.

Zbog ubrzanog porasta korištenja kontejnera, postoje različite vrste kontejnera, kojima je cilj poboljšati rast i razvoj sadnica u rasadniku (Dominguez - Lerena i sur., 2006.). Za proizvodnju sadnica šumskog drveća mnogi rasadnici kod nas i u svijetu preferiraju manje kontejnere, budući su isti jeftiniji, a po jedinici površine je moguće uzgajati veći broj biljaka (Dominguez - Lerena i sur., 2006.; Topić i sur. 2006., 2009.). Međutim, kod mnogih vrsta postoji kompromis između proizvedenih biljaka i veličine sadnice (Tinus i McDonald, 1979.).

Villar - Salvador i sur. (2009.) pišu kako morfologija biljke ovisi o dimenzijama kontejnera i o gustoći uzgajanja. Nadalje, tvrde kako biljka ima tendenciju povećavanja usporedo s povećanjem volumena kontejnera, bez velikih utjecaja na odnos stablje i korijenovog sustava (shoot / root ratio).

Landis (1990.), Aphalo i Rikala (2003.) i Dominguez - Lerena i sur. (2006.) pišu kako dizajn kontejnera određuje morfološke i fiziološke karakteristike sadnice, naročito razvoj korijenovog sustava, kao i preživljavanje na terenu (Chirino i sur., 2009., prema: Dominguez i sur., 2000.).

Chirino i sur. (2009.) ističu važnost usklađenosti izbora kontejnera sa morfološko - funkcionalnim karakteristikama određene biljne vrste, modelima njihova razvoja i stanišnim uvjetima u kojima će biti posađene.

Dominguez - Lerena i sur. (2006.) navode da se, iako postoji reakcija određenih vrsta drveća na tip kontejnera, generalno može zaključiti kako kontejneri većih volumena imaju veću dostupnost vode i hranjivih tvari uz više prostora za razvoj korijenovog sustava. Velika gustoća sadnje biljaka u rasadniku povećava rast biljke u visinu i njen odnos korjena i stabljike, ali reducira promjer vrata korjena, masu biljke i broj grančica (Landis, 1990.; Dominguez - Lerena i sur., 2006.).

Mnogi autori u svijetu bavili su se istraživanjem utjecaja tipa odnosno dimenzija kontejnera na kvalitetu sadnice te rast i preživljjenje biljaka na terenu.

Karakteristike kontejnera ne samo da utječu na rast i razvoj biljaka u rasadniku, već one imaju utjecaj i na posljedice nakon presađivanja u šumskoj kulturi, što potvrđuju mnoga istraživanja: Matthes - Sears i Larson (1999.); Salonius i sur. (2000.); Aphalo i Rikala (2003.); South i sur. (2005.); Close i sur. (2010.); Ortega i sur. (2006.); Pemán i sur. (2006.); Dominguez - Lerena i sur. (2000., 2006.); Topić (2009.), Orlić i sur. (2000.).

2.5. Utjecaj pripreme tla na uspjeh pošumljavanja u Sredozemlju

Jedan od najvažnijih čimbenika, koji izravno utječe na uspjeh pošumljavanja, jest priprema tla za pošumljavanje.

Za potrebe doktorske disertacije termin "priprema tla" uključuje samo mehaničku obradu tla riperanjem i ručno kopanje jama na neobrađenom terenu.

Pripremom tla za pošumljavanje, mladoj se biljci stvaraju povoljni uvjeti za rast i razvoj (Matić i Prpić, 1983.).

Sutton (1993.) piše da priprema tla mijenja njegovu strukturu, te time mijenja i dostupnost hranjiva i vode biljci. Matić i Prpić (1983.) ističu kako je na taj način biljci olakšana borba sa postojećom korovskom vegetacijom, kako u području korijena, tako i iznad tla. Pripremom tla u tlu se stvaraju povoljni vodno - zračni odnosi, koji omogućuju optimalne biokemijske procese nužne za život biljke. Kako će i kojim intenzitetom proći priprema tla, ovisi o stanju tla, metodi pošumljavanja, upotrebi raspoložive mehanizacije i dr.

Bocio i sur. (2004.) navode kako priprema tla poboljšava osjetljivost tla, kratkoročno mijenjajući njegova svojstva. Nadalje, prema istim se autorima to postiže povećavanjem volumena upotrebljivog tla, brzinom infiltracije i kapaciteta zadržavanja vode, koji poboljšavaju vlagu oko sadnice, te na taj način pomažu uspostavljanju šumske kulture.

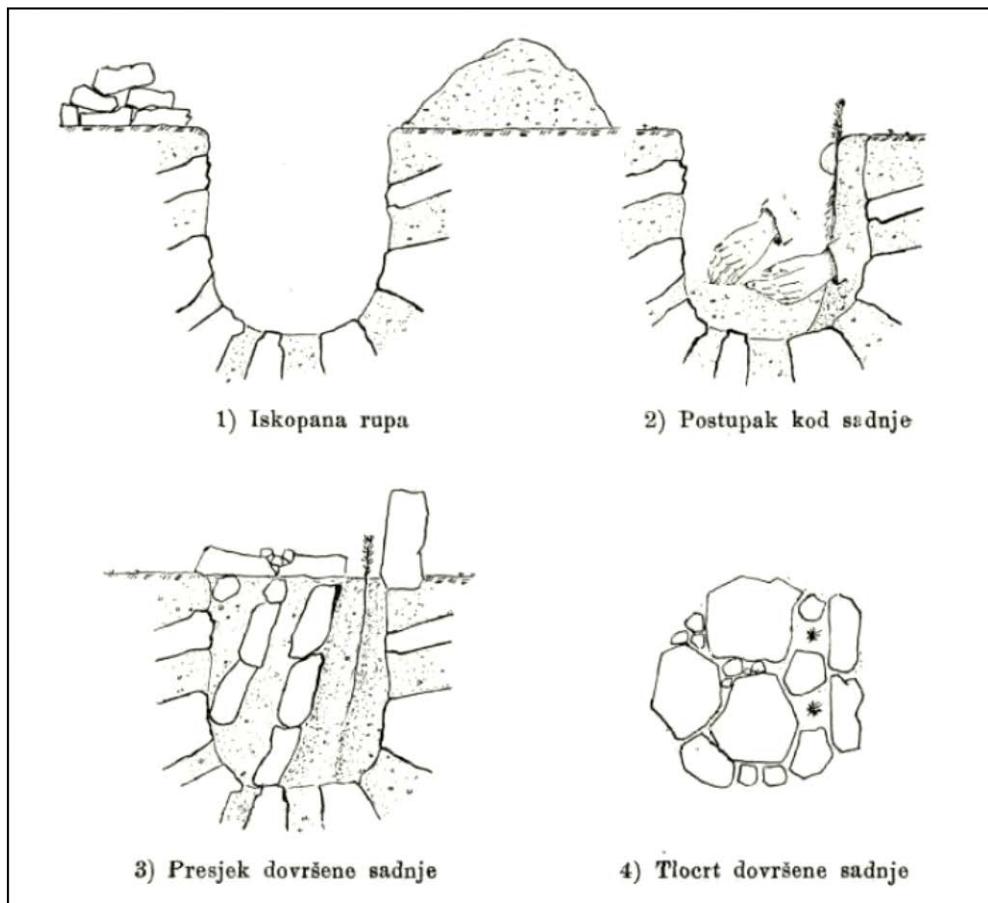
U uvjetima opožarenih površina na Mediteranu, priprema tla se u većini slučajeva odnosi na sječu i uklanjanje preostalih stabala i grmlja nakon požara, kao i onih stabala i grmlja koji se neće uklopiti u novu sastojinu, uništavanje i čišćenje korova i drugih materijala, potpunu ili djelomičnu obradu tla, posebno riperiranje na određene razmake i dubine, neophodno ravnanje tla i podizanje ograda zbog zaštite podignute kulture od divljači i stoke (Matić i Prpić, 1983.).

Dobra priprema tla često ima ključnu ulogu u uspjehu pošumljavanja. Ti se radovi u većini slučajeva moraju obavljati uz odgovarajuću mehanizaciju kao što su rotacijski sjekači, grebači tla, čistači za uništavanje travne i korovske vegetacije, motorne pile različitih dimenzija, grederi, buldozeri, različiti plugovi za djelomičnu obradu tla i dr

2.5.1. Priprema sadnog mjesta kopanjem jama

Ručno kopanje jama različitim alatima može se svrstati u postupak pripreme tla za pošumljavanje na krškom području.

O metodi pošumljavanja krškog područja sadnjom biljaka u jame pisali su mnogi autori. Jedan od prvih autora bio je Oraš (1940.), koji je najdetaljnije opisao način na koji se jama ručno kopa (Slika 14).



Slika 14. Pravilno iskopana jama (1), postupak kod sadnje (2), presjek dovršene sadnje (3), tlocrt dovršene sadnje (4). (Izvor: Oraš (1940.)).

Prije Oraša, osnovne principe sadnje sadnica u jame na kršu opisali su, kako navodi Horvat (1961.), Holl, Kosović, Gool, Schranaggl, Pucich, Kauders i drugi.

Kosović (1909.) piše da su mnoge površine po 15 puta popunjavane, a neke i nanovo pošumljavane. Uzroke neuspjeha Horvat (1961.) dijeli u tri glavne skupine faktora: mehaničke (matični supstrat, dimenzije jama, greške pri izvođenju sadnje itd.), ekološke (insolacija, vjetar, isušivanje, mraz, smrzavica itd.) i biološke (svojstva vrste drveća, fito, entomološki, antropogeni te biotski uzroci ugibanja). Ističe primarnu važnost supstrata pri sadnji u jame, budući se ne mogu uspješno kopati jame na plitkim tlima, koja leže na horizontalnoj ili slabo nagnutoj kompaktnoj kamenoj podlozi tzv. ploči. Kopanje je uspješno na dubljim tlima, aluvijalnim i diluvijalnim nanosima, udolinama sa dubljim tlom ili među

kamenjem odnosno kamenim slojevima, koji imaju dublje vertikalne raspukline ispunjene tlom.

Horvat (1961.), nadalje, nalazi da je upravo fizički napor najveći problem kod kopanja jama, što za posljedicu ima tendenciju kopanja plićih jama. Što zbog ekonomičnosti, a što zbog izbjegavanja fizičkog napora, ustalile su se minimalne dimenzije jama kod kojih biljka još može uspijevati. U tablici 2 Horvat prikazuje dimenzije jama prema različitim autorima.

Tablica 2. Dimenzije jama prema raznim autorima. (Prilagođeno prema: Horvat 1961.).

Red. br.	Autori	Dimenzije jama Dubljinacm	Promjer cm	Područje
1. Kožešnik Kosović	Hool	30—40	30—40	Kontinentalnog toralnog krša i lit-
2. Gool	Malbohan	30—35	30—35	degradiranog krša
3. Kauders		35—40	35—40	degradiranog krša
4. Pucich	Scharnaggl	30	30	degradiranog krša
5. Ettinger		45—60	40	diluvijalnog nanosa na na kršu
6. Beltram		60	—	fliša
7. Ziani		60—70	60—70	degradiranog krša
8. Šimunović		80	—	degradiranog krša

Horvat (1961.) navodi kako razvoj posadene sadnice u jami ne ovisi samo o veličini, nego i o materijalu strana jame, tvrdeći da ukoliko su strane pretežno od zemljanog materijala, onda postoje povoljniji uvjeti za razvoj korijenovog sustava, a samim time i biljke. Istiće kako je za uspjeh sadnice na kršu presudno i to kako su i koliko kameni blokovi napukli, jer o tome ovisi prodiranje žilja u dubinu. U protivnom, korijenje se ponaša kao višegodišnja sadnica u kontejneru, gdje se korijen nakon izvjesnog vremena, zbog nepropusnosti stijena i pomanjkanja prostora, nepravilno razvija i formira busen. Horvat (1961.), nadalje, utvrđuje kako se biljka u jami uobičajenih dimenzija može nesmetano razvijati godinu - dvije, a njen kasniji razvoj i preživljjenje ovisi o mogućnosti prodiranja stijena među pukotine.

Horvat (1961.) nalazi dimenzije jama ovisnim o prosječnoj veličini sadnice, količini tla u jami i utrošku rada. Nadalje, kako isti autor ističe, pri pošumljavanju se oblik jame približava prikraćenom čunju ili paraboloidu. U tablici 3. Horvat daje prikaz sadržaja tijela koja sliče iskopanoj jami, iz kojeg proizlazi kako se povećanjem dimenzija tijela za 10 cm povećava volumen sadržaja jame gotovo dvostruko.

Tablica 3. Prikaz sadržaja raznih tijela koja sliče iskopanoj jami. (Izvor: Horvat, 1961.).

Tek. broj	Tijelo	Dimenzije tijela u cm cm sadržaj kubnih metara					
		30x30x30	40x40x40	50x50x50	60x60x60	70x70x70	80x80x80
1. Kocka		0,027	0,064	0,125	0,216	0,343	0,512
2. Valjak		0,021	0,050	0,098	0,170	0,269	0,402
3. Prikraćeni čunj		0,012	0,029	0,057	0,098	0,157	0,234
4. Paraboloid		0,011	0,025	0,049	0,084	0,135	0,201

Što se tiče tla, Horvat (1961.) nalazi da na krškom području skeletne i skeletoidne čestice sačinjavaju od 5 – 80 % iskopanog materijala jame, dok na području mediteranskog i submediteranskog krša prevladavaju crvenice sa različitim podtipovima koje su teška glinena tla sa 94,10 % glinenih čestica. Isti autor napominje kako, prema analizi Gračanina, tla u okolini Senja, u neobrađenom stanju imaju vrlo mali kapacitet tla za vodu. Nadalje, tvrdi kako, po Gračaninu, tlo površine 1m^2 , dubine 20 cm ($0,2\text{ m}^3$) može primiti prosječno 40 litara vode, pa prema tome jama dimenzija $40 \times 40 \times 40\text{ cm}$ ($0,025\text{ m}^3$) može primiti 5 litara vode. Prema Horvatovim (1961.) ispitivanjima, kopanjem jama, razrahljeno tlo može upiti i do 3 puta veću količinu vode. Autor napominje da je ta količina na propusnoj krškoj podlozi i dalje vrlo mala uslijed okolnosti prilično brzog otjecanja u dubinu i još bržeg isparavanja. Iz tog razloga brzo nastupa oskudica vode, što dovodi do sušenja sadnica.

Horvat (1961.) u svojim istraživanjima utvrđuje i siromaštvo tala na kršu po pitanju hranjiva (N, P, K), ali ističe kako ih ipak ima dovoljno za opstanak sadnice na kršu, ako ima dovoljno vlage. Napominje kako biljka za vrijeme sušnog perioda vodi borbu sa oskudicom vode, što se očituje u slaboj razvijenosti korijenovog sustava biljke, a posljedično odražava i na slab prirast (visinski i debljinski) stabla.

2.5.2. Priprema tla za pošumljavanje uporabom mehanizacije

Osim pošumljavanja sadnjom u jame, na kršu se, prema Matiću i Prpiću (1983.), može pošumljavati na "gradonima". Prema Horvatu (1961.), sadnja na gradonima se prvo počela primjenjivati u Italiji. Gradoni su, prema Matiću i Prpiću (1983.), zasjeci širine od 70 do 120 cm, koji su najčešće napravljeni pomoću mehanizacije, u smjeru izohipsa na terenu. Kako piše Horvat (1961.), uloga gradona je lomiti snagu vode koja se slijeva niz padinu, pri čemu je upijaju i konzerviraju za sušni period. Na kršu se najčešće koriste na nagnutim terenima i tlima na flišnoj podlozi. Zasjek je uvijek nagnut prema brdu s nagibom od 30 %. Ako nagibi terena ne dozvoljavaju kopanje gušćih gradona, onda se svakih 3 m paralelno s gradonom kopaju zasjeci (gradoncini) isprekidani neobrađenim djelovima terena. Između gradona i gradoncina se mogu kopati i terase (piacole) duljine 1,5 - 2 m. Tlo gradona se prekapa u dubini od 40 cm te se na tako obrađenom tlu sade biljke u razmaku od 0,7 - 1 m.

Pionir istraživanja mehaničke obrade tla, u svrhu uspjeha podizanja šuma na kršu, svakako je Meštrović, koji u članku Šumarskog lista iz 1964. godine iz "Projekta o unapređenju Mediterana" Dušana Klepca iz 1958. godine citira: "*Mehanizacija omogućuje izvedbu radova koji su manuelnom radnom snagom praktički neizvedivi. To je osnovna prednost mehanizacije. Snaga jednog traktora pruža mogućnosti koje manuelni rad ne može dati, naročito u pogledu duboke obrade tla koja stvara nove horizonte u restauraciji prirodne sastojine*".

Nadalje, isti autor napominje manju cijenu koštanja izvršenih radova pomoću strojeva u odnosu na cijenu koštanja istih radova koji se izvode manualno. Navodi i daljnju prednost mehanizacije, koja se očituje u okolnosti ubrzavanja radova, što omogućuje iskoristivost povoljnih klimatskih prilika.

Meštrović (1964.) među prve radove bazirane na mehaničkoj obradi tla kod podizanja šuma u području Mediterana ubraja radove vršene u Alžиру (Sidi Medjahed) 1947. godine, i to u poluaridnim područjima. Takav način obrade tla vrlo se brzo proširio u zemljama Sjeverne Afrike, posebno u Alžиру i Maroku, a zatim i u Europi. Uvidjevši prednosti pripreme tla za pošumljivanje mehaničkim putem, većina mediteranskih zemalja slijedila je iskustva naprijed navedenih. To se u prvom redu odnosi na Italiju, Španjolsku te Francusku, koja je dobro iskoristila velika iskustva svojih stručnjaka koji su radili u Alžиру i Maroku te tamo vršili istraživanja. Danas se kod preko 80 % radova na pošumljivanju u francuskom Mediteranu primjenjuje mehanička obrada tla.

Nakon Meštrovića, o primjeni mehanizacije na kršu piše i Bogdan Dereta (1968.).

Tomašević (1994.) navodi kako su prvi strojevi na našem kršu bile motorne bušilice marke "Stihl 08" (strojevi prve generacije), koje su se koristile u pripremi sadnih mesta za pošumljavanje. Na području Dalmacije (Zadar, Knin, Split, Imotski) su dale zadovoljavajuće rezultate. Pri radu s motornim bušilicama bušile su se rupe određenog promjera, u koje su se sadile sadnice uzgojene u kontejnerima. Rad s bušilicama je bio brži nego klasično kopanje jama i jeftiniji za čak 10 puta, što je potvrdio Tomašević (1994.) kod pokusa na području Šumarije Imotski. Kao nedostatak Tomašević (1994.) navodi relativno visoki mortalitet u prvoj godini (24 %), što je bilo mnogo više u odnosu na klasičnu sadnju. Takav mortalitet obrazlaže činjenicom da se kod bušenja jama bušilicom, a i ručnim kopanjem jama, obradi vrlo mala površina tla, pa za vrijeme ljetnih suša u prvoj vegetacijskoj sezoni ugiba znatan broj biljaka, zbog nemogućnosti probijanja korijenskog sustava u dublje slojeve tla i dolaženja do prijeko potrebne vlage.

Sredstva za mehaničku obradu tla na Sredozemlju prema Meštroviću (1964.) :

- Roteri i riperi: razrivači ili općenito kultivatori za šumska i kamenita tla. Različitih su težina, a za radove u području Sredozemlja dolaze u obzir takvi strojevi težine 3 - 7 tona. Pomoću posebnih priključaka prikapčaju se na traktore odgovarajuće snage. Izbor težine stroja ovisi o dubini do koje želimo izvršiti obradu tla i samom terenu. Konstruirani su tako da se pomoću njih može izvršiti razbijanje nepropusnog sloja tla.
- Buldozeri (anglozeri): primjenjuju se za radove na mehaničkoj obradi tla pri podizanju šuma u području Sredozemlja kod izvođenja terasa, kao i kod ravnjanja i planiranja zemljjišta.
- Raset: stroj koji je konstruiran tako da na zupcima rotera ima horizontalno postavljen nož okrenut prema naprijed. Veliku primjenu nalazi kod uklanjanja visoke trave, rahljenja i rastresanja površinskih slojeva, za čupanje panjeva manjih dimenzija, a na lakšim tlima može izvršiti i kompletну obradu tla do dubine od 50 cm.

Prema Meštroviću (1964.), vidove mehaničke pripreme tla za pošumljavanje na Sredozemlju možemo podijeliti u četiri grupe:

1. Terasiranje
2. Kombinacija terasa i obrade u prugama
3. Obrada u prugama u nivou terena
4. Obrada u prugama okomito na slojnice.

Autor u dalnjem tekstu nabralja metode obrade tla koje se nalaze u svakoj od navedenih grupa. Pa tako navodi:

- podrivanje s razgrtanjem (skidanje gornjeg sloja),
- razgrtanje s podrivanjem,
- samo podrivanje,
- podrivanje s pravljenjem nasipa (hrpta) nad izoranom brazdom.

Prema Mihaliću (1988.) podrivanjem se smatra obrada koja se vrši paralelno s površinom tla na raznim dubinama. Dubina podrivanog sloja je od 8-15 cm, a ima za cilj povećati dubinu aktivnog sloja tla ubrzavajući filtraciju vode i obogaćujući podrivani sloj kisikom (razbijanje nepropusnog površinskog sloja tla).

Riperanje možemo svrstati u oblik podrivanja, koji karakterizira vertikalno dubinsko rahljenje tla na dubinama između 50 i 100 cm. Riperanje u Sredozemlju ima za cilj razbiti (razrovati) nepropusnu matičnu stijenu, koja se nalazi pri samoj površini, a nerijetko izbjija i na samu površinu tla, kako bi se došlo do tla spremnog prihvatići sadnice kod pošumljavanja.

Neki stariji autori (Meštović, Tomašević i dr.) često u svojim znanstvenim radovima koriste termin "podrivanje", no iz njihovih opisa postupaka podrivanja (vrste strojeva, dubina podriva i sl.) dade se zaključiti kako se zapravo radi o riperanju kao vidu pripreme tla za pošumljavanje.

Putujući mediteranskim dijelom Francuske, Meštović (1964.) opisuje njihova iskustva sa mehaničkom pripremom tla i metodom same obrade.

Na kraju zaključuje:

- da se, i pored poteškoća na Mediteranu (težak teren, nepovoljni klimatski uvjeti), veoma uspješno primjenjuje mehanička priprema tla za sadnju;
- da je problem mehaničke pripreme tla u Mediteranu tehnički riješen;
- da se pitanje metode rada na različitim terenima nalazi u stadiju izučavanja;
- da se obradom tla stvaraju povoljni biološki uvjeti za razvoj biljaka;
- uporabom mehanizacije ubrzavamo radove i smanjujemo troškove.

Tomašević (1994.) kaže kako se podrivanjem (riperanjem op.a.) tla vrši prva faza pripreme tla. Naglašava, kako se podrivanje (riperanje) može izvoditi čitave godine, a da je sadnju najbolje vršiti nakon prvih kiša. Nadodaje kako podrivanje (riperanje) možemo uspješno izvoditi na I., II., III. i djelomično IV kategoriji krškog terena.

Prema Piškoriću (1961.) težina krških terena kategorizirana je u 5 kategorija:

- I. kategorija: Tlo duboko, sipko, bez stijena, lako obradivo;
- II. kategorija: Tlo bez kamena ili s malo lako pokretljivog kamena. Gornji sloj zbijen i prožet jačim sistemom korijenja trave;
- III. kategorija: Matično stijenje izbjija mjestimično na površinu, dok se u tlu nalazi i krupno kamenje koje treba vaditi ili tlo sa sitnjijim, jače zbitim kršem;
- IV. kategorija: Tereni s jačim udjelom matičnog stijenja na površini i kamenog krša u tlu, pa je radi njegova odstranjivanja pri sadnji biljaka potrebno nositi zemlju sa strane. Katkada je potrebna i poluga pri kopanju jama za sadnju;
- V. kategorija: Teren je s jakim udjelom matičnog stijenja na površini, a slojnost nepovoljna. Uporaba poluge i donos zemlje sa strane uvijek su potrebni u klasičnom radu na pošumljavanju.

Riperanje poboljšava performanse biljaka u šumskoj kulturi povećavanjem dostupnosti vlage u tlu, ujednačenošću dubine sadnje, boljim razvojem korijenovog sustava i većom iskoristivošću tla (Morris i Lowery, 1988.; Miller 1993.).

U literaturi se mogu naći mnogobrojne metode mehaničke obrade tla, koje se primjenjuju kod različitih vrsta drveća za različite vrste terena: ravnanje, oranje, oranje sa nasipanjem, podrivanje, riperanje, brazdanje, drljanje, sjeckanje, grabljanje i td.

Mnogo autora se bavilo problematikom metoda pripreme tla (riperanjem) i njihovim utjecajem na rast i preživljavanje određenih vrsta: Berry (1979., 1986.); Francis i sur. (1984.); McClure (1984.); Morris i Lowery (1988.); Rathfon i sur. (1995.); Ashby (1996., 1997.); Kost i sur. (1998.); Ezell i Shankle (2004.); Fallis i Duzan (2004.); Carlson i sur. (2006.); Gwaze i sur. (2006., 2006.a, 2007.); Skousen i sur. (2009.); Moree i sur. (2010.); Self i sur. (2010., 2011.). Većina ovih istraživanja je na tlu SAD-a.

Tako primjerice za borove, u južnom dijelu SAD-a, pregledom istraživanja metoda mehaničke pripreme tla, Morris i Lowery (1988.) zaključuju da ravnanje i podrivanje tla imaju uglavnom pozitivni efekt na rast i preživljjenje. Za borove slične zaključke imaju i Fallis i Duzan (2004.) te Gwaze i sur. (2006.).

Iskustva Agaponova iz 1988. na erodiranim kamenitim padinama u sastojinama crnog bora na Krimeji, pokazuju da se metoda pripreme tla kod koje uvjetujemo dubinsku propusnost tla pokazala najboljom (Varelides i Kritikos, 1995.). Suprotno tome, podrivanje u kombinaciji s oranjem i nasipanjem (Francis i sur., 1984.) nije pokazalo utjecaj na rast i preživljjenje Eliottovog bora (*Pinus eliotti* Engelm.) u obalnom području Queenslanda (Australija).

Carlson i sur. (2006.) zaključuju kako oranje i podrivanje nemaju toliki utjecaj na rast i preživljjenje teda bora (*Pinus taeda* L.), kao što to ima, primjerice, gnojidba.

Ezell i Shankle (2004.) nalaze kako se uslijed podrivanja kod određenih vrsta hrastova i jasena značajno povećao visinski i debljinski prirast nakon samo jedne vegetacije.

Ashby (1996.) primjećuje značajno veće preživljjenje (33 %) na riperanom tlu u odnosu na neriperano tlo kod crnog oraha (*Juglans nigra* L.). Isti autor (1997.) utvrđuje kako je riperanje pozitivno ujecalo na prirast kod 16 različitih vrsta zasađenih u njegovu eksperimentu.

Rathfon i sur. (1995.) pišu kako podrivanje pridonosi dubljem zakorjenjivanju crvenog hrasta (*Quercus rubra* L.) u prvoj vegetaciji.

Moree i sur. (2010.) u svojim istraživanjima zaključuju kako *Quercus texana* Buckley ima 11 % bolji uspjeh na podrivanom tlu.

Self i sur. (2010.) izvještavaju o boljem preživljenju na samo podrivanom tlu pokrivenom korovskom vegetacijom, nego na podrivanom tlu sa dodatkom kemijskih supstanci (u svrhu borbe s korovskom vegetacijom).

Zamjetna je nedostatnost literature u materiji utjecaja mehaničke pripreme tla na uspjeh pošumljavanja u sredozemnom području. Po zastupljenosti znanstvenih istraživanja, najbrojniji su grčki, hrvatski i španjolski autori.

Što se tiče uspjeha pošumljavanja alepskim, primorskim i crnim borom, s obzirom na metode koje je koristio u četiri pokusa na području Dalmacije, Tomašević (1994.), zaključuje kako riperane površine pridonose akumulaciji vlage, što biljkama u sušnom periodu omogućava razvoj i preživljenje. Nadalje, nalazi da na riperanom terenu korijenov sustav biljke prodire u dublje horizonte tla, lakše dolazi do prijeko potrebne vode, što izaziva i brži visinski prirast. Također zaključuje da je u prvoj vegetaciji nakon sadnje preživljenje biljaka znatno veće na riperanom terenu, nego kod metoda sadnje pod kramp ili kod jama izbušenih bušilicom. Po njegovom mišljenju, tajna uspjeha pošumljavanja na riperanom terenu leži u činjenici da je tlo razrahljeno na veću dubinu, te se na taj način povećava kapacitet tla za vodu, što u ljetnom sušnom periodu ima presudnu ulogu kod preživljenja biljaka.

Tomašević (1995.) na području šumarija Šibenik, Zadar i Split eksperimentira s alepskim, primorskim i crnim borom te primjenjuje tri metode pripreme tla za pošumljavanje: sadnju pod kramp, sadnju u izbušene jamice bušilicom "Stihl 08" i sadnju na riperanom tlu. Nedvojbeno, zaključuje, kako se metoda riperanja tla pokazala najboljom metodom pripreme tla, uvezši u obzir preživljenje i visinski rast kod sve tri vrste. Što se tiče istraživanja pripreme tla za pošumljavanje u R. Hrvatskoj, zamjetna je duga stanka, sve do pojave Topića i sur. (2009.), koji su objavili rezultate istraživanja uspjeha sadnje običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* Nymann.) obzirom na pripremu tla. U tom radu potvrđuju Tomaševićeve zaključke, iako je njihov rad više baziran na međudjelovanju veličine kontejnera i pripreme tla, kakvih je u svijetu jako malo.

Varelides i Kritikos (1995.) su istraživali različite utjecaje mehaničke pripreme tla kod pošumljavanja primorskim borom te zaključili da je podrivanje (riperanje) tla dalo najbolje rezultate.

Navarro Cerillo i sur. (1997.) su se bavili istraživanjem utjecaja pripreme tla na preživljavanje 5 različitih vrsta drveća. Napominju kako za bolje rezultate pošumljavanja treba vršiti što intenzivniju pripremu tla. Querejeta i sur. (2001.) u svojim istraživanjima kod

alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) zaključuju kako je terasiranje u kombinaciji s podrivanjem (riperanjem) akumuliralo 40 % više vode, nego terasiranje u kombinaciji s kopanjem jama. Analiza gubljenja vlage iz tla na različitim dubinama pokazala je kako je sadnicama pristup vodi u dubljim slojevima tla ometan vrlo visokom otpornošću tla na prodiranje korijenja kod ručnog kopanja jama. Kao rezultat limitirane dostupnosti vlage u tlu, sadnice su na terasama sa ručno kopanim jamama imale preživljenje od 68 %, a na podrivanim (riperanim) terasama čak 98 %.

Utjecaj pripreme tla na zapuštenim poljoprivrednim površinama na uspjeh sadnje alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) i hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) opisali su Bocio i sur. (2001.). Autori zaključuju kako se podrivanje (riperanje) pokazalo kao vrlo dobra metoda obrade teških, poljoprivrednim strojevima zbijenih, kompaktnih poljoprivrednih površina.

Nicolás i sur. (1997.) su, između ostalog, utvrdili kako je duboko oranje pozitivno utjecalo na klijavost i preživljenje kod alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) i hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u odnosu na neobrađeno tlo.

Nicolás i sur. (2004.) su kod portugalskog hrasta (*Quercus faginea* Lam.), koristeći mehaničko bušenje jama i riperanje, došli do saznanja da je kod jednogodišnjih i dvogodišnjih (1+0 i 2+0) sadnica preživljenje bilo veće na riperanom tlu, dok su visinski i debljinski prirast išli u korist mehanički bušenih jama.

Palacios i sur. (2009.) kod hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) također opažaju veće preživljenje te visinski i debljinski prirast na tlu obrađenom riperom, dvije godine nakon sadnje.

2.6. Međudjelovanje postupaka u rasadniku i pripreme tla

Generalno gledajući, rasadničarski istraživači se bave postupcima i metodama u proizvodnji biljnog materijala u rasadniku kao što su supstrati, uporaba gnojiva i tipovi kontejnera, kako bi proizveli što kvalitetniju sadnicu, dok su šumari skloni proučavati i procijenjivati primjenu različitih metoda pripreme staništa (npr. mehanička ili ručna obrada, uporaba sjenila, uporaba herbicida, datum sadnje i td.). Zbog takvog odvojenog pristupa, pokusi koji kombiniraju postupke u rasadniku sa pripremom staništa su rijetki, a kao rezultat toga javlja se okolnost bogatih saznanja o glavnim (pojedinačnim) učincima te vrlo oskudnih saznanja o njihovom međusobnom odnosu (South i sur., 2001.).

Radove koji se bave problematikom međusobnog djelovanja kvalitete sadnice i pripreme tla napisali su Navarro i sur. (2004.) te Palacios i sur. (2008.) za bor piniju, Topić i sur. (2009.) za obični čempres te Palacios i sur. (2009.) za hrast crniku.

Palacios i sur. (2008.) uočavaju kako kvalitetnija sadnica pinije i mehanička obrada tla riparanjem zajedno pozitivno utječu na rast korijena u duljinu i debljinu, u odnosu na manje kvalitetnu sadnicu i sadnju u ručno iskopanim jamama.

Palacios i sur. (2009.) pišu kako je mnogo proturječnih preporuka oko toga koja je rasadnička praksa najbolja i koja su svojstva biljke najbolja, zbog vrlo velike varijabilnosti u kvaliteti sadnica. Biljke slabije kvalitete pokazuju slabije morfološke i fiziološke karakteristike koje umanjuju njihovo djelovanje u šumskoj kulturi, pod stresnim uvjetima. Isto tako navode kako režim uzgajanja sadnica u rasadniku može čvrsto odrediti funkcionalne karakteristike biljke i njihovo djelovanje u šumskoj kulturi. Primjerice, Villar - Salvador i sur. (2004.) tvrde kako je za proizvodnju visokokvalitetne sadnice hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u rasadniku potrebno upotrebljavati krute kontejnere zapremnine od $300 - 500 \text{ cm}^3$, napunjene mješavinom perlit / vermiculit i treseta, sa jakim programom gnojidbe.

3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

1. Ispitati i analizirati morfološka svojstva jednogodišnjih sadnica istraživanih sredozemnih vrsta drveća obzirom na tip kontejnera.
2. Kod istraživanih vrsta utvrditi utjecaj tipa kontejnera i pripreme tla na preživljenje biljaka u šumskoj kulturi, u prvih šest godina nakon sadnje.
3. Kod istraživanih vrsta utvrditi utjecaj tipa kontejnera i pripreme tla na visinski rast biljaka u šumskoj kulturi, u prvih šest godina nakon sadnje.
4. Kod istraživanih vrsta utvrditi utjecaj tipa kontejnera i pripreme tla na promjer biljaka u šumskoj kulturi, šest godina nakon sadnje.
5. Utvrditi vrste drveća koje se mogu koristiti u praksi kod pošumljavanja degradiranih sredozemnih krških terena.

Rezultati istraživanja naći će primjenu u šumarskoj praksi, kojoj će doprinijeti, omogućujući racionalnije i uspješnije podizanje šuma na kršu uz povećanje njihove gospodarske i ekološke vrijednosti, uz doprinos zaštiti i očuvanju okoliša uopće.

5. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Područje istraživanja

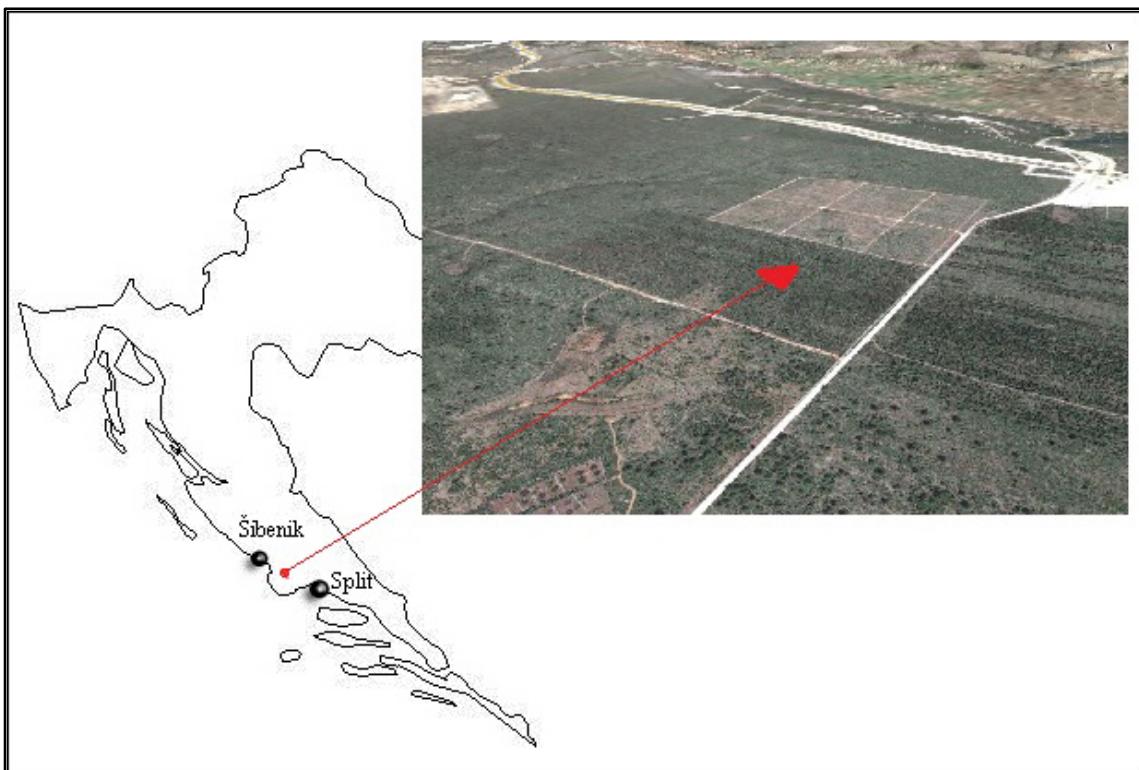
Elementi koji su utjecali na izbor lokaliteta:

- 1) dostupnost površine u svako doba, odnosno postojanje prikladnog puta do pokusnog objekta;
- 2) reprezentativnost objekta kao predstavnika tipičnog sredozemnog krškog područja u R. Hrvatskoj;
- 3) pogodnost objekta za mehaničku obradu tla (riperanje).

Uzevši u obzir sve navedene elemente izabran je lokalitet "Podi", koji se nalazi u odjelu / odsjeku 20 d, Gospodarske jedinice "Jamina", kojom gopodari Šumarija Šibenik, podružnica Uprava šuma Split, Hrvatske šume d.o.o., Zagreb.

Prema programu gospodarenja autora Klarić i sur. (2003.), Gospodarska jedinica "Jamina" smještena je na velikom području od obale Jadranskoga mora sa šibenskim otocima do Prokljanskog jezera te na istoku do Vrpolja. Jadransko more i šibenski otoci Krpanj, Vela Sestrica i Mala Sestrica čine južnu granicu gospodarske jedinice. Zapadna granica počinje od Vodica prema Bribirskim Mostinama. U mjestu Crljenkova glavica skreće prema Velikoj i Maloj Mrdakovici, Zatonu i Raslini te ide preko Prokljanskoga jezera u uvalu Vrulje. Od uvale Vrulje granica ide asfaltnom cestom do Šibenika, zatim preko Ražina, Dubrave, Danilo Birnja do Bedrca. Istočna granica počinje od Bedrca i završava u Vrpolju. Južna granica počinje od Vrpolja, cestom Split – Šibenik do raskrižja za Jadrtovac i tamo se asfaltnim putem spušta do mora. Kroz gospodarsku jedinicu prolazi autocesta Zagreb – Dubrovnik.

Odsjek 20 d naprijed navedene gospodarske jedinice je u suradnji sa Samostalnim odjelom za šumarstvo Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu, izdvojen kao trajni znanstvenoistraživački objekt "Jamina", na kojem se obavljaju istraživanja vezana za uspjeh pošumljavanja s obzirom na vrstu drveća, tipove kontejnera i metode pripreme tla.

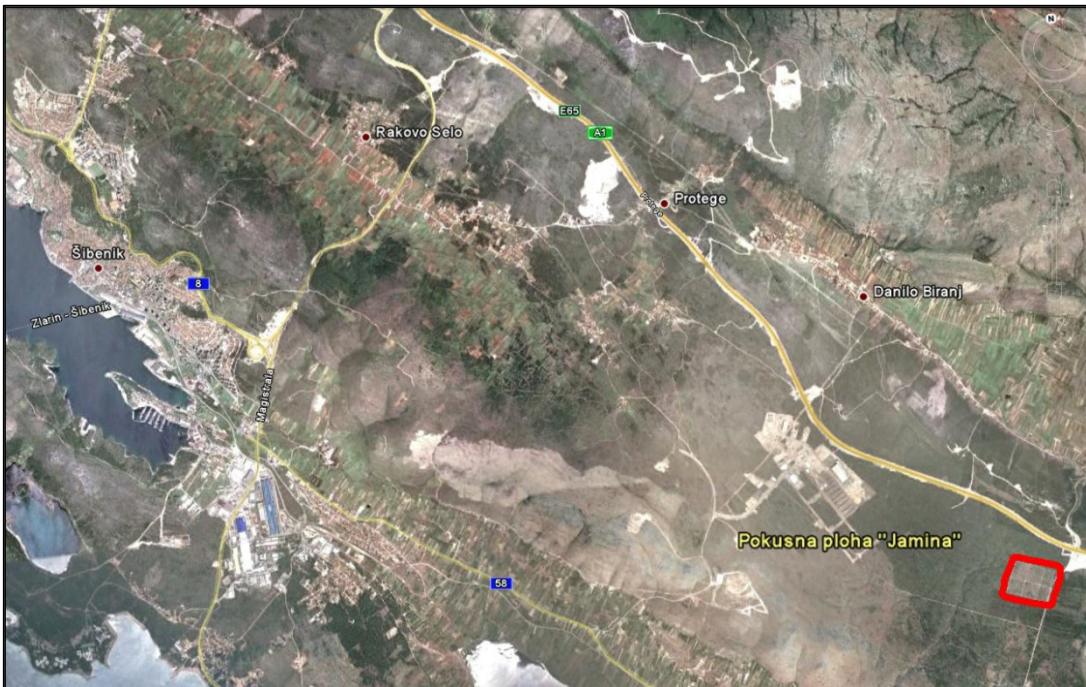


Slika 15. Pokusni objekt "Jamina" (www.earth.google.com)

Pokusni objekt se nalazi u sredozemnom području R. Hrvatske, 9 km zračne linije jugoistočno od Šibenika (Slike 15 i 16) i 4,5 km zračne linije od morske obale.

Pokusni objekt "Jamina" se nalazi na $43^{\circ}41'37''$ sjeverne geografske širine i $16^{\circ}01'01''$ istočne geografske dužine. Pravokutnog je oblika i ima površinu 15,26 ha (436×350 m = 152.600 m²). Duža stranica pravokutnika (436 m) ide u smjeru sjeverozapad-jugoistok.

Pokusni objekt se nalazi na nadmorskoj visini od 150 - 156 m, južne je ekspozicije i nagiba od 5 - 10°.



Slika 16. Zemljopisni položaj pokusnog objekta "Jamina". (Izvor: www.earth.google.com).

4.1.1. Geološke i pedološke značajke pokusnog objekta

Geološka podloga na kojoj se nalazi pokusni objekt "Jamina" (Slika 17) sastoji se od krednih vapnenaca i dolomita.

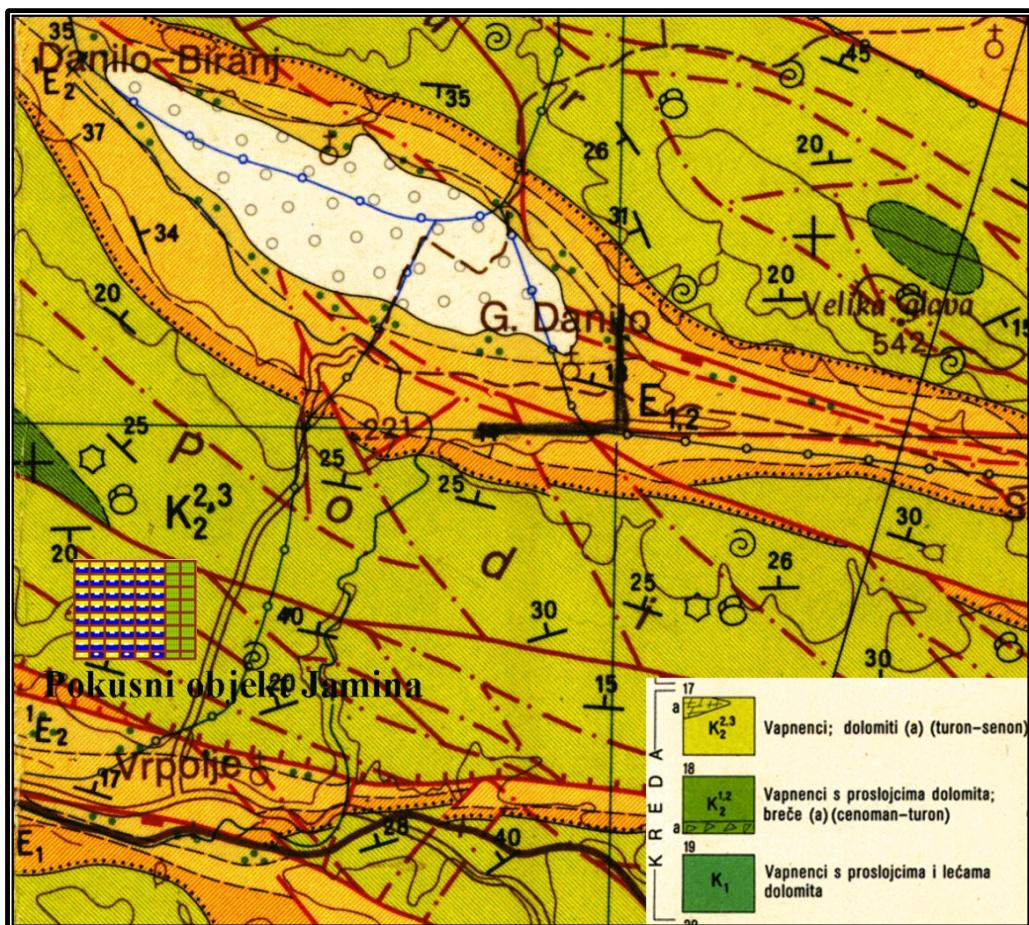
Opis geološke podlage preuzet je iz programa gospodarenja gospodarskom jedinicom "Jamina" autora Klarić i sur. (2003.).

Kredni vapnenci su obično čisti, uslojeni vapnenci s lokalnim pojavama pločaste i gromadaste strukture. Na pokusnom objektu "Jamina" matični supstrat se u većoj ili manjoj mjeri nalazi na površini, bilo da se radi o gromadastim stijenama ili o skeletu različite veličine. Bitna značajka ovih karbonatnih stijena je vertikalna slojevitost i izlomljena struktura s brojnim, ali malim džepovima tala u kojima se naselila vegetacija. I pored izrazite kamenitosti površine su ipak manje ili više obrasle.

Gornja kreda ima veliko rasprostranjenje. Na cijelom svom prostranstvu Dinarida predstavljena je uglavnom vapnencima i dolomitima. U vapnenačko-dolomitnoj faciji gornje krede odnosno, jadranskom tipu razvića, mogu se izdvojiti u donjem dijelu bijeli i sivi oolitični vapnenci i vapnenačke breče koje najviše prelaze u vapnence s rožnacima. U vapnenačkim odsjecima ove donje serije nalazi se bogata, ali loše očuvana fosilna fauna u kojoj su gasteropodi, koralji, rudisti i foraminiferi najviše zastupljeni. Preko ovih sedimenata

obično leže vapnenci i dolomiti koji su u donjem dijelu uslojeni u tanje, a u gornjem dijelu prelaze u deblje slojeve.

Rudinasti vapnenci krede i kredni vapnenci s rožnjacima, te numilitni brečasti vapnenci – slojevi mlađeg paleogena veoma su nepovoljan matični supstrat, jer se fizikalno i kemijski vrlo sporo troše. Stoga je njihova trošina obično siromašna kalcijevim karbonatom usprkos činjenici da oni predstavljaju gotovo čisti kalcijev karbonat.



Slika 17. Detalj sa osnovne geološke karte SFRJ, Drniš; M 1:100.000 s pozicijom pokusnog objekta "Jamina", Prilagođeno. Izvor: Ivanović i sur. (1978.); Kartu izradio Institut za geološka istraživanja

Prema M. Gračaninu (1987.) pedogenetski čimbenici su oni koji su sudjelovali ili sudjeluju u procesima razvitka pedosfere, odnosno tala kao njezinih sistematskih jedinica. Četiri su glavna izvora tih činitelja: litosfera, atmosfera, hidrosfera i biosfera.

Matični supstrat (litosfera) ima za postanak tala najveću važnost, jer gotovo sav mineralni dio tla, koji iznosi oko 86 - 90 % njihove ukupne mase, potječe iz stijena (Martinović 1997.). Na određenim matičnim supstratima mogu se očekivati različiti tipovi tala.

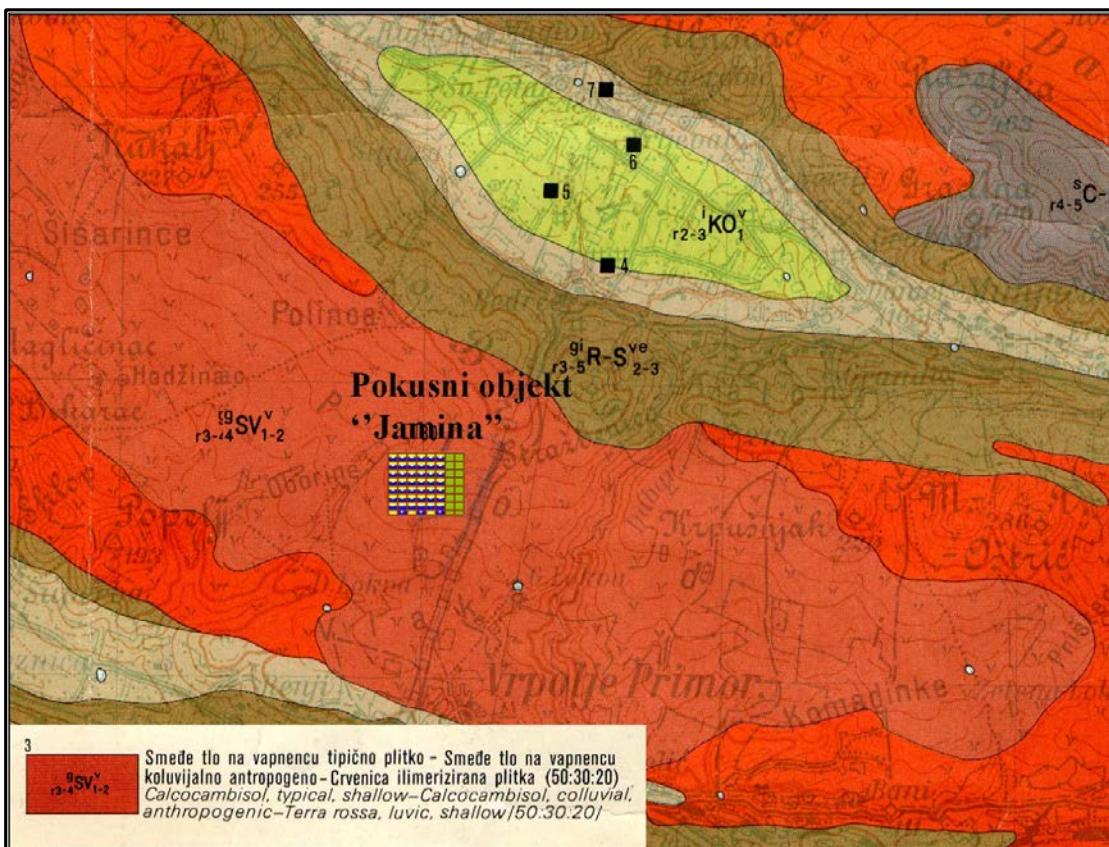
Postanak tala je dug i specifičan proces, a ovisi o procesima trošenja koji se zbivaju na određenoj podlozi. Od matičnog supstrata zavise mnoga svojstva tala, kao dubina, fizička svojstva, minerali i kemijski sastav. Matični supstrat također utječe i na pravac evolucije tala. Na razvoj tala djeluje atmosfera i to padalinama, toplinom i vjetrovima, biosfera tj. flora i fauna te ljudi (Martinović, 2000.).

Kako vidimo sa slike 18, pokusni objekt "Jamina" se nalazi na području smeđeg tla na vapnencu i dolomitu.

Opis smeđeg tla na vapnencu preuzet je iz knjige "Tla u Hrvatskoj" autora Jakoba Martinovića iz 2000. godine.

Sklop profila *Amo-(B)-rz-R*. Kalcikambisol se formira isključivo na tvrdim i čistim vapnencima ili dolomitima koji imaju manje od 1 % nerastvorenog ostatka. Kao izvor mineralnog dijela tla lokalno se javlja i praškasti materijal eolskog podrijetla. Najzastupljeniji je varijetet plitkog tla (25 - 35 cm). U području rasprostranjenosti kalcikambisola, stjenovitost je značajna (30 - 50 %). U humusno-akumulativnom horizontu struktura je mrvičasta do graškasta, a u (B)rz horizontu poliedrična do orašasta. Po teksturi, tlo pripada ilovastim glinama. Ukupni porozitet iznosi 45 - 65 %. Kapacitet biljkama pristupačne vode kreće se u rasponu od 50-150 mm, pa je režim padalina odlučan za stanje opskrbljenosti tla vodom. Sadržaj humusa i ukupnog dušika varira u širokim granicama (5 - 20 % i 0,1 do 1 %). Tlo je u pravilu slabo opskrbljeno rastopljivim fosforom (oko 1 mg/100 g tla), a srednje rastopljivim kalijem (10 - 20 mg/100 g tla). Zasićenost bazama u adsorpcijskom kompleksu u pravilu je viša od 50 %. To je najrasprostranjenije šumsko tlo u Hrvatskoj. Kalcikambisol antropogenizirani ima vrlo malu rasprostranjenost i to isključivo u mediteranskom području.

Smeđa tla na vapnencima i dolomitima zauzimaju približno 17 % ukupnog teritorija Republike Hrvatske.



Slika 18. Detalj sa pedološke karte RH, M 1:50.000 područje Šibenika sa pozicijom pokusnog objekta "Jamina"; prilagodeno. (Izvor: Čolak i Martinović, 1981.).

4.1.2. Klimatske značajke istraživanog područja

Klima je jedan od bitnih prirodnih čimbenika koji utječe na morfologiju reljefa, vodne tokove, genezu i plodnost tla, a time i na rasprostranjenost i raznolikost biljnog pokrova. Za opis klime nekog područja koriste se prosječne vrijednosti glavnih klimatskih elemenata i meteoroloških pojava u određenom vremenskom razdoblju, kao što su temperatura zraka, količina oborina, vlaga zraka, smjer i brzina vjetra, naoblaka, trajanje sijanja sunca i dr. Na temelju usporedbe klimatskih elemenata izvode se tipovi klime određenog područja.

Za opis klime područja na kojem se nalazi pokušni objekt "Jamina" služili su podaci najbliže meteorološke postaje – postaje Šibenik (77 m n. v.) za razdoblje 1970. – 2010. godine.

Prema Langovoj i Köppenovoj klasifikaciji klime, obilježje klimatske zone u kojoj se nalazi šibensko područje, unutar kojeg se nalazi i pokušni objekt, jest mediteransko semiaridna klima sa srednjom godišnjom temperaturom zraka od $15,4^{\circ}\text{C}$, s temperaturnim minimumom u siječnju i maksimumom u srpnju. Prosječna godišnja količina oborina iznosi 778,6 mm.

Prema Köppenovoj klasifikaciji, klima ovog područja ima oznaku "Csa", a to znači da pripada tipu sredozemne klime s vrućim ljetom. Glavno obilježje ovog tipa klime je srednja temperatura najtoplijeg mjeseca veća od 22°C . Najveći dio oborina pada tijekom jeseni i zime, a najmanji dio u ljetnom razdoblju.

Prema Langovom kišnom faktoru (KFg), koji predstavlja odnos između srednje godišnje količine oborina i srednje godišnje temperature zraka, područje Šibenika pripada semiaridnoj klimi s kišnim faktorom od 50,47.

Klimatološka postaja Šibenik udaljena je od istraživanog područja 9 km zračne linije, te se podaci mogu koristiti za opisivanje klimatskih prilika.

4.1.2.1. Temperatura zraka

Temperatura zraka je meteorološki element koji se najčešće koristi za definiranje vremena i klime, koji posredno utječe na razvoj i uopće opstanak pojedinih biljnih vrsta i biljnih zajednica.

Zbog toga se za potrebe proučavanja klime na klimatološkim postajama temperatura mjeri tri puta na dan - u 7, 14 i 21 sat. Uz termometre (suhi, mokri, maksimalni i minimalni), u meteorološkom zaklonu se nalazi i termograf koji na termogramima registrira promjene

temperature zraka tijekom jednog dana i tjedna, iz sata u sat. Te promjene mogu biti značajne ili pak neznatne i ovise o geografskom položaju mjernog mjesta, nadmorskoj visini, godišnjem dobu, naoblaci, oborinama, vjetru i sl.

Na dnevni, mjesecni ili godišnji hod temperature mogu utjecati i prolasci velikih sustava poput anticiklona i ciklona i njima pripadajućih frontalnih sustava (tople i hladne fronte). Prolasci tih sustava mijenjaju se iz godine u godinu, tako da je za potpunu i pouzdanu analizu o varijacijama klime potrebno raspolagati meteorološkim podacima u vremenskom nizu od 30 i više godina. Temperaturne prilike analizirane su pomoću srednjih i ekstremnih mjesecnih i godišnjih temperatura zraka, njihovih sezonskih vrijednosti i vrijednosti u vegetacijskom periodu na meteorološkoj postaji u Šibeniku, za razdoblje od 1970. do 2010. godine (tablice 3, 4, 5).

Godišnji hod prosječnih mjesecnih temperatura pokazuje pravilne promjene u obliku jednostrukog vala s karakterističnim porastom od minimuma u siječnju ($7,1^{\circ}\text{C}$) do maksimuma u srpnju ($25,1^{\circ}\text{C}$). Srednja godišnja temperatura zraka iznosi $15,4^{\circ}\text{C}$, dok je srednja minimalna vrijednost od $3,7^{\circ}\text{C}$ zabilježena u siječnju, a srednja maksimalna u kolovozu ($28,1^{\circ}\text{C}$) (Tablica 4).

Tablica 4. Srednje mjesecne i godišnje, te maksimalne i minimalne srednje mjesecne i godišnje vrijednosti temperatura zraka u Šibeniku.

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
T sred ($^{\circ}\text{C}$)	7,1	7,5	10,2	13,4	18,5	22,3	25,1	24,7	20,4	16,2	11,5	8,2	15,4
T max ($^{\circ}\text{C}$)	10,1	10,5	13,9	16,2	21,2	26,6	27,3	28,1	23,2	18,5	14,5	10,4	16,5
T min ($^{\circ}\text{C}$)	3,7	4,1	5,3	10,2	15,0	20,3	23,2	20,6	17,2	11,7	8,5	4,6	14,3

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik. Meteorološki podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

Iz tablice 5 vidljivo je da ovo područje ima i osjetna temperaturna kolebanja, koja se smjenjuju tijekom jednog dana, tjedna i mjeseca. Apsolutna minimalna temperatura u ovom razdoblju iznosi $-8,6^{\circ}\text{C}$ i javlja se u siječnu, a apsolutna maksimalna zabilježena je u mjesecu kolovozu i iznosi $39,2^{\circ}\text{C}$. Nadalje je vidljivo da se negativne temperaturne vrijednosti tijekom godine javljaju od studenog i da zalaze u čitavo proljeće do svibnja, tako

da je šest mjeseci, odnosno 180 dana, bez temperatura ispod 0 °C, što ukazuje na znatno duži vegetacijski period u odnosu na submediteransko područje.

Tablica 5. Apsolutne maksimalne i minimalne vrijednosti temperature zraka u Šibeniku.

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Tmax (°C)	21,4	22,7	26,2	28,8	34,0	37,6	38,2	39,2	35,4	30,0	28,4	20,3	39,2
Tmin (°C)	-8,6	-7,2	-6,6	-0,1	5,0	8,5	11,6	10,2	6,9	2,1	-2,8	-8,4	-8,6
Ampl (°C)	30,0	29,9	32,8	28,9	29,0	29,1	26,6	29,0	28,5	27,9	31,2	28,7	47,8

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Meteorološki podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

Kako je poznavanje prosječnih temperaturnih vrijednosti u svakom godišnjem dobu važno zbog potpunog sagledavanja klimatskih uvjeta i globalnog usklađivanja ljudskih djelatnosti prema njemu, ovdje su analizirane i srednje sezonske vrijednosti temperature zraka, te temperature zraka u vegetacijskom razdoblju (Tablica 6).

Tablica 6. Srednje sezonske vrijednosti temperature zraka i njihove vrijednosti u vegetacijskom periodu za područje Šibena.

	Zima	Proljeće	Ljeto	Jesen
T sred (°C)	7,6	14,0	24,0	16,0
Vegetacijski period				
T sred (°C)	20,7			

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

Ove temperaturne vrijednosti sa sigurnošću se mogu primjenjivati na čitavom šibenskom području.

4.1.2.2. Oborine

Pri definiranju klime određenog područja sljedeći važan meteorološki element su oborine. Pod dnevnom količinom oborina podrazumijeva se količina oborina izmjerena od 7 sati prethodnog dana do 7 sati promatranog dana.

Registrirane oborine na meteorološkoj postaji Šibenik, za razdoblje od 1970. do 2010. godine, pokazuju da područje Šibena ima prosječnu godišnju količinu oborina od 778,6

mm, i maksimalnu količinu od 1 059,6 mm, zabilježenu 1996. godine, što daje ovom području obilježja subhumidne klime. Maksimalne srednje mjesečne količine oborina javljaju se u mjesecu studenom i iznose $101,4 \text{ mm/m}^2$, a minimalne u srpnju i iznose $26,9 \text{ mm/m}^2$. U prosincu su zabilježene najveće maksimalne dnevne količine oborina od $166,2 \text{ mm/m}^2$, a najmanje maksimalne u siječnju i iznosile su $48,4 \text{ mm/m}^2$ (Tablica 7).

Tablica 7. Srednje mjesečne i godišnje te maksimalne dnevne količine oborina u Šibeniku.

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Srednje mjesečne količine oborina (mm)													
Šibenik	73,3	59,3	66,4	66,8	49,2	52,9	26,9	45,4	72,6	78,7	101,4	85,6	778,6
Maksimalne dnevne količine oborina (mm)													
Šibenik	48,4	60,2	55,2	52,3	59,9	63,2	50,2	94,4	69,6	79,9	79,3	166,2	166,2

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

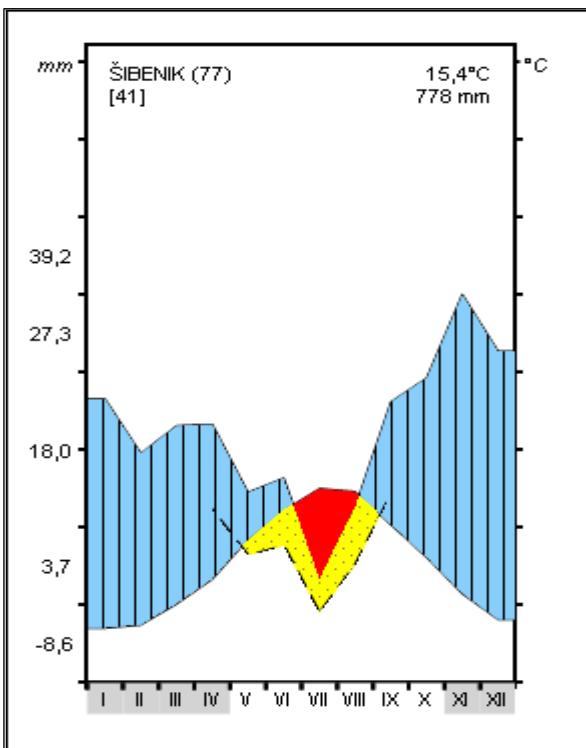
Najveća količina oborina padne u jesenskom periodu ($252,7 \text{ mm/m}^2$), s maksimumom u studenom. Zimski period ima $218,2 \text{ mm}$, proljetni $182,4 \text{ mm}$, dok se tijekom ljeta oborine kreću u granicama između $26,9 \text{ mm/m}^2$ u mjesecu srpnju i $52,9 \text{ mm/m}^2$ u mjesecu lipnju. Nije rijedak slučaj da pojedini ljetni mjeseci ili uopće nemaju oborina ili one padaju u veoma malim količinama. Za vrijeme vegetacijskog perioda, u razdoblju od travnja do rujna, padne 313 mm/m^2 oborina, odnosno 40,2 % od ukupne godišnje količine (Tablica 8).

Tablica 8. Srednje sezonske vrijednosti količine oborina, oborina u vegetacijskom periodu i izvan njega za područje Šibenika.

	Zima	Proljeće	Ljeto	Jesen
O sred (mm)	218,2	182,4	125,2	252,7
U vegetacijskom periodu			Izvan vegetacijskog perioda	
O sred (mm)	313,8		464,8	

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. god.

Radi boljeg uvida u kretanje temperature i oborina u istraživanom razdoblju za područje Šibenika izrađen je klimatski dijagram (Slika 19). Na njemu je prikazan međusobni odnos srednje mjesečne temperature zraka i količine oborina na temelju dugogodišnjeg mjerjenja. Odmah se uočava da je temperaturna krivulja iznad krivulje oborina u čitavom vegetacijskom razdoblju, dakle razdoblju koje karakterizira suša ili deficit u vodi. Ostali dio godine je humidan, oborinska krivulja je iznad temperaturne.



Slika 19. Klima dijagram meteorološke postaje Šibenik po H. Walteru.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. god.

Na temelju obrađenih podataka o temperaturi i oborinama izračunat je i mjeseci kišni faktor po M. Gračaninu (Tablica 9).

Tablica 9. Mjeseci kišni faktor meteorološke postaje Šibenik prema M. Gračaninu.

Mjesec	Srednje mjesecne oborine mm	Srednje mjesecne temperature °C	Mjeseci kišni faktor	Klimatske oznake po Gračaninu
Siječanj	73,3	7,1	10,3	humidno
Veljača	59,3	7,5	7,9	humidno
Ožujak	66,4	10,2	6,5	semihumidno
Travanj	66,8	13,4	5,0	semihumidno
Svibanj	49,2	18,5	2,7	aridno
Lipanj	52,9	22,3	2,4	aridno
Srpanj	26,9	25,1	1,1	aridno
Kolovoz	45,4	24,7	1,8	aridno
Rujan	72,6	20,4	3,6	semiaridno
Listopad	78,7	16,2	4,9	semiaridno
Studeni	101,4	11,5	8,8	humidno
Prosinac	85,6	8,2	10,4	humidno

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

Iz tablice 9 je vidljiv aridni karakter klime u mjesecu svibnju, lipnju, srpnju i kolovozu, semihumidni karakter u ožujku i travnju, semiaridni karakter u rujnu i listopadu, dok su humidna obilježja klime u siječnju, veljači, studenom i prosincu.

4.1.2.3. Relativna zračna vлага

Relativna vlažnost zraka meteorološki je element koji pokazuje do kojeg je postotka zrak zasićen vodenom parom pri određenoj temperaturi zraka. Poznavanje relativne vlažnosti zraka posebno je važno za rast i razvoj šumskog drveća i raslinja jer stvaranje oblaka, kiše, magle, mraza,inja i drugih meteoroloških pojava upravo ovisi o količini vlage u zraku. Minimalna vlažnost određuje se iz tri elementa motrenja (7, 14, 21 sat), pa to ne mora biti i najniža vлага toga dana (Bajić i Vučetić, 1994.).

Tablica 10. Srednje i minimalne mjesечne vrijednosti relativne vlažnosti zraka za Šibenik.

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Srednja mjesечna relativna vlažnost zraka (%)													
Šibenik	62	58	58	59	58	55	49	52	58	63	64	62	58
Minimalna mjesечna relativna vlažnost zraka (%)													
Šibenik	11	11	10	14	18	18	15	17	16	16	16	9	9

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

Srednja godišnja relativna vlažnost zraka u Šibeniku iznosi 58 %. U srpnju je najniža relativna vlažnost zraka koja iznosi 49 %. Period s najvišom relativnom vlažnošću zraka nastupa u studenom te iznosi 64 %. U vegetacijskom periodu, u razdoblju od travnja do rujna, srednja mjesечna vlažnost zraka iznosi 55 % (Tablica 10).

4.1.2.4. Meteorološke pojave

Osim meteoroloških elemenata (temperatura zraka, oborine, vlažnost zraka itd.) obilježja klimatskih prilika daju i meteorološke pojave (mraz, rosa, magla). Za meteorološku postaju Šibenik dostupni su nam samo podaci o mrazu, koji nastaju sublimacijom vodene pare uslijed noćnog ohlađivanja pri vedrom i tihom vremenu, kad je temperatura zraka ispod 0 °C. Rani mraz se u umjerenim širinama može pojaviti u jesen, a kasni u proljeće. Budući je ta pojava povezana s niskim temperaturama zraka, u proljeće kada počinje vegetacija, može

nanijeti znatne štete biljkama. Jesenski mraz nanosi manju štetu pošto se višegodišnje biljke pripremaju za zimsko mirovanje, a jednogodišnje biljke su završile svoj razvoj. Iz tog razloga bitno je poznavati srednje i ekstremne datume pojave mraza kao i vrijednosti njegove pojave na nekom području (Bajić i Vučetić, 1994.).

Na istraživanom području mraz se javlja od studenog do ožujka, a prosječno godišnje u ovom razdoblju imamo 11 dana s mrazom, maksimalno 44 dana. Najviše dana s mrazom je u prosincu i siječnju (Tablica 11).

Tablica 11. Srednji mjesecni i godišnji broj dana s mrazom te maksimalni godišnji i ukupni broj dana s mrazom za Šibenik.

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred	3,7	2,3	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0,9	3	11,0
Max	11	8	6	0	1	0	0	0	0	0	9	9	44
Ukupno	153	89	44	0	1	0	0	0	0	0	37	124	448

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

Mraz je na istraživanom području manje opasan nego u kontinentalnim dijelovima. Kasniji proljetni mraz javlja se do kraja ožujka, a rani jesenski mraz počinje u studenom, tako da za vrijeme vegetacijskog perioda nije zabilježena pojava mraza.

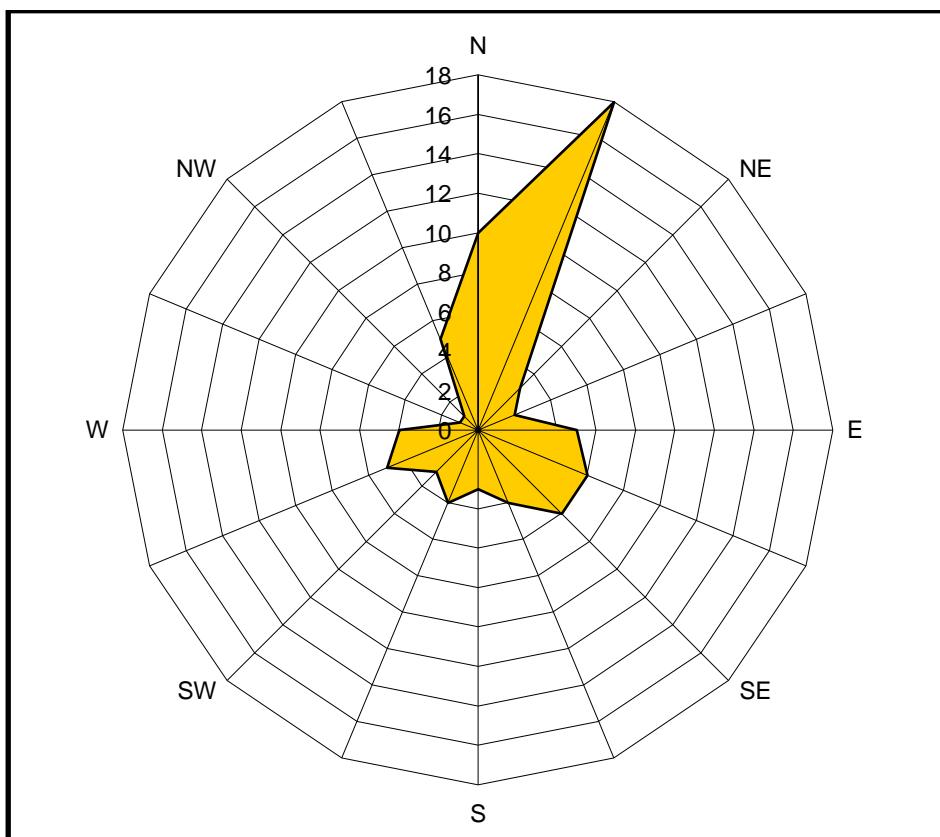
4.1.2.5. Vjetar

Iz podataka o srednjoj raspodjeli vjetrova (Tablica 12) vidi se učestalost bure u ljetnim i proljetnim mjesecima kada je njeno djelovanje posebno nepovoljno, naročito kad zapuše nakon proljetnih ili ljetnih oborina. Mjerni podaci (Slika 20) upućuju da je, osim bure, dosta čest i južni vjetar. Niska naoblaka i kiša uglavnom su uvijek pratilac ovog vlažnog i relativno toplog vjetra. Iako često doseže snagu bure, ovaj vjetar nema tako štetnih posljedica, jer ne izaziva prekomjerno pojačavanje transpiracije s obzirom na vlažnost koju donosi, tako da ne dolazi do fizioloških pojava suše. Južni vjetar ne isušuje zemljište, već ga vlaži i time sprječava njegovo raznošenje.

Tablica 12. Jačina i čestina vjetrova.

Smjer vjetra	N	NNE	NE	E N E	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	S W	WS W	W	W N W	N W	NN W	Tišina
Jačina (bofori)	6,5	6,9	3,9	3,3	3,6	4,9	5,7	4,6	4,3	3,7	2,7	3,3	2,9	2,5	2,8	4,2	
Čestina (%)	10	18	3	2	5	6	6	4	3	4	3	5	4	1	1	5	20

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.



Slika 20. Grafikon ruže vjetrova Šibenskog područja.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Šibenik; Podaci za razdoblje od 1970.-2010. godine.

4.1.3. Vegetacija područja istraživanja

Šumska vegetacija je ovdje, kao i drugdje na krškom području, kroz stoljeća bila pod utjecajem čovjeka, koji je radi pomanjkanja plodnog tla bio orijentiran na iskorištavanje šuma i to uglavnom za potrebe stočarstva. Radi toga na području Vrpolja danas gotovo i nema

očuvanih šuma. Šume su se održale na manjem dijelu površina, no i one su mahom degradirane.

Prema Topiću i sur. (2009.) pokusni objekt "Jamina" se nalazi u pojasu vazdazelene šumske vegetacije sveze hrasta crnike (*Quercion ilicis* Br.-Bl. (1931.) 1936.). Objekt je u degradacijskom stadiju kamenjare i gotovo u potpunosti je prekriven smričem (*Juniperus oxycedrus* L.). Na pokusnom objektu se javlja alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), koji se prirodno širi sa obližnjih podignutih kultura.

Analizom flornog sastava na pokusnom objektu su utvrđene slijedeće vrste: *Genista sericea* Wulfen, *Juniperus oxycedrus* L., *Vitis vinifera* L., *Avena sterilis* L., *Argyrolobium zanonii* (Turra) P. W. Ball., *Pinus halepensis* Mill., *Cistus salviifolius* L., *Pistacia terebinthus* L., *Cistus monspeliensis* L., *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don, *Hypericum perforatum* L., *Eryngium amethystinum* L., *Fumana ericoides* (Cav.) Gand., *Bromus racemosus* L., *Teucrium polium* L., *Echium plantagineum* L., *Fraxinus ornus* L., *Bituminaria bituminosa* (L.) Stirton, *Spartium junceum* L., *Paliurus spina-christi* Mill., *Dianthus sylvestris* Wulfen in Jacq., *Salvia officinalis* L., *Convolvulus althaeoides* L., *Prunus mahaleb* L., *Pallenis spinosa* (L.) Cass., *Lavatera arborea* L., *Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth.) Nyman i dr.

U flornom sastavu lokacije na kojem se nalazi pokusni objekt "Jamina" uočene su i vrste biljaka koje imaju težište pridolaska u submediteranskoj vegetacijskoj zoni mediteransko - litoralnog vegetacijskog pojasa. Prema Programu gospodarenja koji su izradile Hrvatske šume d.o.o. Zagreb (autori: Klarić i sur., 2003.), Gospodarska jedinica "Jamina" se nalazi u eumediteranskoj vegetacijskoj zoni vazdazelenih šuma, čija je glavna zajednica šuma alepskog bora i hrasta crnike (*Querco ilicis-Pinetum halepensis* Loisel 1971.). Međutim, otvoreni i nezaštićeni položaj pokusnog objekta, koji se nalazi na sjeveroistočnoj granici Gospodarske jedinice "Jamina", znatno je pod utjecajem hladnijeg zraka sa sjevera, što obrazlaže pojavu vegetacije koja ima težište pridolaska u submediteranskoj vegetacijskoj zoni.

Temeljem analize flornog sastava, dio područja gospodarske jedinice "Jamina" na kojem se nalazi istoimeni pokusni objekt, može se smatrati blagim prijelazom između eumediteranske i submediteranske vegetacijske zone, iako ta granica nije jasno definirana.

4.2. Opis vrsta drveća korištenih u pokusu

4.2.1. Rasprostranjenost i ekološke osobine alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.)

Prema Vidakoviću i Franjiću (2004.) alepski bor je izrazito mediteranska vrsta koja obuhvaća oko 3 mil. ha površine. Rasprostranjen je na širokom području Mediterana od Maroka do Tunisa i Libije u sjevernoj Africi, od jugoistočne Španjolske preko južne Francuske, Italije, Hrvatske i Crne Gore, odakle uz jadransku obalu prelazi u Grčku, Izrael i Jordan, gdje mu je istočna granica pridolaska. Prirodna rasprostranjenost ovog bora na Korzici je dvojbena, kao i u drugim krajevima. U visinu se prostire od razine mora do preko 1500 m nadmorske visine, kao što je slučaj u Maroku i Alžиру. U R. Hrvatskoj raste na dalmatinskom otočju južnije od Šibenika te uz obalu južnije od Splita. Često se uzbija u kulturama, parkovima i nasadima uzduž cijelog priobalnog područja R. Hrvatske.

Otporan je na sušu i kao takav vrlo je važno drvo za suhe regije, gdje se i uzbija za zaštitu od erozije tla i od vjetrova. Uspješno raste na plitkom vapnenastom tlu i na flišu eumediterranske zone vazdzelene vegetacije - makije, garizi, kamenjarski pašnjaci reda *Quercetalia ilicis*.

Prema Lakušiću (1989.), srednje godišnje temperature na staništima ove vrste najčešće variraju između 14 °C i 20 °C, a srednja relativna vlažnost zraka između 50 i 70 %. Apsolutne minimalne temperature se kreću oko – 8 °C, a apsolutne maksimalne oko 45 °C.

Često čini čiste sastojine (*Pinetum halepensis*) s brojnim kserotermnim vrstama.

Alepski bor je vrsta svjetla (heliofit). Sastojine alepskoga bora odlikuju se brzim rastom, visokim prirastom, obilnim i čestim urodom sjemena. Zato je pogodan za pošumljavanje i osvajanje golih, degradiranih krških površina. Pogodan je i zbog snažnog korijenovog sustava, koji razvija izrazito jaku žilu srčanicu i vrlo snažno bočno korijenje koje se pruža daleko od stabla kada mu to uvjeti dopuštaju (Lakušić, 1989.).

Prema Prginu (2005.), najznačajnija osobina alepskoga bora u meliorativnom smislu jest godišnje odbacivanje velike količine iglica, daleko veće nego druge vrste borova. Te iglice postepeno popunjavaju škrape i prekrivaju površinski skelet. Njihovim rastvaranjem u procesima humifikacije i mineralizacije stvara se novo plodno šumsko tlo.

Isti autor nadalje tvrdi da nakon poboljšanja kvalitete tla, odrasle sastojine alepskoga bora sa svojim mrtvim pokrovom djeluju na fizikalne, kemijske i biološke promjene u tlu.

Štite tlo od prejake insolacije, usporavaju isparavanje, i brzinu otjecanja oborinske vode, četine zadržavaju vlagu u tlu, povoljno djeluju na temperaturu tla, štite mineralni dio od ispiranja i povećavaju kapacitet tla za vodu i zrak.

4.2.2. Rasprostranjenost i ekološke osobine bora pinije (*Pinus pinea* L.)

Prema Vidakoviću i Franjiću (2004.), pinija je prirodno rasprostranjena u oblastima oko Sredozemnog mora, od Portugala do Turske i Libanona. U R. Hrvatskoj se pretpostavlja da je prirodno rasprostranjena na otoku Mljetu.

Uzgaja se naročito u mediteranskom području kao ukrasno stablo, a Topić i Miloš (1990.) navode kako se zbog dekorativnog izgleda u staroj dobi, počela koristiti i u podizanju drvoreda.

Svojim habitusom daje primorskom pejzažu osobitu karakteristiku. Traži najtoplja primorska staništa, na kojima dolazi do izražaja intezivni utjecaj svjetlosti.

Vidaković i Franjić (2004.) tvrde kako može uspijevati tamo gdje uspijeva i alepski bor. Najbolje uspijeva na kvarcno – pjeskovitome tlu, ali uspijeva i na tlima sa vapnenačkom podlogom.

Prema Lakušiću (1989.), srednje godišnje temperature na staništima ove vrste najčešće variraju između 14 °C i 20 °C, a srednja relativna vlažnost zraka između 50 i 70 %. Apsolutne minimalne temperature se ne spuštaju ispod – 8 °C, a apsolutne maksimalne se često dižu iznad 45 °C. Tomašević (1993.) navodi kako je pinija izraziti heliofit i kserofit.

Pinija je osjetljiva na sušu, buru i posolicu. Niske temperature ispod 0 °C, naročito ako duže traju, vrlo su nepovoljne za razvoj ove vrste (Balen, 1935.).

Iako se dijelom radi o autohtonoj vrsti velike ekonomski, ekološke i pejzažne vrijednosti, malo je spoznaja o njenoj upotrebljivosti pri pošumljavanju degradiranih staništa sredozemnog krškog područja Republike Hrvatske i melioracijskom učinku na staniše (Tomašević, 1993., 1994., 1995.).

4.2.3. Rasprostranjenost i ekološke osobine primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton)

Prema Vidakoviću i Franjiću (2004.), primorski bor je prirodno rasprostranjen na Pirinejskom poluotoku, južnoj i jugozapadnoj Francuskoj uz Atlantsku obalu i u sjeverozapadnom obalnom području Italije, u Sjevernoj Africi od Maroka do Tunisa i na otocima Sardiniji i Korzici. U Atlantskom području Francuske je saden, kao i na mnogim lokalitetima

Mediterana. U nas se užgaja u primorskim parkovima i šumskim nasadima. Vrlo je skroman u zahtjevima kvalitete staništa. Najbolje raste na pjeskovitim, silikatnim tlima i na onima gdje je vlažnost zraka visoka. Prirodne sastojine i kulture ovoga bora koriste se za smolareњe.

Prema Lakušiću (1989.), primorski bor se kod nas užgaja na dubljim pjeskovitim zemljištima sa povoljnijim hidrotermičkim režimom od zemljišta na kojima raste alepski bor. Ta zemljišta su istovremeno sa kiseljom reakcijom, te je primorski bor acidofilija vrsta od alepskoga bora. Nadalje, isti autor nalazi kako se srednje godišnje temperature na staništima primorskog bora kreću između 12 i 20 °C, a u izuzetnim slučajevima se u kulturama spuštaju i do 10 °C. Apsolutne minimalne temperature na staništima prirodnih populacija najčešće se ne spuštaju ispod – 10 °C, absolutne maksimalne na staništima velikog broja populacija dižu se tijekom srpnja i kolovoza i do 45 °C. Srednja godišnja relativna vlažnost zraka na staništima primorskog bora najčešće varira između 60 i 70 %, a period fiziološke suše najčešće traje od srpnja do rujna. Meštrović (1972.) piše kako je zračna vлага presudna za uspijevanje primorskog bora, pogotovo u ljetnim mjesecima.

Prema istom autoru, primorski bor je izrazito heliofilna vrsta, prilagođena na visoki postotak infracrvenog zračenja.

Bitno je naglasiti kako ima jak korijenov sustav i snažnu žilu srčanicu kojom prodire kroz pukotine stijena ili kroz pijesak.

Primorski bor dostiže fizičku zrelost oko 15. godine, što je najvjerojatnije uvjetovano toplom mediteranskom klimom.

4.2.4. Rasprostranjenost i ekološke osobine običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann)

Prema Vidakoviću i Franjiću (2004.), obični čempres je prirodno rasprostranjen u sjevernom Iranu, gdje mu je istočna granica, rasprostire se u Malu Aziju, Egejske otoke, Kretu i Cipar, odakle se proširio na čitavo Sredozemlje. U nas se užgaja u primorskim krajevima, a u južnom primorju se spontano razmnožava, ali ne tvori prostrane šumske sastojine, nego raste u većim i manjim skupinama. Najviše je zastupljen u okolini Orebica, Župe Dubrovačke i južnije, ali se pojavljuje i u toplijem submediteranu na području Obrovca, Knina, Vrlike i Sinja.

Dobro podnosi sušu, a otporan je na zračna strujanja, vjetrove, prašinu i plinove u zraku te na posolicu. Iako je čempres sredozemna šumska vrsta, može izdržati niske temperature i preko – 24 °C (Topić, 1990.).

Ima razvijen korijenov sustav i nalazimo ga na različitim tlima, ali najbolje uspijeva na vapnencima. Vrlo je raširen kao dekorativna vrsta u Primorju. Uzgaja se u parkovima, nasadima, grobljima, vrtovima i alejama, i to kao pojedinačna stabla, u skupinama i drvoređima. Svojim karakterističnim habitusom estetski obogaćuje, oživljava i osvježava jadranski krajolik, dajući mu topli sredozemni ugođaj.

Topić i sur. (2009.) pišu kako čempres pripada vrstama koje nisu vezane za najizrazitija sredozemna staništa. On može činiti sastojine na našim najjužnijim, najtopljjim staništima, gdje se i prirodno pomlađuje, ali umjetno podignut dolazi i ondje gdje se jedva osjećaju tragovi Sredozemlja i gdje nema prirodnog pomlađivanja ili je ono rijetko. Umjetno podignut, čempres dolazi vrlo često u čistim sastojinama. On je izrazita vrsta za gornju sastojinu u sredozemnim šumama. Njegove uzgojne osobine traže što obilniju donju sastojinu, čija uloga se ogleda ponajprije u održavanju proizvodne sposobnosti tla.

S obzirom na činjenicu da čempres zauzima prostorni areal kao malo koja druga sredozemna vrsta, trebao bi imati i značajno mjesto među vrstama koje dolaze u obzir za pošumljavanje našeg krškog područja.

4.2.5. Rasprostranjenost i ekološke osobine hrasta crnike (*Quercus ilex* L.)

Hrast crnica (*Quercus ilex* L.) je temeljna autohtona šumska vrsta eumediterranskog područja R. Hrvatske, čije ukupne površine se procjenjuju na 35.000 ha (Meštrović, 1986.; Meštrović i Laginja, 1990.; Topić i sur., 2000.).

Prema Lakušiću (1989.), crnica na istok dopire do Male Azije, na sjever do jezera Garden u južnom Tirolu, uz Pirineje se penje i do 1400 m n.v., a na Atlasu i do 2700 m. Na području R. Hrvatske se ne penje više od 350 m n.v.

Prema istom autoru, srednje godišnje temperature na staništima hrasta crnike najčešće variraju između 15 i 20 °C, a samo u izuzetnim slučajevima se spuštaju i do 13 °C, kada je vlažnost zraka na staništu takva da onemogućava niske absolutne minimalne temperature, koje su ograničavajući faktor za ovu vrstu. Srednja godišnja relativna vlažnost zraka na staništima crnike najčešće varira između 60 i 70 %, a relativna vlažnost zraka tijekom srpnja i

kolovoza se vrlo često spušta i ispod 50 %. Apsolutne minimalne temperature se ne spuštaju ispod – 5 °C (- 8 °C), a apsolutne maksimalne temperature se često dižu i iznad 45 °C.

Što se tiče geološke podloge i tipova tala, prema Lakušiću (1989.), hrast crnika raste na karbonatnim sedimentnim stijenama, odnosno najviše dolazi na mediteranskom sirozemu na vapnencu, na smeđim tlima na vapnencu i crvenicama. Najčešća pH vrijednost na crnikovim tlima se kreće između 6 i 7,5.

Isti autor piše kako je crnika tipični heliofit prilagođen na infracrveni dio spektra sunčeve svjetlosti. Osunčanost na crnikovim staništima tijekom godine varira između 2000 i 3000 sati.

Korijenov sustav hrasta crnike ima vrlo jaku žilu srčanicu i jako bočno korijenje.

Raste dosta sporo, pogotovo na siromašnim tlima, a živi i do 1000 godina. U optimalnim uvjetima može doseći visinu i do 20 m te 2 m prsnog promjera, dok na siromašnijim staništima ne prelazi preko 10 - 15 m.

Crnika pridolazi u svim uzgojnim oblicima i degradacijskim stadijima. Nažalost, panjače i makije, kao degradacijski stadij crnikovih šuma, najčešći su oblik. Crnikove sjemenjače su se zadržale na manjim površinama u zaštićenim objektima prirode i privatnim ogradama, uglavnom na otocima (Brijuni, Rab, Krk, Brač, Lastovo, Mljet). Iako se radi o autohtonoj vrsti velike ekonomske, ekološke i pejzažne vrijednosti, oskudna su saznanja o njezinoj upotrebljivosti pri pošumljavanju degradiranih staništa mediteranskog krškog područja R. Hrvatske.

4.3. Metode istraživanja

Plan istraživanja u ovoj disertaciji podijeljen je u četiri dijela. Prvi dio se odnosi na istraživanja u rasadniku, gdje smo kod proizvodnje sadnica koristili metodu ručnog punjenja supstrata i sijanja sjemena u različite tipove kontejnera. Drugi dio se odnosi na istraživanja u laboratoriju, gdje su morfološke značajke nadzemnog dijela sadnica utvrđene uobičajenim metodama izmjere, a morfološke značajke korijena metodom skeniranja i softwerskom analizom dobivenih snimaka. Treći dio istraživanja je istraživanje u šumskoj kulturi, u kojoj je primjenjena metoda sadnje šumskih sadnica u ručno iskopane jame i sadnja sadnica na riperanom terenu. Metodom brojanja preživjelih sadnica je utvrđen mortalitet, metodom izmjere visina, pomoću građevinskog metra, je za razdoblje od 2004. do 2009. godine utvrđen visinski rast, a elekronskom promjerkom (šublerom) izmjerena je 2009. godine promjer stabalaca na visini 10 cm od površine tla. Četvrti dio istraživanja se odnosi na uredski rad, koji predstavlja obradu i analizu podataka.

4.3.1. Istraživanja u rasadniku

Sjeme za sjetu vrsta biljaka obuhvaćenih eksperimentom prikupljeno je u sjemenskim sastojinama diljem srednje i južne Dalmacije.

Vrste koje su korištene u pokusu:

Pinus halepensis Mill. (alepski bor) – sjeme prikupljeno: Gosp. jed. Nin - Kožino - Zadar

Pinus pinaster Aiton. (primorski bor) – sjeme prikupljeno: Gosp. jed. Kuna - Dubrovnik

Pinus pinea L. (bor pinija) – sjeme prikupljeno: Gosp. jed. Topolo - Dubrovnik

Cupressuss sempervirens L. var. *pyramidalis* Nyman. (obični čempres piramidalnog varijeteta) – sjeme prikupljeno: Gosp. jed. Štedrica - Dubrovnik

Quercus ilex L. (hrast crnika) – sjeme prikupljeno: Gosp. jed. Biograd - Biograd

Iz sjemena poznatih provenijencija proizvedene su sadnice u rasadnicima Šumarija Split i Šibenik. Sjeme istraživanih vrsta sijano je u 4 tipa kontejnera, odnosno dva tipa klasičnog kontejnera za višekratnu uporabu (Multipot 53/12 i Multipot 33/18) te dva tipa

polietilenskih tuljaka za jednokratnu uporabu (PVC tuljak 7/24 i PVC tuljak 8/24) (Slika 21 i Tablica 13).



Slika 21. Kontejneri korišteni u pokusu-s lijeva na desno: PVC tuljci 8/24 (T 8/24) (prva dva), PVC tuljak 7/24 (T 7/24), Multipot 33/18 (MP 33/18) i Multipot 53/12 (MP 53/12). (Foto: G. Jelić).

Tablica 13. Osnovne značajke kontejnera korištenih u pokusu.

Tip kontejnera	Kodni naziv	Komercijalni naziv	Poprečni presjek	Zapremnina čelije (cm ³)	Dubina (cm)	Promjer na vrhu (cm)	Gustoća biljaka (N/m ²)
Multipot 53/12	MP 53/12	Bosnaplast 12"	Poliedrični (heksagon)	120	12	4	660
Multipot 33/18	MP 33/18	Bosnaplast 18"	Poliedrični (heksagon)	220	18	4,5	498
Polietilenski tuljak 7/24	T 7/24		Okrugao	923	24	7	196
Polietilenski tuljak 8/24	T 8/24		Okrugao	1205	24	8	156

Kontejneri za višekratnu uporabu (Multipot kontejneri) izrađeni su od plastike sa čvrstim stijenkama i mogu biti različitih veličina i različitog poprečnog i uzdužnog profila.

Multipot kontejneri visine 12 cm (MP 53/12), komercijalnog naziva "Bosnaplast 12", kombinacije poliedričnog i čunjastog presjeka sa konusnim dnom, čvrsto su spojeni u 53 čelije u "multipot" blok u obliku pčelinjeg saća, ukupne zapremnine 9,6 litara. Težina praznog multipota je 0,90 kg, dimenzija $31,5 \times 25,5 \text{ cm}$ ($803,25 \text{ cm}^2$).

Multipot kontejneri visine 18 cm (MP 33/18), komercijalnog naziva "Bosnaplast 18", kombinacije poliedričnog i čunjastog presjeka, spojeni su u 33 ćelije u "multipot" blok, također u obliku pčelinjeg sača, ukupne zapremnine 14,5 litara. Težina praznog multipota je 1,25 kg, dimenzija $31,5 \times 25,5 \text{ cm}$ ($661,5 \text{ cm}^2$).

Kontejneri za jednokratnu uporabu (polietilenski tuljci) su vrećice od crnog neraspadajućeg polietilena, s malim rupicama na zidovima i dnu vrećice. Vrećica napunjena supstratom ima cilindričan oblik. Za eksperiment su korištena dva tipa polietilenskih vrećica. Jedan je dimenzija $7 \times 24 \text{ cm}$ (napunjen supstratom), volumena 923 cm^3 ($r^2 \times \pi \times h = 3,5^2 \times \pi \times 24 \text{ cm}$), a drugi dimenzija $8 \times 24 \text{ cm}$ (napunjen supstratom) i volumena 1205 cm^3 ($4^2 \times \pi \times 24 \text{ cm}$).

Kao supstrat za proizvodnju sadnica u kontejnerima, koristila se standardna mješavina zemlje i treseta u omjeru 2 : 1, koja se upotrebljava u redovitoj rasadničarskoj proizvodnji. Pri spravljanju smjese, supstratu je dodano 5 kg N P K gnojiva u omjeru 7 : 14 : 21 po 1 m^3 supstrata. Sjetva sjemena je obavljena ručno, tijekom ožujka i travnja 2002. godine. Kontejneri su drvenom konstrukcijom odignuti od tla za 20 cm kako bi se omogućilo zračno rezanje korijena. Biljke u rasadniku su se redovito zalijevale, te se obavljala njega i zaštita ponika od bolesti i štetnika. Sve vrste obuhvaćene disertacijom uzgajane su kao jednogodišnje (1+0) biljke.

4.3.2. Istraživanja u šumskoj kulturi (na pokusnoj plohi "Jamina")

4.3.2.1. Pedološka istraživanja na pokusnom objektu i u laboratoriju

Kako bi se utvrdilo nulto stanje pedoloških elemenata na pokusnom objektu "Jamina", otvoreno je pet pedoloških profila i iz njih su na dubinama do 20 cm i do 50 cm, uzeti uzorci tla za laboratorijsku analizu.

4.3.2.2. Shema pokusa

Pokusnu plohu "Jamina" je uspostavio, tijekom 2001. godine, na području Uprave šuma Podružnice Split, Šumarije Šibenik, Institut za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu, u suradnji sa Šumarijom Šibenik i Upravom šuma Split. Ploha ima površinu 15,26 ha ($436 \text{ m} \times 350 \text{ m}$), potpuno je ograda (Slika 22) i razdijeljena u blokove predviđene za sadnju i blokove predviđene za sjetvu. Blokova predviđenih za sadnju ima ukupno 45, a svaki je površine 0,2 ha te su međusobno odijeljeni žicom (Slika 23). Blokovi se dijele uzdužno na dva podbloka ($2 \times 0,1 \text{ ha}$), koja su fizički odijeljena žicom i između kojih se nalazi put širine 2 metra. Na jednom podbloku je vršena sadnja na riperanom tlu, a na drugom sadnja u ručno iskopanim jamama, odnosno na nepripremljenom terenu.

Za ovu disertaciju je korišteno ukupno 15 blokova. Svakoj od istraživanih vrsta drveća pripadaju po tri bloka slučajno raspoređenih po površini pokusnog objekta. Ovdje govorimo o slučajnom blok rasporedu pokusne sheme (Slika 24). Slučajni blok raspored, kao shema pokusa, izabran je da radi osiguranja što veće ujednačenosti uvjeta, prvenstveno zbog moguće heterogenosti terena.

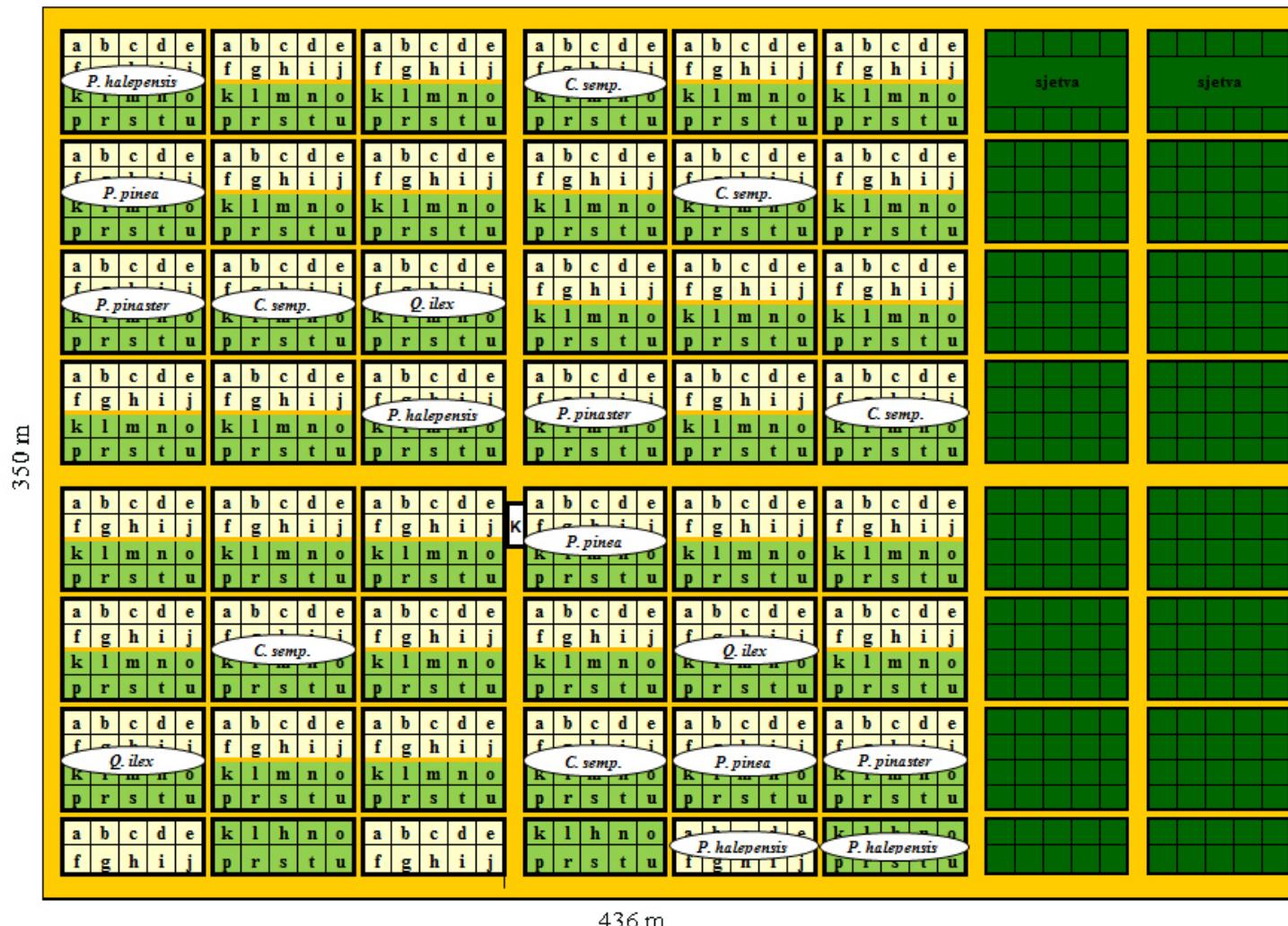
Na pokusnoj plohi su tijekom mjeseca studenog i prosinca 2003. godine provedene metode klasične sadnje biljaka ručnim kopanjem jama, dimenzija $40 \times 40 \times 40 \text{ cm}$ i sadnje biljaka na riperanom tlu.



Slika 22. Ulaz u potpuno ograđeni pokusni objekt "Jamina". (Foto: V. Topić).



Slika 23. Žicom odijeljeni blokovi za sadnju (Foto: G. Jelić).



LEGENDA:

Podblok	Kontejner	Razmak sadnje (m)
a	Multipot 55/12	2 x 2
b	Multipot 55/12	2 x 1
c	Multipot 33/18	4 x 2,8
d	Multipot 33/18	2 x 2
e	Multipot 33/18	2 x 1
f	PVC tuljak 7/24	4 x 2,8
g	PVC tuljak 7/24	2 x 2
h	PVC tuljak 7/24	2 x 1
i	PVC tuljak 8/24	4 x 2,8
j	PVC tuljak 8/24	2 x 2
k	Multipot 55/12	2 x 2
l	Multipot 55/12	2 x 1
m	Multipot 33/18	4 x 2,8
n	Multipot 33/18	2 x 2
o	Multipot 33/18	2 x 1
p	PVC tuljak 7/24	4 x 2,8
r	PVC tuljak 7/24	2 x 2
s	PVC tuljak 7/24	2 x 1
t	PVC tuljak 8/24	4 x 2,8
u	PVC tuljak 8/24	2 x 2

JAME

RIPER

Slika 24. Shema pokusa na pokusnom objektu "Jamina"

4.3.2.3. Mehanička priprema terena na pokusnoj plohi

U ovom pokusu je za mehaničku pripremu tla (riperanje) korišten širokotračni tip traktora gusjeničara Caterpillar D6R XL. Težina ovog stroja je 19.006 kg, a maksimalna snaga 141 kW (Slika 25). Tip ripera (noža) je jednokračni, pokretljivi paralelogram maksimalnog prodiranja 500 mm u dubinu tla (Slika 26). Dakako, dubina prodiranja ripera u tlo ovisi o dubini matičnog supstrata.

Dubina ripera za ovaj pokus je bila 500 mm.



Slika 25. Traktor gusjeničar Caterpillar D6R XL kojim je obavljeno riperanje (Foto: Z. Đurđević).



Slika 26. Riper (nož) traktora gusjeničara (Foto: Z. Đurđević).

4.3.2.4. Sadnja biljaka na pokusnoj plohi

Jednogodišnje sadnice uzgojene u rasadniku, u studenom 2003. godine zasađene su na pokusnoj plohi, u za to predviđene blokove. Sadnice su sađene ručno (Slika 27) u prethodno, pomoću alata (motika, kramp), iskopane jame. Prije samog kopanja, oko mjesta predviđenog za kopanje jama, uništen je čitav korov. Prilikom kopanja, kvalitetnije tlo je stavljanu na jednu stranu, a nekvalitetnije (s većim udjelom kamenja) na drugu stranu jame kako bi se boljim tlom prilikom sadnje ispunio prostor same jame predviđene za polaganje sadnica s busenom supstrata. Prilikom sadnje, jednom rukom se sadnica spuštala niže u jamu, a drugom rukom se tlom zasipao korijen (prorasli busen supstrata), uz polagano povlačenje biljke prema van. Tlo oko biljke je nekoliko puta pritisnuto nogom, radi bolje stabilizacije sadnice. Nakon sadnje, tlo oko svake biljke pokriveno je manjim kamenjem na udaljenosti cca 15 cm, radi zaštite od isušivanja (kroz sitne kapilare kojima obiluje kad je zbijeno).



Slika 27. Sadnja biljaka na pokusnom objektu "Jamina" u studenom 2003. godine.
Foto: V. Topić.

Osim u jame na nepripremljenom terenu, biljke su sađene i u brazde dubine 500 mm načinjene riperom. Korijen biljke (prorasli busen supstrata) je jednom rukom položen na dno brazde, zatim je drugom rukom isti zasut okolnim tlom, koje je prethodno nož ripera razgrnuo na vanjske dijelove brazde. Potom je nogom nekoliko puta pritisnuto tlo oko biljke, kako bi se sadnica stabilizirala.

4.3.2.5. Izmjera biljaka na pokusnoj plohi

Odmah po sadnji, u studenom 2003. godine, biljkama je izmjerena početna visina. Visine svih vrsta su mjerene drvenim (građevinskim) metrom, uzastopno šest godina nakon sadnje, po završetku vegetacijske sezone (kroz mjesec studeni i prosinac). Promjer stabalaca (10 cm iznad tla) je prvi puta izmjerен 2009. godine, osim kod hrasta crnike (*Quercus ilex* L.), kojem je promjer bilo nemoguće izmjeriti zbog njegove izrazito grmolike forme.

4.3.3. Istraživanja u laboratoriju

Izmjera morfoloških elemenata biljaka svih istraživanih vrsta uzgojenih u rasadniku, obavljena je u laboratoriju Samostalnog odjela za šumarstvo Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu. Za izmjeru i laboratorijsku analizu morfoloških elemenata sadnica, uzeto je 20 uzoraka od svake vrste drveća po svakom tipu kontejnera.

Mjereni su slijedeći morfološki elementi:

1. visina nadzemnog dijela biljke (stabljike): metrom na jednu decimalu
 2. promjer vrata korijena: digitalnom promjerkom (šubler)
 3. masa suhe tvari nadzemnog dijela (stabljike): precizna analitička vaga (AND, HR – 200 Japan)
 4. masa suhe tvari podzemnog dijela biljke (korijena): precizna analitička vaga (AND, HR – 200 Japan)
 5. masa suhe tvari - ukupna
 6. ukupna dužina korijena
 7. površina plašta korijena
 8. volumen korijena
 9. broj vrhova korijena (TIP)
- } Scanner EPSON Expression 1680
 Software WinRhizo 2005a

Iz izmjerениh morfoloških elemenata izračunata su dva kvalitativna morfološka indeksa (pokazatelja kvalitete) za svaki uzorak:

$$1. \text{ Dicksonov kvalitativni index (DQI)} = \frac{\text{UB (g)}}{\frac{\text{H (cm)}}{\text{PVK (mm)}} + \frac{\text{MS (g)}}{\text{MK (g)}}}$$

$$2. \text{ Omjer nadzemni / podzemni} = \frac{\text{MS (g)}}{\text{MK (g)}}$$

UB – ukupna biomasa biljke (suhu tvar)

H – visina nadzemnog dijela biljke

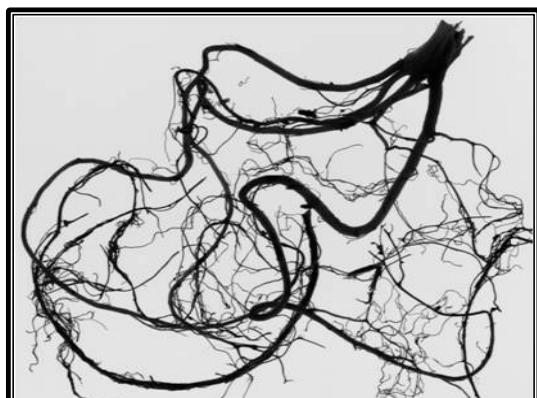
PVK – promjer vrata korijena

MS – masa stabljike (suhu tvar)

MK - masa korijena (suhu tvar)



Slika 28. Scanner EPSON 1860 korišten u snimanju korjenčića.



Slika 29. Snimak skeniranog korijena u posudi s vodom. 81

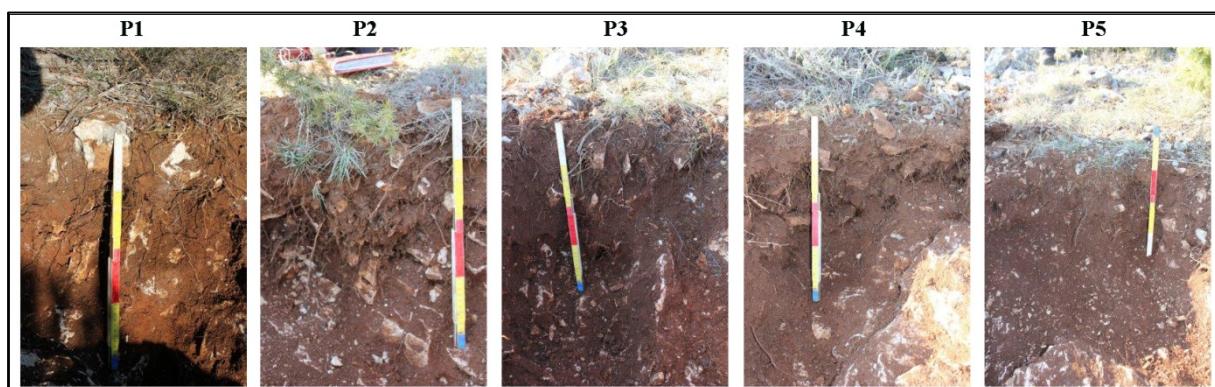
Biljčica je sa kompletним proraslim korijenovim sustavom (busen) pažljivo izvučena iz pripadajuće posude kontejnera. Stabljika je skalpelom odsječena u predjelu vrata korijena, a korijen je opran, prvo umakanjem u posudu s vodom, a kasnije i mlazom vode (tuširanjem), kako bi se od njega odvojile i najmanje čestice zemlje.

Izmjera morfoloških elemenata korijena izvedena je softwareom WinRhizo 2005a (Regent Instruments, Quebec City, Quebec, Canada) – interaktivni sustav za analizu slika baziran na skeneru koji skenira, digitalizira i analizira uzorke korijena. Skenirane slike su odmah analizirane i sačuvane kao TIFF format datoteke. Hardversku izmjedu i analizu korijena odradio je scanner EPSON Expression 1680 (Slika 28), postavljen tako da snima sliku rezolucije 600 dpi (dots per inch = broj točaka po inču), što bi bio ekvivalent rezoluciji od 236,22 točaka po centimetru. Skener ima dva izvora svjetlosti, jedan smješten na njegovoj gornjoj strani, unutar pokrova, a drugi na donjoj strani, ugrađen u samom kućištu.

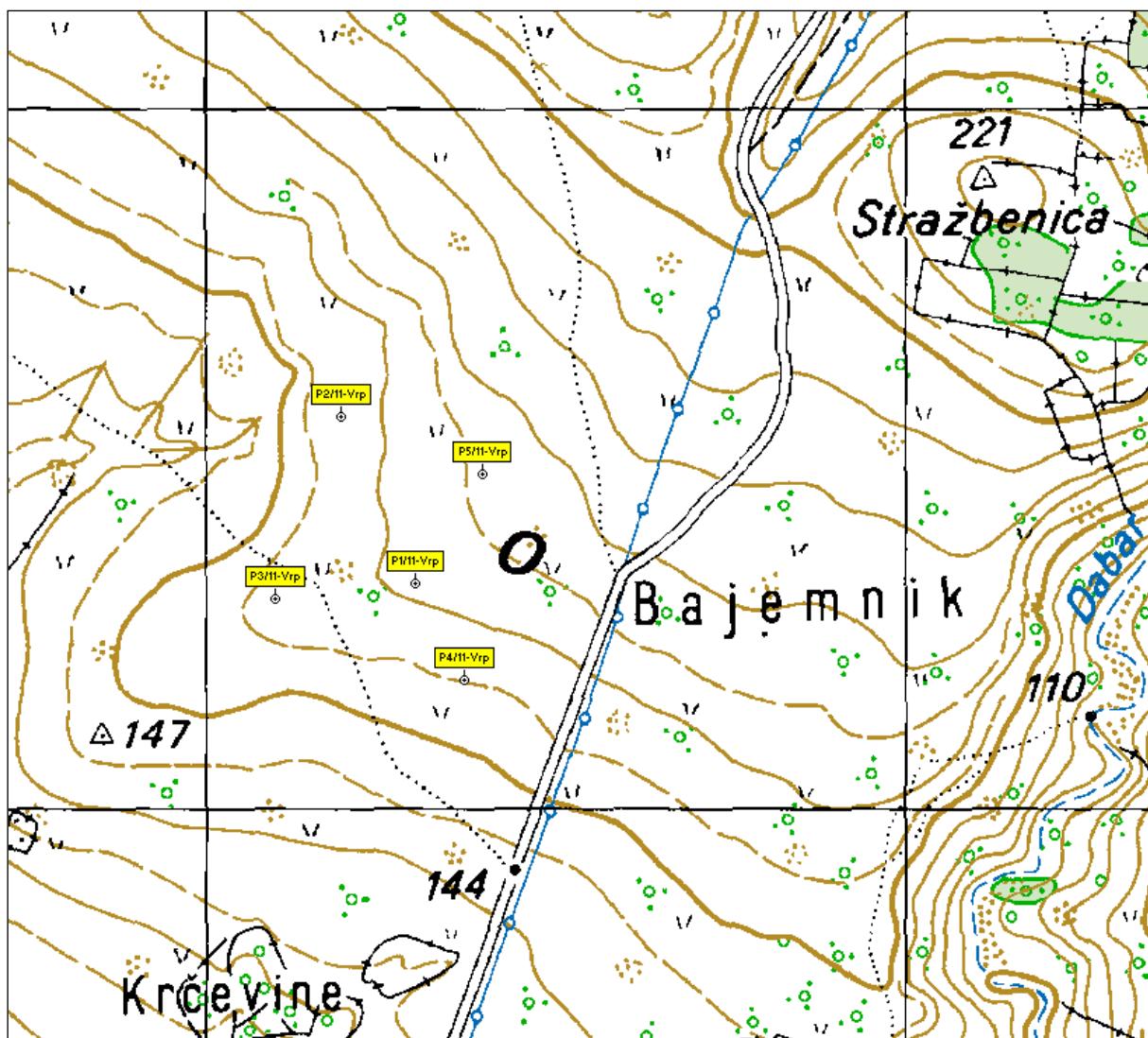
Prije samog skeniranja uzorci korijena su položeni u posudu od pleksiglasa (200×300 mm) u koju je prethodno uliven sloj vode dubine 12 – 15 mm. Korjenčići su stavljeni u posudu s vodom, da bi se što bolje razmrsili i da se minimizira preklapanje, radi što veće preciznosti (Slika 29).

Biomasa biljčica izmjerena je nakon skeniranja uzorka korijena. U sušionik su stavljeni uzorci na 48 sati pri temperaturi od 70°C . Nakon sušenja, uzorci nadzemnog i podzemnog dijela biljčice vagani su preciznom analitičkom vagom (AND, HR – 200 Japan).

U laboratorijska istraživanja svakako ulaze i analize uzorka uzetih iz pedoloških profila (Slika 30) otvorenih na pet različitih lokacija unutar samog pokusnog objekta (Slika 31).



Slika 30. Pedološki profili (P1-P5/11) unutar pokusnog objekta (Foto: B. Vrbek)



Slika 31. Položaj pedoloških profila unutar pokusnog objekta. Prilagođeno. Izradio: B. Vrbek, 2011.

Koordinate pedoloških profila P1-P5/11:

P1 –	6340505 N 4840720 E Nvm 154	P4 –	6340572 N 4840578 E Nvm 155
P2 –	6340409 N 4840960 E Nvm 155	P5 –	6340608 N Nvm 163 4840871 E
P3 –	6340305 N 4840705 E Nvm 152		

Analize uzoraka tla (P1-P5/11) rađene su u Laboratoriju za fizikalno-kemijska ispitivanja Hrvatskog šumarskog instituta u Jastrebarskom, po ustaljenim analitičkim metodama:

Kemijske i fizikalne analize uzoraka tla (96-104/11) rađene su prema :

1. Priprema uzorka za analizu makroelemenata
(*UN EC ICP Forests, 2006: Soil Sampling and Analysis*)
2. Određivanje pH u H₂O i n-KCl
(*ISO 10390, 1995: Soil Quality – Determination of pH*)
3. Određivanje ukupnog dušika na CNS 2000
(*ISO 13878, 1995: Soil Quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion ("elemental analysis")*)
4. Određivanje sadržaja humusa po Tjurinu
(Škorić, A., 1982: *Priručnik za pedološka istraživanja. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb*)
5. Određivanje lakopristupačnog P₂O₅ i K₂O
(Škorić, A., 1982: *Priručnik za pedološka istraživanja. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb*)
6. Volumetrijsko određivanje CaCO₃
(*ISO 10693, 1995: Soil Quality – Determination of carbonate content Volumetric method*)
7. Određivanje tekture tla
(Škorić, A., 1982: *Priručnik za pedološka istraživanja. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb*)

4.4. Obrada i analiza podataka

Za sve analizirane varijable napravljena je deskriptivna statistika. Za sve statističke analize nivo značajnosti od 5 % smatran je statistički značajnim.

Za usporedbu morfoloških karakteristika (visina nadzemnog dijela biljke, promjer vrata korijena, masa suhe tvari nadzemnog dijela, masa suhe tvari podzemnog dijela biljke, ukupna masa suhe tvari, ukupna dužina korijena, površina plašta korijena, volumen korijena i broj vrhova korijena) prema tipu kontejnera korištena je analiza varijance (ANOVA) i višestruki *Turkeyev post hoc* test.

Za analizu ovisnosti preživljjenja 2009. godine s visinom nakon sadnje, tipom kontejnera, pripremom tla i njihovom interakcijom korištena je logistička regresija (Sokal i Rohlf, 1995.). Zbog prikaza utjecaja svake od varijabli (početna visina nakon sadnje, priprema tla i veličina kontejnera) te utjecaja interakcije varijabli pripreme tla i volumena kontejnera na preživljenje biljaka, iz logističke regresije se koristio dobiveni omjer šansi (*odds ratio*). Omjer šansi podrazumijeva vrijednosti između nula (0) i beskonačnosti. Jedan (1) je neutralna vrijednost i znači da nema razlike između grupa varijabli koje promatramo. Omjer šansi veći od jedan (1) znači da varijabla koja ima vrijednost veću od jedan (1) je proporcionalno veća od druge promatrane varijable, a ako je istina suprotna tj. ako je druga (promatrana) varijabla proporcionalno veća od prve onda će omjer šansi biti manji od jedan (1).

Utjecaj tipa kontejnera, pripreme tla te njihove interakcije na visinski rast biljaka u razdoblju od 2003. do 2009. godine testiran je analizom varijance ponovljenih mjerena (Davis, 2002.).

Analizom varijance testiran je utjecaj tipa kontejnera i pripreme tla na promjer biljaka 2009. godine.

Analiza varijance i analiza varijance ponovljenih mjerena napravljena je koristeći statistički paket STATISTICA 7.1 (StatSoft, Inc. 2011.), a logistička regresija napravljena je koristeći statistički paket SAS 8.1 (Sas Institute Inc. 2008.).

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Rezultati pedoloških istraživanja na pokusnom objektu

U tablici 14 su prikazani rezultati kemijske analize uzorka tla iz svih pet pedoloških profila sa pokusnog objekta (P1-P5/11), a

Tabela 14. Rezultati kemijske analize uzorka tla (P1-P5/11). Vrbek 2011.

Redni broj uzorka	Oznaka uzorka	Dubina, cm	pH		mg/ 100 mg tla		N %	Humus %	C %	C/N	CaCO ₃ %
			H ₂ O	1M KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O					
P1/11	Vrpolje	0-16	6,93	6,17	6,16	43,86	0,37	7,45	4,33	11,10	-
P1/11	Vrpolje	20-50	7,10	6,56	6,83	24,72	0,20	2,97	1,73	8,65	2,87
P2/11	Vrpolje	0-20	7,16	6,64	5,76	30,11	0,36	5,63	3,27	9,08	1,69
P2/11	Vrpolje	25-50	7,51	6,70	6,30	19,33	0,19	2,40	1,39	7,32	2,54
P3/11	Vrpolje	1-20	7,44	6,68	6,70	28,72	0,38	2,28	4,23	11,13	2,54
P3/11	Vrpolje	25-50	7,46	6,68	7,37	21,79	0,27	4,75	2,76	10,22	4,24
P4/11	Vrpolje	0-20	7,54	6,79	8,17	27,03	0,31	5,13	2,98	9,61	2,54
P5/11	Vrpolje	0-20	7,50	6,73	7,10	46,97	0,36	5,86	3,41	9,47	1,69

rezultati fizikalne analize u tablici 15.

Tabela 15. Rezultati fizikalne analize uzorka tla (P1-P5/11). Vrbek 2011.

Redni broj uzorka	Oznaka uzorka	Dubina, cm	KP 2,0-0,2	SP 0,2-0,02	PRAH 0,02-0,002	GLINA <0,002	Teksturna oznaka
P1/11	Vrpolje	0-16	2,3	18,1	35,1	44,5	Laka glina
P1/11	Vrpolje	20-50	1,4	20,9	29,8	47,9	Teška glina
P2/11	Vrpolje	0-20	3,1	16,8	36,2	43,9	Laka glina
P2/11	Vrpolje	25-50	0,8	20,7	28,8	49,7	Teška glina
P3/11	Vrpolje	1-20	2,0	16,4	27,8	53,8	Teška glina
P3/11	Vrpolje	25-50	2,1	13,7	29,9	54,3	Teška glina
P4/11	Vrpolje	0-20	21,0	19,3	41,7	38,0	Laka glina
P5/11	Vrpolje	0-20	1,4	19,4	37,0	42,2	Laka glina

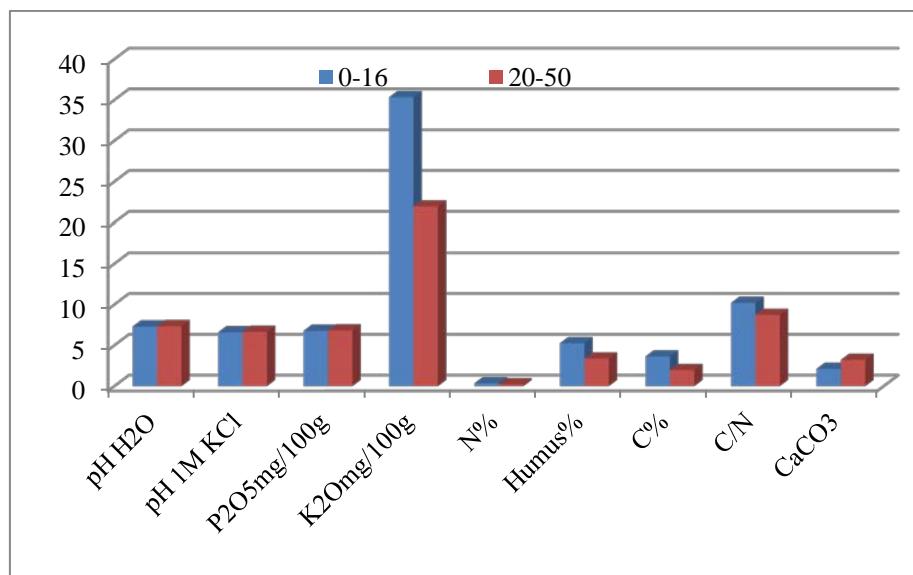
Podaci analiziranih uzoraka tla pokazuju kako je reakcija u vodi neutralna do slabo alkalna (pH 6,93 do 7,54). U tablici 16 i u grafikonu 1 prikazane su prosječne vrijednosti uzoraka tla za cijelo područje. Pristupačnog fosfora ima slabo. Prosječno za dubinu od 0-15 cm 6,78 mg/100 g i za dubinu od 20 do 50 cm - 6,83 mg/100 g tla (općenito fosfor se stalno ispire te ga je potrebno češće dodavati u tlo). Kalijem je tlo u prvom horizontu vrlo bogato opskrbljeno dok je u drugom horizontu bogato opskrbljeno. Tlo sadrži u postotnom iznosu dosta humusa a i C:N odnos je dobar. Također je dosta dobro opskrbljeno dušikom (N). Ima nešto karbonata, ali to možemo pripisati detritusu vapnenca prilikom kopanja pedološke jame.

Po mehaničkome sastavu tla pripadaju u lake gline u površinskom horizontu, a u dubljim dijelovima pripadaju u teške gline.

Generalno gledajući po kemijskim analizama tlo je dosta dobro opskrbljeno za šumsku proizvodnju osim što ima nedostatka fosfora i što je u dubini ispod 20 cm teška glina.

Tabela 16. Prosječne vrijednosti kemijskih analiza za sve uzorce po dubinama

Dubina uzorka cm	pH u H ₂ O	pH u 1M KCl	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g	N%	Humus %	C %	C/N	CaCO ₃
0-16	7,31	6,60	6,78	35,34	0,36	5,27	3,64	10,2	2,11
20-50	7,35	6,65	6,83	21,95	0,22	3,37	1,96	8,73	3,22



Grafikon 1. Prosječni prikaz kemijskih vrijednosti uzoraka za dubinu od 0-16 cm i od 20-50 cm. Vrbek 2011.

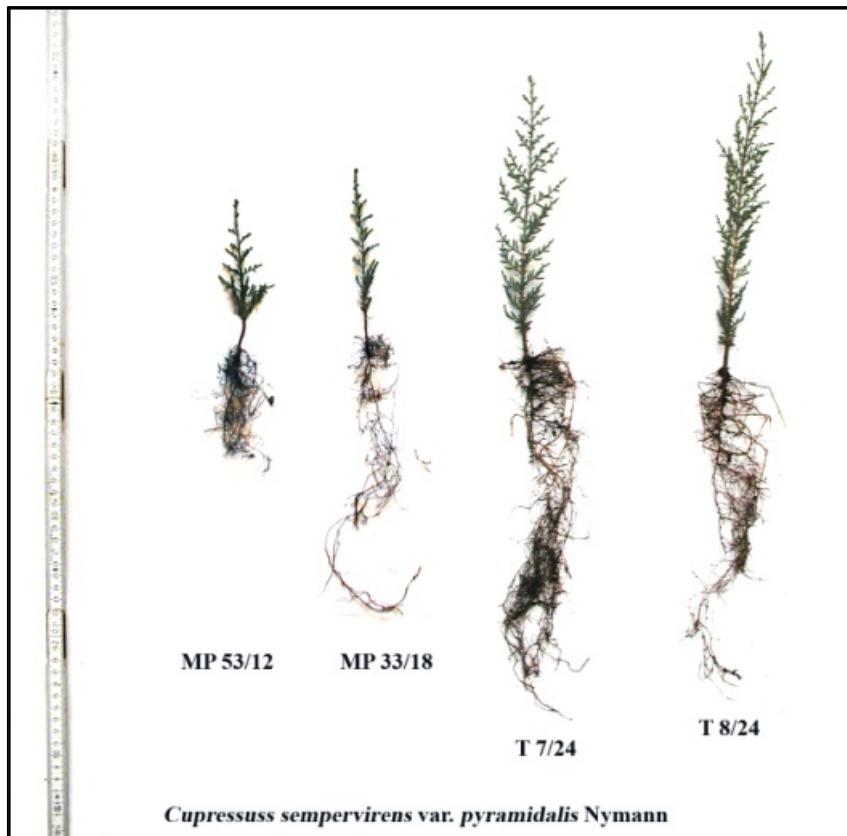
5.2. Analiza morfoloških značajki jednogodišnjih sadnica istraživanih vrsta u različitim tipovima kontejnera

U ovom potpoglavlju će se prikazati rezultati izmjere svih važnijih morfoloških elemenata jednogodišnjih sadnica uzgajanih u četiri tipa kontejnera za slijedeće vrste: obični čempres piramidalnog varijeteta (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann), alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton), bor pinija (*Pinus pinea* L.) i hrast crnika (*Quercus ilex* L.).

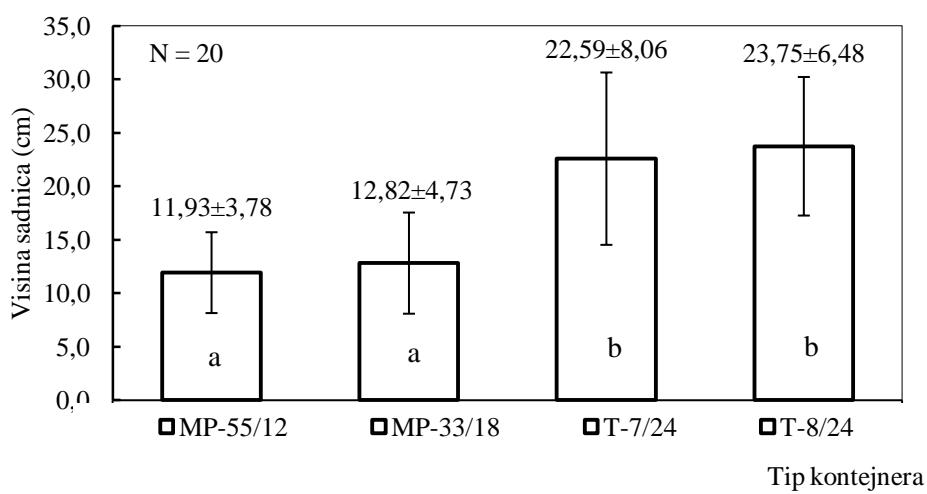
5.2.1. Obični čempres piramidalnog varijeteta (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann)

5.2.1.1. Visine jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja visina (Grafikon 2 i Slika 32) na uzorku od 20 sadnica običnoga čempresa pokazuju najveću prosječnu visinu kod jednogodišnjih sadnica uzgajanih u kontejneru T 8/24 (23,75 cm), a najmanju u kontejneru MP 53/12 (11,93 cm). Prosječna visina sadnica u kontejneru MP 33/18 je 12,82 cm, a u kontejneru T 7/24 22,59 cm. Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike u visini jednogodišnjih sadnica običnoga čempresa uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F= 21,82$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom utvrđena je razlika u visini sadnica u kontejneru MP 53/12 u odnosu na kontejnere T 7/24 i T 8/24, kao i razlika između kontejnera MP 33/18 u odnosu na T 7/24 i T 8/24.



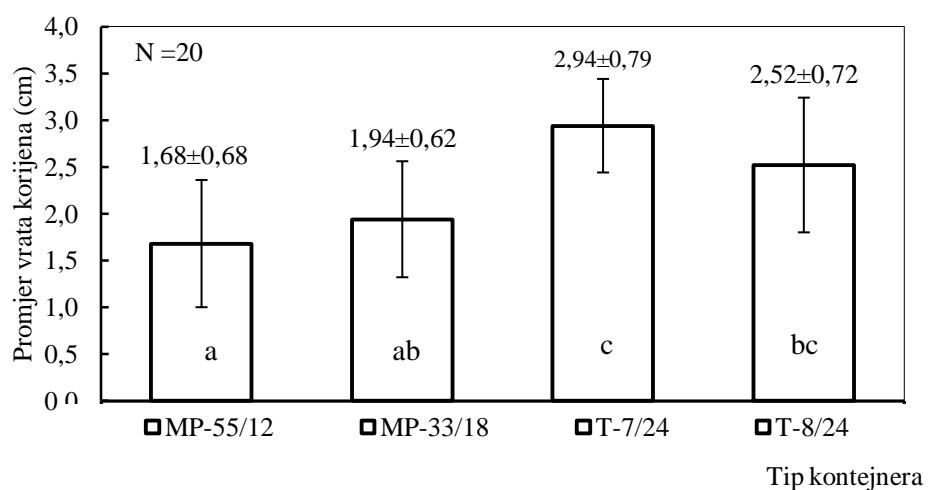
Slika 32. Visine jednogodišnjih sadnica sadnica običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann.) u različitim tipovima kontejnera. (Foto: V. Topić)



Grafikon 2. Prosječne visine i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann.) u različitim tipovima kontejnera. Različita mala slova u stupcima ukazuju na statistički značajnu razliku (prema Turkey post hoc testu); N – broj uzoraka.

5.2.1.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera

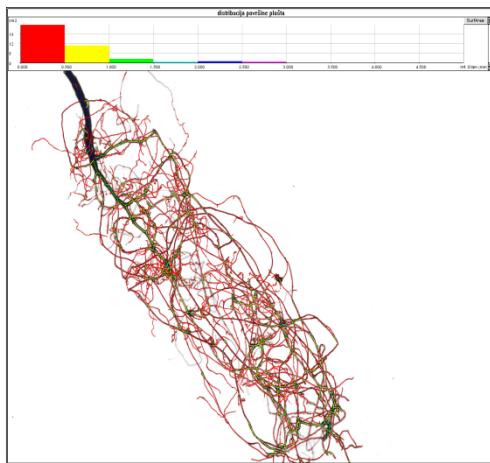
Rezultati istraživanja promjera korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica običnoga čempresa, prikazani na grafikonu 3, pokazali su najveći prosječni promjer korijenovog vrata kod sadnica uzgajanih u kontejneru T 7/24 (2,94 cm), a najmanji, i to gotovo dvostruko, kod sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (1,68 cm). Prosječni promjer vrata korijena u kontejneru MP 33/18 iznosi 1,94 cm, a u kontejneru T 8/24 je 2,52 cm. Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike u promjeru vrata korijena kod sadnica običnoga čempresa uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 13,04$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u promjeru vrata korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 u odnosu na sadnice uzgajane u kontejneru T 7/24.



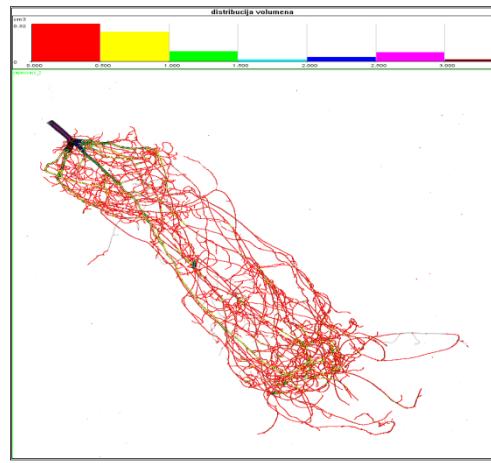
Grafikon 3. Prosječni promjeri vrata korijena i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann.) u različitim tipovima kontejnera. Različita mala slova u stupcima ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

5.2.1.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera

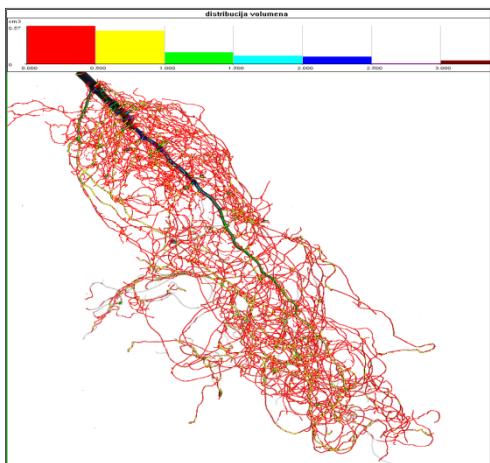
Vizualnim zapažanjima je utvrđena jednostavna arhitektura korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica običnog čempresa - sa žilom srčanicom, brojnim i vrlo tankim postranim žiljem.



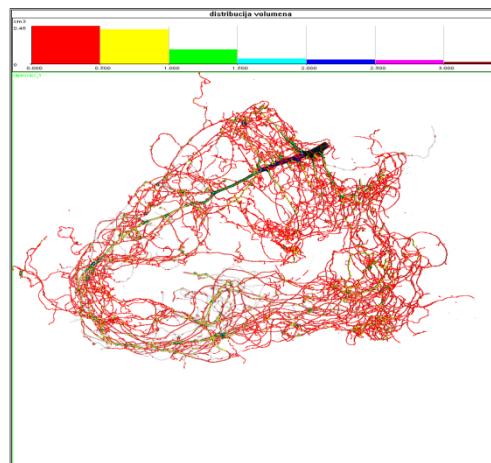
Slika 33. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice običnog čempresa proizvedene u kontejneru MP 53/12 (izgled prosječnog primjera).



Slika 34. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice običnog čempresa proizvedene u kontejneru MP 33/18 (izgled prosječnog primjera).



Slika 35. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice običnog čempresa proizvedene u kontejneru T 7/24 (izgled prosječnog primjera).



Slika 36. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice običnog čempresa proizvedene u kontejneru T 8/24 (izgled prosječnog primjera).

Istraživanjima je utvrđeno kako korijen sadnice običnog čempresa proizvedene u kontejneru MP 53/12 nakon jedne godine u rasadniku (Slika 33) ima zadovoljavajuću proraslost busena, ali je kod većih primjeraka sadnica primjećen spiralni rast postranog

korijenja. Spiralnog rasta i ostalih deformacija korijena unutar jedne vegetacije nema u kontejnerima MP 33/18, a pogotovo u kontejnerima T 7/24 i T 8/24 (Slike 34, 35 i 36).

Proraslost busena supstrata nije zadovoljavajuća u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, pa čak i u kontejnerima MP 33/18, iako je očito kako se u kontejnerima T 7/24 i T 8/24 korijenov sustav bolje razvija i bogatiji je žiljem, nego u kontejnerima MP 33/18, a pogotovo u kontejnerima MP 53/12.

U tablici 17 su prikazani rezultati istraživanja značajnijih morfoloških elemenata korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann) uzgajanih u četiri tipa kontejnera.

Tablica 17. Prosječne morfološke vrijednosti i analiza varijance elemenata korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann) u različitim tipovima kontejnera.

Tip kontejnera	Ukupna duljina, cm				Broj vrhova (TIP), kom.					
	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	210,90 ^(a)	126,38	18,57	<0,0001	20	622 ^(a)	326	7,93	0,0001
Multipot 33/18	20	262,74 ^(a)	154,24			20	653 ^(a)	270		
Tuljak 7/24	20	557,05 ^(b)	241,92			20	1569 ^(b)	1403		
Tuljak 8/24	20	571,62 ^(b)	240,48			20	1775 ^(b)	1234		
Tip kontejnera	Volumen, cm ³				Površina plašta, cm ²					
	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,238 ^(a)	0,145	16,10	<0,0001	20	24,46 ^(a)	14,89	16,45	<0,0001
Multipot 33/18	20	0,268 ^(a)	0,151			20	29,35 ^(a)	17,18		
Tuljak 7/24	20	0,632 ^(b)	0,339			20	66,45 ^(b)	33,85		
Tuljak 8/24	20	0,618 ^(b)	0,268			20	64,03 ^(b)	27,27		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Ukupna duljina korijena

Najmanju prosječnu vrijednost ukupne duljine korijena imaju sadnice običnog čempresa uzgajane u kontejneru MP 53/12 (210,90 cm), a najveću, skoro trostruko od prethodne, one uzgajane u kontejneru T 8/24 (571,62 cm). U kontejneru MP 33/18 ukupna duljina korijena iznosi prosječno 262,74 cm, a u kontejneru T 7/24 557,05 cm. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u ukupnoj duljini korijena sadnica uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 18,57$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena značajna razlika u ukupnoj duljini korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na sadnice uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Broj vrhova korijena

Najmanji prosječni broj vrhova ima korijen sadnica običnog čempresa uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (622 kom.), a najveći u kontejneru T 8/24 (1775 kom.). Sadnice u kontejneru MP 33/18 imaju korijen sa prosječno 653 vrha, a u kontejneru T 7/24 sa prosječno 1569 vrhova. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u broju vrhova korijena sadnica običnog čempresa uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 7,93$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u broju vrhova korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Površina plašta korijena

Najmanju prosječnu površinu plašta ima korijen sadnica običnog čempresa uzgajanih u kontejneru MP 53/12 ($24,46 \text{ cm}^2$), nešto veću korijen sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 ($29,35 \text{ cm}^2$), znatno veću ima korijen sadnica uzgajanih u kontejneru T 8/24 ($64,03 \text{ cm}^2$), a najveću ima korijen sadnica uzgajanih u kontejneru T 7/24 ($66,45 \text{ cm}^2$). Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u površini plašta korijena sadnica uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 16,45$, $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena statistički značajna razlika između površine plašta korijena sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Volumen korijena

Prosječno najmanji volumen ima korijen sadnica običnog čempresa uzgajanih u kontejneru MP 53/12 ($0,238 \text{ cm}^3$), nešto veći u kontejneru MP 33/18 ($0,268 \text{ cm}^3$), a prosječno najveći volumen ima korijen sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 ($0,632 \text{ cm}^3$) i T 8/24 ($0,618 \text{ cm}^3$). Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u volumenu korijena sadnica običnog čempresa uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 16,10$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom utvrđena je statistički značajna razlika u volumenu korijena u između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 55/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T

8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

5.2.1.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica običnog čempresa prema tipu kontejnera

U tablici 18 su prikazani rezultati istraživanja biomase (suha tvar) jednogodišnjih sadnica običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) u različitim tipovima kontejnera.

Tablica 18. Prosječne vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance biomase sadnica običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	Masa suhe tvari nadzemnog dijela, g				Masa suhe tvari korijena, g				Masa suhe tvari biljke, g				
	N	A.S.	S.D.	F	N	A.S.	S.D.	F	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,289 ^(a)	0,201		20	0,122 ^(a)	0,070		20	0,409 ^(a)	0,263		
Multipot 33/18	20	0,296 ^(a)	0,167		20	0,149 ^(a)	0,079		20	0,444 ^(a)	0,230		
Tuljak 7/24	20	0,731 ^(b)	0,461	10,65 <0,0001	21,16 <0,0001	0,361 ^(b)	0,156		20	1,092 ^(b)	0,602	14,02 <0,0001	
Tuljak 8/24	20	0,629 ^(b)	0,330		20	0,323 ^(b)	0,140		20	0,952 ^(b)	0,457		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Masa suhe tvari nadzemnog dijela

Najmanju prosječnu masu suhe tvari nadzemnog dijela imaju sadnice običnog čempresa uzgajane u kontejneru MP 53/12 (0,289 g), zatim slijede sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (0,296 g), dok znatno veću masu imaju sadnice uzgajane u kontejneru T 8/24 (0,629 g), a najveću sadnice uzgajane u kontejneru T 7/24 (0,731 g).

Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike u masi nadzemnog dijela sadnica običnog čempresa uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 10,65$; $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i kontejnerima T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Masa suhe tvari korijena

Najmanju prosječnu masu suhe tvari korijena imaju sadnice običnog čempresa uzgajane u kontejneru MP 53/12 (0,122 g), zatim slijede sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (0,149 g), dok najveću masu imaju sadnice uzgajane u kontejneru T 7/24 (0,361 g), a nešto manju sadnice uzgajane u kontejneru T 8/24 (0,323 g).

Analizom varijance je utvrđeno da postoje statistički značajne razlike u masi nadzemnog dijela sadnica običnog čempresa uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 21,16$; $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom su ustanovljene razlike između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Ukupna biomasa sadnice

Najmanju prosječnu ukupnu masu suhe tvari imaju sadnice običnog čempresa uzgajane u kontejneru MP 53/12 (0,409 g), zatim slijede sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (0,444 g), dok najveću ukupnu masu imaju sadnice uzgajane u kontejneru T 7/24 (1,092 g), a nešto manju sadnice uzgajane u kontejneru T 8/24 (0,952 g).

Analizom varijance je ustanovljeno da postoje statistički značajne razlike u ukupnoj masi suhe tvari sadnica običnog čempresa uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 14,02$; $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

5.2.1.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica običnoga čempresa prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja kvalitativnih morfoloških indeksa jednogodišnjih sadnica običnog čempresa, izračunatih pomoću određenih izmjerениh morfoloških elemenata, prikazani su u tablici 19.

Tablica 19. Prosječne vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance kvalitativnih morfoloških indeksa sadnica običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	Omjer biomase: nadzemni/podzemni (S/K)				Dicksonov kvalitativni index (DQI)				
	N	A.S.	S.D.	F	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	2,56 ^(a)	1,34		20	0,04 ^(a)	0,03		
Multipot 33/18	20	2,22 ^(a)	0,92		20	0,05 ^(a)	0,03		
Tuljak 7/24	20	2,04 ^(a)	0,77	1,28	0,2868	20	0,11 ^(b)	0,06	13,43 <0,0001
Tuljak 8/24	20	2,01 ^(a)	0,80			20	0,08 ^(b)	0,04	

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela sadnice (S / K)

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela (stabljika / korijen) ima približno jednake vrijednosti kod sadnica običnog čempresa u sva četiri tipa kontejnera. Sadnice u kontejneru MP 53/12 imaju omjer 2,56, u kontejneru MP 33/18 isti iznosi 2,22, u T 7/24 iznosi 2,04, dok je u kontejneru T 8/24 omjer 2,01, što upućuje na zaključak kako se omjer biomase stabljike i korijena kod običnog čempresa ne mijenja ovisno o tipu kontejnera.

Dicksonov kvalitativni indeks (DQI)

Dicksonov kvalitativni indeks (DQI) je najmanji kod sadnica običnog čempresa uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (0,04) i kontejneru MP 33/18 (0,05), a značajno veći kod sadnica uzgajanih u kontejneru T 7/24 (0,11) i kontejneru T 8/24 (0,08).

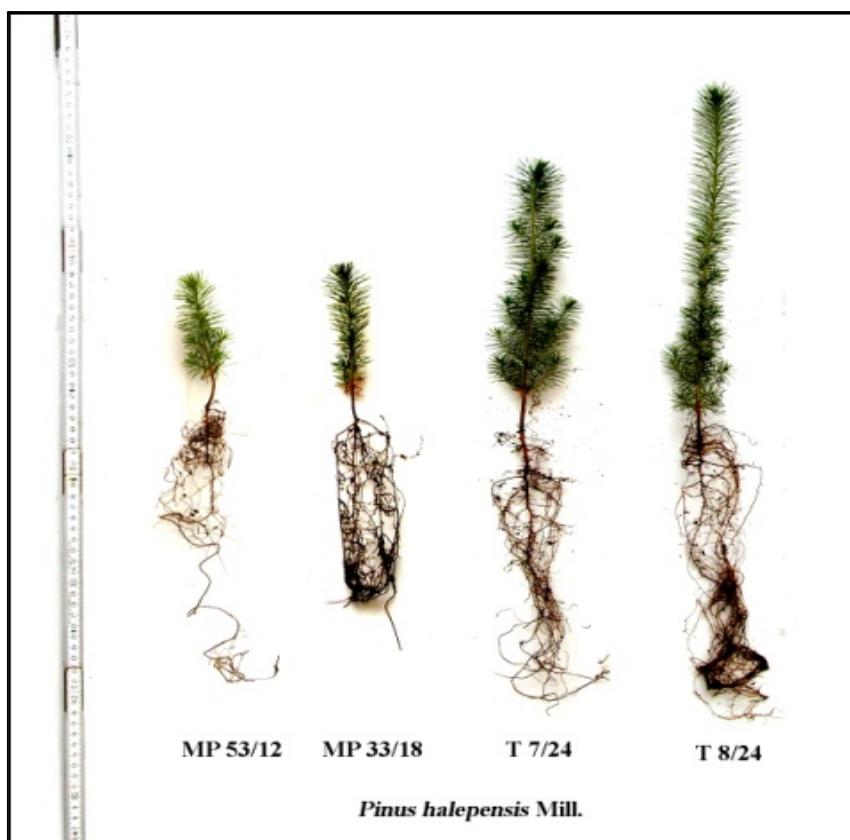
Statistički (ANOVA) je potvrđena razlika u vrijednostima DQI – a kod sadnica običnog čempresa uzgajanih u različitim kontejnerima ($F = 13,43$; $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Gledajući kvalitetu sadnica običnog čempresa s obzirom na tip kontejnera, a prema Dicksonovom kvalitativnom indeksu, može se razlučiti kako su kvalitetnije sadnice običnog čempresa proizvedene u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, dakle, u većim kontejnerima.

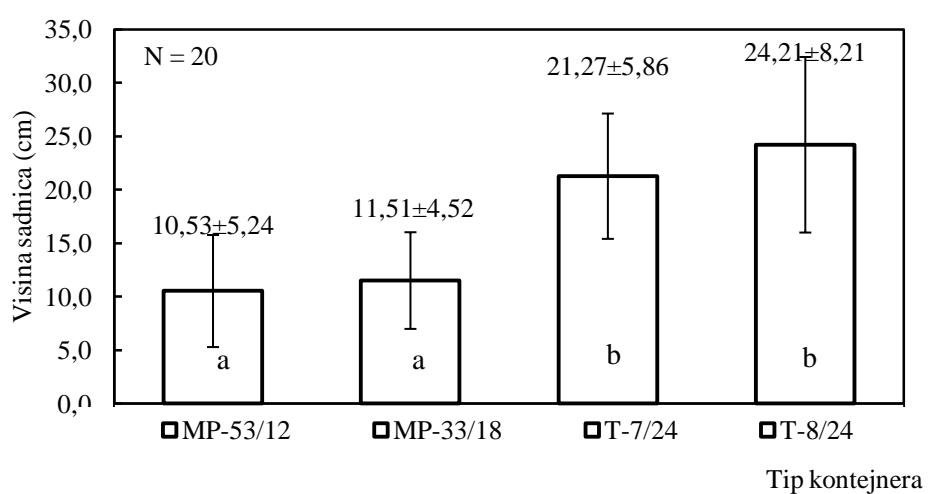
5.2.2. Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.)

5.2.2.1. Visine jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja visina (Grafikon 4 i Slika 37) na uzorku od 20 sadnica alepskoga bora su pokazali najveću prosječnu visinu kod jednogodišnjih sadnica uzgajanih u kontejneru T 8/24 (24,21 cm), a najmanju u kontejneru MP 53/12 (10,53 cm). Prosječna visina sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 je 11,51 cm, a u kontejneru T 7/24 iznosi 21,27 cm. Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike u visini jednogodišnjih sadnica alepskoga bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 25,34$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u visini sadnica u kontejneru MP 53/12 u odnosu na kontejnere T 7/24 i T 8/24, te u kontejneru MP 33/18 u odnosu na kontejnere T 7/24 i T 8/24.



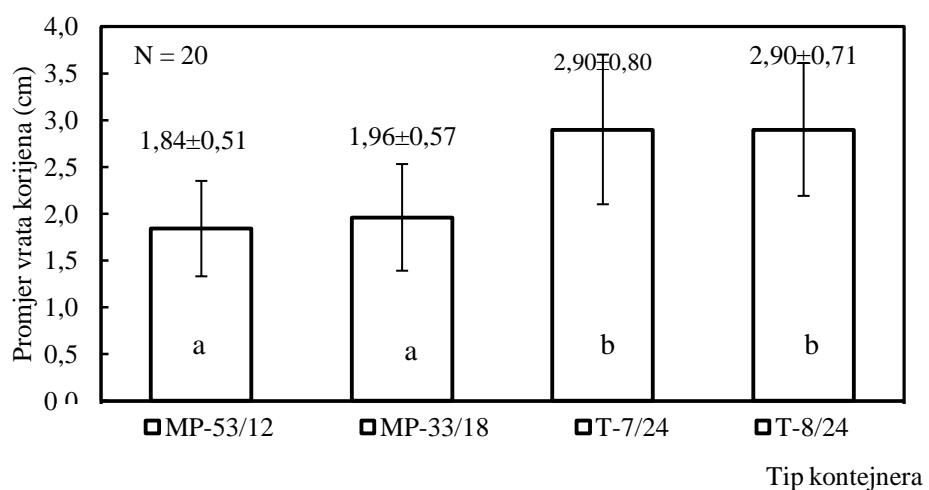
Slika 37. Prosječne visine jednogodišnjih sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) u različitim tipovima kontejnera. (Foto: V. Topić)



Graffikon 4. Prosječne visine i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) u različitim tipovima kontejnera. Vrijednosti sa različitim malim slovima u stupcima znače statistički značajnu razliku (prema Turkey post hoc testu); N – broj uzoraka.

5.2.2.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera

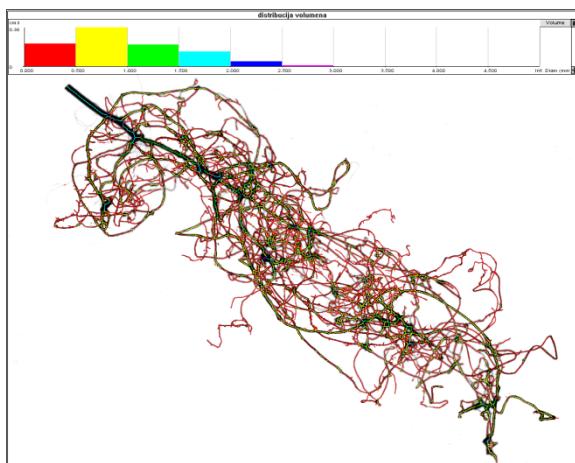
Rezultati istraživanja promjera korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica alepskoga bora (Grafikon 5) ukazuju na najveći prosječni promjer korijenovog vrata kod sadnica uzbijanih u kontejneru T 7/24 i T 8/24 (2,90 cm), a najmanji kod sadnica uzbijanih u kontejneru MP 53/12 (1,84 cm). Prosječni promjer vrata korijena u kontejneru MP 33/18 iznosi 1,96 cm. Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike u promjeru vrata korijena sadnica alepskoga bora uzbijanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 13,04$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u promjeru vrata korijena između sadnica uzbijanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na one uzbijane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzbijanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzbijanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.



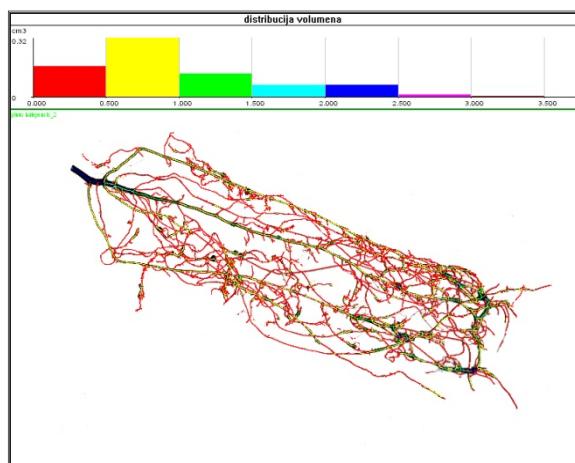
Grafikon 5. Prosječni promjeri vrata korijena i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) u različitim tipovima kontejnera. Vrijednosti sa različitim slovima u stupcima ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

5.2.2.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera

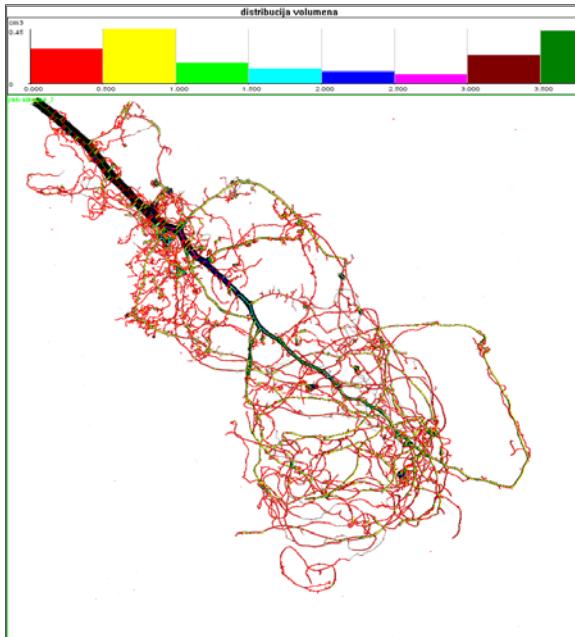
Vizualnim zapažanjima utvrđena je jednostavna arhitektura korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica alepskoga bora - sa žilom srčanicom, brojnim i vrlo tankim postranim žiljem (Slike 38, 39, 40 i 41).



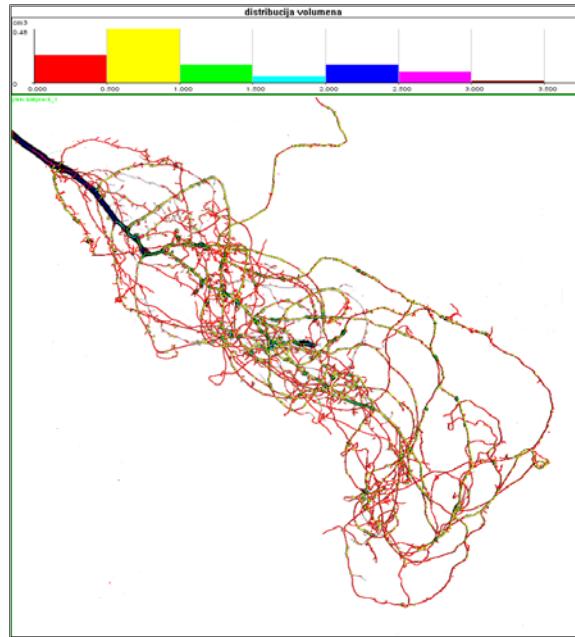
Slika 38. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice alepskoga bora proizvedene u kontejneru MP 53/12 (izgled prosječnog primjerka).



Slika 39. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice alepskoga bora proizvedene u kontejneru MP 33/18 (izgled prosječnog primjerka).



Slika 40. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice alepskoga bora proizvedene u kontejneru T 7/24 (izgled prosječnog primjerka).



Slika 41. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice alepskoga bora proizvedene u kontejneru T 8/24 (izgled prosječnog primjerka).

Istraživanja su pokazala već u prvoj vegetaciji različitu razvijenost i deformacije korijenovog sustava sadnica alepskoga bora u svim kontejnerima. Proraslost busena supstrata u prvoj vegetaciji kod alepskoga bora u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18 je slična, ali ipak više zadovoljavajuća kod kontejnera MP 53/12. Ovo stoga što kod kontejnera MP 53/12 prirodno prije dolazi do prorastanja busena supstrata, ali i pojave deformacije zbog manjeg volumena kontejnera. Spiralni rast postranog korijena u ovim kontejnerima kretao se u rasponu od 90 do 360° oko središnje osi.

Kod većih kontejnera, dakle kontejnera T 7/24 i T 8/24, nisu zapažene deformacije korijena u prvoj godini u rasadniku, ali proraslost busena nije bila zadovoljavajuća budući se supstrat, kod slabije razvijenih sadnica iz ovih kontejnera, djelomično raspadao prilikom vađenja iz kontejnera. Unatoč tome, očito je da se korijen sadnica alepskog bora bolje razvija i bogatiji je žiljem u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, nego u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18.

U tablici 20 su prikazani rezultati istraživanja značajnijih morfoloških elemenata korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) uzgajanih u četiri tipa kontejnera.

Tablica 20. Srednje morfološke vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance elemenata korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) u različitim tipovima kontejnera.

Tip kontejnera	Ukupna duljina, cm				Broj vrhova (TIP), kom.					
	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	234,95 ^(a)	110,13	19,14 14,73	<0,0001 <0,0001	20	689 ^(a)	336	6,62 18,92	0,0005 <0,0001
Multipot 33/18	20	199,10 ^(a)	104,42			20	997 ^(ab)	690		
Tuljak 7/24	20	443,83 ^(b)	185,78			20	1739 ^(bc)	1381		
Tuljak 8/24	20	481,30 ^(b)	168,35			20	2255 ^(c)	1897		
Tip kontejnera	Volumen, cm ³				Površina plašta, cm ²					
	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,406 ^(a)	0,205	14,73	<0,0001	20	33,19 ^(a)	14,47	18,92 <0,0001	<0,0001 0,0005
Multipot 33/18	20	0,382 ^(a)	0,187			20	30,88 ^(a)	15,26		
Tuljak 7/24	20	0,841 ^(b)	0,396			20	68,19 ^(b)	30,22		
Tuljak 8/24	20	0,850 ^(b)	0,368			20	71,32 ^(b)	25,69		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka

Ukupna duljina korijena

Najmanju prosječnu vrijednost ukupne duljine korijena imaju sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (199,10 cm), a najveću u kontejneru T 8/24 (481,30 cm), što je više nego dvostruko. Kod sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 prosječna ukupna duljina korijena iznosi 234,95 cm, a kod onih uzgajanih u kontejneru T 7/24 iznosi 443,83 cm. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u ukupnoj duljini korijena sadnica uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 19,14$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u ukupnoj duljini korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Broj vrhova korijena

Najmanji prosječni broj vrhova ima korijen sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (689 kom.), a najveći u kontejneru T 8/24 (2255 kom.). Sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 imaju korijen sa prosječno 997 vrhova, a u kontejneru T 7/24 sa prosječno 1739 vrhova. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u broju vrhova korijena sadnica uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 6,62$; $p = 0,0005$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u broju vrhova korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejneru T 8/24.

Površina plašta korijena

Najmanju prosječnu površinu plašta ima korijen sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 ($30,88 \text{ cm}^2$), nešto veću korijen sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 ($33,19 \text{ cm}^2$), znatno veću korijen sadnica uzgajanih u kontejneru T 7/24 ($68,19 \text{ cm}^2$), dok najveću ima korijen sadnica uzgajanih u kontejneru T 8/24 ($71,32 \text{ cm}^2$). Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u površini plašta korijena sadnica uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 18,92$; $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom je ustanovljena statistički značajna razlika između površine plašta korijena sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Volumen korijena

Prosječno najmanji volumen ima korijen sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 ($0,382 \text{ cm}^3$), zatim onih uzgajanih u kontejneru MP 53/12 ($0,406 \text{ cm}^3$), a prosječno najveće volumene imaju korijeni sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 ($0,841 \text{ cm}^3$) i T 8/24 ($0,850 \text{ cm}^3$). Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u volumenu korijena sadnica uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 14,73$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je ustanovljeno da statistički značajnu razliku u volumenu korijena čine sadnice uzgajane u kontejneru MP 55/12 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, kao i sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

5.2.2.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera

U tablici 21 su prikazani rezultati istraživanja biomase (suha tvar) jednogodišnjih sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) u različitim tipovima kontejnera.

Tablica 21. Srednje vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance biomase suhe tvari sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	N	Masa suhe tvari nadzemnog dijela, g				N	Masa suhe tvari korijena, g				N	Masa suhe tvari biljke, g			
		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p
Multipot 55/12	20	0,711 ^(a)	0,401	11,18 <0,0001		20	0,377 ^(a)	0,191	13,08 <0,0001		20	1,087 ^(a)	0,534	13,61 <0,0001	
Multipot 33/18	20	0,821 ^(a)	0,513			20	0,392 ^(a)	0,191			20	1,188 ^(a)	0,654		
Tuljak 7/24	20	1,814 ^(b)	0,956			20	0,749 ^(b)	0,329			20	2,563 ^(b)	1,218		
Tuljak 8/24	20	1,976 ^(b)	1,322			20	0,782 ^(b)	0,341			20	2,757 ^(b)	1,547		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Masa suhe tvari nadzemnog dijela

Najmanju prosječnu masu suhe tvari nadzemnog dijela imaju sadnice uzgajane u kontejneru MP 53/12 (0,711 g), zatim slijede sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (0,821 g), dok najveću masu imaju sadnice uzgajane u kontejneru T 8/24 (1,976 g), a nešto manju imaju sadnice uzgajane u kontejneru T 7/24 (1,814 g).

Analizom varijance ($F = 11,18$; $p < 0,0001$) su dobivene statistički značajne razlike u masi suhe tvari nadzemnog dijela sadnica uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih

uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Masa suhe tvari korijena

Najmanju prosječnu masu suhe tvari korijena imaju sadnice uzgajane u kontejneru MP 53/12 (0,377 g), zatim slijede sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (0,392 g), dok najveću masu imaju sadnice uzgajane u kontejneru T 8/24 (0,782 g), a nešto manju sadnice uzgajane u kontejneru T 7/24 (0,749 g).

Analizom varijance ($F = 13,08; p < 0,0001$) je ustanovljena statistički značajna razlika u masi suhe tvari korijena sadnica iz različitih tipova kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđeno da su razlike u masi suhe tvari korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Prosječna biomasa suhe tvari

Najmanju prosječnu biomasu suhe tvari imaju sadnice alepskoga bora uzgajane u kontejneru MP 53/12 (1,087 g), zatim slijede sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (1,188 g), dok najveću masu imaju sadnice uzgajane u kontejneru T 8/24 (2,757 g), a nešto manju imaju sadnice iz kontejnera T 7/24 (2,563 g).

Analiza varijance ($F = 13,61; p < 0,0001$) ukazuje na razlike u ukupnoj biomasu suhe tvari sadnica alepskoga bora iz različitih tipova kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike u prosječnoj ukupnoj biomasu između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

5.2.2.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica alepskoga bora prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja kvalitativnih morfoloških indeksa jednogodišnjih sadnica alepskoga bora, izračunati pomoću određenih izmjerениh morfoloških elemenata, prikazani su u tablici 22.

Tablica 22. Srednje vrijednosti, standardna devijacija kvalitativnih morfoloških indeksa sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	Omjer biomase: nadzemni/podzemni (S/K), g/g				Dicksonov kvalitativni index (DQI)					
	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	1,99 ^(a)	0,84			20	0,14 ^(a)	0,06		
Multipot 33/18	20	2,33 ^(a)	2,04			20	0,15 ^(a)	0,08		
Tuljak 7/24	20	2,49 ^(a)	1,23	0,49	0,6872	20	0,26 ^(b)	0,13	7,71	0,0001
Tuljak 8/24	20	2,44 ^(a)	1,34			20	0,25 ^(b)	0,13		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema Turkey post hoc testu); N – broj uzoraka

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela sadnice (S / K)

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela (stabljika / korijen) ima približno jednakе vrijednosti kod jednogodišnjih sadnica alepskoga bora u sva četiri tipa kontejnera. Sadnice u kontejneru MP 53/12 imaju omjer 1,99, u kontejneru MP 33/18 omjer 2,33, u kontejneru T 7/24 omjer 2,49, a u kontejneru T 8/24 omjer 2,44, što kazuje kako se omjer biomase stabljike i korijena kod alepskog bora ne mijenja s obzirom na tip kontejnera.

Dicksonov kvalitativni indeks (DQI)

Dicksonov kvalitativni indeks je najmanji kod sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (0,14) i onih uzgajanih u kontejneru MP 33/18 (0,15), a gotovo dvostruko veći kod sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 (0,26) i T 8/24 (0,25).

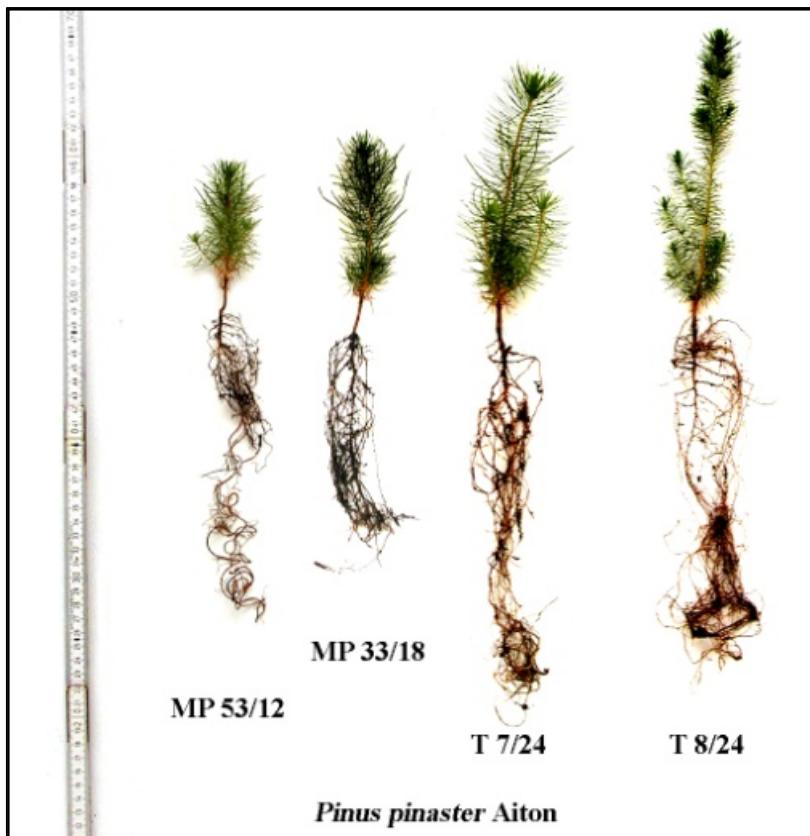
Statistički (ANOVA) je potvrđena razlika u vrijednostima DQI-a kod jednogodišnjih sadnica alepskoga bora iz različitih kontejnera ($F = 7,71$; $p < 0,0001$), a Turkeyevim post hoc testom je utvrđena razlika u DQI-u između sadnica uzgajanih u manjim kontejnerima (MP 53/12 i MP 33/18) u odnosu na sadnice uzgajane u većim kontejnerima (T 7/24 i T 8/24).

Promatrajući kvalitetu sadnica alepskoga bora s obzirom na tip kontejnera, a prema Dicksonovom kvalitativnom indeksu, proizlazi kako su kvalitetnije sadnice proizvedene u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, dakle u većim kontejnerima.

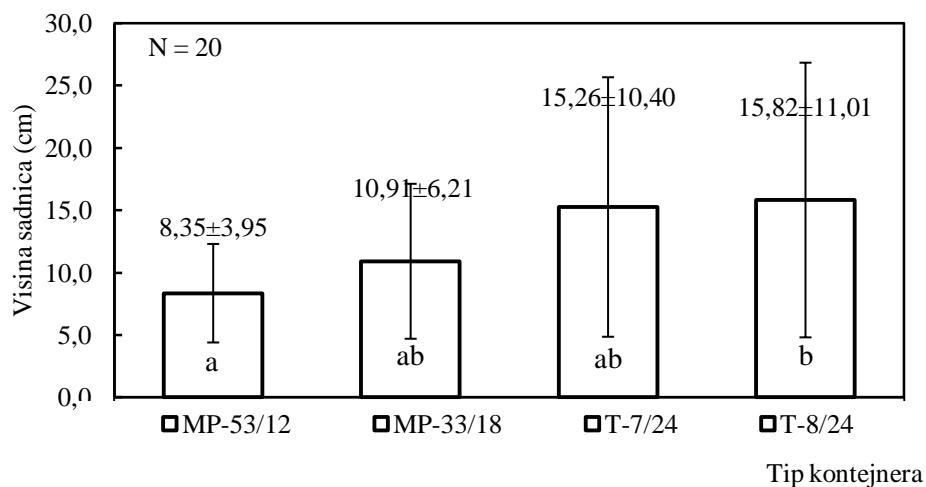
5.2.3. Primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton)

5.2.3.1. Visine jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja visina (Grafikon 6 i Slika 42) na uzorku od 20 sadnica primorskog bora pokazuju najveću prosječnu visinu kod jednogodišnjih sadnica u zgnjanju u kontejneru T 8/24 (15,82 cm), a najmanju u kontejneru MP 53/12 (8,35 cm). Prosječna visina sadnica u kontejneru MP 33/18 je 10,91 cm, a u kontejneru T 7/24 iznosi 15,26 cm. Analizom varijance su dobivene statistički značajne razlike u visini jednogodišnjih sadnica primorskog bora u zgnjanju u različitim tipovima kontejnera ($F = 3,61$; $p = 0,0171$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u visini sadnica između kontejnera MP 53/12 i T 8/24.



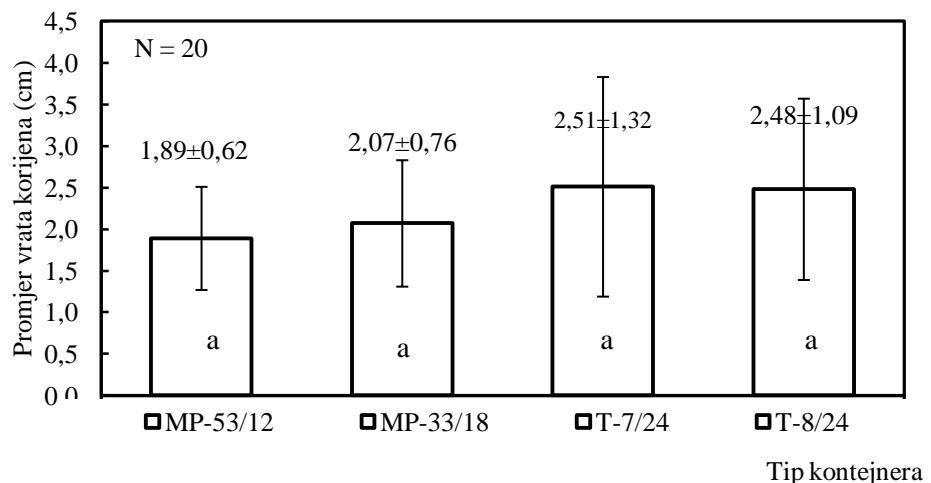
Slika 42. Prosječne visine jednogodišnjih sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) u različitim tipovima kontejnera. (Foto: V. Topić)



Grafikon 6. Prosječne visine i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) u različitim tipovima kontejnera. Vrijednosti sa različitim slovima unutar stupca znače statističku značajnost (prema *Turkey post hoc* testu).

5.2.3.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera

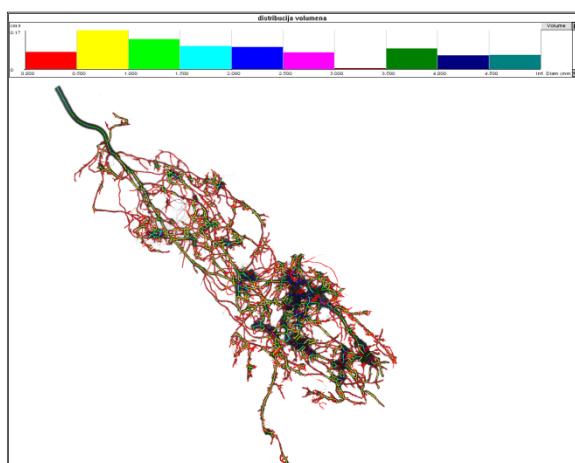
Rezultati istraživanja promjera korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica primorskog bora, prikazani u grafikonu 7, pokazuju najveći prosječni promjer korijenovog vrata kod sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24 (2,51 i 2,48 cm), a najmanji kod sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (1,89 cm). Prosječni promjer vrata korijena u kontejneru MP 33/18 iznosi 2,07 cm. Analizom varijance nisu dobivene statistički značajne razlike u promjeru vrata korijena sadnica primorskog bora u različitim tipovima kontejnera ($F = 1,92$, $p = 0,1329$), iako razlike postoje.



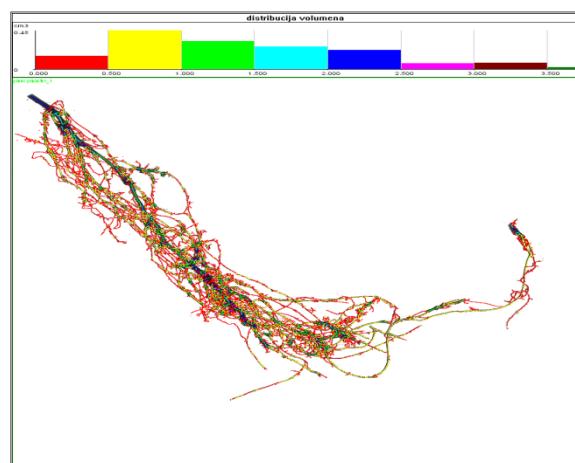
Grafikon 7. Prosječni promjeri vrata korijena i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton.) prema tipu kontejnera. Vrijednosti sa različitim slovima unutar stupaca ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu).

5.2.3.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera

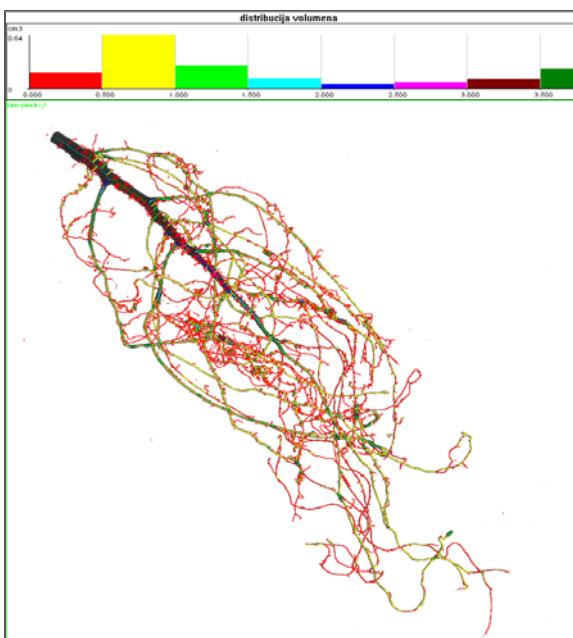
Vizualnim zapažanjima je utvrđeno kako korijenov sustav jednogodišnjih sadnica primorskog bora ima jednostavnu arhitekturu - sa žilom srčanicom, brojnim i vrlo tankim postranim žiljem (Slike 43, 44, 45 i 46).



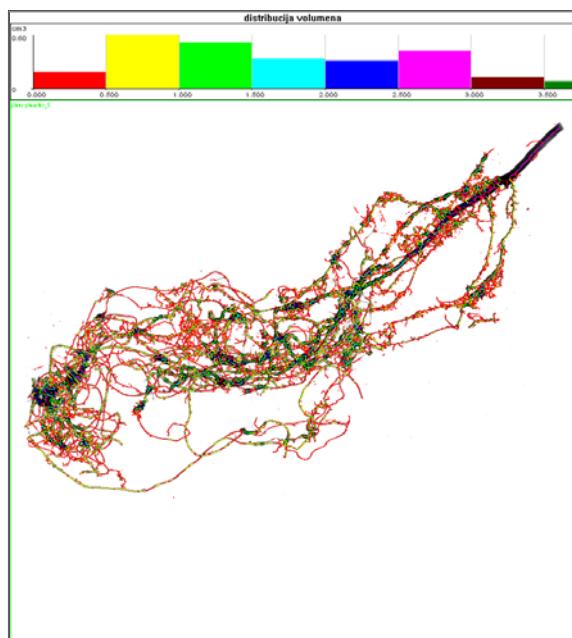
Slika 43. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice primorskog bora proizvedene u kontejneru MP 53/12 (izgled prosječnog primjera).



Slika 44. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice primorskog bora proizvedene u kontejneru MP 33/18 (izgled prosječnog primjera).



Slika 45. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice primorskog bora proizvedene u kontejneru T 7/24 (izgled prosječnog primjerkra).



Slika 46. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice primorskog bora proizvedene u kontejneru T 8/24 (izgled prosječnog primjerkra).

Istraživanjima je utvrđeno kako su razvijenost i deformacija korijenovog sustava sadnica primorskog bora, a što je naprijed zapaženo kod alepskoga bora, u svim kontejnerima različiti već u prvoj vegetaciji. Proraslost busena supstrata u prvoj vegetaciji kod primorskog bora u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18 je slična, ali ipak više zadovoljavajuća kod kontejnera MP 53/12. Jednako kao i kod alepskoga bora, kod kontejnera MP 53/12 prirodno prije dolazi do prorastanja busena supstrata, ali i do pojave deformacije (spiralni rast), zbog manjeg volumena kontejnera. Kod kontejnera MP 33/18 također je primijećen spiralni rast postranog žilja, ali u nešto manjoj mjeri. Spiralni rast korijena u ovim kontejnerima kretao se u rasponu od 90 do 360° oko središnje osi.

Kod većih kontejnera, T 7/24 i T 8/24, nisu zapažene deformacije korijena u prvoj godini u rasadniku, ali proraslost busena supstrata nije zadovoljavajuća budući se supstrat kod slabije razvijenih sadnica iz ovih kontejnera djelomično raspadao prilikom vađenja iz kontejnera. Međutim, utvrđeno je kako se korijen sadnica primorskog bora bolje razvija i bogatiji je žiljem u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, nego u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18, kao i kod alepskoga bora.

U tablici 23 su prikazani rezultati istraživanja značajnijih morfoloških svojstava korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton), uzgajanih u četiri tipa kontejnera.

Tablica 23. Srednje morfološke vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance elemenata korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) u različitim tipovima kontejnera.

Tip kontejnera	N	Ukupna duljina, cm				Broj vrhova (TIP), kom.				
		A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	193,09 ^(a)	135,50	6,75	0,0004	20	768 ^(a)	845	4,79	0,0041
Multipot 33/18	20	254,82 ^(ab)	172,98			20	984 ^(a)	865		
Tuljak 7/24	20	425,17 ^(bc)	292,87			20	1532 ^(ab)	941		
Tuljak 8/24	20	469,63 ^(c)	273,20			20	2024 ^(b)	1726		
Tip kontejnera	N	Volumen, cm ³				Površina plašta, cm ²				
		A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,465 ^(a)	0,393	3,29	0,0250	20	33,16 ^(a)	25,00	4,76	0,0043
Multipot 33/18	20	0,670 ^(ab)	0,571			20	45,91 ^(ab)	34,56		
Tuljak 7/24	20	0,818 ^(ab)	0,647			20	62,79 ^(ab)	46,03		
Tuljak 8/24	20	1,072 ^(b)	0,828			20	78,83 ^(b)	52,07		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Ukupna duljina korijena

Najmanju prosječnu vrijednost ukupne duljine korijena imaju sadnice primorskog bora uzgajane u kontejneru MP 53/12 (193,09 cm), a najveću u kontejneru T 8/24 (469,63 cm), što je više nego dvostruko. Kod sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 prosječna ukupna duljina korijena iznosi 254,82 cm, a kod onih u kontejneru T 7/24 iznosi 425,17 cm. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u ukupnoj duljini korijena sadnica primorskog bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 6,75$; $p = 0,0004$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u ukupnoj duljini korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih u kontejneru T 8/24.

Broj vrhova korijena

Najmanji prosječni broj vrhova kod primorskog bora imaju korjeni sadnica iz kontejnera MP 53/12 (768 kom.), a najveći iz kontejnera T 8/24 (2024 kom.). Sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 imaju korjen sa prosječno 984 vrha, a u T 7/24 sa prosječno 1532 vrha. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u broju vrhova korijena sadnica primorskog bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 4,79$; $p = 0,0041$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u broju vrhova korijena između sadnica iz

kontejnera MP 53/12 i onih iz kontejnera T 8/24, te između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 8/24.

Površina plašta korijena

Najmanju prosječnu površinu plašta kod primorskog bora ima korijen sadnica iz kontejnera MP 53/12 ($33,16 \text{ cm}^2$), nešto veću korijen sadnica iz kontejnera MP 33/18 ($45,91 \text{ cm}^2$), znatno veću ima korijen sadnica iz kontejnera T 7/24 ($62,79 \text{ cm}^2$), dok najveću ima korijen sadnica iz kontejnera T 8/24 ($78,83 \text{ cm}^2$).

Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u površini plašta korijena sadnica primorskog bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 4,76$; $p = 0,0043$), a *Turkeyevim post hoc* testom je ustanovljena razlika između površine plašta korijena sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejneru T 8/24.

Volumen korijena

Prosječno najmanji volumen kod primorskog bora ima korijen sadnica iz kontejnera MP 53/12 ($0,465 \text{ cm}^3$), a nešto veći je korijen sadnica iz kontejnera MP 33/18 ($0,670 \text{ cm}^3$), dok prosječno najveće volumene imaju korijeni sadnica iz kontejnera T 7/24 ($0,818 \text{ cm}^3$) i T 8/24 ($1,072 \text{ cm}^3$).

Analizom varijance je utvrđena razlika u volumenu korijena sadnica primorskoga bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 3,29$; $p = 0,0250$). *Turkeyevim post hoc* testom je ustanovljeno da razliku u volumenu korijena predstavljaju sadnice uzgajane u kontejneru MP 55/12 u odnosu na one uzgajane u kontejneru T 8/24.

5.2.3.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera

U tablici 24 su prikazani rezultati istraživanja biomase (suhu tvar) jednogodišnjih sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton), prema tipu kontejnera.

Tablica 24. Srednje vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance biomase suhe tvari sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	Masa suhe tvari nadzemnog dijela, g				Masa suhe tvari korijena, g				Masa suhe tvari biljke, g				
	N	A.S.	S.D.	F	N	A.S.	S.D.	F	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,811 ^(a)	0,482		20	0,487 ^(a)	0,408		20	1,298 ^(a)	0,830		
Multipot 33/18	20	1,251 ^(ab)	0,910		20	0,535 ^(a)	0,410		20	1,785 ^(ab)	1,258		
Tuljak 7/24	20	2,224 ^(ab)	2,281	3,49 0,0197	20	0,955 ^(ab)	0,718	4,87 0,0038	20	3,179 ^(b)	2,879	4,24 0,0080	
Tuljak 8/24	20	2,262 ^(b)	2,388		20	1,128 ^(b)	0,883		20	3,410 ^(b)	3,111		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka

Masa suhe tvari nadzemnog dijela

Najmanju prosječnu masu suhe tvari nadzemnog dijela imaju sadnice primorskog bora iz kontejnera MP 53/12 (0,811 g), zatim slijede sadnice iz kontejnera MP 33/18 (1,251 g), dok najveću masu imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (2,262 g), a nešto manju sadnice iz kontejnera T 7/24 (2,224 g).

Analizom varijance ($F = 3,49$; $p = 0,0197$) su utvrđene razlike u masi suhe tvari nadzemnog dijela sadnica primorskog bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyev post hoc* test ukazuje na razlike u masi suhe tvari nadzemnog dijela između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i onih iz kontejnera T 8/24.

Masa suhe tvari korijena

Najmanju prosječnu masu korijena imaju sadnice primorskog bora uzgajane u kontejneru MP 53/12 (0,487 g), zatim slijede sadnice uzgajane u kontejneru MP 33/18 (0,535 g) te na koncu najveću masu imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (1,128 g), dok su nešto nižu imaju sadnice iz T 7/24 (0,955 g).

Analizom varijance ($F = 4,87$; $p = 0,0038$) je utvrđeno da postoji razlike u masi korijena sadnica primorskog bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike u masi suhe tvari korijena između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i T 8/24, te između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i T 8/24.

Prosječna biomasa sadnice

Najmanju prosječnu biomasu suhe tvari imaju sadnice primorskog bora iz kontejnera MP 53/12 (1,298 g), zatim slijede sadnice iz kontejnera MP 33/18 (1,785 g), dok najveću masu imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (3,410 g), a nešto manju sadnice iz kontejnera T 7/24 (3,410 g).

Analizom varijance ($F = 4,24$; $p = 0,0080$) je utvrđeno da postoje razlike u biomasi suhe tvari sadnica primorskog bora uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike u prosječnoj biomasi suhe tvari između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

5.2.3.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica primorskog bora prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja kvalitativnih morfoloških indeksa jednogodišnjih sadnica primorskog bora, izračunatih pomoću određenih izmjerjenih morfoloških elemenata, prikazani su u tablici 25.

Tablica 25. Srednje vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance kvalitativnih morfoloških indeksa sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	Omjer biomase: nadzemni/podzemni (S/K), g/g				Dicksonov kvalitativni index (DQI)					
	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	2,28 ^(a)	1,40			20	0,22 ^(a)	0,16		
Multipot 33/18	20	2,81 ^(a)	2,50			20	0,23 ^(a)	0,16		
Tuljak 7/24	20	2,13 ^(a)	1,22	1,31	0,2769	20	0,37 ^(a)	0,29	2,93	0,0391
Tuljak 8/24	20	1,79 ^(a)	1,14			20	0,39 ^(a)	0,30		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela sadnice (S / K)

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela (stabljika / korijen) ima približno jednake vrijednosti kod sadnica primorskog bora u sva četiri tipa kontejnera. Sadnice u kontejneru MP 53/12 imaju omjer mase nadzemnog i podzemnog dijela 2,28, u kontejneru MP 33/18 omjer 2,81, u T 7/24 omjer 2,13, a u T 8/24 omjer je 1,79, što ukazuje da se omjer biomase stabljike i korijena kod primorskog bora ne mijenja s obzirom na tip kontejnera.

Dicksonov kvalitativni indeks (DQI)

Dicksonov kvalitativni indeks je najmanji kod sadnica primorskog bora uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (0,22) i kontejneru MP 33/18 (0,23), a gotovo dvostruko veći kod sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 (0,37) i T 8/24 (0,39).

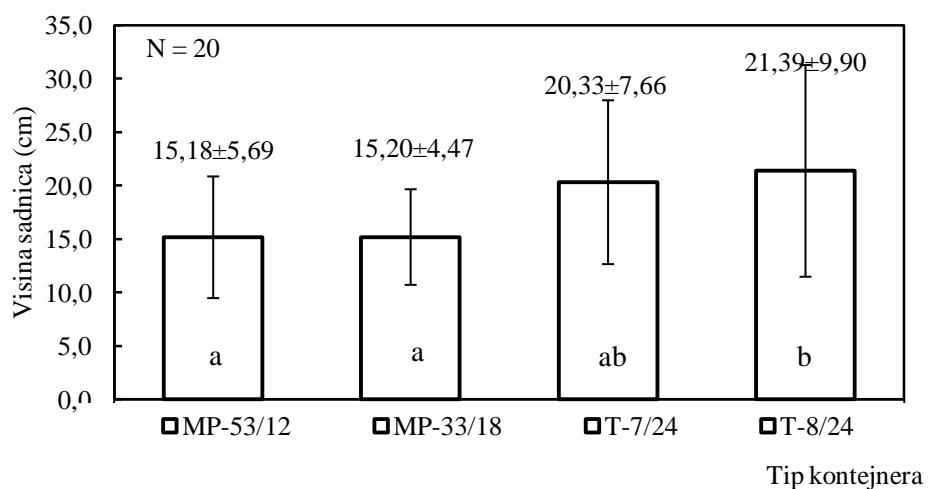
Statistički (ANOVA) nije utvrđena značajna razlika u vrijednostima DQI-a kod jednogodišnjih sadnica primorskog bora uzgajanih u različitim kontejnerima ($F = 2,93$; $p = 0,0391$), iako ona postoji.

Gledajući kvalitetu sadnica primorskog bora kroz DQI s obzirom na tip kontejnera, može se razlučiti kako su kvalitetnije sadnice proizvedene u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, dakle, u većim kontejnerima.

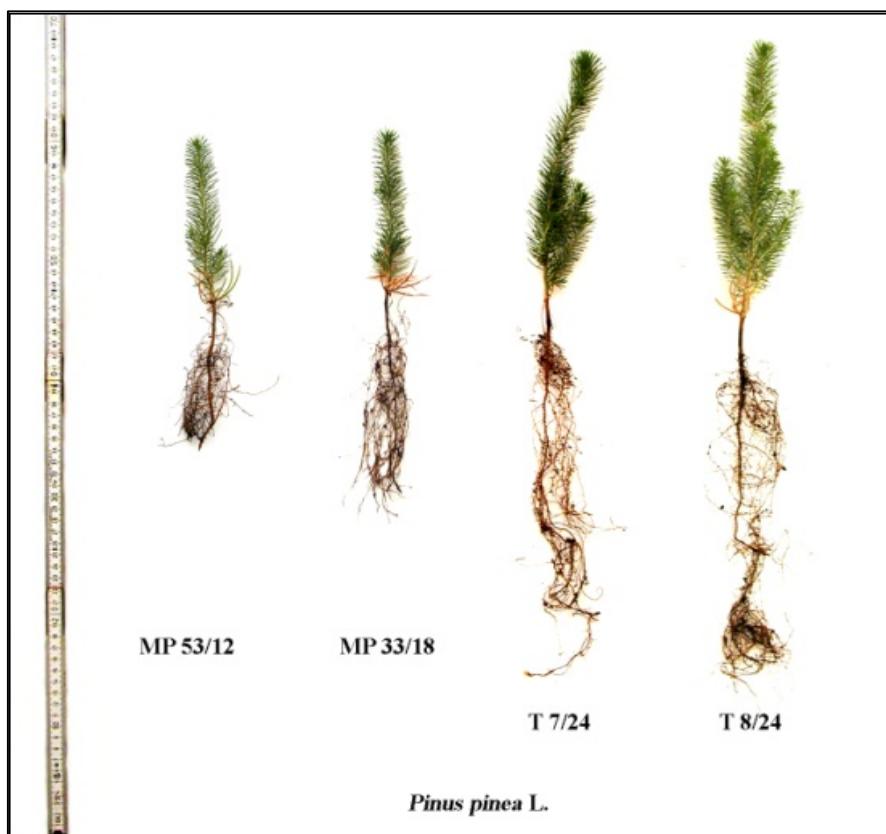
5.2.4. Bor pinija (*Pinus pinea* L.)

5.2.4.1. Visine jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja visina (Grafikon 8 i Slika 47) na uzorku od 20 sadnica pinije pokazuju da najveću prosječnu visinu ima jednogodišnja sadnica uzgajana u kontejneru T 8/24 (21,39 cm), a najmanju u kontejneru MP 53/12 (15,18 cm). Prosječna visina sadnice u kontejneru MP 33/18 je 15,20 cm, a u kontejneru T 7/24 iznosi 20,33 cm. Analizom varijance su dobivene statistički značajne razlike u visini jednogodišnjih sadnica pinije uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 4,17$; $p = 0,0087$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena značajna razlika u visini između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejneru T 8/24 te između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejneru T 8/24.



Grafikon 8. Prosječne visine i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica pinije (*Pinus pinea* L.) u različitim tipovima kontejnera. Vrijednosti sa različitim slovima unutar stupaca znače statistički značajnu razliku (prema Turkey post hoc testu).

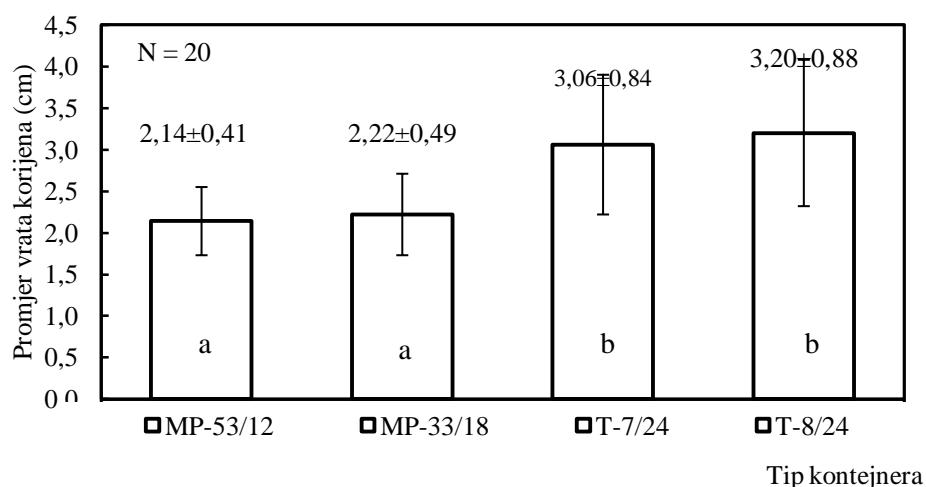


Slika 47. Prosječne visine jednogodišnjih sadnica pinije (*Pinus pinea* L.) u različitim tipovima kontejnera. (Foto: V. Topić)

5.2.4.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja promjera korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica pinije (Grafikon 9) ukazuju na najveći prosječni promjer korijenovog vrata kod sadnica uzgajanih u kontejneru T 8/24 (3,20 cm), a najmanji kod sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 (2,14 cm). Prosječni promjer vrata korijena u kontejneru MP 33/18 iznosi 2,22 cm, a u kontejneru T 7/24 3,06 cm. Analizom varijance su dobivene statistički značajne razlike u promjeru vrata korijena sadnica pinije uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 12,88$; $p < 0,0001$).

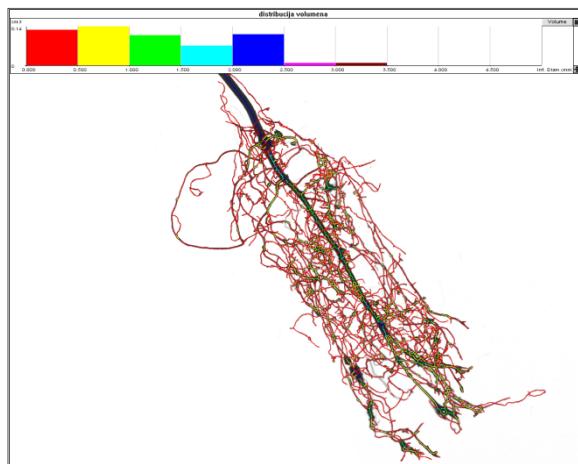
Turkeyevim post hoc testom je utvrđena razlika u promjeru vrata korijena između sadnica iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, te između sadnica iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24.



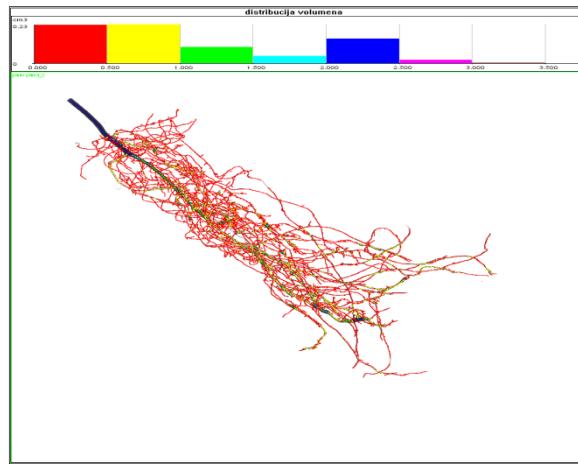
Grafikon 9. Prosječni promjer vrata korijena i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica pinije (*Pinus pinea L.*) u različitim tipovima kontejnera. Vrijednosti sa različitim slovima unutar stupaca ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu).

5.2.4.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera

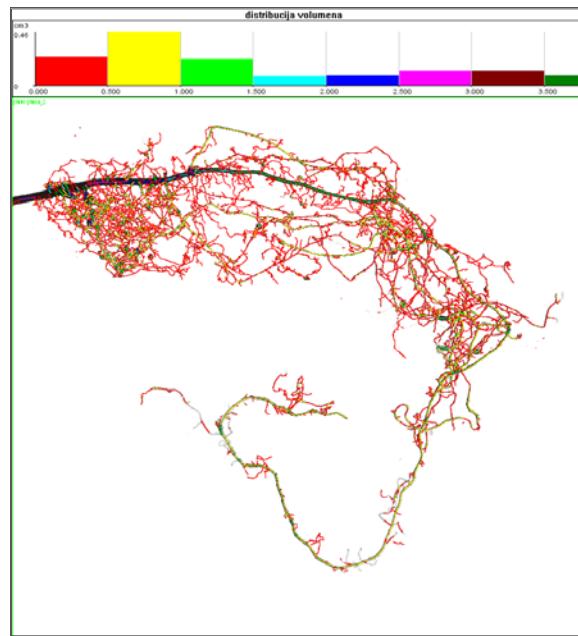
Vizualnim zapažanjima je utvrđeno kako korijenov sustav jednogodišnjih sadnica pinije ima jednostavnu arhitekturu sa žilom srčanicom, brojnim i vrlo tankim postranim žiljem (Slike 48, 49, 50 i 51).



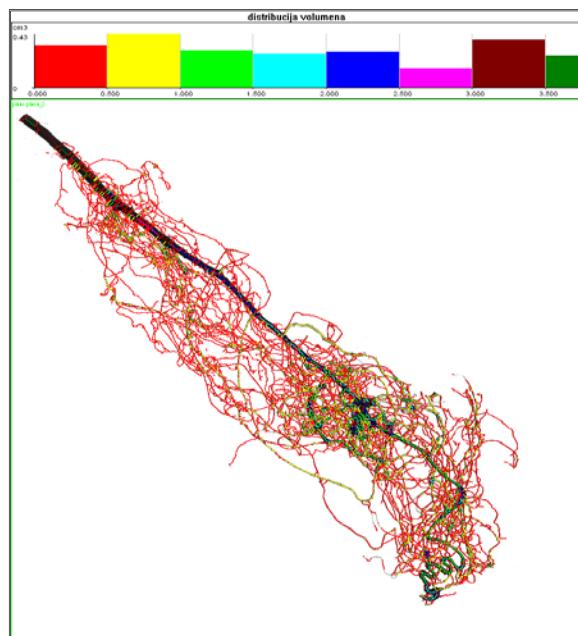
Slika 48. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice pinije proizvedene u kontejneru MP 53/12 (izgled prosječnog primjera).



Slika 49. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice pinije proizvedene u kontejneru MP 33/18 (izgled prosječnog primjera).



Slika 50. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice pinije proizvedene u kontejneru T 7/24 (izgled prosječnog primjera).



Slika 51. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice pinije proizvedene u kontejneru T 8/24 (izgled prosječnog primjera).

Slično kao i kod prethodnih vrsta borova, istraživanjima je utvrđeno kako su razvijenost i deformacija korijenovog sustava sadnica pinije u svim kontejnerima različite već u prvoj vegetaciji. Proraslost busena supstrata u prvoj vegetaciji pinije u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18 je slična, ali ipak više zadovoljavajuća kod kontejnera MP 53/12. U kontejneru MP 53/12 korijen prije prorasta busen supstrata i prije se deformira zbog manjeg volumena kontejnera. Spiralni (kružni) rast postranog žilja u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18 kreće se u rasponu od 90 do 360° oko središnje osi.

Kod većih kontejnera, dakle kontejnera T 7/24 i T 8/24, nisu zapažene deformacije korijena u prvoj godini u rasadniku, ali proraslost busena supstrata nije zadovoljavajuća jer se supstrat kod slabije razvijenih sadnica iz ovih kontejnera djelomično raspadao prilikom vađenja iz kontejnera. Unatoč tome, utvrđeno je kako se korijen sadnica pinije bolje razvija i bogatiji je žiljem u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, nego u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18, što je ustanovljeno i kod alepskoga i primorskog bora.

U tablici 26 su prikazani rezultati istraživanja značajnijih morfoloških svojstava korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica pinije (*Pinus pinea L.*), uzgajanih u četiri tipa kontejnera.

Tablica 26. Srednje morfološke vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance elemenata korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica pinije (*Pinus pinea L.*) u različitim tipovima kontejnera.

Tip kontejnera	N	Ukupna duljina, cm				N	Broj vrhova (TIP), kom.			
		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	209,40 ^(a)	74,01	23,47	<0,0001	20	636 ^(a)	379		
Multipot 33/18	20	312,54 ^(a)	158,46			20	894 ^(ab)	507	9,82	<0,0001
Tuljak 7/24	20	470,08 ^(b)	108,55			20	1492 ^(bc)	984		
Tuljak 8/24	20	553,42 ^(b)	197,67			20	1975 ^(c)	1258		
Tip kontejnera	N	Volumen, cm ³				N	Površina plašta, cm ²			
		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,339 ^(a)	0,113	18,13	<0,0001	20	29,46 ^(a)	10,39		
Multipot 33/18	20	0,546 ^(b)	0,247			20	47,44 ^(a)	22,25	21,67	<0,0001
Tuljak 7/24	20	0,785 ^(b)	0,292			20	67,69 ^(b)	18,41		
Tuljak 8/24	20	0,937 ^(b)	0,384			20	80,71 ^(b)	30,56		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema Turkey post hoc testu); N – broj uzoraka.

Ukupna duljina korijena

Najmanju prosječnu vrijednost ukupne duljine korijena imaju sadnice pinije uzgajane u kontejneru MP 53/12 (209,40 cm), a najveću u kontejneru T 8/24 (553,42 cm), što je gotovo trostruko. Kod kontejnera MP 33/18 prosječna ukupna duljina korijena iznosi 312,54 cm, a u

kontejneru T 7/24 je 470,08 cm. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u ukupnoj duljini korijena sadnica pinije, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 23,47$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u ukupnoj duljini korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

Broj vrhova korijena

Najmanji prosječni broj vrhova kod pinije ima korijen sadnica iz kontejnera MP 53/12 (636 kom.), a najveći iz kontejnera T 8/24 (1975 kom.). Sadnice u kontejneru MP 33/18 imaju korijen sa prosječno 894 vrha, a u T 7/24 sa prosječno 1492 vrha. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u broju vrhova korijena sadnica pinije, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 9,87$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u broju vrhova korijena između sadnica iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, te između sadnica iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na one iz kontejnera T 8/24.

Površina plašta korijena

Najmanju prosječnu površinu plašta kod pinije ima korijen sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 ($29,46 \text{ cm}^2$), slijede sadnice iz kontejnera MP 33/18 ($47,44 \text{ cm}^2$), znatno veću imaju sadnice iz kontejnera T 7/24 ($67,69 \text{ cm}^2$), dok najveću imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 ($80,71 \text{ cm}^2$). Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u površini plašta korijena kod sadnica pinije, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 21,67$, $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom je ustanovljena statistički značajna razlika u površini plašta korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Volumen korijena

Prosječno najmanji volumen kod pinije ima korijen sadnica iz kontejnera MP 53/12 ($0,339 \text{ cm}^3$), potom veći iz kontejnera MP 33/18 ($0,546 \text{ cm}^3$), a prosječno najveće volumene imaju korijeni sadnica iz kontejnera T 7/24 ($0,785 \text{ cm}^3$) i kontejnera T 8/24 ($0,937 \text{ cm}^3$). Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u volumenu korijena sadnica

pinije, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 18,13$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je ustanovljeno da statistički značajnu razliku u volumenu korijena predstavljaju sadnice iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, kao i sadnice iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na sadnice iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

5.2.4.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera

U tablici 27 su prikazani rezultati istraživanja biomase (suha tvar) jednogodišnjih sadnica pinije (*Pinus pinea L.*), uzgajanih u različitim tipovima kontejnera.

Tablica 27. Srednje vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance biomase suhe tvari sadnica pinije (*Pinus pinea L.*) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	Masa suhe tvari nadzemnog dijela, g				Masa suhe tvari korijena, g				Masa suhe tvari biljke, g			
	N	A.S.	S.D.	F	N	A.S.	S.D.	F	N	A.S.	S.D.	F
Multipot 53/12	20	1,058 ^(a)	0,450		20	0,399 ^(a)	0,133		20	1,457 ^(a)	0,830	
Multipot 33/18	20	1,062 ^(a)	0,532		20	0,525 ^(a)	0,233		20	1,587 ^(a)	1,258	
Tuljak 7/24	20	2,151 ^(b)	1,110	8,54 <0,0001	20	0,932 ^(b)	0,367	19,39 <0,0001	20	3,083 ^(b)	2,879	11,13 <0,0001
Tuljak 8/24	20	2,234 ^(b)	1,515		20	1,030 ^(b)	0,426		20	3,196 ^(b)	3,111	

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Masa suhe tvari nadzemnog dijela

Najmanju prosječnu masu suhe tvari stabljike imaju sadnice pinije iz kontejnera MP 53/12 (1,058 g), nešto veću sadnici iz kontejnera MP 33/18 (1,062 g), dok najveću masu suhe tvari imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (2,234 g), a nešto manju imaju sadnice iz kontejnera T 7/24 (2,151 g).

Analizom varijance ($F = 8,54$; $p < 0,0001$) su utvrđene statistički značajne razlike u masi suhe tvari nadzemnog dijela sadnica pinije, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom ustanovljene su razlike u masi suhe tvari nadzemnog dijela između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 u odnosu na one uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Masa suhe tvari korijena

Najmanju prosječnu masu suhe tvari korijena imaju sadnice pinije iz kontejnera MP 53/12 (0,399 g), zatim slijede sadnice iz kontejnera MP 33/18 (0,525 g), dok najveću masu

suhe tvari korijena imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (1,030 g), a nešto manju sadnice iz kontejnera T 7/24 (0,932 g).

Analizom varijance ($F = 19,39$; $p < 0,0001$) su utvrđene značajne razlike u masi suhe tvari korijena sadnica pinije, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom utvrđene su razlike u masi suhe tvari korijena između sadnica iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na sadnice iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

Prosječna biomasa sadnice

Najmanju prosječnu biomasu suhe tvari imaju jednogodišnje sadnice pinije iz kontejnera MP 53/12 (1,457 g), zatim slijede sadnice iz kontejnera MP 33/18 (1,587 g) , dok najveću prosječnu masu suhe tvari imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (3,196 g), a nešto manju sadnice iz kontejnera T 7/24 (3,083 g).

Analizom varijance ($F = 11,13$; $p < 0,0001$) su utvrđene značajne razlike u biomasi suhe tvari sadnica pinije, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom je ustanovljeno da postoje razlike u prosječnoj biomasi suhe tvari između sadnica iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

5.2.4.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica pinije prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja kvalitativnih morfoloških indeksa jednogodišnjih sadnica pinije, izračunati pomoću određenih izmjerjenih morfoloških elemenata, prikazani su u tablici 28.

Tablica 28. Srednje vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance kvalitativnih morfoloških indeksa sadnica pinije (*Pinus pinea L.*) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	N	Omjer biomase: nadzemni/podzemni (S/K)				N	Dicksonov kvalitativni index (DQI)			
		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	2,76 ^(a)	0,97	1,76	0,1619	20	0,15 ^(a)	0,04	17,60	<0,0001
Multipot 33/18	20	2,23 ^(a)	1,15			20	0,18 ^(a)	0,08		
Tuljak 7/24	20	2,27 ^(a)	0,99			20	0,35 ^(b)	0,15		
Tuljak 8/24	20	2,06 ^(a)	0,95			20	0,36 ^(b)	0,16		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema Turkey post hoc testu); N – broj uzoraka

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela sadnice (S / K)

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela (stabljika / korijen) ima približno jednake vrijednosti kod jednogodišnjih sadnica pinije u sva četiri tipa kontejnera. Sadnicama u kontejneru MP 53/12 omjer mase nadzemnog i podzemnog dijela jest 2,76, onima u kontejneru MP 33/18 iznosi 2,23, u kontejneru T 7/24 je 2,27, a u kontejneru T 8/24 omjer je 2,06, što kazuje da se omjer biomase stabljike i korijena kod pinije ne mijenja s obzirom na tip kontejnera.

Dicksonov kvalitativni indeks (DQI)

Dicksonov kvalitativni indeks je najmanji kod sadnica pinije uzgajanih u kontejnerima MP 53/12 (0,15) i MP 33/18 (0,18), a dvostruko je veći kod sadnica uzgajanih u kontejnerima T 7/24 (0,35) i T 8/24 (0,36).

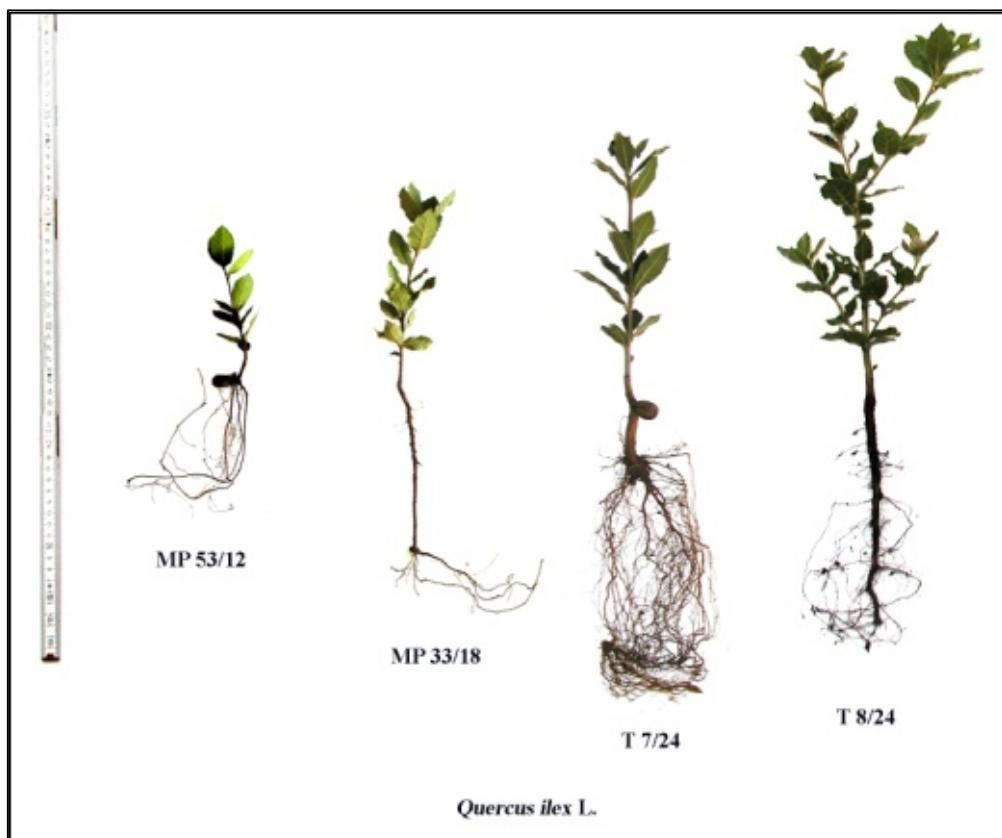
Statistički (ANOVA) je utvrđena značajna razlika u vrijednostima DQI-a kod sadnica pinije iz različitih kontejnera ($F = 17,60$; $p < 0,0001$). Turkeyev post hoc test ukazuje na razlike u prosječnoj vrijednosti DQI-a između sadnica iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na sadnice iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na sadnice iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

Promatrajući kvalitetu sadnica pinije kroz DQI s obzirom na tip kontejnera, primijećuje se kako su kvalitetnije sadnice proizvedene u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, odnosno u većim kontejnerima.

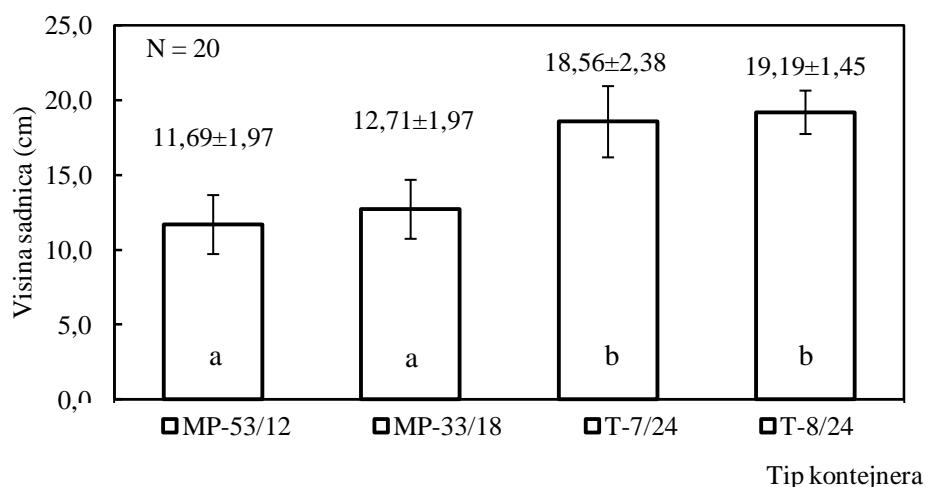
5.2.5. Hrast crnika (*Quercus ilex* L.)

5.2.5.1. Visine jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja visina na uzorku od 20 sadnica hrasta crnike (Grafikon 10 i Slika 52) pokazali su najveću prosječnu visinu kod jednogodišnjih sadnica u zgajanih u polietilenskim kontejnerima T 8/24 (19,19 cm), a najmanju u kontejnerima MP 53/12 (11,69 cm). Prosječna visina sadnica u kontejnerima MP 33/18 je 12,71 cm, a u kontejnerima T 7/24 iznosi 18,56 cm. Analizom varijance su dobivene statistički značajne razlike u visini jednogodišnjih sadnica hrasta crnike, u zgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 77,80$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u visini sadnica u zgajanih u kontejnerima MP 53/12 i onih u zgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, kao i sadnica iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.



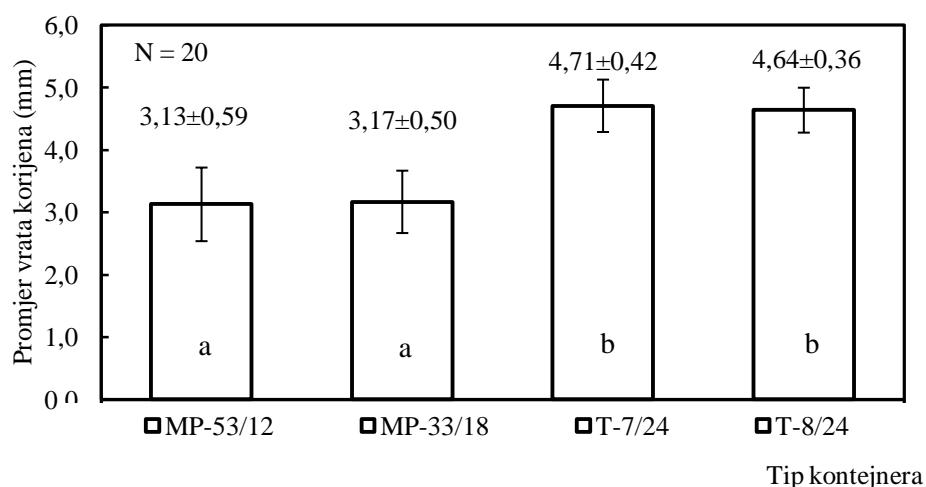
Slika 52. Prosječne visine jednogodišnjih sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u različitim tipovima kontejnera. (Foto: V. Topić)



Grafikon 10. Prosječne visine i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u različitim tipovima kontejnera. Vrijednosti sa različitim slovima unutar stupaca znače statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu).

5.2.5.2. Promjer korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera

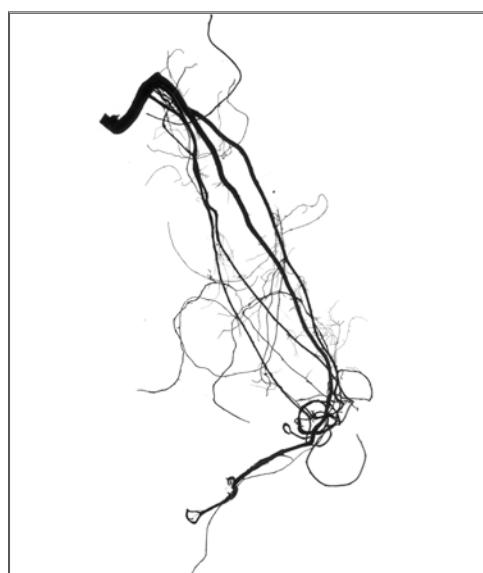
Rezultati istraživanja promjera korijenovog vrata jednogodišnjih sadnica hrasta crnike (Grafikon 11) su pokazali da najveći prosječni promjer korijenovog vrata ima sadnica uzgajana u kontejneru T 7/24 (4,71 cm), a najmanji sadnica iz kontejnera MP 53/12 (3,13 cm). Prosječni promjer vrata korijena u kontejneru MP 33/18 iznosi 3,17 cm, a u kontejneru T 8/24 je 4,64 cm. Analizom varijance su dobivene statistički značajne razlike u promjeru vrata korijena jednogodišnjih sadnica hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 68,42$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u promjeru vrata korijena između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, te između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.



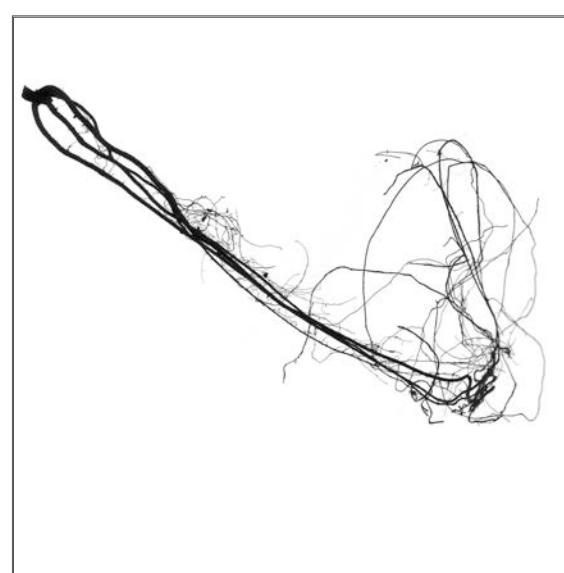
Grafikon 11. Prosječne vrijednosti promjera vrata korijena i standardna devijacija (vertikalne crte) jednogodišnjih sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u različitim tipovima kontejnera. Vrijednosti sa različitim slovima unutar stupaca znače statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu).

5.2.5.3. Morfološke značajke korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera

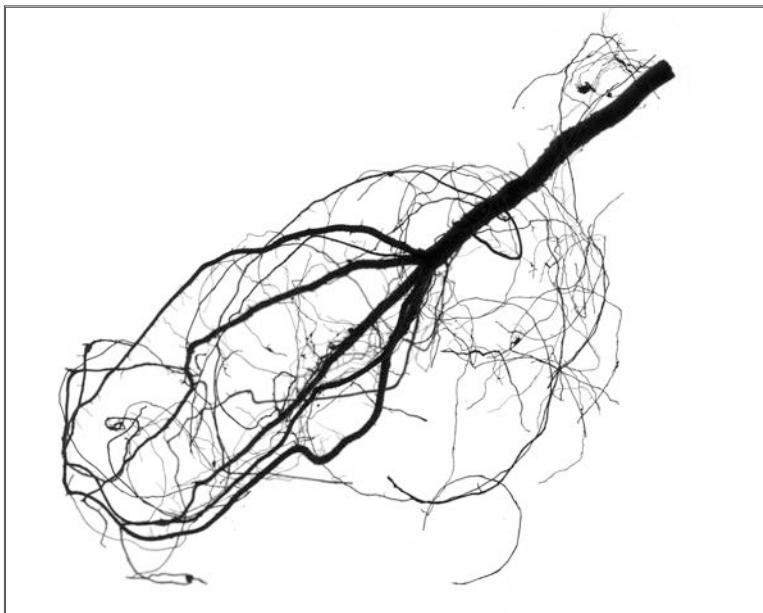
Vizualnim zapažanjima je utvrđeno kako korijenov sustav jednogodišnjih sadnica hrasta crnike ima jednostavnu arhitekturu sa vrlo izraženom i snažnom žilom srčanicom, koja dominira svojom dužinom i debljinom, te brojnim i vrlo tankim postranim žiljem, koje ponekad može biti i vrlo siromašno (Slike 53, 54 i 55).



Slika 53. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice hrasta crnike proizvedene u kontejneru MP 53/12 (izgled prosječnog primjerka).



Slika 54. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice hrasta crnike proizvedene u kontejneru MP 33/18 (izgled prosječnog primjerka).



Slika 55. Korijenov sustav jednogodišnje sadnice hrasta crnike proizvedene u kontejnerima T 7/24 i T 8/24 (izgled prosječnog primjera).

Istraživanjima je utvrđeno kako su razvijenost i deformacija korijenovog sustava sadnica hrasta crnike u svim kontejnerima bile različite već u prvoj vegetaciji. Proraslost busena supstrata u prvoj vegetaciji kod hrasta crnike u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18 je slična, ali ipak više zadovoljavajuća kod kontejnera MP 53/12. I kod sadnica crnike u kontejneru MP 53/12 korijen prije prorasta busen supstrata i prije se deformira, zbog manjeg volumena kontejnera. Spiralni (kružni) rast postranog žilja primijećen je u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18, a kretao se u rasponu od 90 do 360° oko središnje osi.

Kod korijena sadnica iz kontejnera MP 53/12 i MP 33/18 je primjećen i povratni rast žile srčanice i postranog žilja, prema vrhu kontejnera.

Kod većih kontejnera, dakle kontejnera T 7/24 i T 8/24, nisu zapažene deformacije korijena u prvoj godini u rasadniku, ali proraslost busena nije bila zadovoljavajuća budući se supstrat kod slabije razvijenih sadnica iz ovih kontejnera djelomično raspadao prilikom vađenja iz kontejnera, kao i kod ostalih vrsta u istraživanju. Unatoč tome, vidljivo je da se korijen sadnica hrasta crnike bolje razvija i bogatiji je žiljem u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, nego u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18, što je ustanovljeno i kod alepskoga i primorskog bora.

U tablici 29 su prikazani rezultati istraživanja značajnijih morfoloških svojstava korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica crnike (*Quercus ilex* L.), uzgajanih u četiri tipa kontejnera.

Tablica 29. Srednje morfološke vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance elemenata korijenovog sustava jednogodišnjih sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) u različitim tipovima kontejnera.

Tip kontejnera	N	Ukupna duljina, cm				N	Broj vrhova (TIP), kom.			
		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	153,68 ^(a)	15,38	70,14	<0,0001	20	396 ^(a)	62	58,18	<0,0001
Multipot 33/18	20	190,77 ^(a)	48,18			20	468 ^(a)	76		
Tuljak 7/24	20	382,12 ^(b)	93,06			20	1227 ^(b)	467		
Tuljak 8/24	20	397,43 ^(b)	84,16			20	1836 ^(c)	646		
Tip kontejnera	N	Volumen, cm ³				N	Površina plašta, cm ²			
		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,470 ^(a)	0,077	217,21	<0,0001	20	33,02 ^(a)	5,49	296,75	<0,0001
Multipot 33/18	20	0,562 ^(b)	0,052			20	36,02 ^(a)	4,11		
Tuljak 7/24	20	1,038 ^(c)	0,127			20	71,56 ^(b)	5,89		
Tuljak 8/24	20	1,051 ^(c)	0,100			20	70,52 ^(b)	6,21		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka

Ukupna duljina korijena

Najmanju prosječnu vrijednost ukupne duljine korijena su imale sadnice hrasta crnike uzgajane u kontejneru MP 53/12 (153,68 cm), a najveću u kontejneru T 8/24 (397,43 cm), što je više nego dvostruko. Što se tiče kontejnera MP 33/18, prosječna ukupna duljina korijena iznosila je 190,77 cm, a u kontejneru T 7/24 382,12 cm. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u ukupnoj duljini korijena sadnica hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 70,14$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u ukupnoj duljini korijena između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, te između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

Broj vrhova korijena

Najmanji prosječni broj vrhova kod hrasta crnike ima korijen sadnica iz kontejnera MP 53/12 (396 kom.), a daleko najveći iz kontejnera T 8/24 (1836 kom.). Sadnice iz kontejnera MP 33/18 imaju korijen sa prosječno 468 vrhova, a iz kontejnera T 7/24 sa prosječno 1227 vrhova. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u broju vrhova korijena sadnica hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 58,18$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena razlika u broju vrhova korijena između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, između sadnica iz

kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24 te između sadnica iz kontejnera T 7/24 i sadnica iz kontejnera T 8/24.

Površina plašta korijena

Najmanju prosječnu površinu plašta korijena kod hrasta crnike ima korijen sadnica iz kontejnera MP 53/12 ($33,02 \text{ cm}^2$), nešto veću ima korijen sadnica iz kontejnera MP 33/18 ($36,02 \text{ cm}^2$), dvostruko veću ima korijen sadnica iz kontejnera T 8/24 ($70,52 \text{ cm}^2$), dok najveću ima korijen sadnica iz kontejnera T 7/24 ($71,56 \text{ cm}^2$). Analizom varijance je dobivena statistički značajna razlika u površini plašta korijena kod hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 296,75$; $p < 0,0001$), a *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena statistički značajna razlika između površine plašta korijena sadnica hrasta crnike uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24, kao i između površine plašta korijena sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

Volumen korijena

Prosječno najmanji volumen korijena kod hrasta crnike ima korijen jednogodišnjih sadnica iz kontejnera MP 53/12 ($0,470 \text{ cm}^3$), zatim iz kontejnera MP 33/18 ($0,562 \text{ cm}^3$), a prosječno najveće volumene imaju korijeni sadnica iz kontejnera T 7/24 ($1,038 \text{ cm}^3$) i iz kontejnera T 8/24 ($1,051 \text{ cm}^3$). Analizom varijance dobivena je statistički značajna razlika u volumenu korijena sadnica hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera ($F = 217,71$, $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđeno da statistički značajnu razliku u prosječnom volumenu korijena hrasta crnike čine sadnice iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na sadnice iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, zatim sadnice iz kontejnera MP 33/18 u odnosu na one iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, a postoji značajna razlika i između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i onih iz kontejnera MP 33/18.

5.2.5.4. Biomasa jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera

U tablici 30 su prikazani rezultati istraživanja biomase (suha tvar) jednogodišnjih sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.), uzgajanih u različitim tipovima kontejnera.

Tablica 30. Srednje vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance biomase suhe tvari sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	Masa suhe tvari nadzemnog dijela, g				Masa suhe tvari korijena, g				Masa suhe tvari biljke, g						
	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p	N	A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	0,891 ^(a)	0,179	170,15 <0,0001		20	0,475 ^(a)	0,086	265,73 <0,0001		20	1,350 ^(a)	0,235	231,56 <0,0001	
Multipot 33/18	20	1,015 ^(a)	0,171			20	0,599 ^(b)	0,065			20	1,614 ^(b)	0,225		
Tuljak 7/24	20	1,929 ^(b)	0,204			20	1,153 ^(c)	0,134			20	3,083 ^(c)	0,315	231,56 <0,0001	
Tuljak 8/24	20	1,977 ^(b)	0,235			20	1,157 ^(c)	0,098			20	3,133 ^(c)	0,322		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Masa suhe tvari nadzemnog dijela

Najmanju prosječnu masu suhe tvari nadzemnog dijela imaju jednogodišnje sadnice hrasta crnike iz kontejnera MP 53/12 (0,891 g), zatim sadnice iz kontejnera MP 33/18 (1,015 g), dok najveću prosječnu masu suhe tvari nadzemnog dijela imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (1,997 g), a nešto manju sadnice iz kontejnera T 7/24 (1,929 g).

Analizom varijance ($F = 170,15$; $p < 0,0001$) su utvrđene statistički značajne razlike u masi suhe tvari nadzemnog dijela jednogodišnjih sadnica hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom utvrđene su razlike u masi suhe tvari nadzemnog dijela između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, zatim između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 33/18 i onih uzgajanih u kontejnerima T 7/24 i T 8/24.

Masa suhe tvari korijena

Najmanju prosječnu masu suhe tvari korijena imaju sadnice hrasta crnike iz kontejnera MP 53/12 (0,475g), zatim slijede sadnice iz kontejnera MP 33/18 (0,599 g), dok najveću masu suhe tvari korijena imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (1,157 g), a nešto manju imaju sadnice iz kontejnera T 7/24 (1,153 g).

Analizom varijance ($F = 265,73$; $p < 0,0001$) su utvrđene razlike u masi suhe tvari korijena sadnica hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike u masi suhe tvari korijena između sadnica iz kontejnera MP 53/12

i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, a međusobno se u masi suhe tvari korijena razlikuju i sadnice iz kontejnera MP 53/12 u odnosu na one iz kontejnera MP 33/18.

Prosječna biomasa sadnice

Najmanju prosječnu biomasu suhe tvari imaju sadnice hrasta crnike iz kontejnera MP 53/12 (1,350 g), slijede sadnice iz kontejnera MP 33/18 (1,614 g), najveću masu suhe tvari imaju sadnice iz kontejnera T 8/24 (3,133 g), dok nešto manju imaju sadnice iz kontejnera T 7/24 (3,083 g).

Analizom varijance ($F = 231,56$; $p < 0,0001$) su utvrđene razlike u biomasi suhe tvari sadnica hrasta crnike, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera, a *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike u prosječnoj biomasi suhe tvari između sadnica uzgajanih u kontejneru MP 53/12 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, a međusobno se razlikuju i sadnice iz kontejnera MP 53/12 i one iz kontejnera MP 33/18.

5.2.5.5. Kvalitativni morfološki indeksi jednogodišnjih sadnica hrasta crnike prema tipu kontejnera

Rezultati istraživanja kvalitativnih morfoloških indeksa jednogodišnjih sadnica hrasta crnike, izračunatih pomoću određenih izmjerih morfoloških elemenata, prikazani su u tablici 31.

Tablica 31. Srednje vrijednosti, standardna devijacija i analiza varijance kvalitativnih morfoloških indeksa sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) uzgajanih u 4 tipa kontejnera.

Tip kontejnera	N	Omjer biomase: nadzemni/podzemni (S/K), g/g				N	Dicksonov kvalitativni index (DQI)			
		A.S.	S.D.	F	p		A.S.	S.D.	F	p
Multipot 53/12	20	1,89 ^(a)	0,27			20	0,24 ^(a)	0,05		
Multipot 33/18	20	1,69 ^(b)	0,19			20	0,28 ^(b)	0,04		
Tuljak 7/24	20	1,69 ^(b)	0,14	5,30	0,0023	20	0,55 ^(c)	0,05	217,18	<0,0001
Tuljak 8/24	20	1,71 ^(b)	0,11			20	0,54 ^(c)	0,05		

Različita mala slova u zagradama ukazuju na statistički značajnu razliku (prema *Turkey post hoc* testu); N – broj uzoraka.

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela sadnice (S / K)

Omjer biomase nadzemnog i podzemnog dijela (stabljika / korijen) ima približno jednake vrijednosti kod sadnica hrasta crnike u sva četiri tipa kontejnera ($F = 5,30$; $p =$

0,0023), samo u kontejneru MP 53/12 čini statistički značajniju razliku (*Turkey post hoc*). Sadnice u kontejneru MP 53/12 imaju omjer mase nadzemnog i podzemnog dijela 1,89, u kontejneru MP 33/18 omjer 1,69, u kontejneru T 7/24 također 1,69, a u kontejneru T 8/24 omjer je 1,71.

Dicksonov kvalitativni indeks (DQI)

Kod jednogodišnjih sadnica hrasta crnike je očito kako se kvaliteta sadnice (prema DQI) povećava s veličinom kontejnera.

Dicksonov kvalitativni indeks je najmanji kod sadnica hrasta crnike iz kontejnera MP 53/12 (0,24) i onih iz kontejnera MP 33/18 (0,28), a dvostruko veći kod sadnica iz kontejnera T 7/24 (0,55) i kontejnera T 8/24 (0,54).

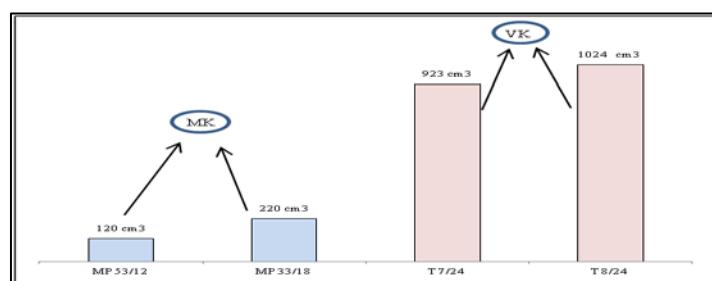
Statistički (ANOVA) je utvrđena značajna razlika u vrijednostima DQI-a kod sadnica hrasta crnike uzgajanih u različitim kontejnerima ($F = 217,18$; $p < 0,0001$). *Turkeyevim post hoc* testom su utvrđene razlike u prosječnoj vrijednosti DQI-a između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i sadnica iz kontejnera MP 33/18, T 7/24 i T 8/24, kao i između sadnica iz kontejnera MP 33/18 i onih iz kontejnera T 7/24 i T 8/24.

5.3. Analiza preživljjenja jednogodišnjih sadnica u šumskoj kulturi za razdoblje od 2004. do 2009. godine

U ovom poglavlju su prikazani rezultati preživljjenja svih biljaka u pokusu, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera i posađenih na terenu na kojem je tlo pripremljeno na dva načina: ručnim kopanjem jama dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm te riperanjem na dubini od 50 cm. Rezultati su prikazani za razdoblje od 2004. do 2009. godine.

Kod nekih vrsta u pokusu nedostajalo je biljaka iz određenog tipa kontejnera za sadnju kod određene metode pripreme tla. Primjerice, kod primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) nisu sađene sadnice iz kontejnera T 7/24 i T 8/24 u ručno iskopane jame, kod pinije (*Pinus pinea* L.) nisu sađene sadnice iz kontejnera MP 33/18 u jame, a kod hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) je nedostajalo sadnica iz kontejnera MP 33/18 za sadnju na riperanom tlu.

Kako bi eliminirali takve nedostatke, a za prikaz što vjerodostojnijih i kvalitetnijih rezultata, korištene su i prosječne vrijednosti preživljjenja biljaka u šumskoj kulturi iz dva manja kontejnera te prosječne vrijednosti preživljjenja biljaka iz dva veća kontejnera, napose za svaku metodu pripreme tla. Rezultate preživljjenja biljaka iz kontejnera malog volumena (MK = MP 53/12 i MP 33/18) čine prosječni rezultati preživljjenja biljaka iz kontejnera MP 53/12 i MP 33/18, a rezultate preživljjenja biljaka iz kontejnera velikog volumena (VK = T 7/24 i T 8/24) čine rezultati preživljjenja biljaka iz kontejnera T 7/24 i T 8/24. U prilog opravdanju takvog metodološkog pristupa obrade i prikaza rezultata, ide i činjenica da su kontejneri MP 53/12 i MP 33/18 relativno približne veličine te su mnogo manji od kontejnera T 7/24 i T 8/24, koji su međusobno također približne veličine (Grafikon 12). Također, rezultati kvantitativnih morfoloških vrijednosti sadnica se kod svih vrsta uglavnom nisu statistički značajno razlikovali unutar dva manja (MP 53/12 i MP 33/18) i dva veća kontejnera (T 7/24 i T 8/24), što je vidljivo u prethodnom poglavlju rezultata istraživanja.

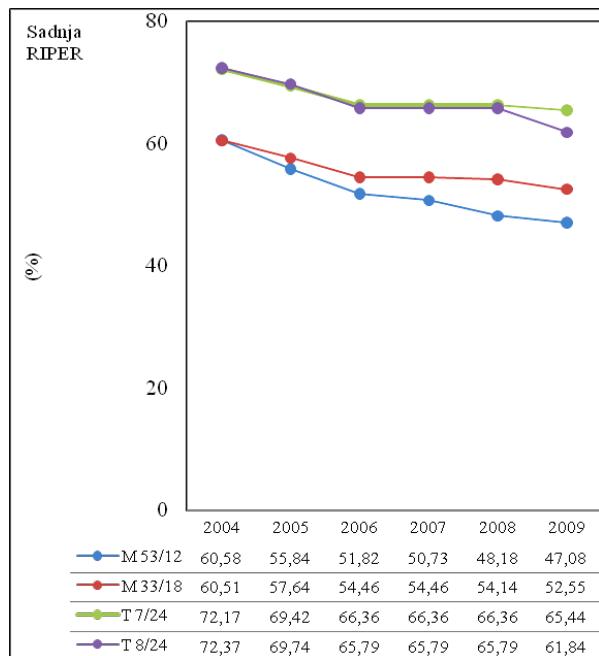


Grafikon 12. Razlike u volumenu kontejnera korištenih u pokusu.

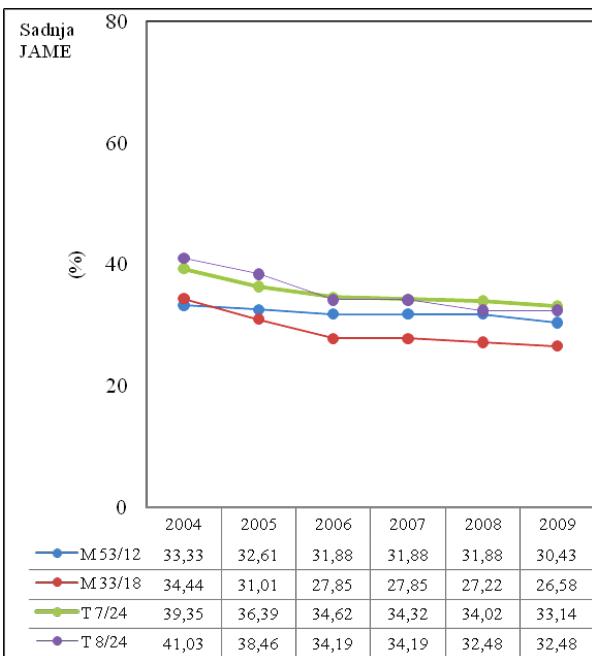
5.3.1. Obični čempres piramidalnog varijeteta (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann)

Pokus je postavljen u istim stanišnim uvjetima, uz dva načina pripreme tla za pošumljavanje, sadnicama uzgajanim u četiri tipa kontejnera. Promatrane su 1742 biljke posadene u 3 odvojena bloka površine 40×50 m. Na pokusnom objektu se svake godine, u razdoblju od 2004. do 2009. godine, utvrđivao mortalitet biljaka, odnosno postotak preživjelih biljaka, a rezultati su prikazani na grafikonima 13 i 14.

Iz rezultata prikazanih na grafikonima 13 i 14 je vidljivo da se krajem prvog vegetacijskog razdoblja, uvezši u obzir sve tipove kontejnera i način pripreme tla, preživljenje biljaka običnog čempresa kretalo u rasponu od 33,33 % do 72,37 %.



Grafikon 13. Preživljenje biljaka običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann) na riperanom tlu sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine.

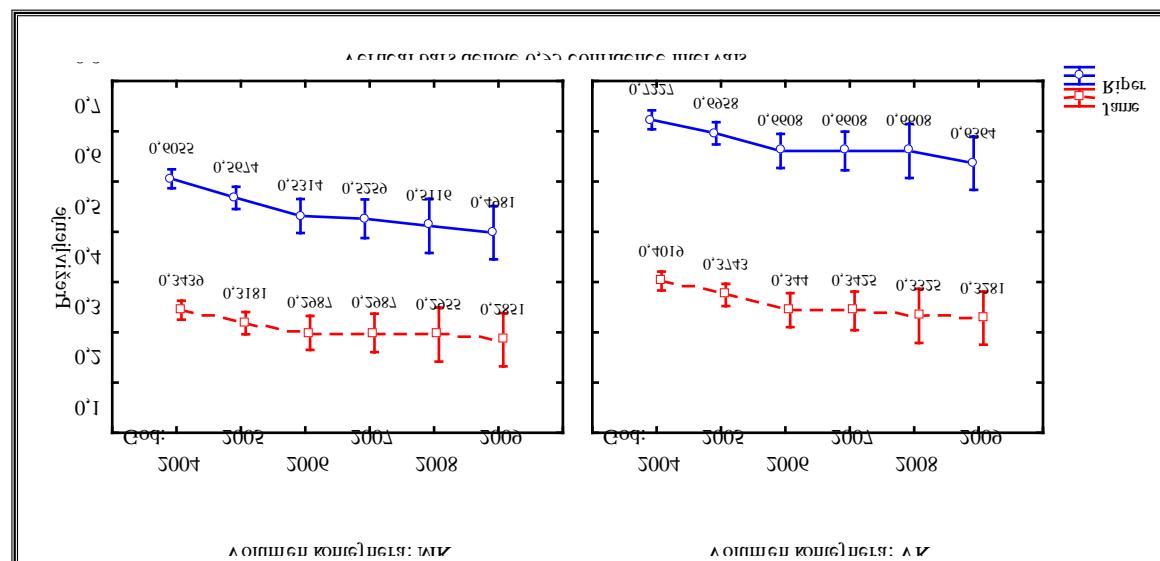


Grafikon 14. Preživljenje biljaka običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann) na tlu gdje je vršena sadnja u ručno iskopane jame sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine.

Najbolji rezultati su registrirani na riperanom tlu, s biljkama posađenim iz kontejnera T 8/24 (72,37 %) i T 7/24 (72,17%), zatim biljkama iz kontejnera MP 53/12 (60,58 %) te biljkama iz kontejnera MP 33/18 (60,51%). Na pokusnoj plohi je, kod svih tipova kontejnera, utvrđen u prosjeku gotovo dvostruko manji postotak preživljjenja biljaka običnog čempresa posađenih na tlu gdje su ručno iskopane jame, nego biljaka posađenih na riperanoj površini.

Kod biljaka običnog čempresa posađenih u ručno iskopane jame, najbolji rezultati preživljjenja u prvom vegetacijskom razdoblju odnose se na biljke iz kontejnera T 8/24 (41,03 %), zatim T 7/24 (39,35 %), a najslabije rezultate su dale biljke iz kontejnera MP 53/12 (33,33 %) i, tek za nijansu bolje, iz kontejnera MP 33/18 (34,44 %). Iz rezultata se vidi kako je prva vegetacijska godina ključna za opstanak sadnica na području sredozemnog krša. Drugu i treću godinu nakon sadnje postotak preživljjenja biljaka, uvezvi u obzir sve tipove kontejnera i pripremu tla, se smanjivao u prosjeku od 3 do 5 % godišnje, a nakon treće godine nije registrirano značajnije sušenje biljaka.

Kada se uprosječe rezultati preživljjenja biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), te rezultati preživljjenja biljaka iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), obzirom na pripremu tla, dobije se rezultat prikazan na grafikonu 15.



Grafikon 15. Preživljenje biljaka običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann) na pokusnom objektu obzirom na veličinu kontejnera i pripremu tla za razdoblje od 2004. do 2009. godine.

Na grafikonu 15 se vidi da najveće preživljenje u prvom vegetacijskom razdoblju (2004. godine) imaju sadnice iz kontejnera velikog volumena (VK), posađene na riperanom tlu (72,27 %), a najmanje preživljenje sadnice iz kontejnera malog volumena (MK), posađene u ručno iskopane jame (34,39 %). Na koncu prve vegetacije (2004. godine) je registrirano 40,19 % preživjelih biljaka običnog čempresa iz kontejnera velikog volumena sađenih u jame, a iz kontejnera malog volumena sađenih na riperanom tlu je registrirano 60,55 %.

Postotak preživjelih biljaka od 2004. do 2006. godine opada dinamikom od oko 3 - 4 % godišnje, kako kod biljaka iz velikih, tako i kod onih iz malih kontejnera, posađenih na riperanom tlu, da bi se slijedeće tri godine navedeni postotak smanjio na 1 - 2 % godišnje, te na kraju šeste vegetacije (2009. godine) imamo slijedeće: preživjelih biljaka iz malih kontejnera (MK) sađenih na riperanom tlu je 49,81 %, a biljaka iz velikih kontejnera (VK) sađenih također na riperanom tlu je 63,64 %.

Na dijelu tla pokusnog objekta na kojem su ručno iskopane jame, postotak preživjelih biljaka opada dinamikom od oko 2 - 3 % godišnje, u prve tri godine promatranja, za obje veličine kontejnera (MK i VK). Zadnje tri godine promatranja, taj se postotak smanjio te prosječno iznosi oko 0,5 - 1 % godišnje. Na kraju šeste vegetacije (2009. godine), preživjelih biljaka na terenu na kojem su ručno iskopane jame je 28,51 % iz kontejnera manjeg volumena (MK) te 32,81 % iz kontejnera većeg volumena (VK).

Za tako uprosječene podatke, u svrhu analize preživljenja, izrađen je statistički značajan model logističke regresije (likelihood ratio (LR) = 137,597; $p < 0,0001$). Početna visina biljaka u šumskoj kulturi, metoda pripreme tla te volumen kontejnera, kao glavni čimbenici, te međudjelovanje pripreme tla i volumena kontejnera, smatrani su statistički značajnim varijablama, koje bi mogle objasniti preživljenje biljaka običnog čempresa.

Priprema tla je varijabla koja ima najveći utjecaj na preživljenje biljaka šest godina nakon sadnje (Tablica 32). Promatrajući samostalno ovu varijablu, sadnice sađene na terenu na kojem se prije sadnje tlo pripremilo riperanjem imaju 2,5 puta ($\exp(\beta) = 2,5148$; $p < 0,0001$) veću šansu za preživljenje od sadnica sađenih u ručno iskopane jame, bez obzira na veličinu kontejnera.

Tablica 32. Analiza preživljjenja stabalaca običnog čempresa (*Cupressus semervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) prikazana koeficijentima logističke regresije uz nivo značajnosti za početnu visinu (2003.), pripremu tla, volumen kontejnera i interakciju pripreme tla i volumena kontejnera.

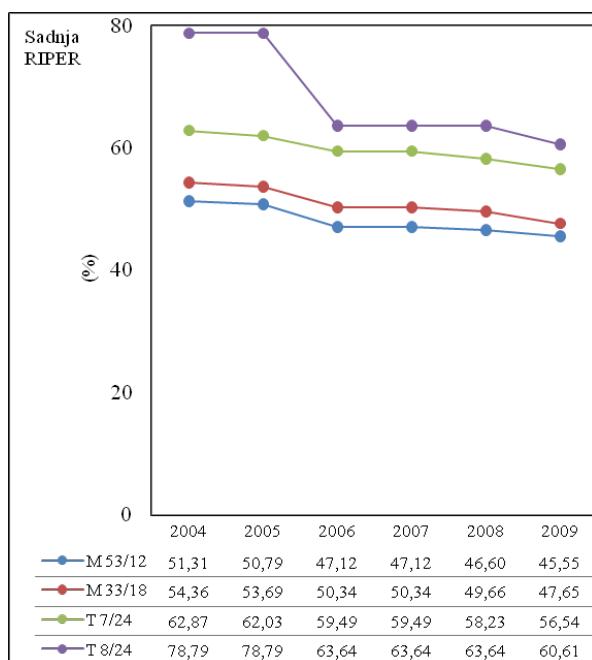
Varijabla	β	S.P.	Wald Chi-Square	p	$\exp(\beta)$ = odd ratio
Intercept	-1,1133	0,1533	52,7545	<0,0001	
Visina 2003.	0,0236	0,0103	5,2151	0,0224	1,0239
Priprema tla (riperanje)	0,9222	0,1532	36,2172	<0,0001	2,5148
Volumen kontejnera (VK)	0,00891	0,1849	0,0023	0,9616	1,0090
Priprema tla (riperanje) × Volumen kontejnera (VK)	0,4114	0,2109	3,8050	0,0511	1,5089

Međudjelovanje čimbenika pripreme tla i volumena kontejnera je varijabla koja također ima vrlo veliki utjecaj na preživljjenje biljaka običnog čempresa šest godina nakon sadnje. Promatraljući kombinaciju pripreme tla riperanjem i kontejnera većeg volumena u odnosu na kombinaciju pripreme tla ručnim kopanjem jama i kontejnera manjeg volumena, utvrđena je veća šansa preživljjenja prve kombinacije za 1,5 put ($\exp(\beta) = 1,5089$; p = 0,0511), u odnosu na drugu kombinaciju.

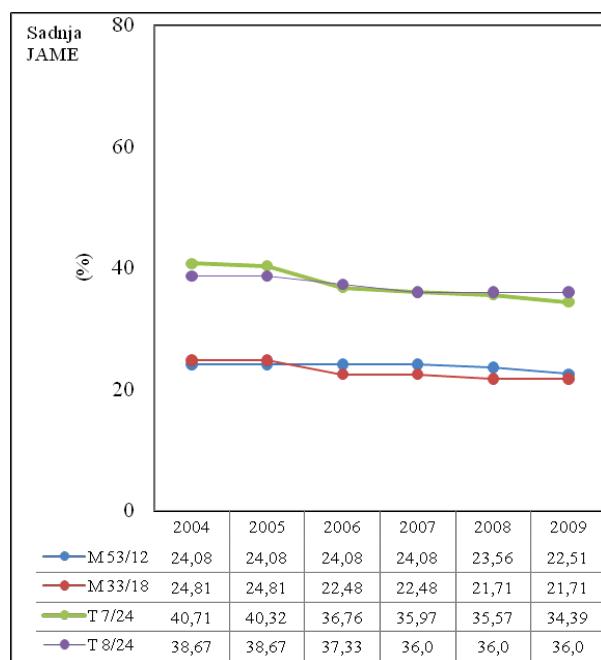
Početna visina (visina 2003. godine), kao varijabla, primjenom logističke regresije govori kako su šanse za preživljjenje biljaka običnog čempresa šest godina nakon sadnje veće za 2,4 % ako se početna visina biljaka poveća prilikom sadnje za samo 1 cm ($\exp(\beta) = 1,0239$; p = 0,0224). Kontejner većeg volumena (VK), promatran kao zasebna varijabla, u odnosu na kontejner manjeg volumena (MK), nije statistički značajan za preživljjenje biljaka, barem što se tiče ovog modela.

5.3.2. Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.)

Pokus je postavljen u istim stanišnim uvjetima, ali s dva načina pripreme tla za pošumljavanje, sadnicama uzgajanim u četiri tipa kontejnera. Promatrano je 1258 biljaka posađenih u 3 odvojena bloka površine 40×50 m. Na pokusnom objektu se svake godine, u razdoblju od 2004. do 2009. godine, utvrđivao mortalitet biljaka alepskoga bora, odnosno postotak preživjelih biljaka, a rezultati su prikazani na grafikonima 16 i 17.



Grafikon 16. Preživljivanje biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) na riparanom tlu sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine



Grafikon 17. Preživljivanje biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) na tlu gdje je vršena sadnja u ručno iskopane jame sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine

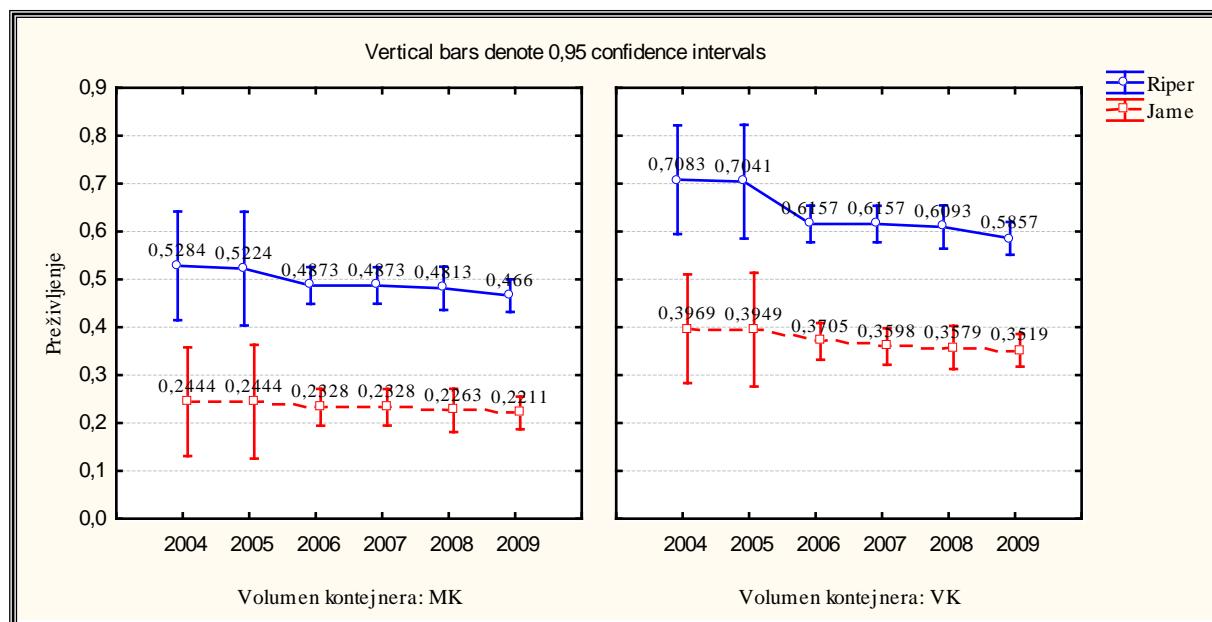
Iz rezultata prikazanih na grafikonima 16 i 17 je vidljivo da se krajem prvog vegetacijskog razdoblja, uvezši u obzir sve tipove kontejnera i način pripreme tla, preživljivanje biljaka alepskoga bora kretalo u rasponu od 24,08 % do 78,79 %. Najbolji rezultati su registrirani na riparanom tlu, s biljkama posađenim iz kontejnera T 8/24 (78,79 %) i kontejnera T 7/24 (62,87 %), zatim biljkama iz kontejnera MP 33/18 (54,36 %) te biljkama iz kontejnera MP 53/12 (51,31 %). Na pokusnoj plohi utvrđen je, kod svih tipova kontejnera, prosječno gotovo dvostruko manji postotak preživljavanja biljaka alepskoga bora posađenih na tlu gdje su ručno iskopane jame u prosjeku, nego biljaka posađenih na riparanoj površini.

Kod biljaka alepskoga bora posađenih u iskopane jame, najbolji rezultati preživljjenja u prvom vegetacijskom razdoblju su bili iz kontejnera T 7/24 (40,71 %), zatim T 8/24 (38,67 %), a najslabije rezultate su dale biljke iz kontejnera MP 53/12 (24,08 %) i, tek za nijansu bolje, iz kontejnera MP 33/18 (24,81 %).

Drugu godinu nakon sadnje, postotak preživljjenja biljaka, uvezši u obzir sve tipove kontejnera, sađenih na riperanom tlu se smanjio u prosjeku za 1 %, osim kod biljaka iz kontejnera T 8/24, gdje nije zabilježeno sušenje. Treću godinu je zabilježeno nešto veće sušenje kod biljaka iz svih tipova kontejnera sađenih na riperanom tlu (oko 3 %), osim kod T 8/24, gdje je zapaženo mnogo znatnije sušenje od čak 15 %. Do konca 2009. godine nije zabilježeno značajnije sušenje biljaka.

Drugu godinu nakon sadnje, na dijelu plohe gdje su ručno iskopane jame za sadnju, nije zapaženo sušenje biljaka iz svih tipova kontejnera. Treću godinu se osušilo 2,5 % biljaka iz kontejnera MP 33/18, 3,5 % biljaka iz kontejnera T 7/24 i 1,5 % biljaka iz kontejnera T 8/24. Nakon treće godine sušenja biljaka gotovo da nema.

Grafikon 18. Preživljjenje sadnica alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) na pokusnom objektu prema veličini kontejnera obzirom na pripremu tla (za razdoblje od 2004. do 2009.).



Kada se uprosječe rezultati preživljjenja biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), te preživljjenje biljaka iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), obzirom na pripremu tla, dobije se rezultat prikazan na grafikonu 18.

Najveće preživljenje u prvom vegetacijskom razdoblju (promatrano do kraja 2004. godine) imaju, dakako, sadnice iz kontejnera velikog volumena (VK), posađene na riperanom tlu (70,83 %), a najmanje preživljenje sadnice iz kontejnera malog volumena (MK), posađene u ručno iskopane jame (24,44 %). Na koncu prve vegetacije (2004. godine) je registrirano 39,69 % preživjelih biljaka alepskoga bora iz kontejnera velikog volumena, sađenih u jame, a iz kontejnera malog volumena, sađenih na riperanom tlu, registrirano je 52,84 % preživjelih biljaka.

Koncem 2009. godine, pri zadnjem mjerenu, je 58,57 % preživjelih biljaka iz kontejnera velikog volumena (VK), sađenih na riperanom tlu, a 35,19 % sađenih u ručno iskopane jame. Preživjelih biljaka iz kontejnera malog volumena (MK), sađenih na riperanom tlu, 2009. godine je 46,60 %, a sađenih u ručno iskopane jame 22,11 %.

Za analizu preživljenja (kao i kod običnog čempresa) je izrađen statistički značajni model logističke regresije (likelihood ratio (LR) = 134,098; $p < 0,0001$). Početna visina biljaka u šumskoj kulturi, metoda pripreme tla i volumen kontejnera, kao glavni čimbenici, te međudjelovanje pripreme tla i volumena kontejnera, smatrani su statistički značajnim varijablama, koje bi mogle objasniti preživljenje biljaka alepskoga bora.

Tablica 33. Analiza preživljenja biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) prikazana koeficijentima logističke regresije uz nivo značajnosti, za početnu visinu (2003.), pripremu tla, volumen kontejnera i interakciju pripreme tla i volumena kontejnera.

Varijabla	β	S.P.	Wald Chi-Square	p	$\exp(\beta)$ = odd ratio
Intercept	-2,4204	0,2241	116,6920	<0,0001	
Visina 2003.	0,1101	0,0166	43,9423	<0,0001	1,1164
Priprema tla (riperanje)	1,1104	0,1752	40,1729	<0,0001	3,0356
Volumen kontejnera (VK)	-0,1418	0,2145	0,4374	0,5084	0,8678
Priprema tla (riperanje) × Volumen kontejnera (VK)	-0,1576	0,2467	0,4079	0,5230	0,8542

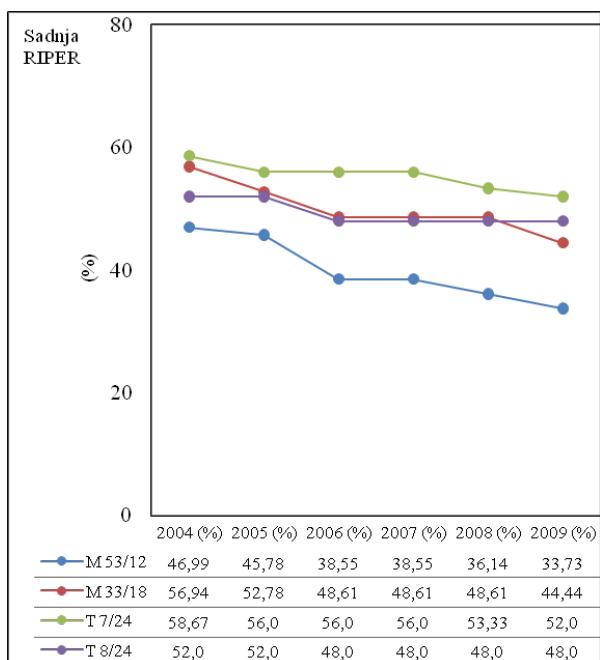
Priprema tla je varijabla koja ima najveći utjecaj na preživljenje biljaka alepskoga bora šest godina nakon sadnje (Tablica 33). Promatrajući samostalno ovu varijablu, sadnice sađene na terenu na kojem se prije sadnje tlo pripremilo riperanjem imaju 3 puta ($\exp(\beta) = 3,0356$; $p < 0,0001$) veću šansu za preživljenje od sadnica sađenih u ručno iskopane jame, bez obzira na veličinu kontejnera.

Početna visina, kao varijabla, primjenom logističke regresije, govori kako su šanse za preživljenje biljaka alepskoga bora šest godina nakon sadnje veće za 11,6% ako se visina biljaka prilikom sadnje poveća za samo 1 cm ($\exp(\beta) = 1,1164$; $p < 0,0001$). Volumen kontejnera, kao zasebna varijabla, nije imao značajan utjecaj na preživljenje biljaka alepskoga bora.

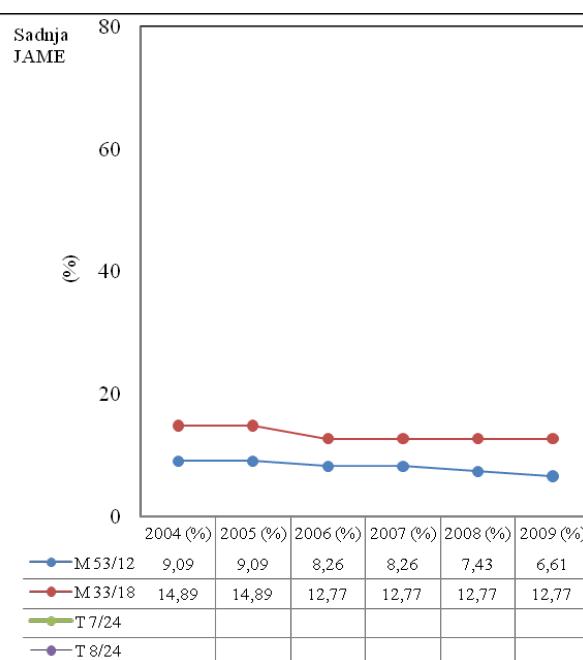
U ovom modelu logističke regresije, interakcija pripreme tla i volumena kontejnera, također nije statistički značajna za preživljenje biljaka alepskoga bora.

5.3.3. Primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton)

Pokus je postavljen u istim stanišnim uvjetima, ali s dva načina pripreme tla za pošumljavanje, sadnicama uzgajanim u četiri tipa kontejnera. Promatrane su 423 biljke primorskog bora posađene u 3 odvojena bloka površine 40×50 m. Na pokusnom objektu se svake godine, u razdoblju od 2004. do 2009. godine, utvrđivao mortalitet biljaka primorskog bora, odnosno postotak preživjelih biljaka, a podaci su prikazani na grafikonima 19 i 20.



Grafikon 19. Preživljenje biljaka primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) na riperanom tlu sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine



Grafikon 20. Preživljenje biljaka primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) na tlu gdje je vršena sadnja u ručno iskopane jame sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine

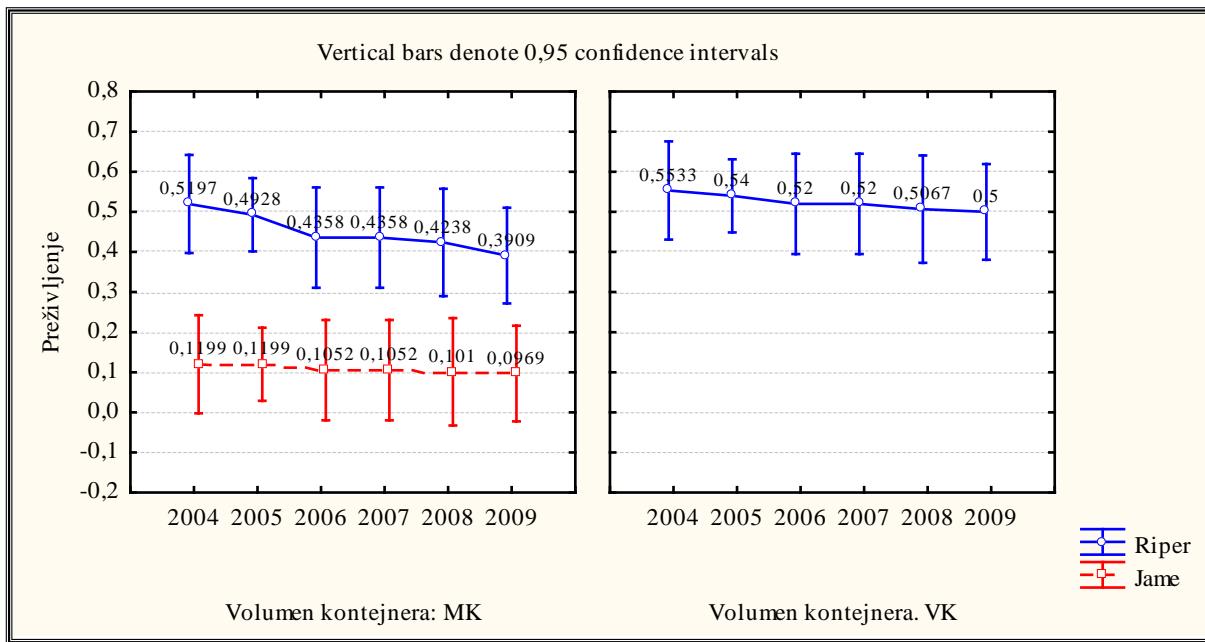
Iz podataka prikazanih na grafikonima 19 i 20 je vidljivo da se krajem prvog vegetacijskog razdoblja, uvezši u obzir sve tipove kontejnera i način pripreme tla, preživljenje

biljaka primorskog bora kretalo u rasponu od 9,09 % do 58,67 %. Najbolji rezultati su registrirani na riperanom tlu, s biljkama posađenim iz kontejnera T 7/24, gdje je od 75 posađenih biljaka preživjelo 44 ili 58,67 % i onim iz kontejnera MP 33/18, gdje je od 72 posađene biljke preživjela 41 ili 56,94 %, zatim biljkama iz kontejnera T 8/24, gdje je od 25 posađenih biljaka preživjelo njih 13 odnosno 52 % te biljkama iz kontejnera MP 53/12 gdje je od 83 posađene preživjelo njih 39, odnosno 46,99 %. Na pokusnoj plohi je utvrđeno da je postotak preživljavanja biljaka primorskog bora, posađenih na tlu gdje su ručno iskopane jame, u prvoj vegetacijskoj sezoni u prosjeku gotovo pet puta manji nego kod biljaka posađenih na riperanoj površini, i to kod kontejnera MP 53/12, iz kojih je posađeno ukupno 121 biljka od kojih je preživjelo svega 11, odnosno 9,09 % i kontejnera MP 33/18, iz kojih je u jame posađeno 47 biljaka, a preživjelo tek 7, odnosno 14,89 % .

Kod zadnje izmjere, dakle 2009. godine, utvrđeno je nakon šest godina od sadnje, kako je, na riperanom tlu, biljaka primorskog bora iz kontejnera MP 53/12 preživjelo svega 33,73 %, a iz kontejnera MP 33/18 svega 44,44 %. Nešto veće preživljenje su imale biljke iz kontejnera T 8/24 (48 %), a najbolji uspjeh su imale biljke iz kontejnera T 7/24 (52 %).

Na tlu gdje su posađene biljke u jame, kod zadnje izmjere (2009. godine) je utvrđeno da je od biljaka iz kontejnera MP 33/18 ostalo njih 12,77 %, a iz kontejnera MP 53/12 tek 6,61 %, što se može smatrati potpunim neuspjehom.

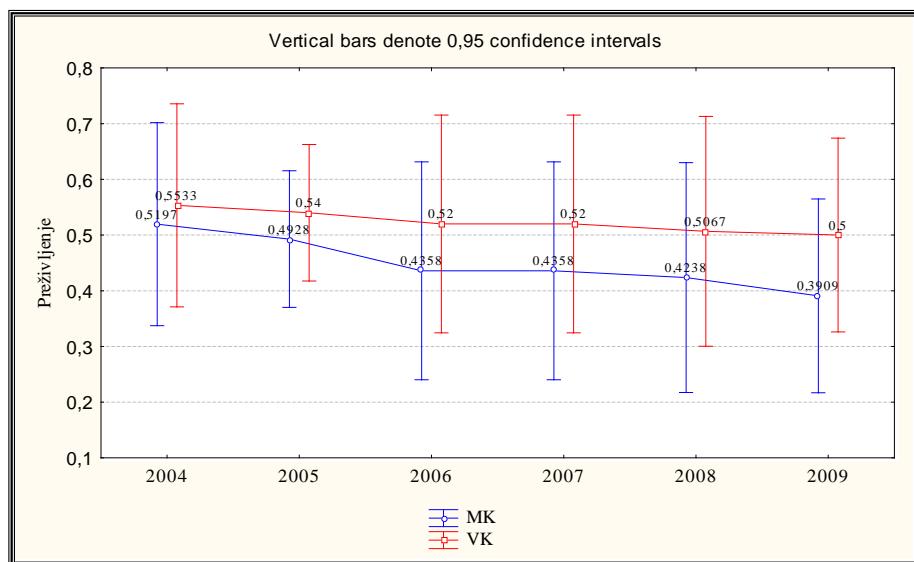
Kao i kod naprijed spomenutih vrsta, utvrđeno je zanemarivo sušenje biljaka nakon prve vegetacije.



Grafikon 21. Preživljenje sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) na pokusnom objektu prema veličini kontejnera obzirom na pripremu tla (za razdoblje od 2004. do 2009. godine).

Kada se uprosječe rezultati preživljjenja biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), te rezultati preživljjenja biljaka iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), obzirom na pripremu tla, dobije se rezultat prikazan na grafikonu 21.

Najbolji rezultat glede preživljjenja su dale biljke primorskog bora iz velikih kontejnera (VK), sadene na riperanom tlu. Na kraju prve vegetacije te biljke su imale preživljenje od 55,33 %, a pri kraju šeste vegetacije ostalo ih je ravno 50 %. Nešto slabiji uspjeh bilježe biljke iz malih kontejnera (MK), posađenih na riperanom tlu. Tamo ih je na kraju prve vegetacije ostalo 51,97 %, dok ih je kod zadnje izmjere bilo 39,09 % (Grafikon 22).



Grafikon 22. Preživljenje sadnica primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) na pokusnom objektu posađenih na riperanom tlu s obzirom na veličinu kontejnera (za razdoblje od 2004. do 2009. godine).

Za analizu preživljjenja biljaka primorskog bora (kao kod običnog čempresa i alepskoga bora), izrađen je i statistički značajni model logističke regresije (likelihood ratio (LR) = 73,2232; $p < 0,0001$). Početna visina biljaka u šumskoj kulturi, metoda pripreme tla i volumen kontejnera, kao glavni čimbenici, te međudjelovanje pripreme tla i volumena kontejnera, smatrani su statistički značajnim varijablama, koje bi mogle objasniti preživljenje biljaka alepskoga bora.

Tablica 34. Analiza preživljjenja primorskoga bora (*Pinus pinaster* Aiton) prikazana koeficijentima logističke regresije uz nivo značajnosti za početnu visinu (2003.), pripremu tla i volumen kontejnera.

Varijabla	β	S.P.	Wald Chi-Square	p	$\exp(\beta) = \text{odd ratio}$
Intercept	-2,7037	0,374	52,2486	<0,0001	
Visina 2003.	0,0415	0,0334	1,5474	0,2135	1,0424
Priprema tla (riperanje)	1,9182	0,3247	34,8965	<0,0001	6,8087
Volumen kontejnera (VK)	0,2966	0,3062	0,9382	0,3327	1,3453
Priprema tla (riperanje) × Volumen kontejnera (VK)	0	0	0	0	0

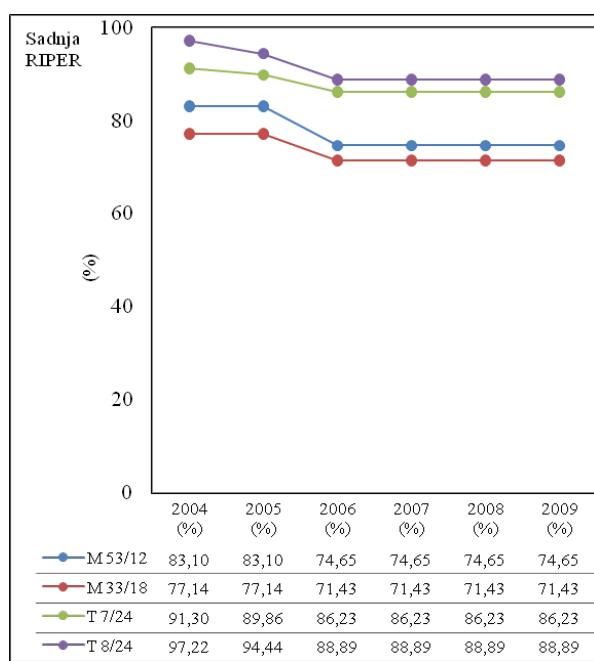
Priprema tla je jedina varijabla koja ima utjecaj na preživljenje biljaka primorskog bora nakon šest godina od sadnje (Tablica 34). Sadnice sađene na terenu na kojem se prije

sadnje tlo pripremilo riperanjem imaju skoro 7 puta ($\exp(\beta) = 6,8087$; $p < 0,0001$) veću šansu za preživljjenje, od sadnica sađenih u ručno iskopane jame, bez obzira na veličinu kontejnera.

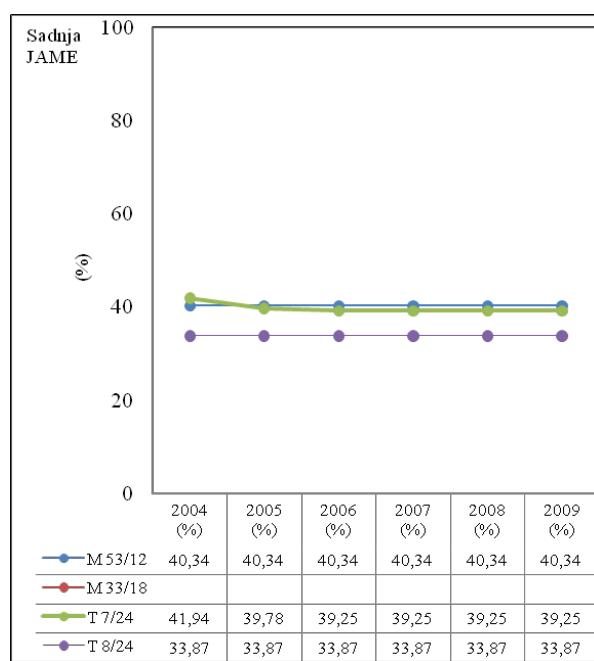
U ovom modelu logističke regresije interakciju priprema tla \times volumen kontejnera nije bilo moguće prikazati, uslijed nedostatka biljaka iz kontejnera T 7/24 i T 8/24 posađenih u ručno iskopane jame.

5.3.4. Bor pinija (*Pinus pinea* L.)

Pokus je postavljen u istim stanišnim uvjetima, ali s dva načina pripreme tla za pošumljavanje, sadnicama uzgajanim u četiri tipa kontejnera. Promatrane su 682 biljke pinije posađene u 3 odvojena bloka površine 40×50 m. Na pokusnom objektu svake je godine, u razdoblju od 2004. do 2009. godine, utvrđivan mortalitet biljaka, odnosno postotak preživjelih biljaka, a podaci su prikazani na grafikonima 23 i 24.



Grafikon 23. Preživljjenje biljaka pinije (*Pinus pinea* L.) na riperanom tlu sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine

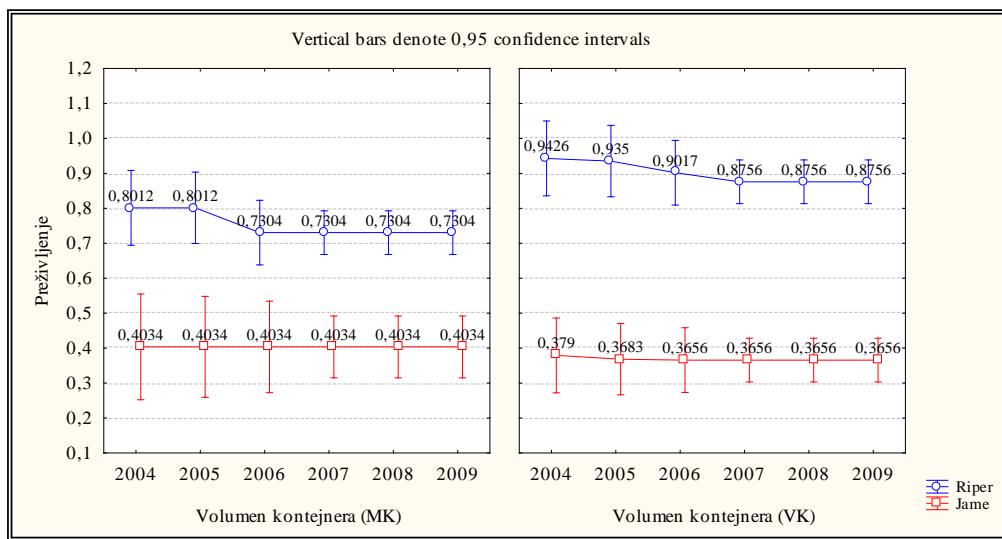


Grafikon 24. Preživljjenje biljaka pinije (*Pinus pinea* L.) na tlu gdje je vršena sadnja u ručno iskopane jame sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009.

Iz podataka prikazanih na grafikonima 23 i 24 je vidljivo da se krajem prvog vegetacijskog razdoblja, uvezši u obzir sve tipove kontejnera i način pripreme tla, preživljjenje biljaka pinije kretalo u rasponu od 33,87 % do 97,22 %. Najbolji rezultati su registrirani na

riperanom tlu, s biljkama posađenim iz kontejnera T 8/24, gdje je od 36 posađenih biljaka preživjelo 35 ili 97,22 % i onima iz kontejnera T 7/24, gdje je od 138 posađenih biljaka preživjelo 126 ili 91,30 %, zatim biljkama iz kontejnera MP 53/12, gdje je od 71 posađene biljke preživjelo njih 59 odnosno 83,10 % te biljkama iz kontejnera MP 33/18, gdje je od 70 posađenih preživjelo njih 54, odnosno 77,14 %. Na pokusnoj plohi je utvrđeno da je postotak preživljjenja biljaka pinije posađenih na tlu gdje su ručno iskopane jame, u prvoj vegetacijskoj sezoni, u prosjeku dvostruko, a ponegdje i trostruko manji, nego kod biljaka posađenih na riperanoj površini, i to kod kontejnera MP 53/12, iz kojih je posađeno ukupno 119 biljaka od kojih je preživjelo svega 48, odnosno 40,34 %, kontejnera T 7/24, iz kojih je u jame posađeno 186 biljaka, a preživjelo 48, odnosno 41,94 % i kontejnera T 8/24, iz kojih je u jame posađeno ukupno 62 biljke, a preživjela tek 21, odnosno 33,87 %.

Kod zadnje izmjere, 2009. godine, nakon šest godina od sadnje, utvrđeno je kako je na riperanom tlu biljaka pinije iz kontejnera MP 53/12 preživjelo njih 74,65 %, a iz kontejnera MP 33/18 njih 71,43 %. Nešto manji mortalitet su imale biljke iz kontejnera T 7/24 (86,23 %), a najbolji uspjeh biljke iz T 8/24 (88,89 %). Na tlu gdje su posađene biljke u jame, kod zadnje izmjere je utvrđeno da je biljaka iz kontejnera MP 53/12 ostalo njih 40,34 %, iz kontejnera MP 33/18 njih 39,25 %, a iz T 8/24 njih 33,87 %.



Grafikon 25. Preživljenje sadnica pinije (*Pinus pinea L.*) na pokusnom objektu prema veličini kontejnera obzirom na pripremu tla (za razdoblje od 2004. do 2009. godine).

Kada se uprosječe rezultati preživljjenja biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), te preživljjenje biljaka iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), obzirom na pripremu tla, dobije se rezultat prikazan na grafikonu 25.

Najbolji rezultat glede preživljjenja su postigle biljke pinije iz velikih konejnera (VK), sađene na riperanom tlu. Na kraju prve vegetacije te biljke su imale preživljjenje od 94,26 %, a pri kraju šeste vegetacije ostalo ih je 87,56 %. Nešto slabiji uspjeh bilježe biljke iz malih kontejnera (MK), posađene na riperanom tlu. Tamo ih je na kraju prve vegetacije ostalo 80,12 %, a kod zadnje izmjere 73,04 %. Biljke iz malih kontejnera (MK), sađene u ručno kopane jame, su nakon prve vegetacije imale preživljjenje od 40,34 % te se dalje nisu sušile, pa do konca 2009. godine nije zabilježen njihov mortalitet. Biljke iz velikih kontejnera, sađene u jame, su koncem prve vegetacije imale preživljjenje od 37,90 %, a krajem šeste vegetacije od 36,56 % .

Za analizu preživljjenja biljaka pinije (kao i kod naprijed spomenutih vrsta) je izrađen statistički značajan model logističke regresije (likelihood ratio (LR) = 122,9977; $p < 0,0001$). Početna visina biljaka u šumskoj kulturi, metoda pripreme tla i volumen kontejnera, kao glavni čimbenici, te međudjelovanje pripreme tla i volumena kontejnera, su smatrani statistički značajnim varijablama, koje bi mogле objasniti preživljjenje biljaka alepskoga bora.

Tablica 35. Analiza preživljjenja pinije (*Pinus pinea L.*) prikazana koeficijentima logističke regresije uz nivo značajnosti za početnu visinu (2003.), pripremu tla i volumen kontejnera

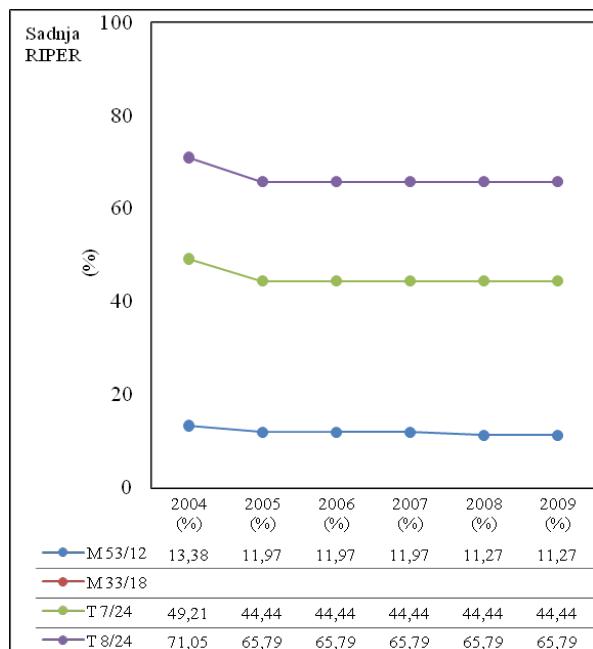
Varijabla	β	S.P.	Wald Chi-Square	p	$\exp(\beta) = \text{odd ratio}$
Intercept	-0,4890	0,2577	3,5999	0,0578	
Visina 2003.	0,0114	0,0208	0,3024	0,5824	1,0115
Priprema tla (riperanje)	1,2410	0,2627	22,3093	<0,0001	3,4591
Volumen kontejnera (VK)	-0,1942	0,2905	0,4469	0,5038	0,8235
Priprema tla (riperanje) \times Volumen kontejnera (VK)	1,1220	0,3690	9,2442	0,0024	3,0710

Priprema tla i interakcija priprema tla \times volumen kontejnera su dvije varijable koje imaju utjecaj na preživljjenje biljaka pinije nakon šest godina od sadnje (Tablica 35). Sadnice sađene na terenu na kojem se prije sadnje tlo pripremilo riperanjem, imaju gotovo 3,5 puta ($\exp(\beta) = 3,4591$; $p < 0,0001$) veću šansu za preživljjenje, od sadnica sađenih u ručno iskopane jame, bez obzira na veličinu kontejnera. Sadnice pinije sađene iz kontejnera većeg

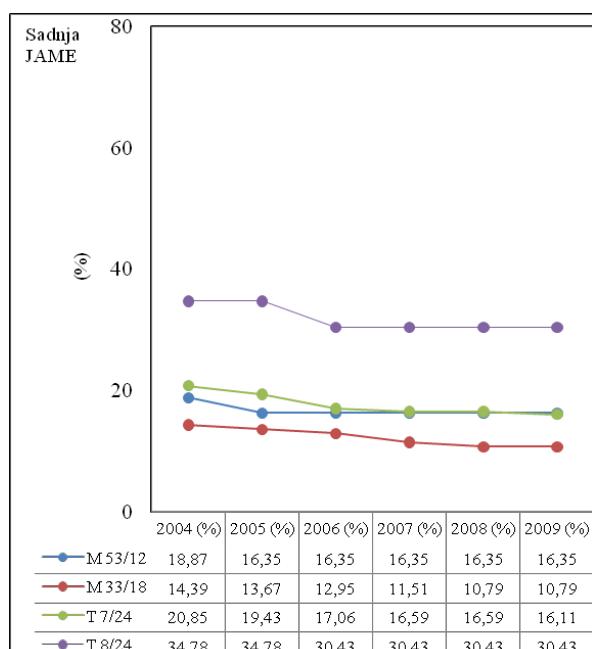
volumena (VK) u prethodno riperano tlo imaju 3 puta ($\exp(\beta) = 3,0710$; $p = 0,0024$) veću šansu za preživljjenje, u odnosu na biljke iz kontejnera manjeg volumena, sađene u jame $40 \times 40 \text{ cm}$.

5.3.5. Hrast crnika (*Quercus ilex* L.)

Pokus je postavljen u istim stanišnim uvjetima, ali s dva načina pripreme tla za pošumljavanje, sadnicama uzgajanim u četiri tipa kontejnera. Promatrano je 775 biljaka hrasta crnike, posađenih u 3 odvojena bloka površine $40 \times 50 \text{ m}$. Na pokusnom objektu se svake godine, u razdoblju od 2004. do 2009. godine, utvrđivao mortalitet biljaka, odnosno postotak preživjelih biljaka, a podaci su prikazani na grafikonima 26 i 27.



Grafikon 26. Preživljenje biljaka crnike (*Quercus ilex* L.) na riperanom tlu sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine



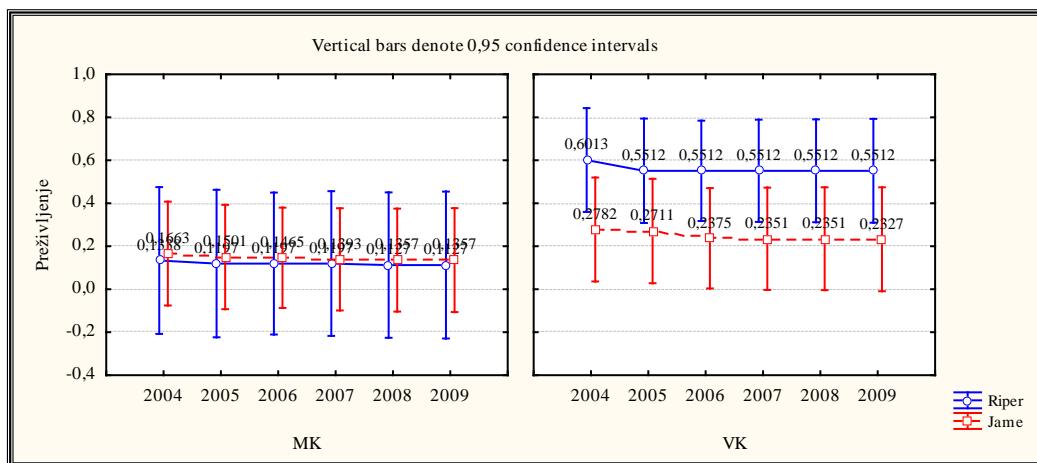
Grafikon 27. Preživljenje biljaka crnike (*Quercus ilex* L.) na tlu gdje je vršena sadnja u ručno iskopane jame sadnicama iz različitih tipova kontejnera za razdoblje od 2004. do 2009. godine.

Iz podataka prikazanih na grafikonima 26 i 27, vidljivo je da se krajem prvog vegetacijskog razdoblja, uvezši u obzir sve tipove kontejnera i način pripreme tla, preživljenje hrasta crnike kretalo u rasponu od 13,38 % do 71,05 %. Najbolji rezultati su registrirani na riperanom tlu, s biljkama posađenim iz kontejnera T 8/24, gdje je od 38 posađenih biljaka preživjelo 27 ili 71,05 %, i iz kontejnera T 7/24, gdje je od 63 posadene biljke preživjela 31 ili 49,21 %. Veliki neuspjeh na riperanom tlu su ostvarile biljke iz kontejnera MP 53/12, gdje je

prvu vegetacijsku sezonu od 142 posađene biljke preživjelo samo njih 19, odnosno 13,38 %. Ništa bolje rezultate nisu pokazale niti biljke iz kontejnera MP 53/12 i MP 33/18, sađene u ručno kopane jame. Njih je od 159 (MP 53/12) u prvoj vegetaciji ostalo 30 (18,87 %), odnosno od 139 (MP 33/18) je preživjelo samo njih 20 (14,39 %). Za nijansu bolji uspjeh u jamama su imale biljke iz kontejnera T 7/24, kojih je od 211 preživjelo (u prvoj godini) 44, odnosno 20,85 % te biljke iz kontejnera T 8/24, kojih je od 23 preživjelo samo 8, odnosno 34,78 %.

Kod zadnje izmjere, 2009. godine, nakon šest godina od sadnje, utvrđeno je, na riperanom tlu, preživljenje biljaka hrasta crnike iz kontejnera MP 53/12 od 11,27 %, što je daleko najlošiji rezultat za riperano tlo. Relativno dosta manji mortalitet su imale biljke iz kontejnera T 7/24 (44,44 %), dok su najbolji uspjeh imale biljke iz kontejnera T 8/24 (65,79 %). Na tlu gdje su posađene biljke u jame, kod zadnje izmjere je utvrđeno kako je biljaka iz kontejnera MP 53/12 ostalo 16,35 %, iz kontejnera MP 33/18 10,79 %, iz T 7/24 16,11 %, a iz T 8/24 30,43 %, što je ujedno i najbolji rezultat za biljke sađene u ručno iskopane jame.

Nakon prve vegetacije nije zapaženo značajnije sušenje biljaka na pokusnom objektu.



Grafikon 28. Preživljenje hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na pokusnom objektu prema veličini kontejnera obzirom na pripremu tla (razdoblje od 2004. do 2009. godine).

Kada se uprosječe rezultati preživljenja biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), te preživljenje biljaka iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), obzirom na pripremu tla, dobije se rezultat prikazan na grafikonu 28.

Najbolji rezultat preživljenja su postigle biljke hrasta crnike iz velikih kontejnera (VK), sađene na riperanom tlu. Na kraju prve vegetacije te biljke su imale preživljenje od 60,13 %, a

pri kraju šeste vegetacije ostalo ih je 55,12 %. Dosta slabiji uspjeh bilježe biljke iz malih kontejnera (MK), posađenih na riperanom tlu, kojih je na kraju prve vegetacije ostalo 15,58 %, a kod zadnje izmjere 11,27 %. Biljke iz malih kontejnera (MK), sađene u ručno kopane jame, nakon prve vegetacije bilježe preživljjenje od 16,63 %, a do konca 2009. godine ih je preživjelo 13,57 %. Biljke iz velikih kontejnera (VK), sađene u jame, su koncem prve vegetacije imale 27,82 %, a krajem šeste vegetacije 23,27% preživjelih.

Za analizu (prosjeka) preživljjenja biljaka hrasta crnike (kao i kod ranije navedenih vrsta) je izrađen statistički značajan model logističke regresije (likelihood ratio (LR) = 68,7592; p < 0,0001) međudjelovanja dva faktora: pripreme tla i volumena kontejnera, koja objašnjava preživljjenje biljaka hrasta crnike u šumskoj kulturi.

Tablica 36. Analiza preživljjenja hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) prikazana koeficijentima logističke regresije uz nivo značajnosti za početnu visinu (2003.), pripremu tla i veličinu kontejnera

Varijabla	β	S.P.	Wald Chi-Square	p	$\exp(\beta)$ = odd ratio
Intercept	-1,7958	0,3189	31,7027	<0,0001	
Visina 2003.	-0,00349	0,0238	0,0214	0,8836	0,9965
Priprema tla (riperanje)	-0,2330	0,3160	0,5440	0,4608	0,7922
Volumen kontejnera (VK)	0,3021	0,2635	1,3147	0,2516	1,3515
Priprema tla (riperanje) × Veličina kontejnera (VK)	1,8840	0,4132	20,7878	<0,0001	6,5798

Interakcija veličina kontejnera × priprema tla je jedina varijabla koja ima utjecaj na preživljjenje biljaka hrasta crnike šest godina nakon sadnje (Tablica 36). Sadnice hrasta crnike, sađene iz kontejnera većeg volumena (VK) u prethodno riperano tlo, imaju 6,5 puta ($\exp(\beta) = 6,5798$; p < 0,0001) veću šansu za preživljjenje, u odnosu na sadnice iz kontejnera manjeg volumena, sađene u jame $40 \times 40 \times 40$ cm.

5.4. Analiza visinskog rasta biljaka u šumskoj kulturi za razdoblje od 2003. do 2009. godine

Uz preživljenje biljaka nakon sadnje, važan kriterij kod ocjene uspjeha pošumljavanja je visinski rast i razvoj.

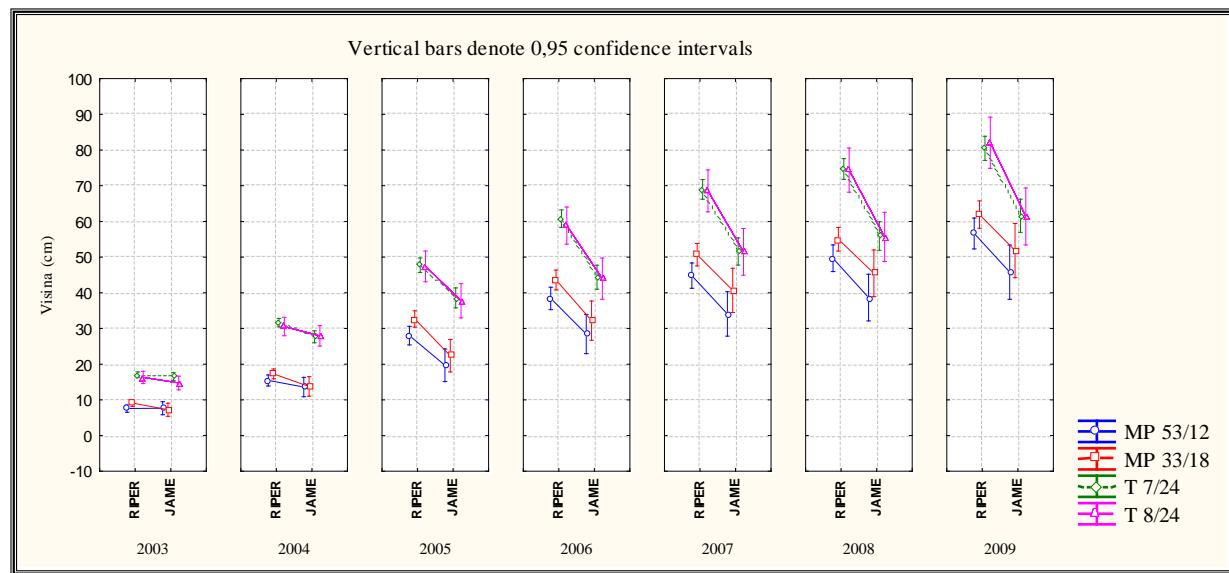
U ovom poglavlju su prikazani rezultati visinskog rasta svih biljaka u eksperimentu, uzgajanih u različitim tipovima kontejnera i posadenih na terenu na kojem je tlo pripremljeno na dva načina: ručnim kopanjem jama dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm i riperanjem na dubini od 50 cm. Rezultati su prikazani za razdoblje od 2003. do 2009. godine.

Iz istog razloga kao i kod preživljjenja biljaka, u prikazu rezultata analize visinskog rasta, kod pinije (*Pinus pinea L.*) i hrasta crnike (*Quercus ilex L.*) su korištene i prosječne vrijednosti dva manja (MP 53/12 i MP 33/18) i dva veća kontejnera (T 7/24 i T 8/24), kod obje metode pripreme tla.

Zbog nedostatka biljaka primorskog bora (*Pinus pinaster Aiton*) iz kontejnera T 7/24 i T 8/24, koje su trebale biti sađene u ručno kopane jame, odvojeno je prikazan utjecaj tipa kontejnera na visinski rast biljaka, ali samo na riperanom tlu. Također je prikazan utjecaj pripreme tla na visinski rast biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18).

5.4.1. Obični čempres piramidalne forme (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman)

Rezultati visinskog rasta biljaka običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) prikazani su na grafikonu 29 i u tablici 37. Rezultati su prikazani za razdoblje od 2003. do 2009. godine.



Grafikon 29. Visinski rast stabala običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla prema tipu kontejnera (razdoblje od 2003. do 2009. godine).

U šestoj godini, kada su obavljene zadnje izmjere na plohi, biljke običnog čempresa iz kontejnera T 7/24, posađene na riperanom tlu (Slika 56), imale su prosječnu visinu 80,49 cm, a posađene u jame 61,59 cm. Biljke iz kontejnera T 8/24, posađene na riperanom tlu, su imale najveću prosječnu visinu 82,04 cm, a posađene u jame 61,39 cm.

Pri zadnjoj izmjeri, 2009. godine, biljke običnog čempresa iz kontejnera MP 53/12, posađene na riperanom tlu, su imale prosječnu visinu 54,71 cm, a biljke posadene u jame 45,79 cm. Biljke iz kontejnera MP 33/18, posađene na riperanom tlu, su imale prosječnu visinu 61,92 cm, a posađene u jame 51,83 cm.

Tablica 37. Prosječni visinski rast biljaka običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) po godinama, obzirom na tip kontejnera i pripremu tla za razdoblje od 2003. – 2009. godine.

<i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>pyramidalis</i> (Nyman)									
Tip kontejnera	MP 53/12		MP 33/18		T 7/24		T 8/24		
Priprema tla	riper	jame	riper	jame	riper	jame	riper	jame	
Vegetacijsko razdoblje	2003-2004	+7,9 cm	+5,9 cm	+8,2 cm	+6,5 cm	+14,6 cm	+11,1 cm	+14,3 cm	+13,2 cm
	2004-2005	+12,5 cm	+6,1 cm	+15,4 cm	+8,6 cm	+16,1 cm	+10,9 cm	+16,9 cm	+9,8 cm
	2005-2006	+10,4 cm	+8,7 cm	+10,9 cm	+9,8 cm	+13,1 cm	+5,8 cm	+11,4 cm	+6,2 cm
	2006-2007	+6,4 cm	+5,6 cm	+7,1 cm	+8,4 cm	+8,2 cm	+7,2 cm	+9,7 cm	+7,5 cm
	2007-2008	+4,9 cm	+4,6 cm	+4,3 cm	+4,8 cm	+5,7 cm	+4,3 cm	+5,8 cm	+4,2 cm
	2008-2009	+7,0 cm	+7,1 cm	+6,9 cm	+6,4 cm	+5,8 cm	+5,7 cm	+7,7 cm	+5,7 cm
	Σ	+49,1 cm	+38,0 cm	+52,8 cm	+44,5 cm	+63,5 cm	+45,0 cm	+65,8 cm	+46,6 cm

Iz tablice 37 proizlazi kako postoje relativno velike razlike u visinskom rastu, obzirom na tip kontejnera i pripremu tla, šest godina nakon sadnje. U prvih šest godina najveći visinski rast imale su biljke iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), sađene na riperanom tlu (63,5 i 65,8 cm), a najmanji biljke iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), sađene u ručno iskopane jame dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm (38 i 44,5 cm).

Analizom varijance ponovljenih mjerjenja (Tablica 38) je ustanovljeno postojanje statistički značajne razlike u visini biljaka običnoga čempresa na pokusnoj plohi, obzirom na tip kontejnera ($F = 55,924$; $p = 0,000001$) i pripremu tla ($F = 56,150$; $p < 0,000001$), šest godina nakon sadnje, te postojanje statistički značajne razlike u visini, kod određenih godina, obzirom na tip kontejnera ($F=7,323$; $p=0,000001$), pripremu tla ($F = 46,794$; $p < 0,000001$) i interakciju priprema tla \times tip kontejnera ($F=2,413$; $p=0,000725$), što je razvidno iz tablice 35.

Turkeyevim post hoc testom je utvrđena statistički značajna razlika između kontejnera MP 53/12 i kontejnera MP 33/18 ($p = 0,024314$), te između kontejnera MP 53/12 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,000008$) i 8/24 ($p = 0,000008$). Kontejner MP 33/18 se također statistički značajno razlikuje od kontejnera T 7/24 ($p = 0,000008$) i T 8/24 ($p = 0,000008$).

Tablica 38. ANOVA ponovljenih mjerena za utjecaj tipa kontejnera, pripreme tla na visinski rast biljaka običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) u razdoblju od 2003. do 2009. god.

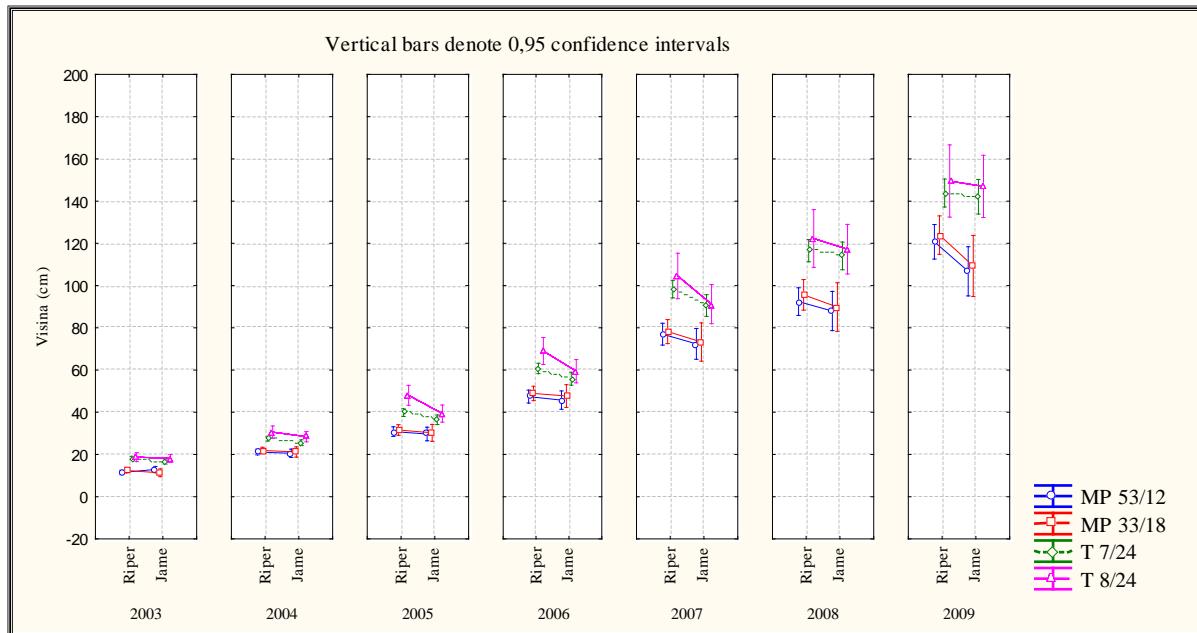
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance (Čempres Visine) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5955311	1	5955311	3671,498	0,000000
Tip kontejnera	272134	3	90711	55,924	0,000000
Priprema tla	91078	1	91078	56,150	0,000000
Tip kontejnera*priprema tla	5124	3	1708	1,053	0,368391
Error	1266812	781	1622		
Godine	1070414	6	178402	1893,920	0,000000
Godine*tip kontejnera	12416	18	690	7,323	0,000000
Godine*priprema tla	26447	6	4408	46,794	0,000000
Godine*tip kontejnera*priprema tla	4091	18	227	2,413	0,000725
Error	441409	4686	94		



Slika 56. Obični čempres piramidalnog varijeteta (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman) iz kontejnera T 7/24, posađen na riperanom tlu, šest godina nakon sadnje. (Foto: G. Jelić)

5.4.2. Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.)

Rezultati visinskog rasta biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) prikazani su na grafikonu 30 i u tablici 39. Rezultati su prikazani za razdoblje od 2003. do 2009. godine.



Grafikon 30. Visinski rast stabalaca alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz razlicitih tipova kontejnera uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla za razdoblje od 2003. do 2009. godine.

U šestoj godini, kada su obavljene zadnje izmjere na plohi, biljke alepskoga bora iz kontejnera T 7/24, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $143,84 \pm 43,01$ cm, a posađene u jame $142,06 \pm 37,24$ cm. Biljke iz kontejnera T 8/24, posađene na riperanom tlu, imale su najveću prosječnu visinu od $149,50 \pm 36,59$ cm (Slika 57), a posađene u jame $146,96 \pm 32,49$ cm. Pri zadnjoj izmjeri, 2009. godine, biljke alepskoga bora iz kontejnera MP 53/12, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $120,70 \pm 40,01$ cm, a biljke posađene u jame $106,74 \pm 32,79$ cm. Biljke iz kontejnera MP 33/18, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $123,90 \pm 39,11$ cm, a posađene u jame $109,29 \pm 34,68$ cm.

Najveću kumulaciju visine u prvih šest godina, imale su biljke iz kontejnera T 8/24 zasadene u riperano tlo (130,9 cm), a najmanju biljke iz najmanjeg kontejnera (MP 53/12), koje su u šest godina prosječno narasle 94 cm u visinu (Tablica 39).

Tablica 39. Prosječni visinski rast biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.), obzirom na tip kontejnera i pripremu tla za razdoblje od 2003. – 2009. godine

Pinus halepensis(Mill.)								
Tip kontejnera	MP 53/12		MP 33/18		T 7/24		T 8/24	
Priprema tla	riper	jame	riper	jame	riper	jame	riper	jame
Vegetacijsko razdoblje	2003-2004	+9,7 cm	+7,7 cm	+9,5 cm	+9,9 cm	+9,2 cm	+9,1 cm	+11,9 cm
	2004-2005	+9,6 cm	+9,2 cm	+9,7 cm	+9,1 cm	+12,3 cm	+10,9 cm	+17,4 cm
	2005-2006	+16,6 cm	+16,0 cm	+17,3 cm	+17,4 cm	+20,9 cm	+19,4 cm	+21,0 cm
	2006-2007	+29,6 cm	+26,7 cm	+29,3 cm	+25,6 cm	+37,6 cm	+34,7 cm	+35,6 cm
	2007-2008	+15,4 cm	+15,6 cm	+17,4 cm	+16,6 cm	+18,2 cm	+23,5 cm	+17,8 cm
	2008-2009	+28,3 cm	+18,8 cm	+28,3 cm	+19,5 cm	+27,3 cm	+28,0 cm	+27,2 cm
Σ		+109,2 cm	+94,0 cm	+111,5 cm	+98,1 cm	+125,5 cm	+125,6 cm	+130,9 cm
								+128,8 cm

Kako je razvidno iz tablice 39, zapažene su i razlike u visinskom rastu između pojedinih godina, obzirom na tip kontejnera i pripremu tla.

Analizom varijance ponovljenih mjerena (Tablica 40) je utvrđeno da postoji statistički značajna razlika u visini biljaka alepskoga bora na pokusnoj plohi obzirom na tip kontejnera ($F = 32,678$; $p = 0,000001$) i pripremu tla ($F = 5,842$; $p = 0,016016$), šest godina nakon sadnje, te da se visina statistički značajno razlikuje po tipu kontejnera ($F = 12,667$; $p < 0,000001$) i pripremi tla ($F = 2,632$; $p = 0,015095$) obzirom na godine izmjere.

Turkeyevim post hoc testom je utvrđena statistički značajna razlika između kontejnera MP 53/12 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,000008$) te kontejnera T 8/24 ($p = 0,000008$). Kontejner MP 33/18 se također statistički značajno razlikuje od kontejnera T 7/24 ($p = 0,000008$) i kontejnera T 8/24 ($p = 0,000008$).

Tablica 40. ANOVA ponovljenih mjerena za utjecaj tipa kontejnera, pripreme tla na visinski rast biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) u razdoblju od 2003. do 2009. godine

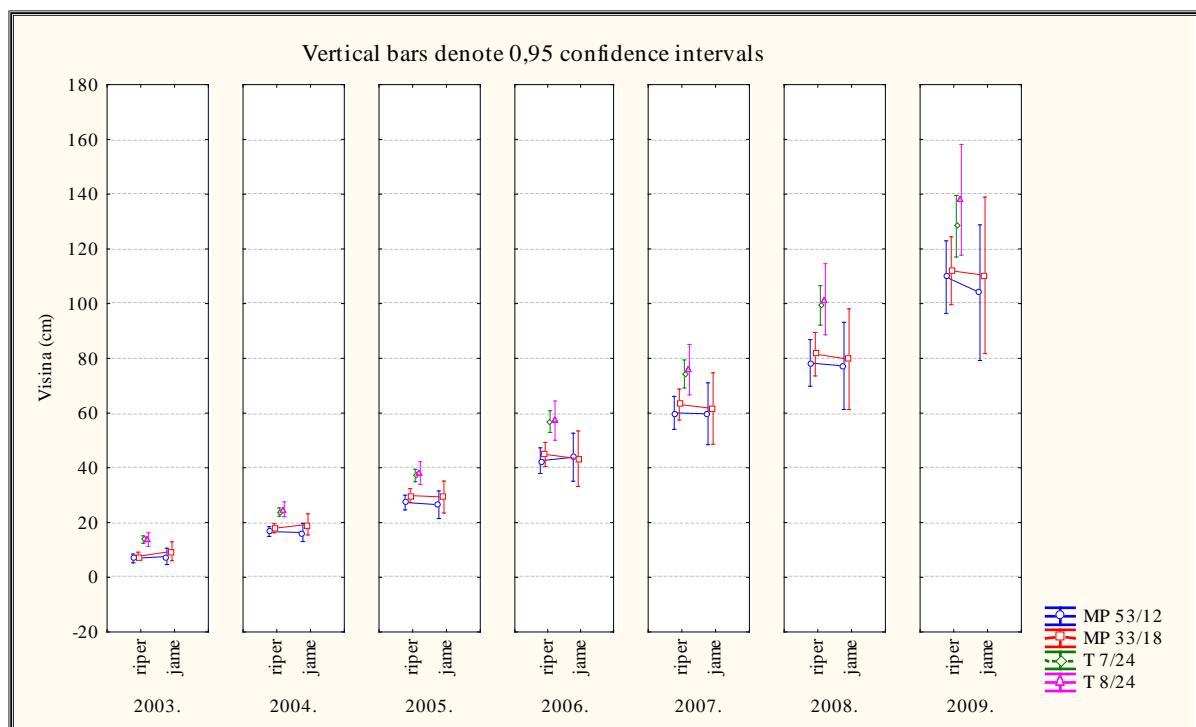
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance (Alepski) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	9725023	1	9725023	5210,202	0,000000
Tip kontejnera	182986	3	60995	32,678	0,000000
Priprema tla	10904	1	10904	5,842	0,016016
Tip kontejnera*priprema tla	469	3	156	0,084	0,968853
Error	912735	489	1867		
Godine	3816294	6	636049	2382,491	0,000000
Godine*Tip kontejnera	60868	18	3382	12,667	0,000000
Godine*priprema tla	4216	6	703	2,632	0,015095
Godine*tip kontejnera*priprema tla	6159	18	342	1,282	0,189008
Error	783284	2934	267		



Slika 57. Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) iz kontejnera T 8/24, posađen na riperanom tlu, šest godina nakon sadnje.
(Foto: G. Jelić)

5.4.3. Primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton)

Rezultati visinskog rasta biljaka primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) prikazani su na grafikonu 31 i u tablici 41. Rezultati su prikazani za razdoblje od 2003. do 2009. godine.



Grafikon 31. Visinski rast stabalaca primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) iz razlicitih tipova kontejnera uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla (razdoblje od 2003 do 2009. godine).

U šestoj godini, kada su obavljene zadnje izmjere na plohi, biljke primorskog bora iz kontejnera T 7/24, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $128,28 \pm 36,95$ cm. Biljke iz kontejnera T 8/24, posađene na riperanom tlu (Slika 58), imale su najveću prosječnu visinu od $137,92 \pm 31,46$ cm.

Pri zadnjoj izmjeri, 2009. godine, biljke primorskog bora iz kontejnera MP 53/12, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $109,68 \pm 36,43$ cm, a najmanje su bile biljke posađene u Jame $104,00 \pm 24,41$ cm. Biljke iz kontejnera MP 33/18, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $112,03 \pm 36,99$ cm, a posađene u Jame $110,33 \pm 27,62$ cm.



Slika 58. Primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton) iz kontejnera T 8/24, posađen na riperanom tlu, šest godina nakon sadnje.
(Foto: G. Jelić)

Tablica 41. Prosječni visinski rast biljaka primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton), obzirom na tip kontejnera i pripremu tla za razdoblje od 2003. – 2009. godine

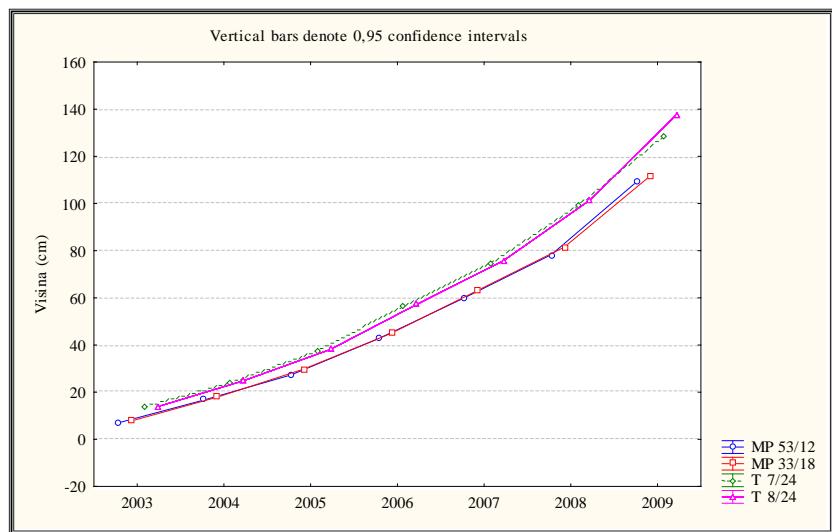
Pinus pinaster (Aiton)									
Tip kontejnera	MP 53/12		MP 33/18		T 7/24		T 8/24		
Priprema tla	riper	jame	riper	jame	riper	jame	riper	jame	
Vegetacijsko razdoblje	2003-2004	+9,1 cm	+9,2 cm	+9,5 cm	+10,7 cm	+10,9 cm		+11,2 cm	
	2004-2005	+10,8 cm	+9,6 cm	+9,0 cm	+9,9 cm	+13,3 cm		+13,0 cm	
	2005-2006	+15,2 cm	+14,8 cm	+15,0 cm	+14,6 cm	+19,4 cm		+19,6 cm	
	2006-2007	+16,7 cm	+14,7 cm	+17,9 cm	+18,3 cm	+16,8 cm		+18,6 cm	
	2007-2008	+18,1 cm	+20,2 cm	+17,8 cm	+18,0 cm	+25,9 cm		+25,8 cm	
	2008-2009	+32,2 cm	+28,7 cm	+31,8 cm	+30,7 cm	+29,4 cm		+36,3 cm	
	Σ	+102,1 cm	+97,2 cm	+101,0 cm	+102,2 cm	+115,7 cm		+124,5 cm	

Najveći visinski rast u razdoblju od 2003. do 2009. godine imale su biljke iz najvećeg kontejnera (T 8/24), sađene na riperanom tlu, a najmanji biljke iz manjih kontejnera (MP 53/12), sađene u ručno iskopane jame dimenzija 40 x 40 x 40 cm.

Tijekom svih godina izmjera (2003. - 2009.), razlike u visini biljaka primorskog bora iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), posađenih na riperanoj površini, nisu se značajnije razlikovale od onih posađenih u jame. Isto vrijedi za veće kontejnere (T 7/24 i T 8/24), posađene u riperanom tlu. No, ipak je razvidno kako su najveću kumulaciju rasta u visinu imale biljke iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), zasađene u riperano tlo.

Na grafikonu 32 se vidi visinski rast biljaka primorskog bora iz različitih tipova kontejnera sađenih u tlo koje je prethodno riperano. Uočava se kako biljke iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24) imaju konstantno veći visinski rast, koji se u četvrtoj godini još više povećava.

Analizom varijance ponovljenih mjerena utvrđena je statistički značajna razlika u visinskom rastu biljaka primorskog bora na riperanom tlu s obzirom na tip kontejnera ($F = 8,671$; $p = 0,00033$). Utvrđena je također i razlika po godinama u visinskom rastu biljaka na riperanom tlu s obzirom na tip kontejnera ($F = 1,674$; $p = 0,0393$).

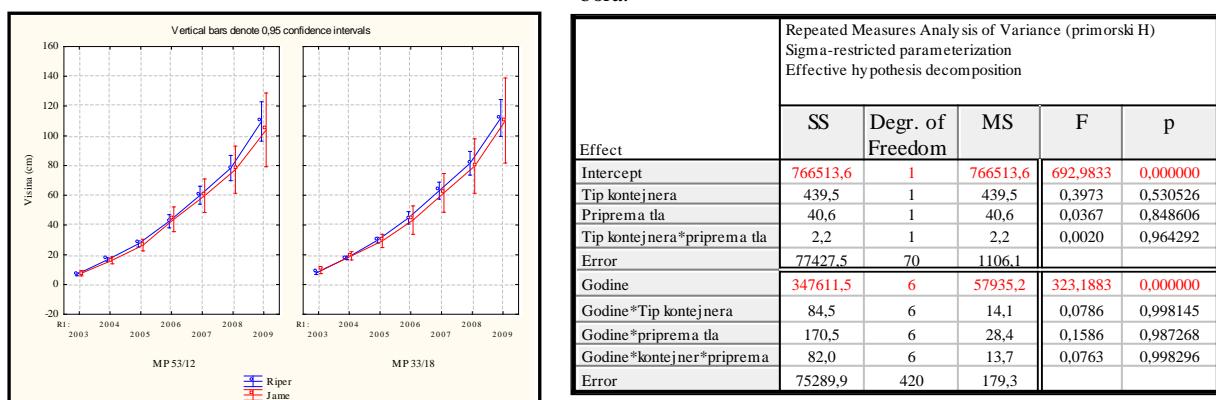


Grafikon 32. Visinski rast biljaka primorskoga bora (*Pinus pinaster* Aiton) na riperanom tlu prema razlicitim tipovima kontejnera (razdoblje od 2003. do 2009. god.).

Na riperanom tlu, na visinski rast biljaka primorskoga bora povoljnije utječu kontejneri većeg volumena (T 7/24 i T 8/24), od kontejnera manjeg volumena (MP 53/12 i MP 33/18). *Turkeyevim post hoc* testom je utvrđena statistički značajna razlika između kontejnera MP 53/12 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,00628$) i T 8/24 ($p = 0,04976$), kao i između kontejnera MP 33/18 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,003619$) i T 8/24 ($p = 0,018305$).

Što se tiče biljaka primorskog bora iz kontejnera MP 53/12 i MP 33/18, priprema tla, tip kontejnera, a i njihova interakcija, nisu imali utjecaj na visinski rast u prvom šestogodišnjem razdoblju (Grafikon 33), što je potvrdila i ANOVA ponovljenih mjerena (Tablica 42).

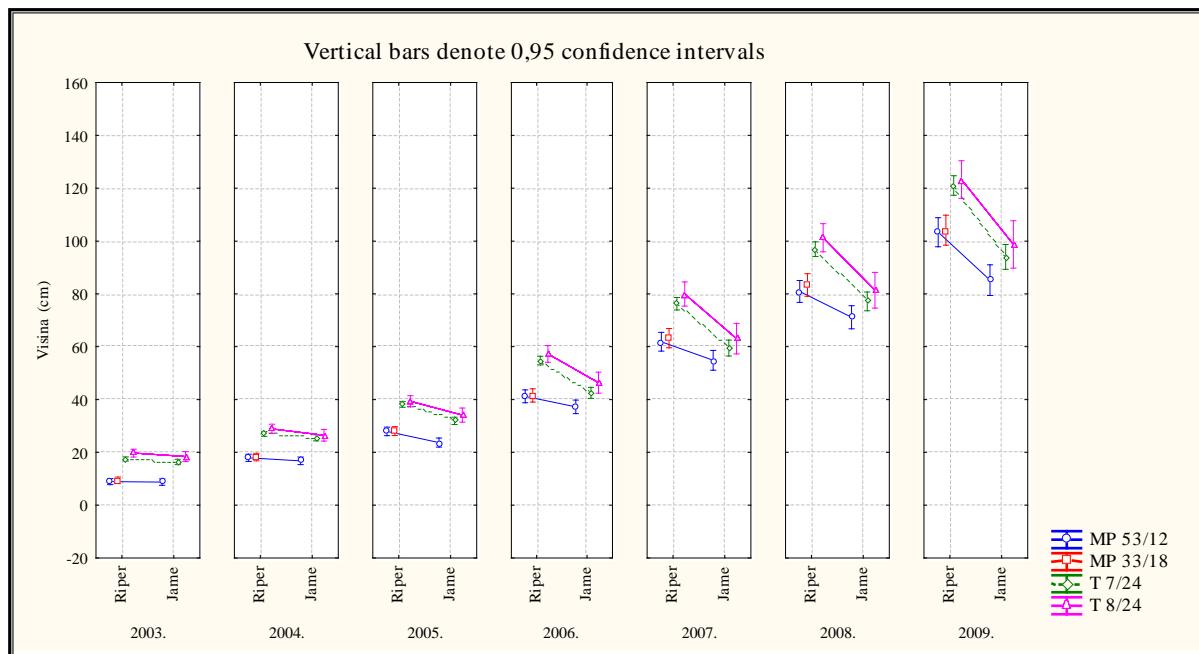
Tablica 42. Analiza varijance utjecaja tipa kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18) i pripreme tla na visinski rast stabalaca primorskog bora.



Grafikon 33. Visinski rast primorskog bora iz kontejnera MP 53/12 i MP 33/18 na pokusnom objektu (razdoblje od 2003. do 2009. godine).

5.4.4. Bor pinija (*Pinus pinea* L.)

Rezultati visinskog rasta biljaka bora pinije (*Pinus pinea* L.) prikazani su na grafikonu 34 i u tablici 43. Rezultati su prikazani za razdoblje od 2003. do 2009. godine.



Grafikon 34. Visinski rast stabalaca pinije (*Pinus pinea* L.) iz razlicitih tipova kontejnera uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla (razdoblje od 2003. do 2009. godine).

U šestoj godini, kada su obavljene zadnje izmjere na plohi, biljke pinije iz kontejnera T 7/24, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $121,05 \pm 18,06$ cm. Biljke iz kontejnera T 8/24, posađene na riperanom tlu, imale su najveću prosječnu visinu od $123,31 \pm 22,04$ cm.

Pri zadnjoj izmjeri, 2009. godine, biljke pinije iz kontejnera MP 53/12, posađene na riperanom tlu (Slika 59), imale su prosječnu visinu $103,38 \pm 19,04$ cm, a najmanje su bile biljke posađene u jame: $85,23 \pm 24,21$ cm. Biljke iz kontejnera MP 33/18, posađene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $104,16 \pm 17,82$ cm, dok biljaka posađenih u jame nije bilo.

Tablica 43. Prosječni visinski rast biljaka pinije (*Pinus pinea* L.), obzirom na tip kontejnera i pripremu tla za razdoblje od 2003. – 2009. godine.

Pinus pinea (L.)

Tip kontejnera	MP 53/12		MP 33/18		T 7/24		T 8/24	
	riper	jame	riper	jame	riper	jame	riper	jame
Vegetacijsko razdoblje	2003-2004	+9,0 cm	+8,0 cm	+8,6 cm	+9,4 cm	+7,9 cm	+9,3 cm	+9,2 cm
	2004-2005	+9,9 cm	+6,9 cm	+9,9 cm	+11,4 cm	+6,9 cm	+10,5 cm	+7,7 cm
	2005-2006	+13,4 cm	+13,5 cm	+13,6 cm	+16,6 cm	+10,7 cm	+18,5 cm	+11,9 cm
	2006-2007	+20,6 cm	+17,6 cm	+21,7 cm	+21,5 cm	+17,0 cm	+22,7 cm	+16,6 cm
	2007-2008	+19,1 cm	+16,3 cm	+20,1 cm	+20,6 cm	+17,6 cm	+21,3 cm	+14,7 cm
	2008-2009	+22,4 cm	+14,0 cm	+20,8 cm	+24,1 cm	+16,9 cm	+22,0 cm	+17,0 cm
Σ		+94,4 cm	+76,3 cm	+94,7 cm	+103,6 cm	+77,0 cm	+104,3 cm	+77,1 cm

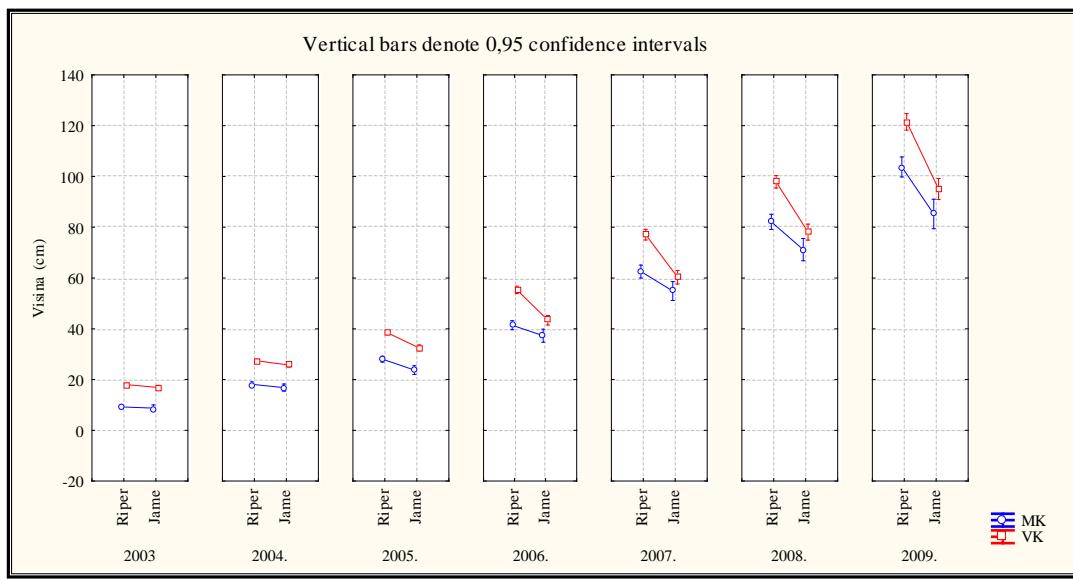
Najveći visinski rast u razdoblju od 2003. do 2009. godine, imale su biljke iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), sađene na riperanom tlu, a najmanji biljke iz kontejnera MP 53/12, sađene u ručno iskopane jame dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm.

Zapažene su i razlike u visinskom rastu biljaka pinije između pojedinih godina obzirom na tip kontejnera i pripremu tla (Tablica 43).

Općenito se može kazati kako su biljke pinije, sađene na riperanom tlu, imale veći visinski rast, odnosno da su kumulirale veću visinu od onih sađenih u jame, bez obzira na tip kontejnera ($F = 83,750$; $p < 0,000001$). Mora se napomenuti kako je veličina kontejnera, također imala utjecaj na visinski rast (Grafikon 35 i Tablica 44), što je utvrđeno analizom varijance ponovljenih mjerjenja ($F = 101,488$; $p < 0,000001$), za koju je bilo potrebno biljke iz dva tipa manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18) svrstati u skupinu biljaka iz kontejnera malog volumena (MK) i biljke iz dva tipa većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24) svrstati u skupinu biljaka iz kontejnera velikog volumena (VK).



Slika 59. Bor pinija (*Pinus pinea* L.) iz kontejnera MP 53/12, posaden na riperanom tlu, šest godina nakon sadnje. (Foto: G. Jelić)



Grafikon 35. Visinski rast stabalaca pinije (*Pinus pinea* L.) uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla prema veličini kontejnera (razdoblje od 2003. do 2009. godine).

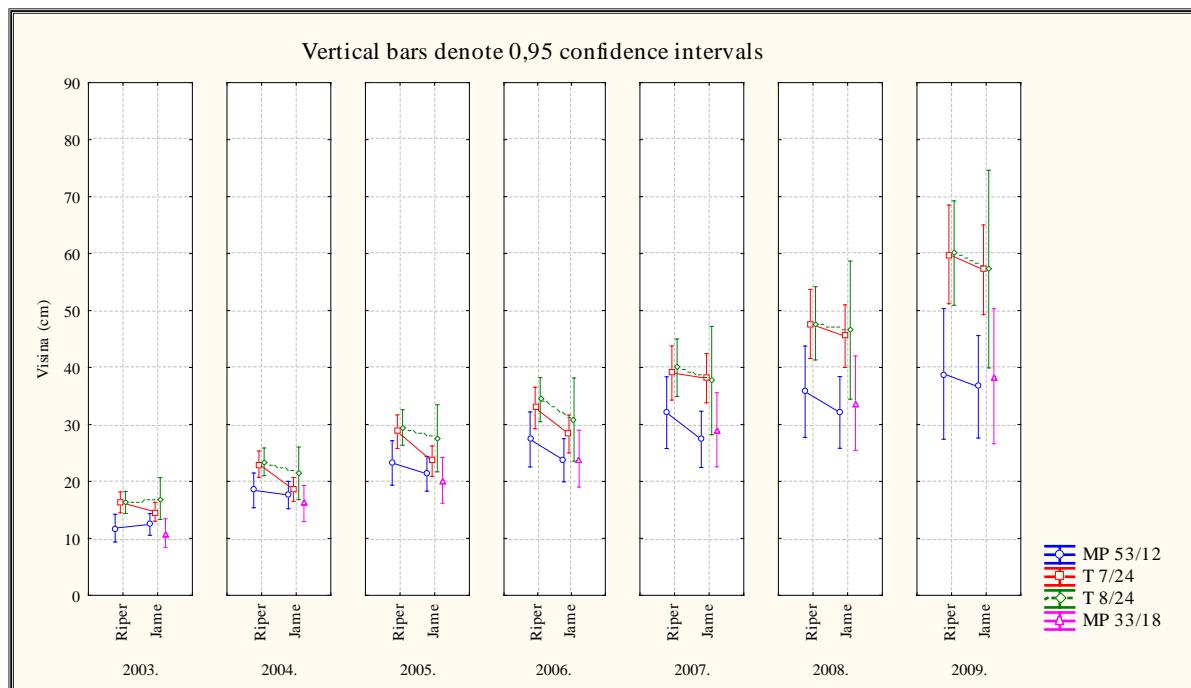
Interakcija pripreme tla i volumena kontejnera je također imala utjecaj na rast biljaka pinije u šumskoj kulturi ($F = 6,480$; $p = 0,01129$), odnosno na visinski rast pinije bolji učinak je imala priprema tla riperanjem uz primjenu kontejnera većeg volumena. Postoji razlika u visinama pinije i po godinama (Tablica 44), promatrujući volumen kontejnera ($F = 4,217$; $p = 0,000315$), pripremu tla ($F = 82,896$; $p < 0,000001$) i interakciju priprema tla \times volumen kontejnera ($F = 5,499$; $p = 0,000012$).

Tablica 44. Analiza varijance ponovljenih mjerena za utjecaj veličine kontejnera i pripreme tla na visinski rast biljaka pinije (*Pinus pinea* L.).

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance (pinija PM)				
	Sigma-restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6101503	1	6101503	9954,320	0,000000
Volumen kontejnera	62207	1	62207	101,488	0,000000
Priprema tla	51335	1	51335	83,750	0,000000
Volumen kontejnera*Priprema tla	3972	1	3972	6,480	0,011290
Error	239664	391	613		
Godine	2139432	6	356572	5716,911	0,000000
Godine*Volumen kontejnera	1578	6	263	4,217	0,000315
Godine*Priprema tla	31022	6	5170	82,896	0,000000
Godine*Volumen kontejnera*priprema tla	2058	6	343	5,499	0,000012
Error	146323	2346	62		

5.4.5. Hrast crnika (*Quercus ilex* L.)

Rezultati visinskog rasta biljaka hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) prikazani su na grafikonu 36 i u tablici 45. Rezultati su prikazani za razdoblje od 2003. do 2009. godine.



Grafikon 36. Visinski rast stabalaca hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) iz razlicitih tipova kontejnera uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla (razdoblje od 2003. do 2009. godine).

U šestoj godini, po obavljenim zadnjim izmjerama na plohi, biljke crnike iz kontejnera T 7/24, posadene na riperanom tlu (Slika 60), imale su prosječnu visinu $59,86 \pm 21,49$ cm. Biljke iz kontejnera T 8/24, posadene na riperanom tlu, imale su najveću prosječnu visinu od $60,08 \pm 21,85$ cm.

Pri zadnjoj izmjeri, 2009. godine, biljke crnike iz kontejnera MP 53/12, posadene na riperanom tlu, imale su prosječnu visinu $38,88 \pm 20,36$ cm, a najmanje su bile biljke posadene u jame s visinom $36,62 \pm 16,22$ cm. Biljke iz kontejnera MP 33/18, posadene u ručno iskopane jame, imale su prosječnu visinu $38,47 \pm 19,18$ cm, dok biljaka iz kontejnera MP 33/18, posadjenih u riper, nije bilo.

Tablica 45. Prosječni visinski rast hrasta crnike (*Quercus ilex* L.), obzirom na tip kontejnera i pripremu tla za razdoblje od 2003. – 2009. godine.

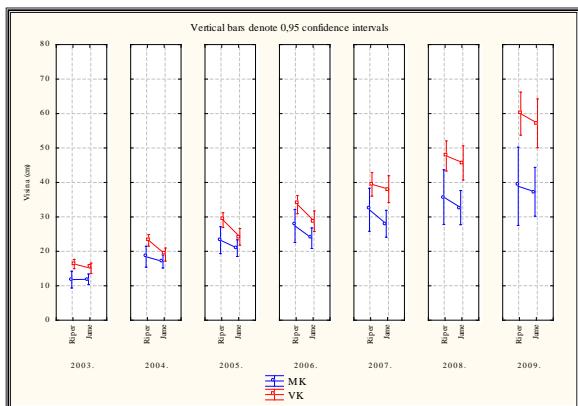
		<i>Quercus ilex</i> (L.)							
Tip kontejnera		MP 53/12		MP 33/18		T 7/24		T 8/24	
Priprema tla		riper	jame	riper	jame	riper	jame	riper	jame
Vegetacijsko razdoblje	2003-2004	+7,6 cm	+5,6 cm	+5,2 cm	+5,3 cm	+1,9 cm	+6,4 cm	+3,9 cm	
	2004-2005	+5,4 cm	+4,2 cm	+4,3 cm	+6,6 cm	+4,8 cm	+6,6 cm	+6,0 cm	
	2005-2006	+4,0 cm	+2,4 cm	+3,7 cm	+4,1 cm	+5,7 cm	+4,9 cm	+4,2 cm	
	2006-2007	+4,6 cm	+3,7 cm	+3,7 cm	+6,2 cm	+9,7 cm	+5,6 cm	+6,9 cm	
	2007-2008	+4,1 cm	+4,7 cm	+5,6 cm	+8,6 cm	+7,2 cm	+7,8 cm	+8,9 cm	
	2008-2009	+3,1 cm	+4,5 cm	+4,7 cm	+12,2 cm	+12,0 cm	+12,3 cm	+10,7 cm	
Σ		28,8 cm	25,1 cm	27,2 cm	43,0 cm	41,3 cm	43,6 cm	40,6 cm	

Najveći visinski rast su imale biljke iz najvećih kontejnera (T 8/24) sađene na riperanom tlu, a najmanji biljke iz kontejnera MP 53/12 sađene u ručno iskopane jame dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm.

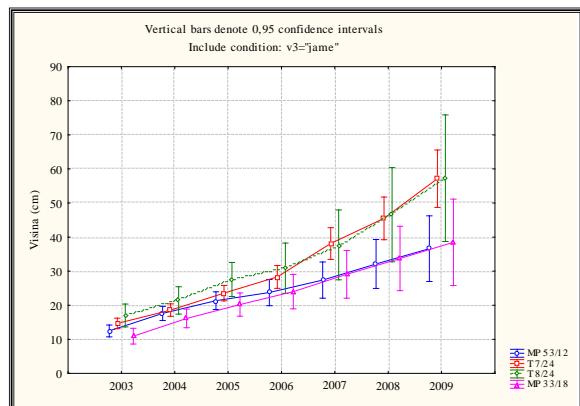
Iz tablice 45 je vidljivo kako nema velikih razlika u visinskom rastu po godinama, između biljaka iz istih kontejnera posađenih u tlo sa dvije različite pripreme. No, može se primjetiti velika razlika u visinskom rastu među biljkama iz kontejnera različitih veličina, bez obzira na pripremu tla. Biljke iz većih kontejnera kumulirale su znatno veću visinu od onih iz manjih kontejnera u prvih šest godina.

Kada se uprosječe rezultati dva manja (MP 53/12 i MP 33/18), a isto tako i dva veća kontejnera (T 7/24 i T 8/24), moguće je zaključiti kako metoda pripreme tla kod hrasta crnike (Grafikon 37) ne utječe na visinski rast (ANOVA ponovljenih mjerena: $F = 2,039$; $p = 0,155453$), ali i ovdje je razvidno kako volumen kontejnera ima značajan utjecaj na visinski rast stabalaca hrasta crnike za razdoblje od 2003. - 2009. godine (ANOVA ponovljenih mjerena: $F = 20,619$; $p = 0,000012$).

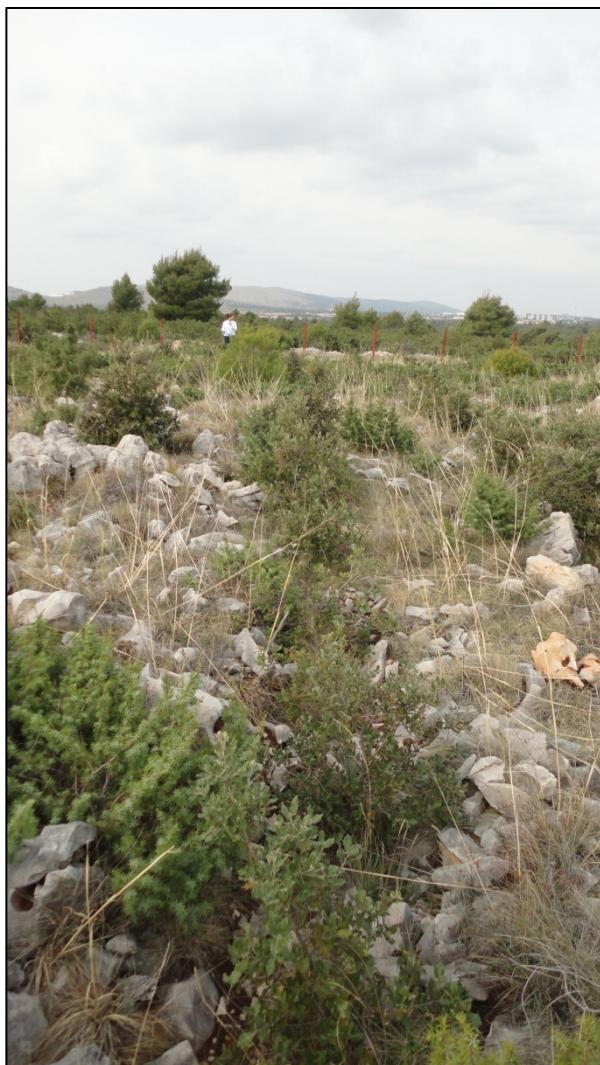
Kako bi prikazali utjecaj tipa kontejnera na visinski rast stabalaca hrasta crnike, u obzir je uzeta samo sadnja u jame (Grafikon 38), radi nedostatka biljaka iz kontejnera MP 33/18 sađenog u riper. Tu je razvidno kako veličina kontejnera ima utjecaj na visinski rast u prvih 6 godina, a analizom varijance ponovljenih mjerena je potvrđeno da postoji statistički značajna razlika između kontejnera ($F = 41,04$; $p = 0,000010$) i to, prema *Turkeyevom Post hoc* testu, između dva manja (MP 53/12 i MP 33/18) i dva veća kontejnera (T 7/24 i T 8/24).



Grafikon 37. Visinski rast uz interval pouzdanosti (95%) stabalaca hrasta crnike (2003.-2009.) u kontejnerima različite veličine prema metodi pripreme tla.



Grafikon 38. Visinski rast uz interval pouzdanosti (95%) stabalaca hrasta crnike (2003.-2009.) iz različitih tipova kontejnera posađenih u ručno kopane jame.



Slika 60. Hrast crnika (*Quercus ilex* L.) iz kontejnera T 7/24, posađen na riperanom tlu, šest godina nakon sadnje. (Foto: G. Jelić)

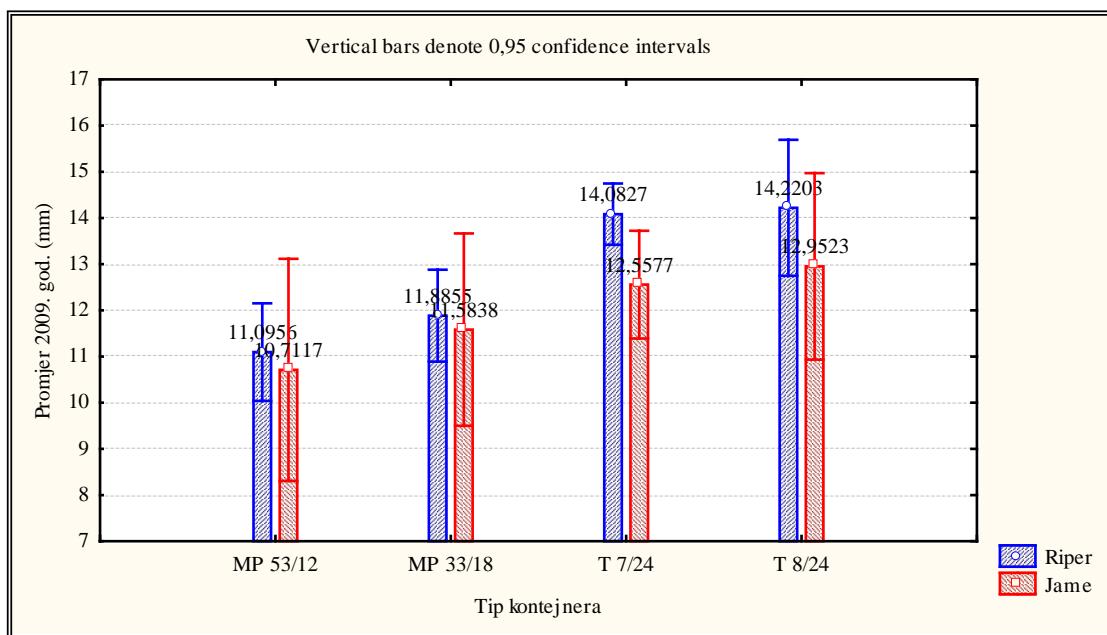
5.5. Analiza promjera biljaka u šumskoj kulturi šest godina od sadnje (2009. godine)

U ovom poglavlju su prikazani rezultati i usporedba promjera svih biljaka u eksperimentu (osim hrasta crnike), uzgajanih u različitim tipovima kontejnera i posađenih na terenu na kojem je tlo pripremljeno na dva načina: ručnim kopanjem jama dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm i riperanjem na dubini od 50 cm. Prikazani rezultati se odnose samo na zadnju godinu terenskog istraživanja, odnosno 2009. godinu.

Analiza rezultata promjera kod hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) neće biti prikazana zbog nemogućnosti izmjere promjera na visini 10 cm od tla, uslijed njegovog izrazito nepravilnog rasta - tvorbe grmolike forme, čiji izdanci se granaju tik uz površinu tla.

5.5.1. Obični čempres piramidalne forme (*Cupressuss sempervirens* var. *pyramidalis* Nymann)

Na koncu 2009. godine najveći promjer (Grafikon 39) su imale biljke običnog čempresa posadene iz kontejnera T 8/24, na riperano tlo ($14,22 \pm 3,75$ mm), a najmanji biljke posadene iz kontejnera MP 53/12, u ručno iskopane jame ($10,71 \pm 5,04$ mm).



Grafikon 39. Prosječni promjer biljaka običnog čempresa (*Cupressuss sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann) uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla prema tipu kontejnera u 2009. godini.

Prosječni promjer biljaka običnog čempresa u zadnjoj godini izmjere (2009. godine) iz kontejnera MP 53/12, posađenih na riperanoj površini, iznosio je $11,10 \pm 4,03$ mm, iz kontejnera MP 33/18 je bio $11,89 \pm 4,80$ mm, a iz kontejnera T 7/24 $14,08 \pm 3,35$ mm.

Prosječni promjer biljaka običnog čempresa, iste godine, iz kontejnera MP 33/18, posađenih u ručno iskopanim jamama, bio je $11,58 \pm 8,69$ mm, iz T 7/24 $12,56 \pm 4,64$ mm, a iz T 8/24 je iznosio $12,95 \pm 2,33$ mm.

Analizom varijance (Tablica 46) je utvrđena statistički značajna razlika u promjeru biljaka običnog čempresa u šumskoj kulturi, nakon šest godina od sadnje, s obzirom na tip kontejnera ($F = 5,052$; $p = 0,001904$).

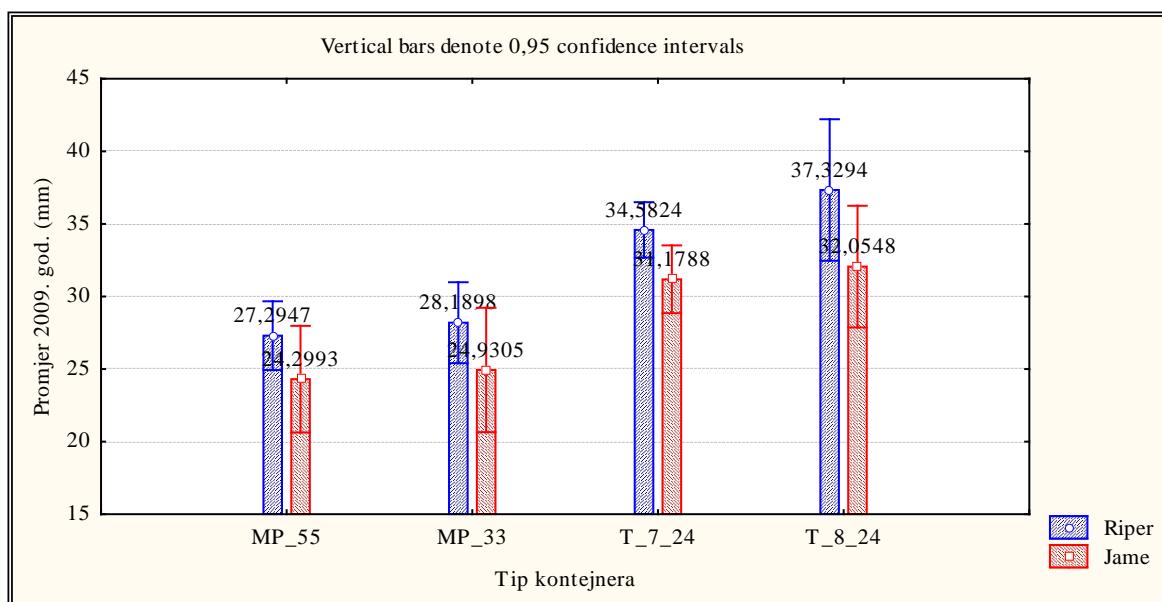
Tablica 46. Analiza varijance za utjecaj tipa kontejnera i pripreme tla na promjer biljaka običnog čempresa 2009. g.

Effect	Univariate Tests of Significance for D_09 (Čempres)				
	Sigma-restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	33596,13	1	33596,13	1872,014	0,000000
Tip kontejnera	271,99	3	90,66	5,052	0,001904
Priprema tla	41,41	1	41,41	2,307	0,129534
Tip kontejnera*priprema tla	20,73	3	6,91	0,385	0,763901
Error	7358,07	410	17,95		

Turkeyevim post hoc testom je utvrđena razlika u promjeru biljaka između kontejnera MP 53/12 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,000025$) i 8/24 ($p = 0,002441$) te između kontejnera MP 33/18 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,002977$) i T 8/24 ($p = 0,049472$).

5.5.2. Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.)

Na koncu 2009. godine najveći promjer (Grafikon 40) su imale biljke alepskoga bora posađene iz kontejnera T 8/24, na riperano tlo ($37,33 \pm 11,17$ mm), a najmanji biljke posađene iz kontejnera MP 53/12, u ručno iskopane jame ($24,30 \pm 7,46$ mm).



Grafikon 40. Prosječni promjer biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla prema tipu kontejnera u 2009. godini.

Prosječni promjer biljaka alepskoga bora u zadnjoj godini izmjere (2009. godine) iz kontejnera MP 53/12, posađenih na riperanoj površini, je iznosio $27,29 \pm 10,52$ mm, iz kontejnera MP 33/18 je bio $28,19 \pm 10$ cm, a iz kontejnera T 7/24 $34,58 \pm 10,53$ mm.

Prosječni promjer biljaka alepskoga bora, iste godine, iz kontejnera MP 33/18, posađenih u ručno iskopane jame, je bio $24,93 \pm 12,66$ mm, iz kontejnera T 7/24 $31,18 \pm 10,09$ mm, a iz kontejnera T 8/24 je iznosio $32,05 \pm 8,27$ mm.

Analizom varijance (Tablica 47) je ustanovljena statistički značajna razlika u promjeru biljaka alepskoga bora u šumskoj kulturi, nakon šest godina od sadnje, s obzirom na tip kontejnera ($F = 14,414$; $p = 0,000001$) i pripremu tla ($F = 9,014$; $p = 0,002850$).

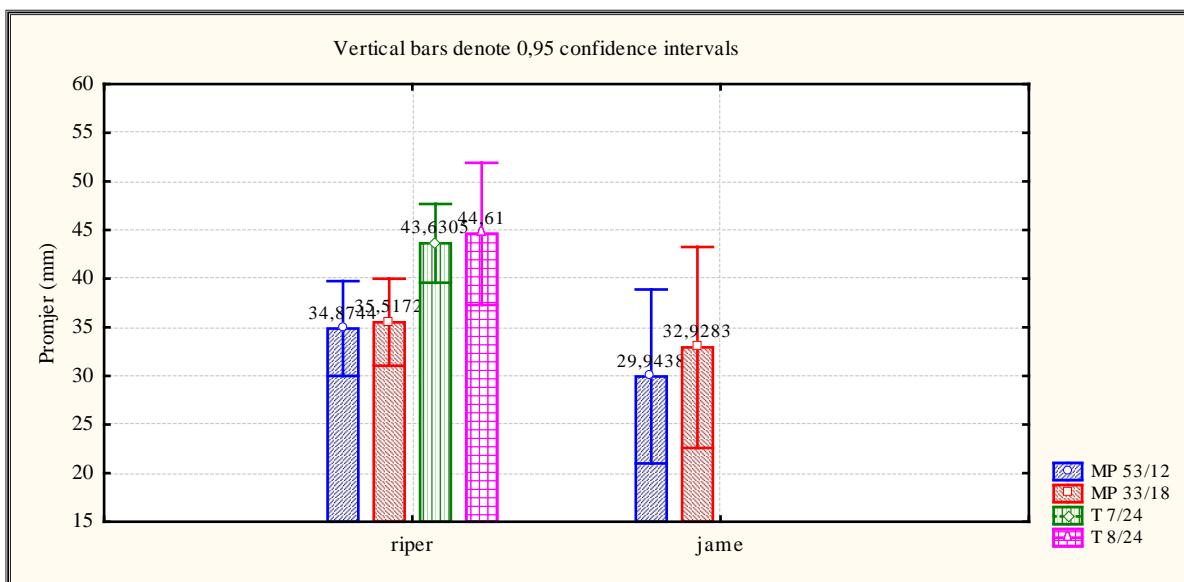
Tablica 47. Analiza varijance za utjecaj tipa kontejnera i pripreme tla na promjer biljaka alepskoga bora 2009. godine

Effect	Univariate Tests of Significance for D_09 (Alepski)				
	Sigma-restricted parameterization				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	243028,9	1	243028,9	2325,704	0,000000
Tip kontejnera	4518,6	3	1506,2	14,414	0,000000
Priprema tla	942,0	1	942,0	9,014	0,002850
Tip kontejnera*priprema tla	37,5	3	12,5	0,120	0,948613
Error	41067,3	393	104,5		

Turkeyevim post hoc testom je utvrđena razlika u promjeru biljaka između kontejnera MP 53/12 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,000008$) i T 8/24 ($p = 0,000214$) te između kontejnera MP 33/18 i kontejnera T 7/24 ($p = 0,000122$) i T 8/24 ($p = 0,002386$).

5.5.3. Primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton)

Na koncu 2009. godine najveći promjer (Grafikon 41) su imale biljke primorskog bora posađene iz kontejnera T 8/24, na riperano tlo ($44,61 \pm 9,42$ mm), a najmanji biljke posađene iz kontejnera MP 53/12, u ručno iskopane jame ($29,94 \pm 9,08$ mm).



Grafikon 41. Prosječni promjer biljaka primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla prema tipu kontejnera u 2009. godini.

Prosječni promjer biljaka primorskog bora u zadnjoj godini izmjere (2009. godine) iz kontejnera MP 53/12, posadenih na riperanoj površini, je iznosio $34,87 \pm 13,30$ mm, iz kontejnera MP 33/18 je bio $35,52 \pm 14,01$ mm, a iz kontejnera T 7/24 $43,63 \pm 13,20$ mm.

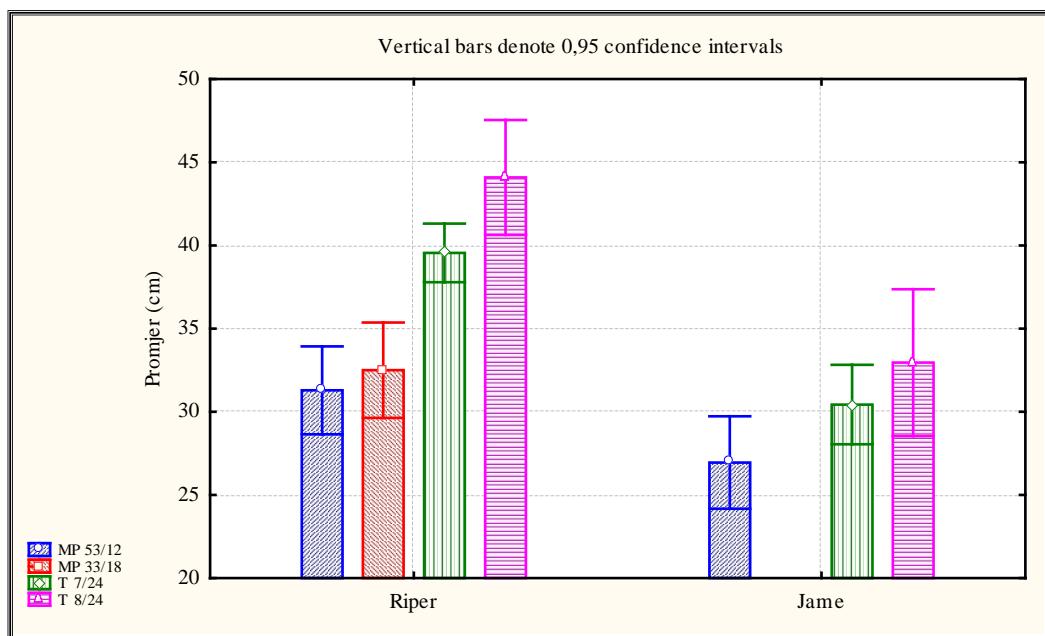
Prosječni promjer biljaka alepskoga bora, iste godine, iz kontejnera MP 33/18, posađenih u ručno iskopanim jamama, iznosio je $32,92 \pm 9,11$ mm.

Promatrajući samo blokove u kojima su biljke primorskog bora sađene u riper, vidljiva je razlika u promjeru biljaka s obzirom na tip kontejnera. Rezultat analize varijance je pokazao da biljke iz dva manja kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18) imaju statistički značajno manje promjere ($F = 3,9743$; $p = 0,009971$), nego biljke iz dva veća kontejnera (T 7/24 i T 8/24).

Nije bilo utjecaja pripreme tla na promjere biljaka primorskog bora koji su sađeni u manjim kontejnerima MP 53/12 i 33/18 ($F = 6,066$; $p = 0,132788$).

5.5.4. Bor pinija (*Pinus pinea* L.)

Na koncu 2009. godine najveći promjer (Grafikon 42) imale su biljke pinije posađene iz kontejnera T 8/24, na riperano tlo ($44,09 \pm 11,92$ mm), a najmanji biljke posađene iz kontejnera MP 53/12, u ručno iskopane jame ($26,95 \pm 13,89$ mm).

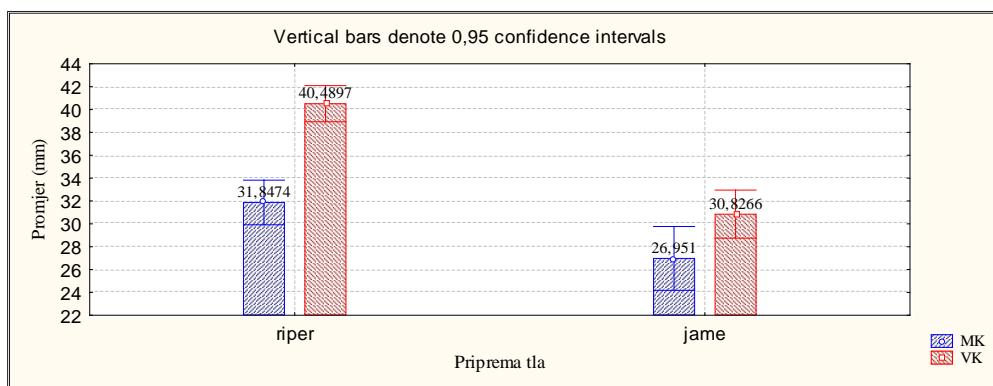


Grafikon 42. Prosječni promjer stabalaca pinije (*Pinus pinea* L.) uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla prema tipu kontejnera u 2009. godini.

Prosječni promjer biljaka pinije u zadnjoj godini izmjere (2009. godine) iz kontejnera MP 53/12, posađenih na riperanoj površini, je iznosio $31,29 \pm 8,66$ mm, iz kontejnera MP 33/18 je bio $32,50 \pm 6,37$ mm, a iz kontejnera T 7/24 $40,49 \pm 10,30$ mm.

Prosječni promjer biljaka pinije, iste godine, iz kontejnera T 7/24, posađenih u ručno iskopanim jamama, bio je $30,44 \pm 7,62$ mm, a iz kontejnera T 8/24 $32,96 \pm 10,37$ mm.

Promatrajući samo blokove u kojima su biljke primorskog bora sađene u riper, razvidno je postojanje razlike (ANOVA) u promjeru biljaka s obzirom na tip kontejnera (Grafikon 42). Rezultat istraživanja je pokazao da biljke iz dva manja kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18) imaju statistički značajno manje promjere ($F = 3,9743$; $p = 0,009971$), nego biljke iz dva veća kontejnera (T 7/24 i T 8/24).



Grafikon 43. Prosječni promjer stabalaca pinije (*Pinus pinea* L.) uz interval pouzdanosti od 95% s obzirom na pripremu tla prema veličini kontejnera u 2009. godini.

Tablica 48. Analiza varijance utjecaja volumena kontejnera i pripreme tla na prosječni promjer stabalaca pinije (*Pinus pinea* L.) 2009. godine

Effect	Univariate Tests of Significance for D_09 (pinija) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
	342233,3	1	342233,3	3529,036	0,000000
Intercept	342233,3	1	342233,3	3529,036	0,000000
Volumen kontejnera	3167,6	1	3167,6	32,663	0,000000
Priprema tla	4285,1	1	4285,1	44,187	0,000000
Volumen kont.*Priprema tla	459,3	1	459,3	4,736	0,030152
Error	36560,1	377	97,0		

Uzevši prosjek promjera (Grafikon 43) stabalaca sađenih iz dva manja kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18 = MK) te prosjek promjera stabalaca iz dva veća kontejnera (T 7/24 i T 8/24 = VK), analizom varijance (Tablica 48) je utvrđeno kako postoji značajna razlika u prosječnom promjeru stabalaca pinije u šumskoj kulturi, nakon šest godina od sadnje, i to u odnosu na volumen kontejnera ($F = 32,663$; $p = 0,00000$), pripremu tla ($F = 44,187$; $p = 0,00000$) i njihovu interakciju ($F = 4,736$; $p = 0,0302$).

6. RASPRAVA

6.1. Utjecaj kontejnera na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica i rast korijenovog sustava

Veličina kontejnera podrazumijeva volumen, koji je određen dubinom (visinom) i promjerom. Veličina kontejnera značajno utječe na morfologiju, a posljedično i na kvalitetu sadnica. Veći kontejneri pružaju više vode i hranjivih tvari na raspolaganje biljkama te više prostora za pravilan razvoj korijenovog sustava, što je osobito važno za vrste s jakim korijenovim sustavom (Topić i sur., 2006.). U ovom istraživanju, veći kontejneri (T 7/24 i T 8/24) proizvode veće sadnice svih vrsta drveća obuhvaćenih istraživanjem. Slične zaključke su iznijeli brojni autori koji su se bavili ovom problematikom: Endean i Carlson, 1975.; Carlson i Endean, 1976.; Tinus i McDonald, 1979.; Day i Sutherland, 1986.; Romero, 1986.; Hanson i sur., 1987.; O'Reilly i sur., 1994.; Cogliastro i sur., 1995.; Paterson, 1996.; Dominguez - Lerena i sur., 1997.; Aphalo i Rikkala, 2003.; South i sur., 2004.; Dominguez-Lerena i sur., 2006.; Topić i sur., 2006.;, Topić i sur., 2009.

Sadnice svih vrsta drveća, obuhvaćene istraživanjem, proizvedene u četiri tipa kontejnera, bile su zdrave. Sadnice svih vrsta drveća, proizvedene u kontejnerima manjeg volumena (MP 53/12 i MP 33/18), pokazivale su znakove spiralnog rasta postranog žilja, a kod hrasta crnike i povratni rast žile srčanice te postranih korjenčića.

Manje kontejnere, korištene u pokusu, pogotovo one od 120 cm^3 (MP 53/12 – "Bosnaplast 12"), zbog zastarjelosti koja se očituje u nedostatku modernih tehničkih rješenja (npr. antispiralna rebra koja sprečavaju deformacije korijenovog sustava), trebalo bi postupno napustiti u rasadničarskoj proizvodnji hrvatskoga šumarstva. Osim vrlo očitih deformacija korijena sadnica iz kontejnera MP 53/12, te nešto manje izraženih deformacija korijena sadnica iz kontejnera MP 33/18, sadnice iz navedenih kontejnera pokazale su slabije rezultate preživljivanja te rasta i razvoja kod svih istraživanih vrsta drveća u pokusu, pa ovi kontejneri nisu preporučljivi za proizvodnju jednogodišnjih sadnica vrsta koje se koriste za pošumljavanje u teškim edafskim i klimatskim uvjetima kakvi vladaju na sredozemnom području. PVC vrećice (T 7/24 i T 8/24) daju razvijenije i kvalitetnije sadnice u odnosu na

manje kontejnere, no zabrinjava slaba proraslost busena korijenom kod jednogodišnjih sadnica. Kod njih se vrlo često događa da se supstrat oko korijenovog sustava raspade prilikom vađenja sadnice, tako da nam u ruci praktički ostane sadnica golog korijena, pa ih je preporučljivo izbjegavati za uzgoj jednogodišnjih sadnica. Ipak, Topić i sur. (2006., 2006.a, 2009.) preporučuju uzgoj sadnica sredozemnih vrsta drveća u PVC tuljcima duži od jedne i pol vegetacije. Ujedno, loša je strana uzgajanja sadnica u PVC vrećicama i neekonomičnost tj. nemogućnost primjene ikakve mehanizacije prilikom njihova punjenja supstratom.

Nisu sve biljke ni dosegle odgovarajuće dimenzije za sadnju. Prema propisima Europske unije (Council Directive 1999/105/EC, 1999.), jednogodišnje sadnice hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) su pogodne za sadnju onda kada je njihova visina između 8 i 30 cm, a promjer korijenovog vrata veći od 2 mm. Iz rezultata istraživanja (Grafikoni 10 i 11) proizlazi kako, prema EU propisima, hrast crnika zadovoljava uvjete za sadnju, no deformacije korijena sadnica u manjim kontejnerima (Slike 53 i 54) su toliko očite da se ne preporuča upotrebljavati ih kao sadni materijal, što je kasnije potvrđeno pokusom u šumskoj kulturi. Za piniju (*Pinus pinea* L.), prema EU propisima, visina jednogodišnje sadnice mora biti između 10 i 30 cm, a promjer vrata korijena veći od 3 mm, tako da sadnice iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18; grafikoni 8 i 9) nisu ispunile uvjet za sadnju, s aspekta europskih propisa.

Sadnice primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) iz najmanjih kontejnera (MP 53/12; grafikon 7) također ne ispunjavaju uvjete za sadnju, jer je promjer vrata korijena tih sadnica manji od minimalnih europskih standarda koji propisuju 2 mm. Jednogodišnje sadnice alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.), uzgajane u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18, također ne ispunjavaju europske standarde za sadnju (PVK je manji od 2 mm; grafikon 5). Za obični čempres piramidalne forme (*Cupressuss sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann), od strane EU nisu propisane dimenzije koje uvjetuju sadnju.

Prema rezultatima naših istraživanja, očito je da veličina kontejnera određuje veličinu sadnice, preciznije, veličina kontejnera utječe na dimenzije gotovo svih istraživanih morfoloških elemenata podzemnog (korijena) i nadzemnog dijela sadnice, kod svih vrsta drveća u pokusu.

Istraživanja morfoloških elemenata sadnica običnog čempresa piramidalne forme (*Cupressuss sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann), bora pinije (*Pinus pinea* L.), hrasta crnike (*Quercus ilex* L.), alepskoga (*Pinus halepensis* Mill.) i primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton), uzgajanih u kontejnerima većeg volumena (kontejneri T 7/24 i T 8/24), pokazala su

znatno veće vrijednosti visine stabljike, promjera vrata korijena, gotovo svih morfoloških elemenata korijena, biomase i Dicksonovog kvalitativnog indeksa, u odnosu na kontejnere manjeg volumena (MP 53/12 i MP 33/18). Iz rezultata je vidljivo da vrijednosti morfoloških parametara rastu s veličinom kontejnera.

Apsolutno sve vrste u pokusu, uzgajane u kontejnerima T 7/24 i T 8/24 su, statistički značajno (ANOVA i *Turkey post hoc*), imale veće vrijednosti prosječne visine sadnica i promjera vrata korijena u odnosu na one uzgajane u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18, osim kod primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton), dok se rezultati manjih (MP 53/12 i MP 33/18), a i većih (T 7/24 i T 8/24) kontejnera nisu međusobno statistički značajno razlikovali, pa se naoko može ustanoviti kako je gotovo svejedno uzgajamo li promatrane biljke jednu godinu u kontejneru volumena 120 cm^3 ili 220 cm^3 . Međutim, valja uzeti u obzir kako u najmanjim kontejnerima (120 cm^3) unutar jedne godine dolazi do ozbiljnih deformacija korijena kod svih vrsta u pokusu.

Kod primorskog bora je očito kako veličina kontejnera utječe na visinu sadnica, no ona je, prema analizi varijance, statistički značajna samo između kontejnera najmanjeg (120 cm^3 – MP 53/12) i najvećeg volumena (1024 cm^3 - T 8/24). Zanimljivo je, također, primjetiti da se promjer vrata korijena sadnica, prema ANOVA – e, nije statistički značajno razlikovao niti kod jednog od kontejnera, iako se i tu uočavaju razlike između sadnica iz manjih i većih kontejnera, budući povećanjem volumena kontejnera raste i vrijednost promjera vrata korijena. Razlog ovome može biti velika varijabilnost u vrijednostima morfoloških elemenata sadnica primorskoga bora u rasadniku.

Analizirajući korijenske sustave jednogodišnjih sadnica običnog čempresa piramidalne forme (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann), alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.), pinije (*Pinus pinea* L.) i hrasta crnike (*Quercus ilex* L.), uočeno je da su svi izmjereni elementi korijena sadnica iz manjih kontejnera, statistički značajno, manji od onih iz većih kontejnera. To je najuočljivije na primjeru hrasta crnike.

Kod hrasta crnike je utvrđeno kako kod sadnica iz dva manja kontejnera (120 i 220 cm^3) gotovo i nema razlike u ukupnoj duljini korijena, broju vrhova korijena i površini plašta, tek je volumen korijena nešto veći kod sadnica iz kontejnera volumena 220 cm^3 (MP 33/18), što bi se moglo pripisati većoj dubini tog tipa kontejnera. Prema Pémanu i sur. (2006.), dubina kontejnera uvjetuje duljinu žile srčanice sadnica hrasta crnike, a najveći udio volumena korijena otpada upravo na žilu srčanicu. Naime, poznato je kako hrast crnika razvija korijen

jednostavne arhitekture, izražene jake žile srčanice, koja dominira svojom debljinom i duljinom, sa brojnim i vrlo tankim postranim žiljem, koje može biti i veoma siromašno (Topić i sur., 2006.), a što je vidljivo i iz ovih istraživanja. Slično je, ali za hrast lužnjak, zaključio i Ocvirek (1997.). Chirino i sur. (2008.), kod sadnica hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.), također utvrđuju znatno veće volumene korijena, uzgajajući sadnice u kontejnerima veće dubine.

Sadnice većeg volumena korijena imaju veći unos vode i hranjiva od sadnica manjeg volumena korijena, te je on jedan od ključnih faktora u izbjegavanju stresa u ranoj fazi nakon presadnje na teren, pogotovo tijekom ljetnog sušnog perioda (Tsakaldimi i sur., 2005.). Prema tome, slobodno se može zaključiti kako je volumen korijena, barem što se morfološkog aspekta tiče, odličan pokazatelj kvalitete sadnica.

Površina plašta korijena sadnica predstavlja apsorptivnu površinu, kojom korijen iz tla izvlači vodu i mineralne tvari u njoj. Prema tome, veća površina plašta predstavlja i veću apsorptivnu sposobnost korijena te, poslijedično, kvalitetniju sadnicu. Kod svih istraživanih vrsta drveća dobivena je statistički značajna razlika u površini plašta korijena sadnica obzirom na veličinu kontejera. Razlike u površini plašta korijena gotovo i nije bilo između sadnica uzgajanih u manjim kontejnerima (MP 53/12 i MP 33/18), isto tako nije bilo statistički značajne razlike između sadnica iz većih kontejnera, ali je ona, statistički promatrano, značajno išla u prilog sadnicama iz kontejnera većeg volumena. Kod primorskog bora, površina plašta korijena se statistički razlikuje samo između sadnica iz kontejnera MP 53/12 i T 8/24, ali, bez obzira na statističku analizu (ANOVA), vidljivo je da površina plašta korijena kod sadnica primorskoga bora raste s povećanjem veličine kontejnera.

Neki autori, kao primjerice Harris (1992.), prepostavljaju da je ukupna duljina korijena u odnosu na površinu plašta bolji pokazatelj apsorpcijskih sposobnosti korijena. Objašnjenje spomenuti autor nalazi u sporom kretanju vode u tlu, te je kao takva dostupna i sitnom korijenju, koje je u tom slučaju jednako učinkovito kao i veliko, u apsorpciji vode i nutrijenata iz tla. Inače, sitno korijenje (korijenje manje od 0,5 mm), čini glavninu u ukupnoj duljini korijenja (86 – 90 % ukupne duljine korijena; podaci nisu prikazani u disertaciji), kod sadnica iz svih tipova kontejnera, kod svih vrsta drveća u pokusu. Nadalje, naprijed navedeni autor, tvrdi kako, povrh toga, sitne dlačice korijena zajedno sa mikoriznim korijenjem znatno povećavaju apsorpciju vlage iz gotovo kod svih vrsta drveća.

Veličina kontejnera je značajno utjecala na prosječnu ukupnu duljinu korijena sadnica svih vrsta drveća obuhvaćenih istraživanjem. Slične rezultate, ali samo za piniju (*Pinus pinea* L.), dobili su Topić i sur. (2009.).

Da se u većim kontejnerima proizvode sadnice sa znatno bogatijim (gušćim) žiljem, dokazuje činjenica trostruko, pa čak i četverostruko, većeg broja vrhova korijena (TIP) u odnosu na sadnice iz manjih kontejnera (u ovom slučaju MP 53/12 i MP 33/18), kod sadnica svih vrsta drveća uzetih u ispitivanje. Elementi korijena sadnica iz većih kontejnera (kontejnera T 7/24 i T 8/24) se međusobno gotovo ne razlikuju, kao i elementi korijena sadnica iz manjih kontejnera (kontejnera MP 53/12 i MP 33/18).

Sadnice svih vrsta drveća proizvedene u kontejnerima većeg volumena su u samo jednoj godini više nego dvostruko akumulirale masu nadzemnog dijela, masu korijena, a time i ukupnu biomasu, u odnosu na one proizvedene u kontejnerima manjeg volumena, što je više nego dobar pokazatelj utjecaja veličine kontejnera na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica. Slične rezultate za piniju (*Pinus pinea* L.) objavljaju Dominguez - Lerena i sur. (2006.), napominjući kako su sadnice iz većih kontejnera imale znatno veću asimilaciju N, P, K, od sadnica iz manjih kontejnera. Stoga je obrazloženje razlika u veličini sadnica moguće tražiti u toj činjenici.

Odnos mase nadzemna / podzemna (S / K) je morfološko svojstvo, koje se većinom koristi za procjenu kvalitete sadnica golog korijena, a nešto manje za sadnice obloženog korijena (kontejnerske sadnice). Temelj za uporabu ovog svojstva proizlazi iz perspektive vodnog balansa: "*Određena količina lišća koja ima funkciju transpiracije treba određenu količinu korijena koja može apsobirati vodu iz tla kako bi nadoknadila transpiracijske gubitke*" (Bernier i sur., 1995). Isti autori navode kako niska vrijednost odnosa S / K znači obilniji korijen u odnosu na lisnu površinu, pa stoga sadnica ima vrlo visoki potencijal izbjegavanja vodnog stresa. Slijedom naveenog, visoka vrijednost odnosa S / K sugerira da korijen nije obilan te da bi sadnica mogla biti ugrožena vodnim stresom nakon sadnje na terenu, posebno u područjima sa deficitom vode u vegetacijskom razdoblju, kao što je sredozemno područje.

Villar - Salvador i sur. (2008.) tvrde kako biljka ima tendenciju povećavanja usporedo s povećanjem volumena kontejnera, bez velikih utjecaja na odnos mase stabljike i korijenovog sustava (shoot / root ratio).

Veličina kontejnera niti kod ovih istraživanja nije imala nikakav utjecaj na odnos mase nadzemnog i podzemnog dijela sadnice kod svih istraživanih vrsta, osim kod hrasta crnike, i to u kontejneru MP 53/12, gdje je S / K bio statistički značajno viši (manje uravnotežen) nego u sadnica iz ostalih tipova kontejnera. To se može pripisati ograničenom prostoru kontejnera (120 cm^3), koji remeti ravnotežu odnosa S / K, vjerojatno uslijed jačih deformacija korijena, budući se deformacijom korijena inhibira, kako razvoj korijena, tako i razvoj nadzemnog dijela. Naime, istraživanja Topića i sur. (2006.) pokazala su da uzgajanje sadnica crnike u kontejneru MP 53/12 (Bosnaplast 12) mora biti kraće od jedne vegetacije, zbog jakih deformacija korijena.

Konačno, utjecaj veličine i dubine kontejnera na kvalitetu sadnice moguće je prikazati Dicksonovim kvalitativnim indeksom, koji je vrlo dobar pokazatelj kvalitete sadnica u rasadniku, jer služi kao procjena morfoloških pokazatelja (visina, promjer i biomasa), koji su međusobno u vrlo zamršenim odnosima (Thompson, 1985.). Rezultati istraživanja su pokazali da je kvaliteta (prema DQI) statistički značajno veća kod sadnica koje su proizvedene u većim kontejnerima (923 i 1024 cm^3), te je na taj način ponovno utvrđen evidentni utjecaj veličine kontejnera na kvalitetu sadnice.

Dominguez - Lerena i sur. (1997.) su, uspoređujući dimenzije morfoloških elemenata (visina, promjer vrata korijena, masa suhe tvari nadzemnog dijela sadnice, masa suhe tvari korijena, odnos mase S / K) jednogodišnjih sadnica alepskoga bora, bora pinije i hrasta crnike, iz kontejnera različitih volumena (od 130 do 400 cm^3), utvrdili rezultate vrlo slične onima dobivenim u ovom istraživanju, s tim da su njihovi rezultati iz kontejnera 350 i 400 cm^3 približno odgovarali rezultatima morfoloških vrijednosti sadnica iz većih kontejnera (923 i 1024 cm^3) u ovom istraživanju. Primjerice, njihove sadnice alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) iz kontejnera volumena 400 cm^3 , imale su promjer korijenovog vrata $2,85\text{ mm}$ (rezultati ovog istraživanja: $2,90\text{ mm}$), masu suhe tvari nadzemnog dijela $1,600\text{ g}$ (rezultati ovog istraživanja: $923\text{ cm}^3 - 1,814\text{ g}$, $1024\text{ cm}^3 - 1,976\text{ g}$), masu suhe tvari korijena $0,948\text{ g}$ (rezultati ovog istraživanja: $923\text{ cm}^3 - 0,749\text{ g}$, $1024\text{ cm}^3 - 0,782\text{ g}$), omjer mase S / K bio je nešto manji – $1,99\text{ g/g}$, a samim tim i povoljniji (rezultati ovog istraživanja: $923\text{ cm}^3 - 2,49\text{ g/g}$; $1024\text{ cm}^3 - 2,44\text{ g/g}$). Također, i sadnice iz kontejnera volumena 130 cm^3 bile su po dimenzijama morfoloških elemenata dosta slične onima iz kontejnera MP 53/12 (120 cm^3), korištenog u ovom istraživanju. Visina sadnice alepskoga bora kod tako malog kontejnera bila je $8,4\text{ cm}$ (rezultati ovog istraživanja: $10,53\text{ cm}$), promjer vrata korijena $1,90\text{ mm}$ (rezultati

ovog istraživanja: 1,84 mm), masa suhe tvari nadzemnog dijela bila je nešto niža - 0,49 g (rezultati ovog istraživanja: 0,711g), masa suhe tvari korijena 0,340 g (rezultati ovog istraživanja: 0,377 g), omjer mase S/K 1,49 g/g (rezultati ovog istraživanja,: 1,99 g/g). Kontejneri volumena 200 cm³ koji odgovaraju kontejneru MP 33/18 (220 cm³), dali su slijedeće rezultate: visina sadnice – 10,6 cm (rezultati ovog istraživanja: 11,51 cm), promjer vrata korijena – 2,04 mm (rezultati ovog istraživanja: 1,96 mm), masa suhe tvari nadzemnog dijela sadnice – 0,891 g (rezultati ovog istraživanja: 0,821 g), masa suhe tvari korijena – 0,496 g (rezultati ovog istraživanja: 0,392 g), odnos mase S/K – 1,87 g/g (rezultati ovog istraživanja: 2,33 g/g).

Kod jednogodišnjih sadnica pinije (*Pinus pinea* L.), Dominguez - Lerena i sur. (1997.) su, prema veličini kontejnera, dobili slijedeće rezultate: u kontejneru volumena 400 cm³, visina sadnice bila je 21,3 cm (kontejneri korišteni kod ovog istraživanja od 923 i 1024 cm³: 20,33 i 21,39 cm), promjer vrata korijena 3,83 mm (ovo istraživanje: 3,06 i 3,20 mm), masa suhe tvari nadzemnog dijela sadnice – 2,81 g (ovo istraživanje: 2,15 i 2,23 g), masa suhe tvari korijena – 1,18 g (ovo istraživanje: 0,92 i 1,03 g), odnos mase S / K – 2,46 g/g (ovo istraživanje 2,27 i 2,06 g/g).

Morfološke karakteristike hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) iz kontejnera volumena 400 cm³ i dubine 19 cm uspoređeni su sa Tuljcima 7/24 (923 cm³; dubina 24 cm) i 8/24 (1024 cm³; dubina 24 cm): visina nadzemnog dijela jednogodišnje sadnice - 16,7 cm (rezultati ovog istraživanja: 18,56 i 19,19 cm), promjer vrata korijena - 3,13 mm (rezultati ovog istraživanja: 4,71 i 4,46 mm), masa suhe tvari nadzemnog dijela – 1,83 g (rezultati ovog istraživanja: 1,93 i 1,98 g), masa suhe tvari korijena – 2,11 g (rezultati ovog istraživanja: 1,15 i 1,16 g), odnos mase S / K – 0,93 (rezultati ovog istraživanja: 1,69 i 1,71 g).

Uspoređujući jednogodišnje sadnice hrasta crnike iz većih kontejnera (923 i 1024 cm³) sa kontejnerima manjeg volumena, koje su koristili Dominguez - Lerena i sur. (1997.), čija granična vrijednost volumena ne bi trebala biti ispod 400 cm³ i dubina ne manja od 19 cm, dobiveni su vrlo slični rezultati morfoloških elemenata. Nažalost, analiza morfoloških elemenata korijena iz takvih kontejnera ne postoji, a ona bi dobro došla za kompletiju usporedbu i analizu.

Chirino i sur. (2009.) prezentiraju polietilenski kontejner volumena 589 cm³ i dubine 30 cm, kao idealan kontejner za proizvodnju jednogodišnjih sadnica hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.), što ide u prilog dosadašnjim istraživanjima.

Ova saznanja bi trebala usmjeriti šumarske stručnjake i znanstvenike, koji se bave rasadničkim aspektom šumarstva, na kvalitetniji pristup u pronalaženju kontejnera prihvatljivog kako sa stručnog, tako i sa ekonomskog stajališta, za proizvodnju kvalitetnih sadnica, bez kojih ne treba računati na kvalitetno pošumljavanje sredozemnog krškog područja.

6.2. Utjecaj kontejnera i pripreme tla na preživljenje biljaka u šumskoj kulturi

Samo je nekoliko studija koristilo postupke u rasadniku i postupke u šumskoj kulturi u istom dizajnu eksperimenta, za objašnjenje preživljenja i rasta biljaka (South i sur., 2001.).

Temeljem rezultata utvrđeno je kako veličina kontejnera i priprema tla mogu značajno utjecati na preživljenje svih sredozemnih vrsta istraživanih u eksperimentu.

U prilog tvrdnji kako je u pošumljavanju krškog sredozemnog područja potrebno što više koristiti piniju (*Pinus pinea L.*), idu rezultati analize preživljenja te vrste. Pinija je pokazala najmanji mortalitet (12,44 %) u prvih šest godina, u odnosu na ostale vrste četinjača u pokusu, doduše, kod sadnje u riperanom tlu, sadnicama proizvedenim u većim kontejnerima (T 7/24 i T 8/24).

Iz rezultata je razvidno dvostruko veće preživljenje na tlu koje je prethodno pripremljeno riperom, u odnosu na nepripremljeno tlo na kojem su biljke sađene u ručno kopane jame $40 \times 40 \times 40$ cm, bez obzira na veličinu kontejnera (Grafikoni 23, 24 i 25).

Radi statističke potvrde ovog rezultata, primijenjen je model logističke regresije, koji se u modernom šumarstvu koristi kako bi se analizirao mortalitet biljaka. U model logističke regresije uvrštene su tri varijable: početna visina biljaka nakon sadnje, priprema tla i volumen kontejnera, te interakcija - priprema tla \times volumen kontejnera.

Priprema tla je varijabla koja ima najveći utjecaj na preživljenje stabalaca pinije (*Pinus pinea L.*), šest godina nakon sadnje ($\exp(\beta) = 3,4591$; $p < 0,0001$). Početna visina (visina 2003. godine) i volumen kontejnera samostalno nisu imali utjecaj na preživljenje stabalaca pinije, ali je volumen kontejnera u interakciji sa pripremom tla bio statistički vrlo značajan kod preživljenja ($\exp(\beta) = 3,0710$; $p = 0,0024$). Model logističke regresije pokazuje kako jednogodišnje sadnice pinije, posađene u riperano tlo, imaju 3 i pol puta veću šansu da ostanu žive šest godina od sadnje, od onih posađenih u jame. Kombinacija riperano tlo \times veliki kontejner daje 3 puta veću šansu za preživljenje, nego kombinacija kod koje se primjenjuje sadnja u jame biljaka iz malih kontejnera (MP 53/12 i 33/18).

Slične rezultate za piniju u sredozemnom dijelu Španjolske (Sevilla) iznijeli su Palacios i Navarro Cerillo (2004.). Ovi su autori utvrdili da se sadnjom sadnica pinije u riperano tlo šansa za preživljenje, u odnosu na sadnju u jame, povećava za čak 44 puta, a da šansa preživljenja kvalitetne biljke u odnosu na manje kvalitetnu biljku raste za 78 %.

Dominguez - Lerena i sur. (2000.), proučavajući 16 tipova kontejnera različitih volumena i dubina, zaključuju kako veličina kontejnera utječe na preživljenje, ali i na rast jednogodišnjih sadnica pinije u sredozemnom dijelu Španjolske (Guadalajara). Pritom su zaključili kako idealan kontejner za proizvodnju jednogodišnjih sadnica pinije mora biti između 300 i 350 cm³ i više, te kako mu minimalna dubina mora biti 19 cm.

Analizom rezultata preživljenja biljaka običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nymann), ustanovljen je dvostruko veći postotak preživljavanja biljaka posađenih iz velikih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), u pripremljenom tlu riperom, u odnosu na biljke iz manjih kontejnera, posađenih u ručno iskopane jame. Do gotovo identičnih rezultata dolaze Topić i sur. (2009.).

Kod običnog čempresa, modelom logističke regresije za preživljenje sadnica, ustanovljeno je da na preživljenje biljaka u šumskoj kulturi najveći utjecaj (statistički značajan) ima priprema tla ($\exp(\beta) = 2,5148$; $p < 0,0001$). Mnogo bolje rezultate preživljenja daje pripremljeno tlo riperom, u odnosu na samo klasično kopanje sadnih mesta (jama), a što se slaže sa rezultatima prijašnjih istraživanja vezanih za sredozemno područje (Querejeta i sur., 2001). Volumen kontejnera, kao zasebna varijabla, nije imao značajan utjecaj ($\exp(\beta) = 1,0090$; $p = 0,9616$), ali u interakciji s pripremom tla se pokazuje znatan utjecaj na preživljenje biljaka u šumskoj kulturi šest godina nakon sadnje ($\exp(\beta) = 1,5089$; $p = 0,0511$), odnosno sadnja biljaka iz većih kontejnera u riperano tlo daje jedan i pol put veću šansu za preživljenje, nego sadnja biljaka iz manjih kontejnera u ručno iskopane jame. Početna visina kod sadnica imala je također značajan utjecaj na preživljenje biljaka čempresa ($\exp(\beta) = 1,0239$; $p = 0,0224$), odnosno svakim povećanjem početne visine sadnice za 1 cm, šanse za preživljenje rastu za 2,4 %.

Najveći utjecaj pripreme tla je očit kod primorskoga bora (*Pinus pinaster* Aiton). Kod te vrste priprema tla riperanjem povećava šansu preživljenja za skoro 7 puta ($\exp(\beta) = 6,8087$; $p < 0,0001$), u odnosu na sadnju biljaka u iskopane jame. Za primorski bor sađen u sjevernoj Grčkoj, Varelides i Kritikos (1995.), također zaključuju da je veći postotak preživljenja u riperanom tlu u odnosu na jame. Gotovo je sigurno da je veći sadržaj vlage u dubljim slojevima tla, koje je prethodno riperano, bio ključan za tako ogromnu razliku u preživljjenju biljaka. To se najbolje vidi kod usporedbe preživljenja biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), zasađenih u ručno iskopane jame i na riperanom tlu.

Preživljenje biljaka u riperanom tlu je za oko 40 % veće od onih posađenih u jame. Inače, od svih četinjača u pokusu, primorski bor je imao najveći mortalitet, bez obzira na pripremu tla i stupanj kvalitete sadnica. To ide u prilog istraživanja Lakušića (1989.), koji piše kako je uputno primorski bor saditi na dubljim pjeskovitim tlima, odnosno tlima sa što povoljnijim hidrotermičkim režimom, koja su u pravilu nešto kiselija. Unatoč činjenici što je primorski bor pionirska vrsta drveća, izraziti heliofit, što ima vrlo razvijenu žilu srčanicu kojom uspješno prodire kroz pukotine stijena, te što priprema tla uvelike poboljšava šansu za njegovo preživljenje, nije preporučljivo saditi jednogodišnje sadnice na sličnim lokalitetima i u uvjetima kakve imamo na pokusnom objektu (neutralna do slaboalkalna i glinovita tla), upravo zbog visokog mortaliteta, jer mu, u najboljoj varijanti kombinacije riperanog tla i kontejnera većeg volumena, preživljenje nakon šest godina ne prelazi 50 %. Primjerice, Tomašević je (1995.), sadeći primorski bor uzgojen u kontejnerima "Bosnaplast 12" (MP 53/12), u submediteranskom području krša (zaleđe Splita), dobio vrlo visoki postotak preživljenja biljaka posađenih u riperanom tlu (nakon 7 godina čak 82 %), a rezultati ovog istraživanja su pokazali 33,73 % preživljenja biljaka iz istog tipa kontejnera, kod istog načina pripreme tla. Objasnjenje tolike razlike u preživljavanju vidimo jedino u tome da primorski bor više preferira dublja i vlažnija zemljišta (Lakušić 1989.) te klimu sa nešto većim postotkom zračne vlage, kakve ima nešto više u submediteranskoj vegetacijskoj zoni. Prema Meštroviću (1972.), primorski bor zahtijeva dosta visoki minimum (60 - 80 %) zračne vlage, a vлага je za njega presudna u ljetnom periodu, kad su količine oborina malene.

Utjecaj volumena kontejnera nije bio značajan za preživljenje, iako je iz rezultata vidljivo kako su na riperanom tlu manji mortalitet imale sadnice iz većih kontejnera, a utjecaj interakcije pripreme tla \times volumen kontejnera, nažalost, nije mogao biti prikazan, zbog nedostatka sadnica iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24) posađenih u jamu.

Vrlo slab uspjeh pošumljavanja alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) vidljiv je iz rezultata istraživanja, što ne bi trebao biti slučaj na lokalitetu gdje je smješten pokusni objekt. Naime, na pokusnom objektu "Jamina", primijećeno je prirodno širenje alepskoga bora sa okolne šumske kulture alepskoga bora.

Modelom logističke regresije je ustanovljeno kako na preživljenje alepskoga bora najveći utjecaj ima priprema tla, a zatim i početna visina sadnica u šumskoj kulturi, dok veličina kontejnera nema značajan utjecaj.

Riperanjem tla, u odnosu na nepripremljeno tlo, gdje je sadnja vršena u jame, šansa za preživljjenje alepskoga bora se povećava za tri puta ($\exp(\beta) = 3,0356$; $p < 0,0001$).

I dubina ripera također utječe na preživljjenje alepskoga bora. Tomašević (1995.) je na području šumarije Zadar, u desetogodišnjem istraživanju alepskoga bora uzgajanog u polietilenskim tuljcima promjera 6 i dubine 28 cm, posađenog u riperano tlo čija je dubina riper bila 80 cm, na koncu desete godine dobio vrlo visok postotak preživljjenja (80 %), a na području šumarije Šibenik, gdje je dubina ripera bila 50 cm, postotak preživljjenja je bio znatno manji (64 %), dok je naš rezultat na riperanom tlu (dubina ripera 50 cm) nakon 6 godina bio 59 % (VK). Barberá i sur. (2005.), također zaključuju kako riperanjem, u odnosu na ručno kopanje jama, pridonosimo preživljjenju alepskoga bora.

Veličina kontejnera nije imala značajan utjecaj na preživljjenje biljaka alepskoga bora. Rezultati su pokazali da jednogodišnje sadnice, uzgajane u kontejnerima manjeg volumena (MK) te posađene u ripera, nakon 6 godina imaju preživljjenje od 47 %, što je za 12 % manje u odnosu na preživljjenje biljaka iz većih kontejnera (VK). Kod sadnje u jame, preživljjenje biljaka iz većih kontejnera (VK) bilo je veće za 13 % u donosu na one iz manjih kontejnera (MK). Ipak, nedvojben je zaključak kako je jednogodišnje sadnice alepskoga bora bolje proizvoditi u većim kontejnerima.

Što se tiče utjecaja početne visine zasadene sadnice na preživljjenje, šanse alepskog bora da ostane živ rastu za 11,64 % svakim centimetrom početne visine, što je za očekivati kod izrazito heliofilnih vrsta, kakav je alepski bor, koji ne podnosi zasjenu, u ovom slučaju smriča (*Juniperus oxycedrus* L.), koji gotovo u potpunosti prekriva pokusni objekt.

Za hrast crniku (*Quercus ilex* L.) očekivan je veliki mortalitet, obzirom da ne spada u skupinu pionirskih vrsta drveća. Iako je crnika tipični heliofit, u mladosti treba zasjenu. Smatramo da bi mortalitet crnike bio još veći da nije bilo djelomične zasjene smriča. Na potpunom svjetlu rast pomlatka hrasta crnike je lošiji, a mortalitet veći (Broncano i sur., 1998.). Villar - Salvador i sur. (2004.) pišu kako sadnice hrasta crnike imaju veći mortalitet i manji rast kada ih se uspoređuje sa drugim sredozemnim vrstama. To upućuje na zaključak da je crnika, nakon presađivanja iz rasadnika na teren, podložnija čimbenicima stresa od drugih sredozemnih vrsta.

Najbolji rezultat preživljjenja biljaka na kraju 2009. godine su dale sadnice iz najvećeg kontejnera (T 8/24), posađene u riperano tlo (65,79 %). Iz kontejnera približne veličine (T 7/24), na kraju šeste godine od sadnje, preživjelo je samo 44 % biljaka. Ta relativno velika

razlika u mortalitetu sadnica iz približno sličnih kontejnera, vjerojatno proizlazi iz činjenice da smo kod promatranja biljaka iz Tuljaka 8/24 imali uzorak od samo 38 biljaka. Kada se rezultati ta dva kontejnera uprosječe, na način da se svrstaju u skupinu kontejnera većeg volumena (VK), dolazimo do kudikamo relevantnijeg rezultata (55,12%). Negativan utjecaj manjih kontejnera (MK) na preživljenje jednogodišnjih biljaka hrasta crnike vrlo je očit, bez obzira na pripremu tla (sadna u riper – 13,57 %; sadna u jame – 11,27 %). Topić i sur. (2006.) ne preporučuju uzgoj sadnica hrasta crnike u malim kontejnerima (MP 53/12 i MP 33/18), jer su unutar jedne vegetacije kod biljaka utvrđene deformacije te kružni i povratni rast korijenovog sustava, što je potvrđeno ovim istraživanjima.

Razlog lošeg uspjeha jednogodišnjih sadnica hrasta crnike u zgajanju u malim kontejnerima, osim deformacije, jest i slaba razvijenost korijena što se uočava u rezultatima analize morfoloških elemenata korijena (vidi poglavljje 5.2.5.3.).

Karakteristike korijena sadnica hrasta crnike iz većih kontejnera (VK) su vrlo vjerojatno pridonijele boljem preživljavanju u šumskoj kulturi. I kod sadnje u ručno iskopane jame utvrđeni su nešto bolji rezultati preživljavanja (23,27 %) jednogodišnjih sadnica uzgojenih u većim kontejnerima (VK). U tom slučaju je, iako vrlo malo, došao do izražaja utjecaj većeg kontejnera (VK) na preživljenje. Objasnjenje za to može se naći u radu Tsakaldimija i sur. (2009.), koji su u kontejnerima većeg volumena dobili sadnice s većom specifičnom dužinom korijena (SDK), te Pémana (2006.), koji je veći SDK dobio u dubljim kontejnerima. Veća specifična dužina korijena podrazumijeva tanje korijenje, a time i bolju iskoristivost vode i nutrijenata iz tla (Nicotra i sur., 2002.), zbog veće hidrauličke provodljivosti. Sadnice iz dubljih kontejnera (T 7/24 i T 8/24) imaju i znatno dužu žilu srčanicu, u odnosu na sadnice iz manjih i pličih kontejnera (podaci nisu prikazani), koja je, prema Peñuelasu i Ocañi (1996.), limitirana dubinom kontejnera. Veći volumen, veća površina plašta i veća ukupna dužina korijena, kakve imamo kod sadnica proizvedenih u većim kontejnerima (T 7/24 i T 8/24), vrlo vjerojatno su doprinijeli većem unosu vode i mineralnih tvari u ranoj fazi razvoja, a to je osobito važno u sušnom ljetnom periodu, kad su preživljenje i rast ograničeni količinom vode. Osim korijena, Villar - Salvador i sur. (2004.), u vezu s preživljavanjem dovode i visinu nadzemnog dijela, pa zapažaju kako sadnice sa višim nadzemnim dijelom imaju znatno manji mortalitet. Tsakaldimi i sur. (2005.) navode kako je Tsakaldimi 2001. godine, u svojoj doktorskoj disertaciji, kod sadnica *Quercus coccifera* utvrdio kako veći promjer sadnice uvelike pridonosi manjem mortalitetu biljaka u šumskoj kulturi. Iz analize rezultata

morfologije sadnica hrasta crnike, upravo je vidljivo kako sadnice takvih morfoloških karakteristika možemo proizvesti samo u većim kontejnerima.

Iako su se i u jamama sađene sadnice iz većih kontejnera, po svim morfološkim karakteristikama, pokazale znatno kvalitetnije, to nije bilo dovoljno za rezultat većeg preživljjenja. Odgovornost za to nalazimo u načinu pripreme tla, što je osobito vidljivo u slučaju sadnje kvalitetnijih sadnica (iz VK) u tlo obrađeno riperom, gdje je registrirano znatno veće preživljenje u prvih šest godina nakon sadnje.

Da bi to i statistički potvrdili, modelom logističke regresije utvrđili smo kako priprema tla i veličina kontejnera, kao samostalne varijable, nemaju značajniji utjecaj na preživljjenje. Jedino interakcija pripreme tla i veličine kontejnera ima značajan utjecaj na preživljjenje biljaka hrasta crnike u šumskoj kulturi. Riperanjem tla i uporabom sadnica crnike iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), šanse za preživljjenje ćemo povećati za 6 i pol puta ($\exp(\beta) = 6,5798$; $p < 0,0001$), u odnosu na sadnju u jame sa sadnicama iz manjih kontejnera (MP 53/12 i 33/18). Izneseni rezultat je u suglasju i sa rezultatom Palaciosa i sur. (2009.), koji su utvrđili 12 puta veću šansu preživljjenja sadnjom kvalitetnijih sadnica hrasta crnike u riperano tlo, u odnosu na sadnju manje kvalitetnih sadnica u ručno iskopane jame.

Proučavajući utjecaj različitih vrsta kontejnera (različiti volumeni i dubine) Dominguez - Lerena i sur. (2000.) su ustanovili kako se preživljjenje hrasta crnike linearno povećava sa dubinom kontejnera.

6.3. Utjecaj kontejnera i pripreme tla na rast i razvoj biljaka u šumskoj kulturi

Kod svih vrsta u pokusu je ustanovljeno kako veličina kontejnera i priprema tla imaju vrlo značajan utjecaj na visinski rast tijekom šest godina mjerena. Analizom promjera biljaka izmijerenog samo na kraju pokusa, također je uočena povezanost veličine kontejnera i pripreme tla na promjere biljaka.

Što se tiče visinskog rasta običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis*), priprema tla i volumen kontejnera su varijable koje su imale statistički značajan utjecaj, dok interakcija pripreme tla i volumena kontejnera, prema ANOVA-i ponovljenih mjerena, nije bila statistički značajna. Najveću dinamiku visinskog rasta su pokazale biljke iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), zasađene na riperanom tlu.

Na promjer biljaka običnog čempresa (prema ANOVA) značajno je utjecao jedino tip kontejnera. Nakon šest godina od sadnje, sadnice čempresa uzgajane u manjim kontejnerima (MP 53/12 i MP 33/18) su imale znatno manje promjere od onih uzgajanih u većim kontejnerima (T 7/24 i T 8/24), bez obzira na pripremu tla. Priprema tla, kao i volumen kontejnera u kombinaciji s pripremom tla, imali su sličan utjecaj na visinski rast i promjer biljaka, kao i na preživljavanje biljaka običnog čempresa. To je očekivano, budući je razumljivo da su visinski i debljinski rast prvi fiziološki procesi na koje utječe vodni stres (Larcher, 1995.), koji je karakterističan čimbenik kojem su izložene biljke sredozemnog krškog područja.

Veći i dublji kontejneri proizvode zdravije i kvalitetnije sadnice sa vrlo razvijenim korijenovim sustavom (Topić i sur., 2006.). Takve sadnice imaju mnogo veći potencijal dubokog ukorijenjivanja i brzog prodiranja u dublje slojeve tla, gdje ima više vlage prijeko potrebne za njihov rast i razvoj, posebno u sušnim ljetnim mjesecima, od manje kvalitenih sadnica (iz manjih kontejnera). Rezultati Topića i sur. (2009.) također ukazuju na bolji visinski rast biljaka običnog čempresa kod primjene kontejnera većih dimenzija.

Osim dubine i veličine kontejnera, preduvjet koji treba biti ispunjen da bi sadnica postigla veći visinski i debljinski rast, svakako je postupak kojim se poboljšava vodozračni režim u tlu. U sredozemnim, suhim krškim uvjetima, plitkog tla, to se postiže što dubljom mehaničkom obradom tla (riperanjem). Tomašević (1994.) zaključuje kako na riperanom terenu korijenski sustav biljke brzo prodire u dublje horizonte tla, što izaziva i brži visinski

pirast. Biljka prodorom u dubinu dolazi do više vlage i lakše prevladava ljetne suše (Topić i sur., 2009.).

Tip kontejnera i priprema tla su kod alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.), također imali vrlo značajan utjecaj na visinski rast i promjer stabalaca, što je dokazano analizom varijance. Puno bolji rast u visinu imale su biljke iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), posađene na prethodno riperano tlo. Vrlo veliki utjecaj varijabli pripreme tla i tipa kontejnera u modelu analize varijance ponovljenih mjerenja, gotovo je "poništio" značaj interakcije varijabli priprema tla × volumen kontejnera.

Da veoma veliki utjecaj na visinski rast alepskoga bora ima priprema tla, zaključio je i Tomašević (1995.). On je uočio kako čak i dubina ripera utječe na visinski rast i preživljjenje.

Querejeta i sur. (2001.) su u svojim istraživanjima također potvrdili značajan utjecaj riperanja tla, u odnosu na manualno kopanje jama, na visinski rast kod alepskoga bora. Isti autori objašnjavaju kako je analiza stope trošenja vlage iz tla na kojem su zasađene sadnice alepskoga bora pokazala kako puno brže iscrpljivanje vode pohranjene u ručno iskopanim jamama, od vode pohranjene u mehanički obrađenom tlu. Nadalje, isti autor prepostavlja kako tu razliku u iscrpljivanju vode između jama i ripera predstavljaju razlike u režimu potrošnje vode iz tla od strane sadnica alepskoga bora.

Kako se površina tla isušuje, tako duboko zakorijenjivanje postaje sve više značajno (Talsma i Gardner, 1986.). Duboko korijenje je duga hidraulična "staza" sa relativno slabom provodljivšću i, kao takvo, od ukupnog unosa vode opskrbljuje samo bitan dio biljke kada je površina tla suha (Oren i Sheriff, 1995.). Prema tome, za zaključiti je kako biljka koja se duboko zakorjenjuje racionalnije troši vodu. Duboko zakorjenjivanje omogućuje dugačka žila srčanica i obilniji korijenov sustav sadnice, a takva može biti proizvedena samo u kontejnerima većeg volumena i dubine, dok, naravno, i mehanička priprema tla pridonosi usitnjavanjem i rahljenjem nepropusnog sloja tla.

Tip kontejnera, također je imalo značajan utjecaj na promjer stabalaca alepskoga bora u šumskoj kulturi, što je vidljivo iz analize rezultata mjerenih promjera nakon šest godina od sadnje. Iz rezultata je jasno kako su veći prosječni promjer imale biljke iz većih i dubljih kontejnera (T 7/24 i T 8/24), u odnosu na biljke iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), što je potvrđeno i analizom varijance. Analiza varijance je pokazala kako i priprema tla utječe na promjer stabalaca nakon šest godina od sadnje sadnica na pokusnom objektu. Biljke na

riperanom tlu imale su statistički značajno veće promjere, nego one zasađene u ručno iskopane jame.

Kod primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton), nažalost, zbog nedostatka sadnica iz velikih kontejnera (T 7/24 i T 8/24) za sadnju u ručno iskopane jame, bilo je jedino moguće prikazati utjecaj tipa kontejnera na riperanom tlu. Tip kontejnera, u slučaju primorskog bora također je, kao i kod naprijed prikazanih vrsta, značajno utjecao na visinski rast u razdoblju od 2004. do 2009. godine. Analizom varijance je ustanovljeno da postoji razlika u visinskom rastu biljaka obzirom na tip kontejnera ($F = 8,671$; $p = 0,00003$), odnosno biljke iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24) imaju značajno veći rast u visinu, od biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18).

Tomašević (1995.) je također ustanovio kako je primorski bor, uzgajan u kontejnerima "Bosnaplast 12" (MP 53/12) i zasađen na pripremljenom tlu riperanjem, pokazao značajno veći visinski rast, u odnosu na sadnju biljaka zasjekom pod kramp i u mehanički izbušene jame. Priprema tla u našem slučaju nije imala utjecaj na visinski prirast kod biljaka iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18) kao kod Tomaševića, ali valja istaknuti kako je Tomašević sadnju primorskog bora vršio u submediteranskom dijelu sredozemnog krša, na oko 600 m nadmorske visine, gdje vladaju nešto povoljniji uvjeti za razvoj te vrste (veća relativna zračna vlaga). Temeljem komparacije Tomaševićevih i rezultata ovog istraživanja, dade se zaključiti da biljkama iz manjih kontejnera, koje imaju znatno slabije morfološke elemente u odnosu na biljke iz većih kontejnera, a usuditi ćemo se reći i objektivno manje kvalitetnim biljkama primorskog bora, ne može ni kvalitetna mehanička priprema tla kompenzirati kvalitativne nedostatke, koji su preduvjet većeg visinskog rasta. Bolja kvaliteta sadnice (ona iz većih kontejnera) dolazi do izražaja u riperanom tlu, gdje se jasno vidi kako veće biljke sa kvalitetnijim i obilnijim korijenovim sustavom, dakle biljke iz većih kontejnera, imaju veći visinski rast od onih iz manjih kontejnera. Ista situacija je i sa promjerima stabalaca šest godina nakon sadnje, budući je razvidno kako biljke iz većih kontejnera u šestoj godini imaju značajno veće promjere od biljaka iz manjih kontejnera, što je dokaz da proizvodnjom kvalitetnije sadnice, što prvenstveno znači sadnice sa obilnijim korijenovim sustavom, većim nadzemnim dijelom i uravnoteženim odnosom S / K, itekako možemo poboljšati performanse primorskoga bora u šumskoj kulturi.

Kao i kod alepskoga bora, na visinski rast pinije (*Pinus pinea* L.), značajno su utjecali (ANOVA ponovljenih mjerena) volumen kontejnera i priprema tla. Kombinacija pripreme tla

i volumena kontejnera kod pinije je također značajno utjecala na visinski rast. Biljke iz većih kontejnera su, za razliku od onih iz manjih, bez obzira na način pripreme tla, imale značajno veći visinski rast. Identičan rezultat za piniju su dobili Dominguez - Lerena i sur. (2006.), s tim da su njihovi najveći kontejneri bili volumena $350 - 400 \text{ cm}^3$ i dubine 19 i 20 cm. Objašnjenje kako veličina kontejnera utječe na visinski rast dano je u dijelu rasprave koji se odnosi na visinski rast alepskoga bora, pa ga ovdje nije potrebno ponavljati.

Priprema tla riperanjem se, bez obzira na veličinu kontejnera, pokazala boljom varijantom kada je riječ o visinskom rastu pinije u šest uzastopnih godina na pokusnoj plohi "Jamina". Kombinacija riperanja tla sa sadnjom biljaka iz većih kontejnera, također je pokazala bolje rezultate visinskog rasta nego sadnja u jame biljkama iz manjih kontejnera. Zabilježeno je znatnije povećanje visinskog rasta biljaka pinije posađene na riperanoj površini, u odnosu na biljke posađene u ručno iskopane jame, kod istih tipova kontejnera.

Analizom varijance je kod biljaka pinije utvrđeno kako značajnu ulogu u povećanju promjera imaju sve varijable u modelu. Značajno veći promjeri dobiveni su kod biljaka uzgajanih u većim kontejnerima, a na riperanom tlu je prosječni promjer stabalaca značajno veći u odnosu na neobrađeno tlo s jamama. Kombinacija riperanja sa sadnjom sadnica iz većih kontejnera pokazala je znatno veće promjere stabalaca pinije, uspoređujući je sa kombinacijom sadnica iz manjih kontejnera sađenim u ručno iskopane jame.

Za razliku od preživljjenja sadnica hrasta crnike (*Quercus ilex* L.), koje je bilo pod utjecajem interakcije pripreme tla i veličine kontejnera, na visinski rast je značajan utjecaj imala samo veličina kontejnera.

Iz rezultata je jasno utvrđeno kako sadnice iz većih kontejnera (T 7/24 i T 8/24) imaju značajno veći rast od onih iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), promatrajući samo riperanu površinu na pokusnom objektu. Kod hrasta crnike se takva pojava može tumačiti vrlo jakim deformacijama korijena, odnosno povratnim rastom žile srčanice kod sadnica uzgajanih u kontejnerima manjih volumena i dubine (MP 53/12 i MP 33/18). Stoga se naša istraživanja u potpunosti poklapaju sa istraživanjima Chirina i sur. (2008.), koji su na primjeru plutnjaka (*Quercus suber* L.) zaključili kako je hrastove neophodno uzgajati u dubljim kontejnerima (dubine od najmanje 19 cm), što su kasnije (2009.) utvrdili i za ostale mediteranske hrastove.

7. ZAKLJUČCI

1. Najveće vrijednosti nadzemnih (visina, promjer vrata korijena, biomasa stabljike) i podzemnih (ukupna duljina, volumen, površina plašta, broj vrhova i biomasa korijena) morfoloških elemenata sadnica svih 5 istraživanih vrsta drveća, utvrđene su u najvećim korištenim kontejnerima (u ovom istraživanju to su T 7/24 i T 8/24 - 923 i 1024 cm³), značajno manje vrijednosti su u Multipot 33/18 kontejnerima, a najmanje u kontejnerima Multipot 53/12.
2. Različite vrste kontejnera imale su različit utjecaj na kvalitetu korijenovog sustava kod istraživanih vrsta. Jednogodišnje sadnice svih vrsta u pokusu pravilnije razvijaju postrano korijenje u većim kontejnerima (T 7/24 i T 8/24), u odnosu na sadnice iz manjih kontejnera (MP 53/12 i MP 33/18), a povrh toga u većim kontejnerima nisu primijećene deformacije korijena, što čini ove sadnice kvalitetnijim i upotrebljivim pri pošumljavanju.
3. Uslijed okolnosti da izbor vrste kontejnera i njegovih dimenzija ima izravan utjecaj na kvalitetu sadnice, kontejnere T 7/24 i T 8/24 preporučljivo je izbjegavati zbog njihovih nedostataka (neekonomičnosti - nemogućnosti mehanizacije proizvodnje, nedovoljne proraslosti busena kod jednogodišnjih sadnica i dr.), a rasadničarsku proizvodnju u kontejnerima MP 53/12 i MP 33/18 ("Bosnaplast 12 i 18") treba postupno napustiti zbog nedostataka koji su posljedica tehnološke zastarjelosti (npr. nedostatak antispiralnih rebara), osobito u situaciji kada tržište nudi tehnološki mnogo naprednija rješenja, koja će u nadolazećem razdoblju zahtijevati istraživanja kako bi našla primjenu u proizvodnji što kvalitetnijih sadnica sredozemnih vrsta drveća.
4. Na preživljenje svih pet istraživanih biljaka u šumskoj kulturi, u prvih šest godina, najveći utjecaj je imala priprema tla, a zatim veličina kontejnera, i to u kombinaciji s pripremom tla. Sadnice iz većih kontejnera (kvalitetnije sadnice) sađene na riperanom tlu imale su višestruko manji mortalitet od sadnica iz manjih kontejnera (manje kvalitetnijih sadnica) posađenih u ručno iskopane jame, kod svih vrsta

obuhvaćenih istraživanjem. No, valja naglasiti da je riperanje tla odigralo najvažniju ulogu kod preživljjenja biljaka u prvih šest godina nakon sadnje.

5. Na visinski rast promatranih sredozemnih vrsta drveća, u prvih šest godina, utjecaj su imali i tip kontejnera i priprema tla, izuzev hrasta crnike (*Quercus ilex* L.), na čiji rast je utjecao samo tip kontejnera. Jednogodišnje sadnice svih vrsta uzgojene u većim kontejnerima pokazuju intenzivniji rast i razvoj u šumskoj kulturi u prvih šest godina, a isto tako biljke sađene na riperanom tlu pokazuju bolje rezultate rasta i razvoja od onih sađenih u iskopane jame dimenzija $40 \times 40 \times 40$ cm.
6. Na promjere promatranih sredozemnih vrsta drveća (izuzev hrasta crnike), šest godina nakon sadnje, utjecaj su imali i tip kontejnera i priprema tla. Šest godina od sadnje, jednogodišnje sadnice svih vrsta uzgojene u većim kontejnerima imaju veće vrijednosti promjera od onih iz manjih kontejnera. Biljke sađene na riperanom tlu pokazuju bolje rezultate promjera od onih sađenih u jame.
7. Od svih pionirskih vrsta drveća (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* Aiton, *Cupressuss sempervirens* L. var. *pyramidalis* Nyman), koje su korištene za osnivanje šumskih kultura na pokusnom objektu "Jamina", bor pinija (*Pinus pinea* L.) je vrsta s kojom treba najozbiljnije računati kod pošumljavanja sredozemnog krškog područja R. Hrvatske. Osim meliorativnih učinaka na kršu, koji se očekuju od ove vrste, pinija ima i veliku gospodarsku vrijednost (uzgoj pinjola). Također, iz primjera pošumljavanja primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton), može se zaključiti kako ga, uslijed vrlo visokog mortaliteta, nije preporučljivo saditi jednogodišnjim sadnicama u uvjetima kakvi vladaju na dijelu Sredozemlja na kojem je smješten pokusni objekt, odnosno na prijelazu eumediterana u submediteran, na terenu relativno niske zračne vlage te plitkog, glinovitog i pH neutralnog do slaboalkalnog tla.
8. Jedina nepionirska vrsta u pokusu - hrast crnika (*Quercus ilex* L.) nije adekvatna za pošumljavanje, odnosno osvajanje golih površina sredozemnog krškog područja, na koji zaključak ukazuje mortalitet, ali i rast biljaka u šumskoj kulturi.

Posađen na otvorenom terenu, bez zaštite nadzemne etaže pionirskih stabala, hrast crnika izrazito nepravilno raste (grmolike forme stabalaca) i ima vrlo nizak postotak preživljjenja.

8. POPIS LITERATURE

1. Aphalo, P., Rikala, R., 2003: Field performance of silver-birch planting stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forests* 25: 93-108.
2. Ashby, W.C., 1996: Red oak and black walnut growth increased with minesoil ripping. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment.* 10(3): 113-116.
3. Ashby, W.C., 1997: Soil ripping and herbicides enhance tree and shrub restoration on stripmines. *Restoration Ecology.* 5(2): 169-177.
4. Bajić, A., Vučetić, V., 1994.: Osnovne termičke i oborinske prilike na području Hrvatske. Državni Hidrometeorološki zavod, Zagreb, 1-66.
5. Balen, J., 1931: Naš goli krš, Zemun.
6. Balen, J., 1935: Prilog poznavanju naših eumediterranskih šuma. *Šumarski list*, Zagreb.
7. Barberá, G.G., Martinez-Fernández, F., Alvarez-Rogel, J., Albaladejo, J., Castillo, V., 2005: Short and intermediate-term effects of site and plant preparation techniques on reforestation of a Mediterranean semiarid ecosystem with *Pinus halepensis* Mill. *New Forests* 29: 177-198
8. Barnett, J.P., 1982: Selecting containers for southern pine seedling production. In: Guldin, R.W., Barnett, J. P., eds. *Proceedings, Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference; 1981 August 25-27; Savannah, GA.* New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experimental Station: 15-24.
9. Barnett, J.P., 1971: Producing southern pine seedlings in containers. *Gen. Tech. Rep. SO-59.* New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experimental Station. 71 p.
10. Barnett, J.P., Brisette, J.C., 1986: Producing southern pine seedlings in containers. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO-59.* 71 p.

11. Beltram, V., 1935: Krš i njegovo pošumljavanje. Šumarski list br. 2: 591-597, Zagreb.
12. Beltram, V., 1946: Šumarsko pitanje krša jadranskih obala i otočja. Šumarski list br. 12: 122-134, Zagreb.
13. Berry, C.R., 1979: Subsoiling improves growth of pine on a Georgia Piedmont site. Res. Note SE-284. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Southeastern Research Station. 3 p.
14. Berry, C.R., 1986: Subsoiling improves growth of trees on a variety of sites. In: Phillips, D.R., ed. Proceedings fourth biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SE-42. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeast Forest Experiment Station: 360-367.
15. Bernier, P. Y., Lamhamadi, M.S., Simpson, D.G., 1995: Shoot:Root Ratio Is of Limited Use in Evaluating the Quality of Container Conifer Stock. Tree Planters' Notes - Volumes 46, Number 3.
16. Bocio, I., De Simon, E., Navarro, F. Ripoll, M.A., 2001: Efectos de diferentes procedimientos de preparación del suelo en la forestación de tierras agrarias. III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 317-322.
17. Bocio, I., Navarro, F.B., Ripoll, M.A., Jimenez, M.N., De Simon, E., 2004: Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. Ann. For. Sci. 61: 171-178.
18. Boudoux, M. E. 1970: Effect of tube dimension on root density of seedlings. Canadian Department of Fisheries and Forestry. Bi-monthly Research Note 26(3): 29-30
19. Broncano, M.J., Riba, M. J. Retana, 1998: Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (*Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach. Plant Ecology, 138 (1): 17-26.
20. Burdett, A.N., 1979: A nondestructive method for measuring the volume of intact plant parts. Can. J. For. Res. 9: 120-122

21. Burdett, A.N., 1990: Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. Canadian Journal of Forest Research 20, 415-427
22. Carlson, L.W., Endean, F., 1976: The effect of rooting volume and container configuration on the early growth of white spruce seedlings. Can. J. For. Res. 6: 221-224.
23. Carlson, C.A., Fox, T.R., Colbert, S.R., Kelting, D.L., Allen, H.L., and Albaugh, T.J., 2006: Growth and survival of *Pinus taeda* in response to surface and subsurface tillage in the southeastern United States. Forest Ecology and Management 234: 209-217.
24. Chavasse, C.G.R., 1977: The significance of planting height as an indicator of subsequent seedling growth. New Zealand Journal of Forestry 22: 283-296.
25. Chavasse, C.G.R., 1980: Planting stock quality: A review of factors affecting performance. New Zealand Journal of Forest Research 25: 144-171.
26. Chiatante, D., Di Iorio, A., Scippa, G.S., Sarnataro, M. 2002: Improving vigour assessment of pine (*Pinus nigra* Arnold.). Plant Biosystems 136: 209-216.
27. Chirino, E., Vilagrosa, A., Fernandez, R., Vallejo, V.R., 2005: Uso de contenedor profundo en el cultivo de quercinas, Efectos sobre el crecimiento y distribucion de biomasa. In: Actas del IV Congreso Forestal National, SECF, Zaragoza, Espana, ISBN: 84-921259-3-4 pp. 345-406.
28. Chirino, E., Vilagrosa, A., Cortina, J., Valdecantos A., Fuentes, D., Trubat, R., Luis, V.C., Puertolas, J., Bautista, S., Baeza, M.J., Peñuelas, J.L., Vallejo, V.R., 2009: Ecological restoration in degraded drylands: The need to improve the seedling quality and site conditions in the field. In: Forest Management, Grossberg, S.P. (Ed). Nova Science Publishers, Inc.
29. Chirino, E., Vilagrosa, A., Hernandez, E.I., Matos, A., Vallejo, V.R., 2008: Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. Seedlings for reforestation in Mediterranean climate. Forest Ecology and Management 256.

30. Close, D.C., Paterson, S., Corkrey, R., McArthur, C., 2010: Influences of seedling size, container type and mammal browsing on the establishment of *Eucalyptus globulus* in plantation forestry. New Forests 39: 105-115.
31. Cogliastro, A., Halle, A., Labrecque, M., Daigle, S., 1995: Evaluation de trois contenants pour la production de plants d'espèces feuillues de fortes dimensions. Forest Chron. 71 (4), 459-465
32. Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puertolas, J., Savé, R., Vilagrosa, A., 2006: Calidad de la planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, ISBN:84-8014-670-2, pp. 119-140.
33. Crnković, M., 1882: Iz Istre, Šumarski list br. 4: 198-204, Zagreb.
34. Čolak, A., Martinović, J. 1981: Osnovna pedološka karta RH mjerila 1:50 000, sekcija Šibenik 3, s tumačem karte. Projektni savjet za izradu pedološke karte RH.
35. Ćelija, D., 1879: Grobničko polje i pošumljavanje istog. Šumarski list, 1: 54, Zagreb.
36. Davis, C.S., 2002: Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements, Springer, New York.
37. Davis, A.S., Jacobs, D.F. 2005: Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. New Forests 30: 295-311.
38. Day, D.C., Parker, W.C., 1997: Morphological indicators of stock quality and field performance of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings underplanted in a central Ontario shelterwood. New Forests 14: 145-156.
39. Day, R. J., Sutherland, D. C., 1986: Effects of container volume and shape on the growth of black spruce. In: Fitness for Purpose. Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR) Stock Production Development Activity. Stock standards and early planting performance. OMNR Northern Forest Development Group. Northern Region, Timmins, Ontario.

40. Dereta, B., 1968: Primjena mehanizacije na kršu u pošumljavanju. Institut za šumarska istraživanja u Zagrebu. Radovi 11: 1-17, Zagreb.
41. Domínguez-Lerena, S., Carasco Manzano, I., Herrero Sierra, N., Ocaña Bueno L., Peragón, J.L.N., Peñuelas Rubira, J. L., 2000: Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantas de *Pinus pinea* en campo. Actas del 1^{er} Simposio sobre el pino pinoñero. Valladolid. Volumen 1: 203-209.
42. Domínguez - Lerena, S., 1999: Influencia de distintos tipos de contenedores en le desarollo en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. Reunión de coordinación del programa I+D forestal. Foundación CEAM.
43. Domínguez - Lerena, S., Herrero Sierra, N., Carrasco Manzano, I., Ocaña Bueno L., Peñuelas Rubira, J. L., Mexal, J. G., 2006: Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development. Forest Ecology and Management 221: 63-71.
44. Domínguez-Lerena, S., Herrero Sierra, N., Carrasco Manzano, I., Ocaña Bueno L., Peñuelas Rubira, J. L., 1997: Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: resultados de vivero. Actas del II Congreso Forestal Espanol. Pamplona. Mesa 3: 189-194.
45. Duryea, M., 1985: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Tests. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Corvallis, Oregon.
46. Endean, F., Carlson. L.W., 1975: The effect of rooting volume on the early growth of lodgepole pine seedlings. Can. J. For. Res. 5: 55-60.
47. Ettinger, J., 1897: Kulture na Grobničkom polju. Šumarski list, 9-10: 448, Zagreb.
48. Ezell, A.W.; Shankle, M.W., 2004: Effects of subsoiling and competition control on first year survival and growth of four hardwood species. In: Connor, K.F., ed. Proceedings twelfth biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-71. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 571-573.

49. Fallis, F.G.; Duzan, H.W., Jr., 1994: Effects of ripping (deep subsoiling) on loblolly pine plantation establishment and growth – nineteen years later. In: Edwards, M.B., ed. Proceedings eighth biennial southern silvicultural research conference. Gen Tech. Rep. SRS-62. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 525-529.
50. FAO. 2006: Guidelines for Soil Profile Description and Classification (4th edition). R. Jahn, H. -P. Blume, V. B. Asio, O.C. Spaargaren, D.L. Dent, R. Langohr, R. Brinkman & F.O. Nachtergael (Eds.). 2006.
51. Francis, P.J., Bacon, G.J., Gordon, P., 1984: Effect of ripping and nitrogen fertilizer on the growth and wind-firmness of slash pine on a shallow soil on the Queensland coastal lowlands. Aust. For., 47(2): 90-94.
52. Furuta, T., 1978: Environmental plant production and marketing. Arcadia, CA: Cox Publishing Co. 232 p.
53. Gazal, R.M., Kubiske, M.E., 2004: Influence of initial root lenght on physiological responses of cherrybark oak and Shumard oak seedlings to field drought conditions. Forest Ecology and Management 189: 295-305.
54. Giperborejski, B., 1952: Vrste drveta za pošumljavanje krša Dalmacije. Šumarski list, br. 10-11: 390-400, Zagreb.
55. Girouard, R.M., 1982: Greenhouse production of white spruce, black spruce, jack pine, and red pine seedlings in three types of containers. Rep. No. LAU-X-57E. Sainte-Foy, PQ: CanadianForestry Service, Laurentian Forest Research Centre. 14 p.
56. Gračanin, M. 1987.: Pedogenetski procesi, u: Poročić Z. (ur.) Šumarska enciklopedija, JLZ Svezak 3, Zagreb 476 - 496.
57. Grosnickle, S., 2005: Importance of root growth in overcoming planting stress. New Forests 30, 273-294.
58. Guttenberg, H., 1881: Kako ćemo ubuduće na Krašu. Šumarski list. Br. 6: 305-309, Zagreb.

59. Gwaze, D., Hauser, C., Johanson, M., 2006: A 16-year evaluation of effects of ripping on shortleaf pine on a Missouri Ozarks site. In: Connor, Kristina, F., ed. 2006. Proceedings of the 13th Biennal Southern Silvicultural Research Conference. Gen. Tech. Rep. SRS-92. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 195-199.
60. Gwaze, D.P., Melick, R., McClure, L., Studyvin, C., Massengelle, D., 2006a: Effects of site preparation sub-soiling and prescribed burning on survival and growth of shortleaf pine in the Mark Twain National Forest: results after 20 growing seasons. In: Shortleaf pine restoration and ecology in the Ozarks: proceedings of a symposium; 2006 November 7-9; Springfield, MO. Gen. Tech. Rep. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.
61. Gwaze, D., Johanson, M. and Hauser, C., 2007: Long-term soil and shortleaf pine responses to site preparation ripping. New Forests 34: 143-152.
62. Hanson, P.J., Dixon, R.K., Dickson, R.E., 1987: Effect of container size and shape on the growth od northern red oak seedlings. HortScience 22: 1293-1295.
63. Harris, R.W., 1992: Root – Shoot Ratios. Journal of Arboriculture 18 (1): 39-42.
64. Hasse, D.L., Rose, R., 1993: Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+0 Douglas-fir seedlings of varying root volume. For. Sci. 39: 275-294.
65. Hocking, D., Mitchell, D.L., 1974: The influences of rooting volume: seedling espacement and substratum density on greenhouse growth of lodgepole pine, white spruce and Douglas-fir grown in extruded peat cylinders. Canadian Journal of Forest Research 5, 440-451.
66. Horvat, A., 1951: O gustoći sadnje na degradiranom kršu napose za alepski bor. Šumarski list br. 8-10: 286-296, Zagreb.
67. Horvat, A., 1954: Osvrt na rezultate pošumljavanja u krškom području Hrvatske u periodu izvršenja petogodišnjeg plana. Šumarski list br. 2-3: 51-61, Zagreb.
68. Horvat, A., 1958: Nekoliko misli i orientacionih podataka o primjeni drače (*Paliurus aculeatus* Lamp.) pri pošumljavanju Krša. Šumarski list br. 11-12: 391-397, Zagreb.

69. Horvat, A., 1961: Osvrt na tehniku pošumljavanja degradiranih krških površina sadnjom biljaka i perspektive njezinog razvoja. Šumarski list, br. 5-6: 192-204, Zagreb.
70. Horvat, A., 1964: Pošumljavanje degradiranih krških površina sjetvom. Šumarski list br. 5-6: 213-225, Zagreb.
71. Horvat, A., 1965: Osvrt na melioraciju šikara u submediteranskom području krša. Šumarski list 3-4: 109-123, Zagreb.
72. Hren, V., Kovačić, Đ., Tomašević, A., 1984: Osvrt na pošumljavanje Omladinskih radnih akcija u ljetnim mjesecima na području Mediterana i Submediterana SR Hrvatske. Šumarki list, br. 7-8: 341-345, Zagreb.
73. Ivanović, A., Sikirica, V. i Sakač, K. 1978.: Osnovna geološka karta 1:100 000,. Tumač za list Drniš K 33 - 9, Institut za geološka istraživanja Zagreb (1972.): Savezni geološki zavod, Beograd, 55 str.
74. IUSS Working Group WRB. 2006: World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Report No. 103. FAO, Rome.
75. IUSS Working Group WRB. 2006: *World reference base for soil resources 2006*. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. ISBN 92-5-105511-4.
76. Jacobs, D. F., Salifu, K.F., Seifert, J.R., 2005: Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. New Forests 30: 235-251.
77. Jedlovska, D., 1955: Upotreba krovne ljepenke za izradu tuljaka. Š.L. 7-8, s.258.
78. Jedlovska, D., 1961: Tuljci od polietilena za uzgoj sadnica. Š.L. 1-2, s.58.
79. Jinks, R., Mason, B., 1998: Effects of seedling density on the growth of Corsican pine, scots pine and Douglas-fir in containers. Ann. Sci. For. 55, 407-423.
80. Kinghorn, J.M. 1974: Principles and concepts in container planting. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., ed. Proceedings, North American Containerized Forest

Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: 8-18.

81. Klarić, LJ., Jan, A. Z., 2003: Program gospodarenja za gospodarsku jedinicu "Jamina" (2003. - 2012.), Odjel za uređivanje šuma, Uprava šuma Split, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb.
82. Kosović, B., 1909: Pošumljenje kraša. Šumarski list br. 1: 2-22, Zagreb.
83. Kosović, B., 1910: Kultiviranje hrvatskog kraša. Šumarski list br. 2: 62-75, Zagreb.
84. Kost, D.A., Vimmerstedt, J.P., Brown, J.H., 1998: Topsoiling, ripping and fertilizing effects on tree growth and nutrition on calcareous minesoils. Forest Ecology and Management 103: 307-319.
85. Krpan, R., 1946: Pošumljavanje krša, Šumarski priručnik, Dio I, Zagreb.
86. Lakušić, R., 1989: Ekologija biljaka (I dio – Idioekologija). Sour "Svjetlost", Sarajevo.
87. Landis, T. D., 1990: Containers: types and functions, Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S.E. and J.P. Barnett. 1990. Containers and growing media, Vol. 2, The container Tree Nursery Manual. USDA For. Serv., Washington, D.C.; Agric. Handbook. 1 – 39.
88. Larcher, W., 1995: Physiological Plant Ecology. Springer Verlag. Heidelberg, Berlin.
89. Larsen, S.H., South, D.B., Boyer, J.M., 1986: Root growth potential, seedling morphology and bud dormancy correlate with survival of loblolly pine seedlings planted in December in Alabama. Tree Physiology 1 (3): 253-263.
90. Luis, V.C., Climent, J., Peters, J., Pérez, R., Puértolas, J., Morales, D., Jiménez., M.S., Gil, L., 2003: Evaluación de la calidad de plántulas de *Pinus canariensis* cultivadas con diferentes métodos en la supervivencia y crecimiento en campo. Cuadernos de la SECF. 17: 63-67.
91. Luna, T., Landis, T.D., Dumroese, R.K., 2009: 6: Containers. In: Dumroese, R. Karsten; Luna, Tara; Landis, Thomas D., editors. Nursery manual for native plants: A

- guide for tribal nurseries - Volume 1: Nursery management. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 99-111.
92. Malbohan, E., 1885: Pošumljenje hrvatskoga kraša. Šumarski list br. 10: 403-410, Zagreb.
93. Malbohan, E., 1892: V. Hrvatsko-primorski kras i pošumljenje istoga u području bivše vojne Krajine. Šumarski list br. 5: 211-220, Zagreb.
94. Marcelli, A.R., 1984: Deformaciones radicales de las plantas cultivadas en contenedor: inconvenientes y remedios. Instituto Sperimentale per la Pioppicoltura. Note Technice, p. 1.
95. Marien, J.N., Drovin, G., 1978: Etudes sur les conteneurs a paroids rigides. Annales des Recherches Sylvicoles. AFOCEL.
96. Marinković, B., 1956: Da li je pošumljivanje krša sadnicama alepskog bora i običnog čempresa bolje izvoditi u stablimičnoj ili grupimičnoj smjesi. Šumarski list, br. 3-4: 102-104, Zagreb.
97. Martinović, J., 1997: Tloznanstvo u zaštiti okoliša, Priručnik za inženjere, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb, 1-288.
98. Martinović, J., 2000: Tla u Hrvatskoj, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb 1-250.
99. Matthes-Sears, V., Larson, D.W., 1999: Limitation to seedling growth and survival by the quantity and quality of rooting space: Implications for the establishment of *Thuja occidentalis* on cliff faces. Int. J. Plant.Sci. 160 (1), 122-128.
100. Matthews, G., 1983: Seedling production for Crown Lands in British Columbia: guidelines for commercial container nurseries. Victoria, BC: Ministry of Forests Silviculture Branch. 45 p.
101. Matić, S., 1976: Melioracija krša i ostalih devastiranih šumskih terena, Povijest šumarstva Hrvatske 1846-1976. kroz stranice Šumarskog lista, Zagreb.

102. Matić, S., 1976a: Utjecaj borovih kultura na sukcesiju autohtone vegetacije u staništima hrasta crnike. Savjetovanje: "Uloga šume i šumske vegetacije u zaštiti čovjekove okoline u odnosu na jadransko područje", str. 8-9, Zadar.
103. Matić, S., Prpić, B., 1983: Pošumljavanje. Zagreb.
104. Matić, S., 1986: Šumske kulture alepskog bora i njihova uloga u šumarstvu Mediterana. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 2: 125-145, Zagreb.
105. Matić, S., 1994: Prilog poznavanju broja biljaka i količine sjemena za kvalitetno pomlađivanje i pošumljavanje. Šumarski list 3-4, Zagreb.
106. Matić, S., Oršanić, M., Anić, I., 1996: Kontejnerska proizvodnja sadnica hrasta lužnjaka i njen utjecaj na kvalitetu šumskih kultura. U: Mayer, B. (ur.), Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut, Jastrebarsko, str. 307-312, Zagreb.
107. Matić, S., Anić, I., Oršanić, M., 1997: Podizanje, njega i obnova šuma kao temeljni preduvjeti ekološkog, društvenog i gospodarskog napretka Mediterana. Šumarski List, br. 9-10, s.463, Zagreb.
108. Matić, S., Anić, A., Oršanić, M., 2000: Radovi na obnovi, podizanju i njezi šuma na kršu u današnjim ekološkim i gospodarskim prilikama. U. P. Maleš, M. Maceljski (ur.), Unapređenje poljoprivrede i šumarstava na kršu. Sažeci, HAZU-Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, str. 80-82, Zagreb.
109. Mattsson, A., 1997: Predicting field performance using seedling quality assessment. New Forests 13: 223-248.
110. McClure, L., 1984: Mechanical site preparation. In: Artificial reforestation of shortleaf pine: a Missouri seminar; 1984 May 9; Salem, MO. Rolla, MO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Mark Twain National Forest: 50-60.
111. Meštrović, Š., 1964: Primjena mehaničke obrade tla pri podizanju šuma u području Mediterana. Šumarski list, br. 3-4: 124-133, Zagreb.
112. Meštrović, Š., 1972: Uspjevanje primorskog bora (*Pinus pinaster* Aiton) u kulturama Hrvatske. Šumarski list, br. 5-6: 179-216, Zagreb.

113. Meštrović, Š., 1977: Značaj šumskih kultura u području krša. Šumarski list, br. 8-9: 382-386, Zagreb.
114. Meštrović, Š., 1986: Šume mediteranskog područja, Simpozij na Rabu 1985, Glasnik za šumske pokuse, pos. izd. 2: 161-168.
115. Meštrović, Š., Luginja, R., 1990: Gospodarenje šumama hrasta crnike (Orno-Quercetum ilicis Br.-Bl.). Glasnik za šumske pokuse 26: 425-431.
116. Meštrović, Š., Žaja, Đ., Đurđević, Z., 2000: Zaštita sadnica kod pošumljavanja. Šumarski list. 11-12: 687, Zagreb.
117. 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.
118. Mihalić, V., 1988: Opća proizvodnja bilja. Školska knjiga, Zagreb.
119. Miller, J.H., 1993: Oak plantation establishment using mechanical, burning, and herbicide treatments. In: Loftis, D.L.; McGee, C.E., eds. Oak regeneration, serious problems, practical recommendations. Gen. Tech. Rep. SE-84. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station: 264-289.
120. Mohammed, G.H., 1996: The status and future of stock quality testing. New Forests 13: 481-504.
121. Moree, J.L.; Ezell, A.W.; Hodges, J.D.; Londo, A.J.; Godwin, K.D., 2010: Evaluating the use of enhanced oak seedlings for increased survival and growth: first-year survival. In: Stanturf, J.A., ed. Proceedings fourteenth biennial southern silvicultural research conference; Gen. Tech. Rep. SRS-121. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 165-169.

122. Morris, L.A., Lowery, R.F., 1988: Influence of site preparation on soil conditions affecting seedling establishment and early growth. Southern Journal of Applied Forestry. 12(3): 170-178.
123. Nanicini, D., 1881: K pošumljavanju krša, Šumarski list br. 3: 140-143, Zagreb.
124. Navarro Cerillo, R.M., Del Campo, A., Serrada Hierro, R., 1997: Supervivencia de cinco especies forestales en función de los procedimientos de preparación del suelo en el Parque Natural de los Montes de Málaga. Cuad. Soc. Esp. Cie. For. 4: 113-118.
125. Navarro, R.M., Palacios, G., 2004: Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 17.: 199-204.
126. Nepoznati autor, 1881: Novi način pošumljivanja, Šumarski list, 3: 153, Zagreb.
127. Nicolás Peragón, J.L., Domínguez Lerena, S., Herrero Sierra, N., Villar Salvador, P., 1997: Plantación y siembra de *Quercus ilex*: efectos de la preparación del terreno y de la utilización de protectores en la supervivencia de plantas. Actas del II Congreso Forestal Español. Pamplona Mesa 3: 449-454.
128. Nicolás Peragón, J.L., Villar-Salvador, P., Peñuelas Rubira, J.L., 2004: Efecto de la edad de la planta y el tipo de preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento de *Quercus faginea* Lam. cultivado en contenedor. Cuad. Sociedad Española de Ciencias Forestales 17: 205-209.
129. Nicotra, A.B., N. Babicka, M. Westoby, 2002: Seedling root anatomy and morphology: an examination of ecological differentiation with rainfall using phylogenetically independent contrasts. Oecologia 130: 136-145.
130. Ocvirek, M., 1997: Utjecaj termina sjetve na razvijenost biljaka hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u trima tipovima kontejnera. Radovi šumarskog instituta Jastrebarsko 32 (2): 55-72.
131. Oilet, J.A., Planelles, R., López, M., Artero, F., 1997: Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantación de *Pinus halepensis*. Cuadernos de la SECF 4: 69-79.

132. Omi, S.K., 1991: The target seedling and how to produce it. In: van Buijtenen, J. P., Simms, T., eds. Nursery management workshop. Pub. 148. College Station, TX; Texas Forest Service: 88-118.
133. Oraš, I., 1939: Problem pošumljavanja krša u Dalmaciji. Šumarski list br. 12: 559-567, Zagreb.
134. Oraš, I., 1940: Problem pošumljavanja krša u Dalmaciji. Šumarski list br. 9: 383-396, Zagreb.
135. Oren, R., Sheriff, D.W., 1995: Water and nutrient acquisition by roots and canopies. In: Smith, W.K., Hinckley, T.M. (Eds.), Resource Physiology of Conifers: Acquisition, Allocation and Utilization. Academic Press, London, UK, pp. 39-74.
136. Orlić, S., Perić, S., Ocvirek, M., 2000: Razvoj korjenovog sustava stabala u kulturi osnovanoj u ljetnoj sadnji sadnicama obložena korijena. Radovi Šumarskog Instituta, 35 (2): 17-25, Jastrebarsko.
137. Oršanić, M., 2003: Pošumljavanja, sadašnje stanje i perspektive u globalnom razvoju. U: B. Prpić (Ur.), 125. obljetnica Kraljevskog nadzorništva za pošumljavanje krasa krajiškog područja – Inspektorata za pošumljavanje krševa, goleti i uređenje bujica u Senju. Šum. list, Poseban broj: str. 35-40, Zagreb.
138. Ortega, U., Majada, J., Mena-Petitte, A., Sanchez-Zabala, J., Rodriguez-Iturriar, N., Txarterina, K., Azpitarte, J., Duñabeitia, M., 2006: Field performance of *Pinus radiata* D. Don. produced in nursery with different types of containers. New Forests 31:97-112.
139. O'Reilly, C., Owens, J.N., Arnott, J.T., Dunsworth, B. G., 1994: Effects of nursery culture and morphological development of western hemlock seedlings during field establishment: flushing, shoot elongation and bud development. Can. J. For. Res. 24, 53-70.
140. Palacios, G., Navarro Cerrilo, R.M., 2008: Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparacion y la fecha de la plantacion en la supervivencia de una repoblacion de *Pinus pinea* L. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: 199-204.

141. Palacios, G., Navarro Cerrillo, R.M., Campo, A., Toral, M., 2009: Site preparation, stock quality and planting date effect on early establishment of Holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings. Ecological Engineering 35: 38-46.
142. Paterson J., 1996: Growing environment and container type influence field performance of black spruce container stock. New Forests 13: 325-335.
143. Pemán, J., Voltas, J., Gil-Pelegrin, E., 2006: Morphological and functional variability in the root system of *Quercus ilex* L. subject to confinement: consequences for afforestation. Ann. For. Sci. 63, 425-430.
144. Peñuelas, J.L., Ocaña, L., 1996: Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Mundi-Prensa, Madrid, ISBN: 84-7114-644-4, 190 pp.
145. Petrović, S., 1910: Zakon o pošumljenju krasa. Šumarski list br. 4: 121-144, Zagreb.
146. Piškorić, O., 1961: Splitski normativi za rade pošumljavanja u Kršu. Šumarski list, br. 1-2.
147. Piškorić: O., 1979: O suvremenoj tehnici pošumljavanja krša. Šumarski list, 11-12: 615-619, Zagreb.
148. Prgin, D., 2005: Alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) prvorazredna vrsta za podizanje šuma na mediteranskom kršu. Šumarski list, 1-2: 71-80, Zagreb.
149. Puértolas, J., Gil, L., Pardos, J.A., 2003: Effects of nutritional status and seedling size on field performance of *Pinus halepensis* planted on former arable land in the Mediterranean basin. Forestry 76: 159-168.
150. Querejeta, J.I., Roldán, A., Albaldalejo, J., Castillo, V., 2001: Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. Forest Ecology and Management 149: 115-128.
151. Rathfon, R.A., Kaczmarek, D.J., Pope, P.E., 1995: Site preparation for red oak plantation establishment on old field sites in southern Indiana. In: Gottschalk, K.W.; Fosbroke, S.L.C., eds. Proceedings tenth central hardwood forest conference. Gen.

Tech Rep. NE-197. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 349-362.

152. Ritchie, G. A., 1984: Assessing seedling quality. In Duryea, M.L., Landis, T.D., Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. The Hague: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Oregon State University, Corvallis, Or, pp. 243-259.
153. Rose, R., Carlson, C., Morgan, P., 1990: The target seedling cocncept. In: Rose, R., Campbell, S., T.D. Landis (eds.), Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. USDA Forest Service, Roseburg, Oregon, pp. 1-8.
154. Rose, R., Atkinson, M., Gleason, J., Sabin, T., 1991a: Root volume as a grading criterion to improve field performance of Douglas-fir seedlings. New Forest 5: 195-209.
155. Rose, R., Gleason, J., Atkinson. M., Sabin, T., 1991b: Grading ponderosa pine seedlings for outplanting according to their root volume. Western J. Appl. For. 6: 11-15.
156. Rose, R., Atkinson, M., Gleason, J., Hasse, D.L., 1992: Nursery morphology and preliminary comparison of 3-year field performance of 1+0 and 2+0 bareroot ponderosa pine seedlings. Tree Planter's Notes 43: 153-158.
157. Rose, R., Hasse, D.L., Kroher, F., Sabin, T., 1997: Root volume and growth of ponderosa pine and Douglas-fir seedlings: a summary of eight growing seasons. Western. J. Appl. For. 12: 69-73.
158. Salonius, P., Beaton, K., Roze, B., 2000: Effect of cell size and spacing on root density and field performance of container-reared black spruce. Information Report M-X-208E. Natural Resources Canada. Canadian Forest Service-Atlantic Forestry Centre. Fredericton, New Brunswick, Canada.
159. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA: SAS Online Doc; 2008:
http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index_913.html#stat

160. Scaratt, J.B., 1972: Effect of tube diameter and spacing on the size of tubed seedling planting stock. Info. Rep. O-X-170. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre. 16 p.
161. Schmidt-Vogt, H., 1981: Morphological and physiological characteristics of planting stock: Present state of research and research tasks for the future. In: Proceedings, IUFRO 17th World Congress; Tokyo: 433-446.
162. Self, A.B.; Ezell, A.W.; Londo, A.J.; Hodges, J.D., 2010: Evaluation of Nuttall oak and cherrybark oak survival by planting stock and site preparation treatment type in a WRP planting on a retired agricultural site. In: Stanturf, J.A., ed. Proceedings fourteenth biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-121. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 159-163.
163. Self, A.B., Ezell, A.W., Hollis, D.B., Alkire, D., 2011: Effect of mechanical site preparation treatments on oak survival in a retired field afforestation effort -- first-year results. In: Fei, Songlin; Lhotka, John M.; Stringer, Jeffrey W.; Gottschalk, Kurt W.; Miller, Gary W., eds. Proceedings, 17th central hardwood forest conference; 2010 April 5-7; Lexington, KY; Gen. Tech. Rep. NRS-P-78. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station: 314-322.
164. Simunović, M., 1957: Pošumljavanje na terase u degradiranoj zoni krša. Šumarski list, br. 1-2: 1-13, Zagreb.
165. Skousen, J., Gorman, J., Pena-Yewtukhiw, E., King, J., Stewart, J., Emerson, P., DeLong, C., 2009: Hardwood tree survival in heavy ground cover on reclaimed land in West Virginia: mowing and ripping effects. J. Environ. Qual. 38: 1400-1409.
166. Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1995: Biometry. Freeman and Company. New York.
167. South, D.B., Zwolinski, J.B., 1997: Transplant stress index: A proposed method of quantifying planting check. New Forests 13: 315-328.
168. South, D.B., 2000: Planting Morphologically Improved Pine Seedlings to Increase Survival and Growth, Report No. 1. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, Alabama.

169. South, D.B., Rose, R.W., McNabb, K.L., 2001: Nursery and site preparation interaction research in the United States. *New Forests* 22: 43-58.
170. South, D.B., Harris, S.W., Barnett, J.P., Hainds, M.J., Gjerstad, D.H., 2005: Effect of container type and early growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, U.S.A. *Forest Ecology and Management* 204, 385-398.
171. Sutton, R.E., 1979: Planting quality and grading. *Forest Ecology and Management* 2: 123-132.
172. Sutton, R.E., 1993: Mounding site preparation: a review of European and North American experience. *New Forests* 7: 151-192.
173. Škorić, A., 1986: Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 172p., Zagreb.
174. Škorić, A., 1987: Tipovi naših tala. 135p., Zagreb.
175. Talsma, T., Gardner, E.A., 1986: Soil water extraction by a mixed eucalypt forest during a drought period. *Aust. J. Soil. Res.* 24: 25-32.
176. Tanaka, Y., Timmis, R., 1974: Effect of container density on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E., eds. *Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: 181-186.
177. Thompson, B.E., 1986: Seedling morphological evaluation: what you can tell by looking. In: Duryea, M.L. (ed.), *Evaluating Seedling quality: Principles, Procedures and Predictive Ability of Major Tests*. Oregon State University, Corvallis, OR. pp. 59-71.
178. Thompson, J.R., Scultz, R.C., 1995: Root system morphology of *Quercus rubra* L. planting stock and 3-year field performance in Iowa. *New Forest* 9: 225-236.
179. Timmis, R., Tanaka, Y., 1976: Effect of container density and plant water stress on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. *Forest Science* 22 (2): 167-172.

180. Tinus, R.W., McDonald, S.E., 1979: How to grow seedlings in containers in greenhouses. USDA. Gen. Tech. Rep. RM-60, 256 pp.
181. Tolić, I., 1995: Proizvodnja šumskog sadnog materijala u kraškim uvjetima. Šumarski list, 7-8: 261-266, Zagreb.
182. Tomašević, A., 1977: Komparativna istraživanja uspijevanja kultura alepskog bora na vapnenastoj i flišnoj podlozi unutar prirodnog areala. Šumarski list, 3-4: 131-134, Zagreb.
183. Tomašević, A., 1981: Rezultati pokusne sadnje biljaka alepskog i primorskog bora (*Pinus halepensis* Mill. i *P. maritima* Dur.) golog korijena i u polietilenskim tuljcima. Šumarski list, br. 10-12: 441-450, Zagreb.
184. Tomašević, A., 1983: Rezultati ljetne prakse pokusne sadnje biljaka na našem submediteranskom području. Šumarski list, br. 7-8: 347-359, Zagreb.
185. Tomašević, A., 1986: Rekultivacija kraških goleti pošumljavanjem u SR Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 2: 147-167, Zagreb.
186. Tomašević, A., 1993: Pinija (*Pinus pinea* L.) kao vrsta za pošumljavanje krasa. Šumarski list, br. 6-8: 225-235, Zagreb.
187. Tomašević, A., 1994: Podrivanje kao prva faza pripreme tla za pošumljavanje. Šumarski list, 5-6: 173, Zagreb.
188. Tomašević, A., 1995: Komparativni prikaz uspijevanja alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill) i pinije (*Pinus pinea* L.) u mješovitim sastojinama u G. J. »Musapstan« šumarija Zadar. Šumarski list, br. 1-2: 3-15, Zagreb.
189. Topić, V., 1988: Upotrebljivost nekih autohtonih i alohtonih šumskih vrsta kod pošumljavanja submediteranskog krškog područja Dalmacije. Disertacija. s. 1-172, Beograd.
190. Topić, V., 1990: Prirast nekih vrsta četinjača na submediteranskom krškom području Dalmacije. Šumarski list, 11-12: 441-450, Zagreb.

191. Topić, V., 1994: Ekološka obilježja mediteranskog područja Republike Hrvatske. 100-ta obljetnica znanstvenoistraživačkog rada poljodjelsko prehrambenog sustava i šumarstva mediterana Republike Hrvatske, Split.
192. Topić, V., 1999: Melioracijski učinci šumskih kultura na kršu u odnosu na pedosferu. Šumarski list, 9-10: 411-422, Zagreb.
193. Topić, V., Miloš, B., 1990.: Sušenje pinija (*Pinus pinea* L.) u drvoređima na području Splita. Šumarski list, 1-2: 3-13, Zagreb.
194. Topić, V., Antonić, O., Španjol, Ž., Vrdoljak, Ž., 2000.: Regression models for estimating biomass of resprouted pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.), Italian oak (*Quercus frainetto* Ten.) and holm oak (*Quercus ilex* L.). Glasnik za šumske pokuse 37: 123- 131.
195. Topić, V., Butorac, L., Jelić, G., Perić, S., 2006: Influence of container type on growth and development of holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings in a nursery. Periodicum biologorum, vol. 108, No 6, 643-648.
196. Topić, V., Đurđević, Z., Butorac, L., Jelić, G., 2006a: Utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica pinije (*Pinus pinea* L.) u rasadniku. Rad. šumar. inst., Izvanredno izdanje 9; 149-157, Jastrebarsko.
197. Topić, V., Butorac, L., Đurđević, Z., Kekelić, B., Jelić, G., 2009: Utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* Nyman.) u rasadniku i šumskoj kulturi. Šumarski list CXXXIII (3-4), Zagreb.
198. Trubat, R., Cortina, J., Vilagrosa, A., 2003: Estado nutricional y establecimiento de especies leñosas en ambiente semiárido. Cuadernos de la SECF. 17: 245-251.
199. Tsakaldimi, M., Tsitsoni, T., Ganatsas, P., Zagas, T., 2009: A comparison of root architecture and shoot morphology between naturally regenerated and container-grown seedlings of *Quercus ilex*. Plant Soil 324, 103-113.

200. Tsakaldimi, M., Zagas, T., Tsitsoni, T., Ganatsas, P., 2005: Root morphology, stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oaks species raised in different container types. *Plant Soil* 278, 85-93.
201. Tuttle, C.L., South, D.B., Golden, M.S., Meldahl, R.S., 1987: Relationship between initial seedling height and survival and growth of loblolly pine seedling planted during a drought year. *Southern Journal of Applied Forestry* 11 (3): 139-143.
202. Varelides, C., Kritikos, T., 1995: Effect of site preparation intensity and fertilization on *Pinus pinaster* survival and height growth on three sites in northern Greece. *Forest Ecology and Management* 73: 111-115.
203. Veseli, D., 1935: Naš goli krš i njegovo pošumljavanje. Okosnica za pučka predavanja. Šumarski list br. 12: 331-338, Zagreb.
204. Vidaković, M., 1972: Novi pogledi na pošumljavanje degradiranog krša. Šumarski list, br. 11-12: 426-432, Zagreb.
205. Vidaković, M., Franjić, J., 2004.: Golosjemenjače. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1-823.
206. Villar-Salvador, P., Planelles, R., Enríquez, E., Peñuelas Rubira, J., 2004: Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecology and Management* 196: 257-266.
207. Villar-Salvador, P., Puertolas, J., Penuelas, J.L., 2009: Morphological and physiological plant quality in woodland restoration: a Mediterranean perspective. In: S. Bautista, J. Aronson and R. Vallejo (Eds.), *Land Restoration to Combat Desertification: Innovative Approaches, Quality Control and Project Evaluation*. Fundación Centro de Estudios Ambientales de Mediterráneo (CEAM) pp. 103-120.
208. Vrdoljak, Ž., 1952: Krš i njegovo pošumljavanje. Split.
209. Vrdoljak, Ž., 1954: Nekoliko napomena za uzgoj rašeljke. Šumarski list br. 7: 333-336, Zagreb.

210. Vrdoljak, Ž., 1955: Prilog poznavanju tehnike pošumljavanja srednjodalmatinske kamenjare. Anali Instituta za eksperimentalno šumarstvo Jugoslavenske akademije, Vol. I., Zagreb.
211. Vrdoljak, Ž., 1957: Istraživanje o utjecaju dubine sjetve i zasjenjivanja na nicanju sjemena i razvoj biljaka bijelog i crnog graba. Anali Instituta za eksperimentalno šumarstvo Jugoslavenske akademije, Vol. II., Zagreb.
212. Vrdoljak, Ž., 1967: Istraživanje u uzgoju sadnica košćele i rašeljke. Šumarski list br. 5-6: 232-243, Zagreb.
213. Whitcomb, C.E., 1988: Plant production in containers. Stillwater, OK: Lacebark Publications. 638 p.
214. Wilder-Ayers, J.A., Tolliver, J.R., 1987: Relationships of morphological root and shoot characteristics to the performance of outplanted bareroot and containerized seedlings of loblolly pine: In: Proceedings, 4th Biennal Southern Silvicultural Research Conference. Gen. Tech. Rep. SE-42. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station: 206-211.
215. Wilson, B.C., Jacobs, D.F., 2006: Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. New Forests 31: 417-433.
216. (Electronic Version): StatSoft, Inc. (2011). Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/>.
217. www.earth.google.com
218. www.stuewe.com

ŽIVOTOPIS

Goran Jelić je rođen 18. 08. 1980. godine u Splitu. Osnovnu školu završio je u Splitu, a srednju šumarsku školu u Kaštel Štafiliću. Studij šumarstva na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisao je 1999. godine gdje je i diplomirao 2005. godine stekavši zvanje diplomiranog inženjera šumarstva.

Nakon studija radio je kao pripravnik u Šumariji Split, Uprava šuma podružnica Split. U prosincu 2005. godine zapošljava se u Institutu za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu kao znanstveni novak u Samostalnom odjelu za šumarstvo. Tijekom 2006. godine upisao je poslijediplomski doktorski studij iz znanstvenog područja: "Uzgajanje šuma s lovnim gospodarenjem".

Sudjelovao je na više domaćih i međunarodnih znanstvenih kongresa. Zajedno sa suradnicima objavio je 11 znanstvenih radova, 4 sažetka u zbornicima skupova i 2 stručne studije. Poseban interes u njegovom radu zauzima uzgajanje šuma, pošumljavanje, erozija tla vodom, melioracija krša. Član je Hrvatskog šumarskog društva.

Objavljeni radovi:

Znanstveni radovi:

1. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Površinsko otjecanje padalina i erozija tla u šumskim ekosustavima alepskog bora. Radovi - Šumarski institut, Jastrebarsko. Izvaredno izdanje 9 (2006); 127-137.
2. Topić, Vlado; Đurđević, Zoran; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica pinije (*Pinus pinea L.*) u rasadniku. Radovi - Šumarski institut, Jastrebarsko. Izvaredno izdanje 9 (2006); 149-157.
3. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija, **Jelić, Goran**; Perić, Sanja. Influence of container type on growth and development of holm oak (*Quercus ilex L.*) seedlings in a nursery. Periodicum biologorum. 108 (2006), 6; 643-648.

4. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**; Perić, Sanja; Rosavec, Roman. Biomass of hop hornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) shrub on Velebit. *Periodicum biologorum*. 110 (2008), 2; 151-156.
5. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran**; Jazbec, Anamarija. Influence of forest fire on water erosion of soil in the Mediterranean area of Croatia Proceedings of the First International Conference on Remote Sensing Techniques in Disaster Management and Emergency Response in the Mediterranean Region. Olijić, Marinko (ur.). Zagreb: European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL), 2008. 231-239.
6. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Biomasa u panjačama planike (*Arbutus unedo* L.) na otoku Braču. *Šumarski list*. CXXXIII (2009), 1-2; 5-14.
7. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran**. Površinsko otjecanje oborina i gubici tla u opožarenim kulturama alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) na koluviju. *Šumarski list*. 3-4 (2009); 165-174.
8. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; Đurđević, Zoran; Kekelić, Branko; **Jelić, Goran**. Utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* Nyman) u rasadniku i šumskoj kulturi. *Šumarski list*. CXXXIII (2009), 3-4; 121-134.
9. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran**. Intensity of soil erosion by water in preserved and burnt stands of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Croatia. Imagin (e,g) Europe- Proceedings of the 29th EARSeL Symposium, Chania, Greece. Amsterdam, (2010), 35-42.
10. Seletković, Ivan; Potočić, Nenad; Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**; Jazbec, Anamarija. Utjecaj različitih tipova kontejnera i doza sporotopivog gnojiva na rast i fiziološke parametre sadnica crnog bora (*Pinus nigra* Arn.). *Šumarski list*. Posebni broj (2011); 90-102.
11. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Drvna i lisna masa u makijama planike (*Arbutus unedo* L.) na području Vrgorca. *Šumarski list*. Posebni broj (2011); 182-189.

Sažeci u zbornicima skupova:

1. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran.** Soil erosion by water in Aleppo pine stands (*Pinus heleensis* Mill.) after fire. 2008-International Year of Planet Earth, Eurosoil 2008, Soil - Society - Environment, Blum, Winfried E.H.; Gerzabek, Martin H.; Vodrazka, Manfried (ur.). Vienna: University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), 2008. 258-259.
2. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran.** Influence of forest fire on water erosion of soil in the Mediterranean area of Croatia. Disaster Management and Emergency Response in the Mediterranean Region, Abstract Book, Marinko Olujić and Ivan Gušić (ur.). Zagreb, 2008. 75.
3. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran.** Intensity of soil erosion by water in preserved and burnt stands of Aleppo pine in Croatia. 29th EARSeL Symposium Imagine Europe, Abstract Book, I. Manakos, C. Kalaitzidis, D. Petraki, N. Psyllakis (ur.), MAI Chania, 2009.
4. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran.** Role of vegetation on karst on protection of soil from erosion. International interdisciplinary scientific conference Sustainability of the karst environment - Dinaric karst and other karst regions, Abstract Book, O. Bonacci, Ž. Župan (ur.) Plitvička jezera 2009. 134.

Stručne studije:

1. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran.** Projekt biološke sanacije eksploatacijskog polja "Sv. Juraj - Sv. Kajo", Split, 2005.
2. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran.** Projekt biološke sanacije eksploatacijskog polja "10. kolovoz", Split, 2007.

CURRICULUM VITAE

Goran Jelić was born on 18 August 1980. in Split. He finished elementary school in Split and secondary forestry school in Kaštel Štafilić. He studied forestry at the Faculty of Forestry, University of Zagreb and graduated in 2005.

After his studies he worked as a trainee in the Forest office Split "Hrvatske šume" d.o.o., Zagreb. Since 2005. he works as a Research Assistant in the Institute of Adriatic Crops and Karst Reclamation in Split in Department of Forestry. During 2006. he enrolled his doctoral research degree in Faculty of Forestry, University of Zagreb in scientific field Silviculture with hunting management.

He has participated in several national and international scientific congresses. Together with colleagues he published 11 scientific papers, 4 abstracts in conference Proceedings and 2 studies. His scientific interests are silviculture, soil erosion by water, afforestation and Karst reclamation. He is a member of Croatian Forestry Society.

Publications:

1. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Površinsko otjecanje padalina i erozija tla u šumskim ekosustavima alepskog bora. Radovi - Šumarski institut, Jastrebarsko. Izvaredno izdanje 9 (2006); 127-137.
2. Topić, Vlado; Đurđević, Zoran; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica pinije (*Pinus pinea L.*) u rasadniku. Radovi - Šumarski institut, Jastrebarsko. Izvaredno izdanje 9 (2006); 149-157.
3. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija, **Jelić, Goran**; Perić, Sanja. Influence of container type on growth and development of holm oak (*Quercus ilex L.*) seedlings in a nursery. Periodicum biologorum. 108 (2006), 6; 643-648.

4. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**; Perić, Sanja; Rosavec, Roman. Biomass of hop hornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) shrub on Velebit. *Periodicum biologorum*. 110 (2008), 2; 151-156.
5. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran**; Jazbec, Anamarija. Influence of forest fire on water erosion of soil in the Mediterranean area of Croatia Proceedings of the First International Conference on Remote Sensing Techniques in Disaster Management and Emergency Response in the Mediterranean Region. Olijić, Marinko (ur.). Zagreb: European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL), 2008. 231-239.
6. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Biomasa u panjačama planike (*Arbutus unedo* L.) na otoku Braču. *Šumarski list*. CXXXIII (2009), 1-2; 5-14.
7. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran**. Površinsko otjecanje oborina i gubici tla u opožarenim kulturama alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) na koluviju. *Šumarski list*. 3-4 (2009); 165-174.
8. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; Đurđević, Zoran; Kekelić, Branko; **Jelić, Goran**. Utjecaj tipa kontejnera na rast i razvoj sadnica običnog čempresa (*Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* Nyman) u rasadniku i šumskoj kulturi. *Šumarski list*. CXXXIII (2009), 3-4; 121-134.
9. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran**. Intensity of soil erosion by water in preserved and burnt stands of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Croatia. Imagin (e,g) Europe- Proceedings of the 29th EARSeL Symposium, Chania, Greece. Amsterdam, (2010), 35-42.
10. Seletković, Ivan; Potočić, Nenad; Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**; Jazbec, Anamarija. Utjecaj različitih tipova kontejnera i doza sporotopivog gnojiva na rast i fiziološke parametre sadnica crnog bora (*Pinus nigra* Arn.). *Šumarski list*. Posebni broj (2011); 90-102.
11. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran**. Drvna i lisna masa u makijama planike (*Arbutus unedo* L.) na području Vrgorca. *Šumarski list*. Posebni broj (2011); 182-189.

Abstracts in Book of abstracts:

1. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran.** Soil erosion by water in Aleppo pine stands (*Pinus heleensis* Mill.) after fire. 2008-International Year of Planet Earth, Eurosoil 2008, Soil - Society - Environment, Blum, Winfried E.H.; Gerzabek, Martin H.; Vodrazka, Manfried (ur.). Vienna: University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), 2008. 258-259.
2. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran.** Influence of forest fire on water erosion of soil in the Mediterranean area of Croatia. Disaster Management and Emergency Response in the Mediterranean Region, Abstract Book, Marinko Olujić and Ivan Gušić (ur.). Zagreb, 2008. 75.
3. Butorac, Lukrecija; Topić, Vlado; **Jelić, Goran.** Intensity of soil erosion by water in preserved and burnt stands of Aleppo pine in Croatia. 29th EARSeL Symposium Imagine Europe, Abstract Book, I. Manakos, C. Kalaitzidis, D. Petraki, N. Psyllakis (ur.), MAI Chania, 2009.
4. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran.** Role of vegetation on karst on protection of soil from erosion. International interdisciplinary scientific conference Sustainability of the karst environment - Dinaric karst and other karst regions, Abstract Book, O. Bonacci, Ž. Župan (ur.) Plitvička jezera 2009. 134.

Studies:

1. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran.** Projekt biološke sanacije eksploatacijskog polja "Sv. Juraj - Sv. Kajo", Split, 2005.
2. Topić, Vlado; Butorac, Lukrecija; **Jelić, Goran.** Projekt biološke sanacije eksploatacijskog polja "10. kolovoz", Split, 2007.