

Današnji rezultati i perspektive budućih aktivnosti pri osnivanju šumskih kultura na sredozemnom području

Drvodelić, Damir; Oršanić, Milan; Paulić, Vinko

Source / Izvornik: **Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šumarstvo i poljoprivreda hrvatskog Sredozemlja na pragu Europske unije, 2013, 113 - 144**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:505827>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-18**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



DANAŠNJI REZULTATI I PERSPEKTIVE BUDUĆIH AKTIVNOSTI PRI OSNIVANJU ŠUMSKIH KULTURA NA SREDOZEMNOM PODRUČJU

PRESENT RESULTS AND PROSPECTS FOR FUTURE ACTIVITIES WHEN ESTABLISHING FOREST CULTURES IN THE MEDITERRANEAN REGION

Damir Drvodelić, Milan Oršanić, Vinko Paulić

Sažetak

Veći radovi pošumljavanja krša u nas, prema dostupnoj dokumentaciji, datiraju od druge polovice 19. stoljeća, a izvodila ih je Krajiška uprava 1865. godine. Za pošumljavanje krša Vojne krajine osnovano je u Senju 1878. godine Nadzorništvo za pošumljavanje primorskoga krša. U Dalmaciji su se intenzivna pošumljavanja provodila u razdoblju od 1904. do 1914. godine. U razdoblju od 1865. do 1945. godine na kršu je pošumljeno oko 16.000 ha šumskih kultura. U radu se prikazuje trenutna struktura šumskih kultura na mediteranskom području Republike Hrvatske s obzirom na zastupljenost vrsta, površinu, dob, drvenu zalihu i prirast. Uspjeh pošumljavanja i osnivanja kultura četinjača ovisi o visokom stupnju harmonizacije između posebnih zahtjeva vrste i produktivnosti tla. Vrste roda *Pinus* L. imaju važnu ulogu u procesu progresivne sukcesije vegetacije na sredozemnom području. Općenito se može reći da uspjeh pošumljavanja sadnicama ovisi o kompleksu klimatskih, mehaničkih i bioloških čimbenika. Vruća i suha ljeta, plitko tlo i južne ekspozicije samo su neki od čimbenika koji negativno utječu na podizanje šumskih kultura na području Sredozemlja. U novije vrijeme suša se svladava modernim agrotehničkim mjerama kojima je cilj stvaranje što boljih uvjeta za održanje vlage u tlu i sprečavanje evaporacije. Radi popravljivanja vlažnosti tla, mogu se primjenjivati hidrogelovi, a za smanjivanje transpiracije i vodnog stresa različite vrste antitranspiranata. Uporabom tvorničkih gnojiva s kontroliranim otpuštanjem hranjivih tvari kao što je Agroblen i sl. osiguravamo optimalan rast i visoku otpornost biljke tijekom duljeg razdoblja. Na tlama izuzetno slabe mikrobiološke aktivnosti može se primjenjivati Frisol F organsko gnojivo s kontroliranim otpuštanjem hraniva i progresivnim učinkom na tlo. Tijekom povijesti puno se pisalo o čimbenicima koji utječu na uspjeh pošumljavanja kao što su kvaliteta

sadnica (genetska i morfološka), broj biljaka/ha, način pripreme zemljišta, vrijeme, godišnje doba i način obavljanja sadnje, izbor vrsta drveća, provenijencija i održavanje nasada. Dosta istraživača bavilo se problematikom stanja i uspijevanja umjetno podignutih šumskih nasada, metodama prorednih zahvata, produkcijom i kemizmom biomase, melioracijskom učincima pojedinih vrsta, prirastima, prirodnom obnovom nakon požara, sanacijom površina poharanih požarom, odnosima stanišnih čimbenika u sastojinama itd. Buduće aktivnosti valjalo bi usmjeriti prema istraživanjima fizioloških kriterija kvalitete sadnica (potencijal rasta korijena, vodni turgor itd.) i utjecaju mehaničkih čimbenika (osjetljivost sadnica na oštećivanje, štetni utjecaj vađenja, dorade, klasiranja, čuvanja, transporta, tehnike ručne ili strojne sadnje) na uspjeh pošumljavanja na kršu. Odgovarajuća priprema površine za pošumljavanje, pažljiva i stručna tehnika sadnje (izbjegavanje tzv. U, J i L zakorjenjivanja, loše zatrpavanje i gaženje sadne jame, pretjerano orezivanje korijena...), zaštita sadnica postavljanjem manjeg kamenja ili zaštitne ploče te kontrola korova samo su neke od mjera koje se primjenjuju za ublažavanje stresova kod podizanja šumskih kultura na području krša.

Ključne riječi: pošumljavanje; šumske kulture; Sredozemlje; *Pinus* sp.; kvaliteta sadnica.

UVOD / INTRODUCTION

Prema Matiću (1990), nalazimo se u četvrtoj etapi odnosa čovjek – šuma u kojoj je prije svega potrebno obaviti i pravno regulirati odnos cijelog društva prema šumi. Katastrofalna trovanja zraka, vode i tla, promjena klime, šumski požari, poplave, erozije, bujice, pad razine podzemnih voda, hidromelioracijski radovi koji iz temelja mijenjaju ekološke uvjete koji tisućama godina vladaju u šumi, izgradnje cesta, dalekovoda, plinovoda, kanala, pruga i dr. utječu na brzo propadanje šuma, a da na to šumari koji gospodare šumama nemaju nikakvog utjecaja. Nigdje nije tako jako vidljiv negativan utjecaj čovjeka i njegovih loših navika na pojavu propadanja šuma kao na području Sredozemlja. To je glavni razlog što je to područje, a i ostale zemlje koje oplakuje Sredozemno more, uglavnom ostalo bez šume, a kao posljedice toga i bez vode i tla, s lošom poljoprivrednom proizvodnjom, ekstremnim klimatskim uvjetima, intenzivnim bujičnim i erozijskim procesima, poplavama i sl. Zbog svega navedenog, a posebno zbog nepovoljnih klimatskih, edafskih, geomorfoloških, biotskih i dr. čimbenika, uočljiv je nestanak autohtonih regularnih sastojina visokog uzgojnog oblika na području hrvatskog Sredozemlja te njihov prelazak u neki niži, manje kvalitetan uzgojni oblik (srednji, niski) ili u neki degradacijski stadij (šikara, makija, šibljak, garig, goli krš). Prema Matiću (1990), goli krš krajnji je degradacijski stadij, posebno klimatogenih šuma toga područja koje tvore šume hrastova crnike (*Quercus ilex* L.), medunca (*Quercus pubescens* Willd.) i ostalih vrsta roda *Quercus* L. Goli krš najčešće su šumske površine s kojih je nestala šuma i gdje je došlo do de-

gradacije tla, a površinski dominiraju na području hrvatskog Sredozemlja. One su sposobne za rekultivaciju bilo pošumljavanjem pionirskim vrstama drveća ili pak spontanim procesima sukcesije prirodne vegetacije. Pod pošumljavanjem smatramo ručno ili mehanizirano (umjetno) podizanje šuma sadnjom sadnica ili sjetvom sjemena na golim površinama, koje su prije toga dulje vrijeme bile bez šume i gdje je tlo izgubilo osobine šumskoga tla (Matić i dr. 2011).

Pošumljavanje obavljamo pionirskim vrstama drveća čiji je zadatak da tijekom vremena tlu vrate ona biološka, pedofizikalna i pedokemijska svojstva koja imaju pod šumom formirana i očuvana šumska tla. Takvo je tlo spremno prihvatiti klimatotogene vrste drveća koje rastu na tom području i omogućiti im kvalitetan razvoj do maksimalnih vrijednosti koje navedene vrste mogu postići na određenom staništu a u skladu s njihovim biološkim svojstvima. Pošumljavanjem podižemo šume koje već prema načinu podizanja i gospodarenja nazivamo šumskim kulturama, intenzivnim kulturama i šumskim plantažama. Šumske su kulture takve šume koje su podignute sadnjom biljaka ili sjetvom sjemena bez primjene gnojidbe. Intenzivne su kulture takve umjetno podignute šume nastale sadnjom biljaka ili sjetvom ili sadnjom sjemena, s tim da se prilikom sadnje i sjetve obavila startna gnojidba tvorničkim ili domaćim gnojivom. Šumske su plantaže šume podignute sadnjom biljaka uz primjenu intenzivne agrotehnike i gnojidbe tla u kojima se mogu, uza šumske vrste drveća, u prvih nekoliko godina uzgajati i neke poljoprivredne kulture. Svako pošumljavanje, po uloženom radu i materijalnim sredstvima, zauzima prvo mjesto u usporedbi s ostalim uzgojnim zahvatima, ali je sve uloženo istovremeno nezaobilazno ako želimo gole površine privesti bioproizvodnji. Da bi se ti radovi kvalitetno obavili, nužno ih je dobro planirati i sustavno izvoditi, a u skupinu značajnih radova o kojima ovisi uspjeh pošumljavanja ulaze sljedeće faze (Matić i Prpić 1983, Matić 1994, Matić i dr. 1997):

- odabiranje najprikladnijih površina,
- odabir odgovarajućih vrsta drveća,
- određivanje načina pošumljavanja,
- određivanje razdoblja pošumljavanja,
- priprema tla za pošumljavanje,
- određivanje prostornog rasporeda i međusobnog razmaka biljaka, odnosno broja biljaka i količine sjemena po jedinici površine.

Veći radovi pošumljavanja krša u nas datiraju od druge polovice 19. stoljeća, a izvodila ih je Krajiška uprava 1865. godine. Za pošumljavanje krša Vojne krajine osnovano je u Senju 1878. godine „Kraljevsko nadzorništvo za pošumljenje krasa krajiškog područja – Inspektorata za pošumljavanje krševa, goleti i uređenje bujica“. U Dalmaciji su se intenzivna pošumljavanja provodila u razdoblju od 1904. do

1914. godine. U razdoblju od 1865. do 1945. godine na kršu je podignuto oko 16.000 ha šumskih kultura. Uz autohtone vrste crni bor, alepski bor i piniju za osnivanje šumskih kultura na mediteranskom području služe i alohtone vrste kao što su brucijski bor, primorski bor, Lawsonov pačempres, cedrovi, čempresi, eukaliptusi itd. Naš prvi rasadnik za proizvodnju sadnica na kršu osnovan je 1879. godine u Svetom Mihovilu na području Senja, površine 2 katastarska jutra i 1.320 četvornih hvati. Godišnje se proizvodilo od 1,8 do 2,0 milijuna sadnica. Tijekom 1882. godine osnovani su veliki rasadnici u Kninu, Sinju i Kotoru i još čitav niz manjih rasadnika. Godine 1886. osniva se u Senjskoj dragi rasadnik Kesten, koji u to vrijeme proizvodi od 0,8 do 1 milijun sadnica, a 1910. rasadnik Podbadanj u Crikvenici, koji je imao veliku ulogu u pošumljavanju krša (Oršanić i dr. 2011).

Sve od kraja 19. stoljeća za pošumljavanja mediteranskoga područja, ali i ostalih područja u svijetu, ekstenzivno su korištene vrste roda *Pinus* L. Tradicionalna strategija za pošumljavanje degradiranih površina na području Mediterana u prvom je redu introdukcija brzorastućih pionirskih vrsta drveća, obično borova (Ceballos 1938, Gil i Prada 1993), uz pretpostavku da te vrste omogućuju povratak (umjetnim ili prirodnim putem) autohtonih vrsta listaća (Barbéro i dr. 1998). Borovi su pionirske vrste drveća otporne na stresne čimbenike koji popravljaju osobine staništa za pridolazak elemenata konačne (klimazonalne) vegetacije. Španjol i dr. (2009) istraživali su utjecaj borovih kultura na povratak autohtone vegetacije. Jedan od temeljnih zaključaka odnosio se na opravdanost pošumljavanja degradiranih staništa vrstama roda *Pinus* L. uz napomenu da nije utvrđen značajniji utjecaj borova na stanište. Danas je na otoku Rabu oko 1.000 ha šumskih kultura borova, s time da se florni elementi klimatogenih šumskih zajednica javljaju samo na malim površinama (Španjol i dr. 2009). S druge strane, Anić (2003) je u istraživanju 100-godišnje šumske kulture crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) na prostoru Gospodarske jedinice Senjska draga, kojom gospodari Šumarija Senj, došao do zaključka da one danas imaju obilježja prijelazne šume, što se potvrđuje dvoslojnim rasporedom stabala u sastojinama, okomitim sklopom s razvijenom glavnom etažom zrelih stabala crnoga bora i podstojnom etažom bjelogoričnih vrsta – elemenata klimatskozonske šume, prirodnim pomlatkom tih vrsta te nepostojanjem prirodnog pomlatka crnoga bora. Sa šumskouzgojnoga gledišta promatrano, meliorativni je učinak šumskih kultura crnoga bora na istraživanom lokalitetu potpun. Matić i dr. (2011) pišu kako se s vremenom u borovim sastojinama pojavljuje podrast koji čine vrste drveća crnikovih (u eumediteranu) ili međunčevih (u submediteranu) šumskih zajednica. Sve obično traje od jedne (60 – 80 godina) do dvije generacije ili ophodnje borovih sastojina, što ovisi o stanišnim uvjetima.

U svim zemljama Mediterana masovno su podizane šumske kulture, većinom s borovima, ali i ostalim četinjačama te eukaliptusima. Oršanić (1995) piše kako se

najveće površine za osnivanje šumskih kultura četinjača nalaze na području eumediteranskog i submediteranskog krša te kako su na području krša najzastupljenije vrste crni bor te alepski i brucijski bor. Prema Dubravcu i dr. (2005), u priobalnom području Republike Hrvatske, prema podacima iz 1984. godine, nalazi se oko 40.000 ha sastojina alepskog bora. Površine pod sastojinama alepskog bora povećavaju se ne samo zbog novih pošumljavanja već i zbog bioloških osobina prirodnog širenja i obnove te vrste na površinama poharanim požarom.

Požari mogu utjecati na rasprostiranje borova na području Mediterana (Barbéro i dr. 1998). Primjer su vrste *Pinus halepensis* Mill. i *Pinus brutia* Ten., koje počinju fruktificirati relativno rano (< 10 godina, Thanos i Daskalaku 2000), dok se masovni urod češera ne pojavljuje prije 10., odnosno 15. godine (ovisno o ekološkim uvjetima); ako su intervali požara kraći od 10 – 15 godina, može doći do lokalnog nestanka ove vrste (Pausas 1999, Arianoutsou i dr. 2002). Vrste *Pinus nigra* Arnold i *Pinus silvestris* L. nisu pirofiti (Trabaud i Campant 1991, Habrouk i dr. 1999, Tapias i dr. 2001) i njihovo je sjeme osjetljivo na visoke temperature koje nastaju tijekom požara (Escudero i dr. 1999, Habrouk i dr. 1999, Nuñez i Calvo 2000). Vrsta *Pinus pinea* L. također nije pirofit (Tapias i dr. 2001), a za prirodnu obnovu nakon požara zaslužni su zatvoreni češeri, sjeme s tvrdom sjemenom ljuskom koje izdrži visoke temperature (Escudero i dr. 1999) i debela kora. Puni urod kod pinije događa se u intervalima svakih 3 – 6 godina, dok se između godina punog uroda javljaju slabiji urodi (Le Maître 1998). Vrste *Pinus heldreichii* Christ i *Pinus leucodermis* Ant. ne prežive požare (Blondel i Aronson 1999). Ako mladu borovu sastojinu zahvati požar, prirodna obnova veoma je teška i spora. Umjetna obnova sjetvom sjemena borova može biti jedno rješenje.

Sjetva sjemena jeftin je i jednostavan način obnove na nedostupnim i velikim površinama (npr. sjetva iz zraka). Castell i Castelló (1996) pišu o relativno uspješnom klijanju sjemena (5%) posijanog iz zraka nakon požara u Kataloniji na sjeveroistoku Španjolske. Pokrivanje sjemena slojem malča može povećati klijavost i rast biljaka (Muzzi i dr. 1997, Brofas i Varelides 2000). Malč također utječe na smanjenje erozije tla na prethodno požarom poharanim površinama (Bautista i dr. 1996, Badia i Martí 2000). Glavni nedostatak podizanja šumskih kultura sjetvom sjemena borova jesu predatori. Iz istraživanja sjemena alepskog bora posijanog iz zraka krajem studenog 2000. godine u istočnoj Španjolskoj proizlazi da su više od 80% sjemena oštetili predatori (ptice i glodavci) tijekom prvih šest mjeseci, dok je na nekoliko lokaliteta sjeme bilo oštećeno za manje od mjesec dana. Zbog predatora, u ovom slučaju nije uspjelo pošumljavanje sjetvom sjemena (Pausas i dr. 2004). Pojava predatora jako je varijabilna i u čvrstoj je ovisnosti o staništu i vremenu tijekom godine. Visok rizik od predatora ozbiljna je prepreka primjeni te metode pošumljavanja. Repelenti u komercijalnoj uporabi nisu dovoljno učinkoviti u sprečavanju štete od predatora (Llacuna 1998). Jedna od metoda jest zasićenje potencijalnih predatora koja se postiže

sjetvom velike količine sjemena pratećih vrsta. Ako je niska gradacija predatora, sjeme borova može ostati vitalno kraće vrijeme u tlu i stvoriti zalihe sjemena. Ako postoji opasnost da posijano sjeme strada od predatora, pošumljavanje treba obaviti sadnjom sadnica.

U jednom istraživanju sadnice alepskog bora imale su bolje preživljenje i inicijalni rast od većine vrsta listača. U semiaridnoj klimi (Vilagrosa i dr. 2001) sadnice alepskog bora imaju nizak postotak preživljenja sličan nekim listačama poput *Pistacia lentiscus* i *Rhamnus lycioides* i statistički značajno veći visinski prirast u prvih šest godina nakon sadnje.

Neke su od tehnika koje se provode na terenu radi poboljšanja rezultata podizanja šumskih kultura:

- a) povećanje volumena tla za zakorjenjivanje,
- b) dodavanje hraniva,
- c) sakupljanje oborina i konzervacija vode,
- d) kontrola kompeticije s postojećom vegetacijom.

Između navedenih tehnika, priprema terena najviše utječe na povećanje vodnog statusa biljke. Priprema terena obično obuhvaća ručno ili strojno kopanje jama dimenzija 40 x 40 x 40 cm ili mehaničku pripremu ripernjem. Cilj navedenih tehnika jest povećanje raspoloživog volumena tla, sakupljanje viška oborina, konzerviranje vode i popravljavanje retencijskog vodnog kapaciteta tla (Chirino i dr. 2009). Puno je važnije sadnici omogućiti dublje zakorjenjivanje nego povećati volumen izmijenjenog tla (Padilla i Pugnaire 2007). Istraživanja Querejeta i dr. (2001) te Barberá i dr. (2005) pokazala su kako duboka priprema tla povećava preživljenje i rast sadnica. Postoje mnoge tehnike koje se primjenjuju radi povećanja koncentracije oborina i infiltracije vode (Li i dr. 2000). Cortina i Maestre (2005) i Valdecantos i dr. (2006) pišu kako su degradirana tla često neplodna te da je kod sjetve ili sadnje potrebno aplicirati hranivo. Organski dodaci za tlo sadrže izvore hranjivih tvari i organske tvari koje se mogu rabiti kod podizanja šumskih kultura. Organski dodaci za tlo povećavaju kapacitet čuvanja vode u tlu i poboljšavaju biljno-hranidbeni status (Querejeta i dr. 2001, Fuentes i dr. 2010). Prema Bainbridge (2002), navodnjavanje se vrlo rijetko primjenjuje kod pošumljavanja kako na jugoistoku Iberskog poluotoka, tako i u ostalim aridnim i semiaridnim područjima. Ključni čimbenici za podizanje vegetacije u ekstremnim ekološkim uvjetima jesu tlo i vlaga u tlu. Osim nedostatka tla i vlage u tlu, visoke prosječne temperature zraka i deficit padalina, jako je izražen i štetan utjecaj vjetra.

Šumska tla na području Mediterana, posebno ona degradirana, oskudijevaju u fosforu, što se može se popraviti prihranom (Sheriff i dr. 1986). Prihrana organskim gnojivom potiče rast sadnica alepskog bora i hrasta crnike (Valdecan-

tos 2001). Primjena organskih dodataka za tlo obično rezultira nižim odnosom korijen/stabljika. Querejeta i dr. (1998) pišu o boljem rastu i preživljenju sadnica alepskog bora na području Murcije (jugoistočna Španjolska) u situacijama kada je dodan organski urbani ostatak. Drugi čimbenici koji su utjecali na uspjeh pošumljavanja jesu duboka priprema tla i inokulacija sadnica mikoriznim gljivama. U zadnje vrijeme intenzivno se primjenjuju tvornička gnojiva s postupnim otpuštanjem hranjivih tvari kao što je Agroblen, Osmocote i sl. Agroblen je razvijen za osnovnu gnojidbu tla te sadrži NPK granule obložene propusnom membranom. Gnojivo oslobađa hranivo direktno prema korijenu sadnice, a sadrži magnezij za dobru boju lista i kalcij. Primjenjuje se kod puno vrsta listača. Agroblen pokazuje jako dobro djelovanje kod onih vrsta koje se siju krajem jeseni a kliju u proljeće. U hladnijoj klimi kontrolira otpuštanje hraniva (<http://www.scottspromotional.com/en/agroblen.html>, od 15. prosinca 2011.).

MATERIJAL I METODE / MATERIAL AND METHODS

Podaci o površinama (ha), drvnjoj zalihi (m^3 , m^3/ha) i godišnjem tečajnom prirastu (m^3 , m^3/ha , %) po dobnim razredima za šumske kulture crnoga bora, alepskoga bora, primorskog bora i brucijskog bora na području uprava šuma podružnica Delnice, Senj, Buzet i Split dobiveni su od Službe za uređivanje šuma javnog poduzeća Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. Za potrebe ovog istraživanja odabrani su isključivo UŠP-ovi čije se površine pod šumskim kulturama nalaze na području hrvatskoga Sredozemlja. U radu se posebno prikazuju rezultati na podizanju i njezi šumskih kultura na području UŠP-a Senj i UŠP-a Split. Podaci o pošumljavanju i popunjavanju u razdoblju 2000. – 2010. godine po vrstama drveća i šumarijama za područje UŠP-a Senj prikupljeni su u odjelu za uređivanje šuma. Podaci o izvršenju uzgojnih radova u razdoblju 2003. – 2010. godine za područje UŠP-a Split prikupljeni su u proizvodnom odjelu. Svi podaci obrađeni su u programu *Microsoft Office Excel 2003*.

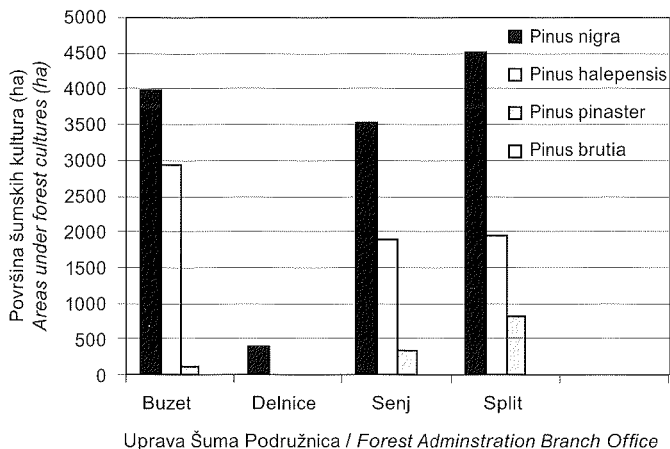
REZULTATI ISTRAŽIVANJA / RESEARCH RESULTS

Rezultati podizanja šumskih kultura na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine

Results for the establishment of forest cultures on the territory of Forest Administration Branch Office Split from 2003 to 2010

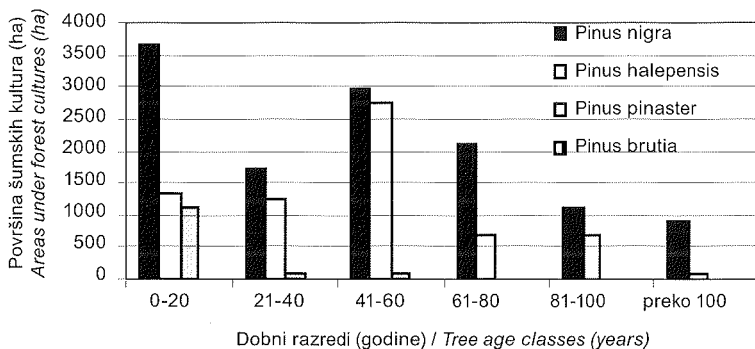
Danas u Republici Hrvatskoj ima oko 75000 ha šumskih kultura četinjača, od čega 20.471 ha (27,29%) na mediteranskome području. Najveće površine šumskih kultura nalaze se na području Uprave šuma Podružnice (UŠP) Split (7.273 ha), a naj-

manje na području UŠP-a Delnice (405 ha). Na slici 1 prikazane su površine šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i pojedinome UŠP-u na području hrvatskog Sredozemlja.



Slika 1. Površine šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i UŠP-ova na području hrvatskog Sredozemlja

Figure 1 Areas under forest cultures in the Republic of Croatia by tree species and Forest Administrations Branch Offices in the Croatian Mediterranean region



Slika 2. Površine šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i dobnim razredima

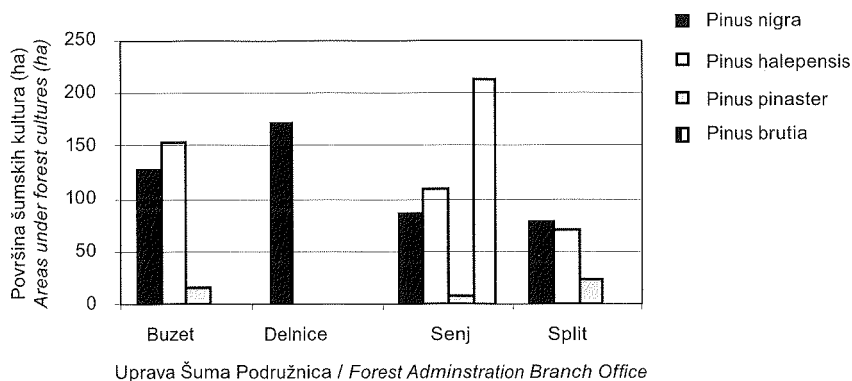
Figure 2 Areas under forest cultures in the Republic of Croatia by tree species and age classes

S obzirom na vrste drveća, najviše je šumskih kultura podignuto crnim borom (12.427 ha); slijedi alepski bor (6.776 ha), primorski bor (1.262 ha) i brucijski bor (5 ha). Najveće površine šumskih kultura crnoga bora nalaze se na području UŠP-a Split (4.516 ha), alepskog bora na području UŠP-a Buzet (2.943 ha), primorskog bora na po-

dručju UŠP-a Split (818 ha) te brucijskog bora na području UŠP-a Senj (5 ha). Najveće površine šumskih kultura nalazi se u dobnom razredu 0 – 20 godina (6.083,90 ha), a najmanje u dobnom razredu starijih od 100 godina (981,82 ha). Na slici 2 prikazane su površine šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i dobnim razredima.

Najveće površine šumskih kultura crnoga bora nalaze se u dobnom razredu 0 – 20 godina (3.668,13 ha), a najmanje u dobnom razredu starijih od 100 godina (885,81 ha). Najveće površine šumskih kultura alepskog bora nalaze se u dobnom razredu 41 – 60 godina (2.750,61 ha), a najmanje u dobnom razredu starijih od 100 godina (89,39 ha). Najveće površine šumskih kultura primorskog bora nalaze se u dobnom razredu 0 – 20 godina (1.099,65 ha), dok u 4. i 5. dobnom razredu nema šumskih kultura s ovom vrstom. Sastojine brucijskog bora nalaze se u dobi preko 100 godina (5,41 ha).

Prosječno najveću drvenu zalihi (m^3/ha) imaju šumske kulture brucijskog bora ($214 m^3/ha$), ali je riječ o najstarijim nasadima; slijedi drvena zaliha alepskog bora ($118 m^3/ha$, crnog bora ($99 m^3/ha$) i primorskog bora ($18 m^3/ha$). Na slici 3 prikazana je drvena zaliha šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i UŠP-ovima na području hrvatskog Sredozemlja.

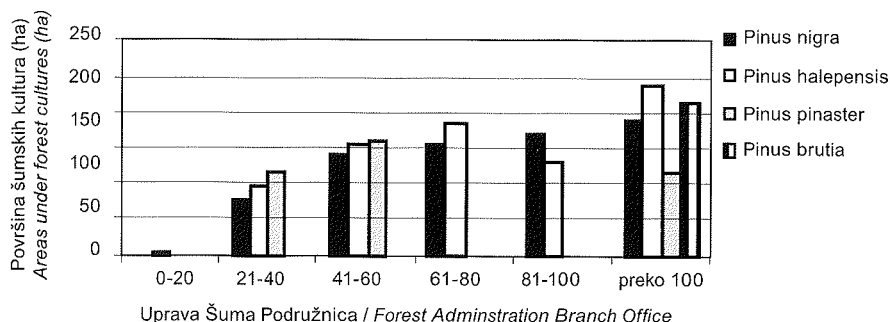


Slika 3. Drvena zaliha šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i UŠP-ovima na području hrvatskog Sredozemlja

Figure 3 Wood stock of forest cultures in the Republic of Croatia by tree species and Forest Management Branch Offices in the Croatian Mediterranean region

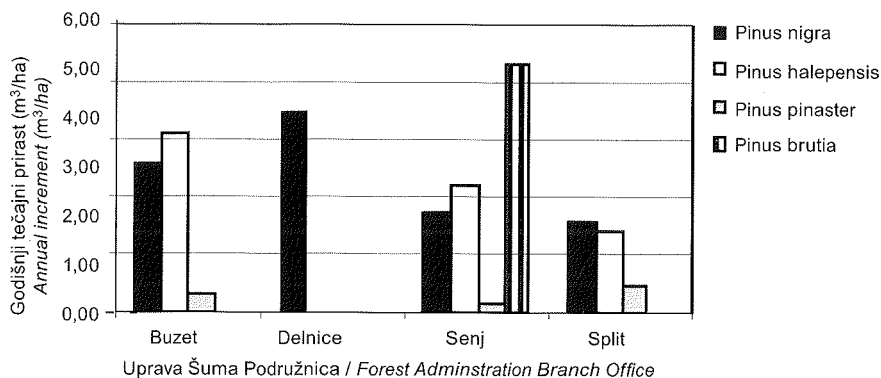
Šumske kulture crnoga bora imaju najveću drvenu zalihi (m^3/ha) na području UŠP-a Delnice ($171 m^3/ha$), a najmanju na području UŠP-a Split ($79 m^3/ha$), šumske kulture alepskog bora imaju najveću drvenu zalihi/ha na području UŠP-a Buzet ($154 m^3/ha$), a najmanju na području UŠP-a Split ($70 m^3/ha$), dok šumske kulture primor-

skoga bora imaju najveću drvenu zalihu/ha na području UŠP-a Split (22 m³/ha), a najmanju na području UŠP-a Buzet (15 m³/ha). Na slici 4 prikazana je drvena zaliha šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i dobnim razredima.



Slika 4. Drvena zaliha šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i dobnim razredima

Figure 4 Wood stock of forest cultures in the Republic of Croatia by tree species and tree age classes



Slika 5. Godišnji tečajni prirast šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i UŠP-ovima na području hrvatskog Sredozemlja

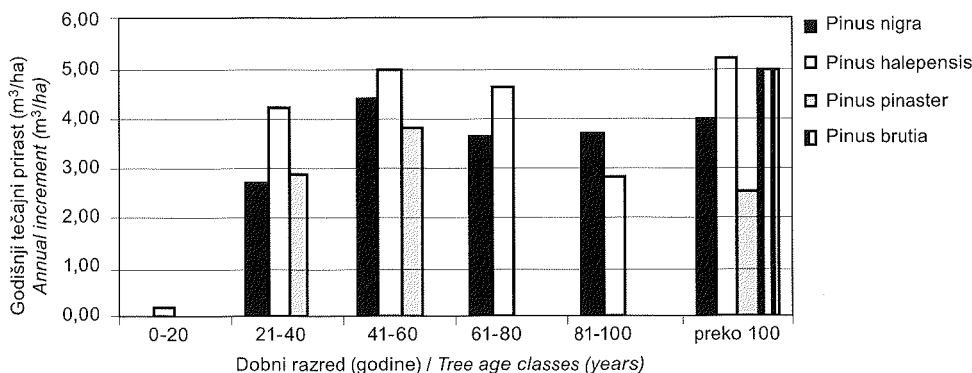
Figure 5 Annual increment of forest cultures in the Republic of Croatia by tree species and Forest Management Branch Offices in the Croatian Mediterranean region

Šumske kulture crnog i alepskog bora imaju najveću drvenu zalihu (m³/ha) u zadnjem dobnom razredu (starijih od 100 godina), dok je najveća drvena zaliha šumskih kultura primorskog bora u trećem dobnom razredu (41 – 60 godina).

Na slici 5 prikazan je godišnji tečajni prirast šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i UŠP-ovima na području hrvatskog Sredozemlja.

Šumske kulture crnog bora imaju najveći godišnji tečajni prirast (m^3/ha) na području UŠP-a Delnice ($5,70 \text{ m}^3/\text{ha}$), a najmanji na području UŠP-a Senj ($1,90 \text{ m}^3/\text{ha}$), šumske kulture alepskog bora imaju najveći godišnji tečajni prirast (m^3/ha) na području UŠP-a Buzet ($4,30 \text{ m}^3/\text{ha}$), a najmanji na području UŠP-a Split ($3,10 \text{ m}^3/\text{ha}$), dok šumske kulture primorskog bora imaju najveći godišnji tečajni prirast (m^3/ha) na području UŠP-a Split ($0,50 \text{ m}^3/\text{ha}$); na području UŠP-a Buzet i UŠP-a Senj taj je prirast podjednak ($0,30 \text{ m}^3/\text{ha}$). Godišnji tečajni prirast nasada brucijskog bora na području UŠP-a Senj iznosi $5,00 \text{ m}^3/\text{ha}$. Prosječni godišnji tečajni prirast (m^3/ha) najveći je kod šumskih kultura brucijskog bora ($5,0 \text{ m}^3/\text{ha}$), slijedi prosječni godišnji tečajni prirast alepskog bora ($3,7 \text{ m}^3/\text{ha}$), crnoga bora ($2,6 \text{ m}^3/\text{ha}$) i primorskog bora ($0,4 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Na slici 6 prikazan je godišnji tečajni prirast šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i dobnim razredima.

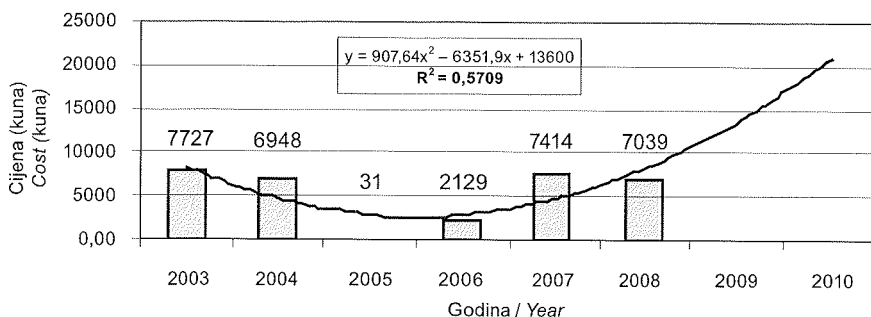


Slika 6. Godišnji tečajni prirast šumskih kultura u Republici Hrvatskoj po vrstama drveća i dobnim razredima

Figure 6 Annual increment of forest cultures in the Republic of Croatia by tree species and tree age classes

Najveći godišnji tečajni prirast imaju šumske kulture crnoga bora u trećem dobnom razredu ($4,4 \text{ m}^3/\text{ha}$), a najmanji one u drugom dobnom razredu ($2,7 \text{ m}^3/\text{ha}$). Najveći godišnji tečajni prirast imaju šumske kulture alepskog bora u dobi preko 100 godina ($5,2 \text{ m}^3/\text{ha}$), a najmanji one u prvom dobnom razredu ($0,2 \text{ m}^3/\text{ha}$). Najveći godišnji tečajni prirast imaju šumske kulture primorskog bora u trećem dobnom razredu ($3,8 \text{ m}^3/\text{ha}$) a najmanji one u dobi preko 100 godina ($2,5 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Pripremi radovi kod pošumljavanja (ha/god) na području UŠP-a Split (2003. – 2010.) izvodili su se na površinama od 0 ha (2009. i 2010.) do $14.627,81 \text{ ha}$ (2005.). Osmogodišnji prosjek pripremnih radova na pošumljavanju na području UŠP-a Split iznosio je $2.464,91 \text{ ha}$. Na slici 7 prikazana je cijena i trend cijene pripremnih radova na pošumljavanju za područje UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine.

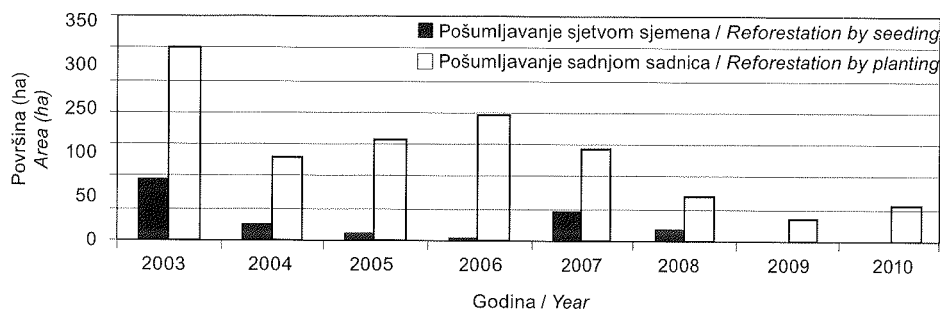


Slika 7. Cijena pripremnih radova na pošumljavanju za područje UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine.

Figure 7 The cost of preparation works for reforestation for the territory of Forest Management Branch Office Split for the period 2003 – 2010

Cijena pripremnih radova kod podizanja šumskih kultura (kn/ha) na području UŠP-a Split iznosila je od 31,00 kn/ha (2005) do 7.727,00 kn/ha (2003). Osmogodišnji prosjek cijene pripremnih radova kod podizanja šumskih kultura na području UŠP-a Split iznosio je 5.215,00 kn/ha. Linija na grafu prikazuje trend cijene pripremnih radova kod podizanja šumskih kultura na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine ($R^2=0,5709$). Na slici 8 prikazane su površine pošumljene sjetvom sjemena i sadnjom sadnica na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine.

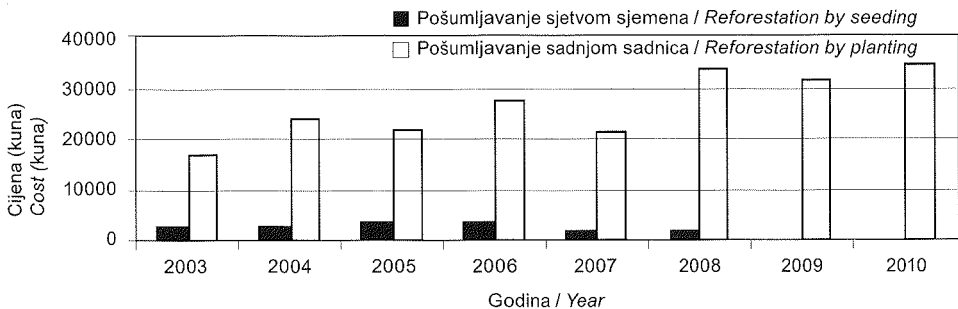
Pošumljavanje sjetvom sjemena (ha/god) na području UŠP-a Split izvodilo se na površinama od 0 ha (2009. i 2010.) do 94,53 ha (2003.). Osmogodišnji prosjek površine pošumljene sjetvom sjemena na području UŠP-a Split iznosi 31,71 ha. Pošumljavanje sadnjom sadnica (ha/god) na području UŠP-a Split izvodilo se na površinama od 35,22 ha (2009) do 298,67 ha (2003). Osmogodišnji prosjek površine pošumljene



Slika 8. Površine pošumljene sjetvom sjemena i sadnjom sadnica na području UŠP Split u razdoblju 2003. – 2010. godine.

Figure 8 Areas reforested by seeding and by planting on the territory of Forest Management Branch Office Split for the period 2003 – 2010

sadnjom sadnica na području UŠP-a Split iznosi 135,25 ha. Šumske kulture podižu se sjetvom sjemena na 14,95%, a sadnjom sadnica na preostalih 85,05% površine, iz čega se zaključuje da je sadnja dominantan način pošumljavanja. Na slici 9 prikazana je cijena pošumljavanja sjetvom sjemena i sadnjom sadnica na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine.

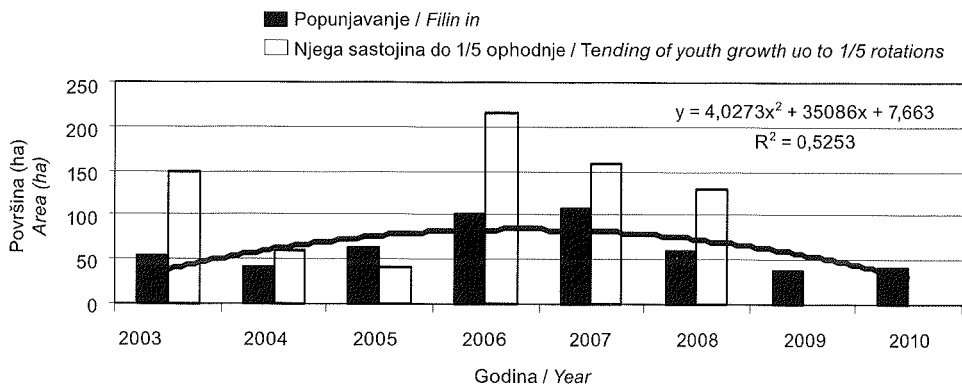


Slika 9. Cijena pošumljavanja sjetvom sjemena i sadnjom sadnica na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine.

Figure 9 The cost of reforestation by seeding and by planting on the territory of Forest Management Branch Office Split for the period 2003 – 2010

Cijena podizanja šumskih kultura sjetvom sjemena (kn/ha) na području UŠP-a Split iznosila je od 1.619,00 kn/ha (2008.) do 3.567,00 kn/ha (2005.). Osmogodišnji prosjek cijene podizanja šumskih kultura sjetvom sjemena na području UŠP-a Split iznosi 2.544,00 kn/ha. Cijena podizanja šumskih kultura sadnjom sadnica (kn/ha) na području UŠP-a Split iznosila je od 17.187,00 kn/ha (2003.) do 34.481,00 kn/ha (2010.). Osmogodišnji prosjek cijene podizanja šumskih kultura sadnjom sadnica na području UŠP-a Split iznosi 26.396,00 kn/ha. Sjetva sjemena kao metoda podizanja šumskih kultura oko 10 je puta jeftinija od sadnje sadnica. Na slici 10 prikazane su površine na području UŠP-a Split (2003. – 2010.) na kojima je obavljeno popunjavanje s trendom popunjavanja, odnosno površine na kojima je obavljena njega sastojina do 1/5 ophodnje.

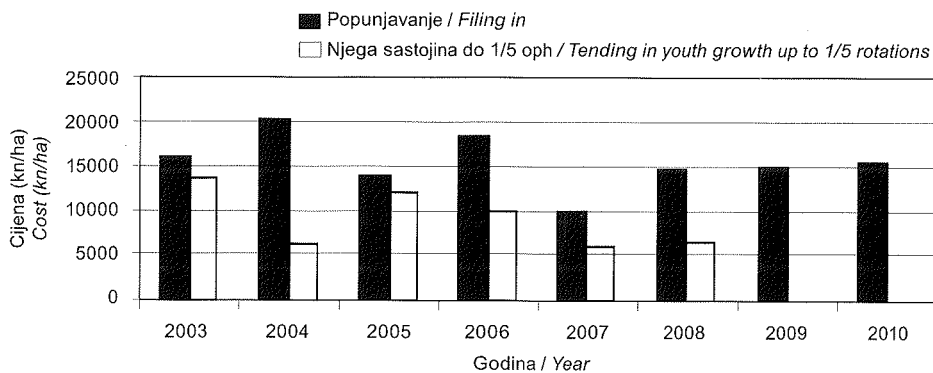
Popunjavanje (ha/god) na području UŠP-a Split izvodilo se na površinama od 37,79 ha (2009) do 107,75 ha (2007). Osmogodišnji prosjek popunjavanja na području UŠP-a Split iznosi 62,85 ha. Linija na grafu prikazuje trend popunjavanja na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine ($R^2 = 0,5253$). Njega šumskih kultura do 1/5 ophodnje (ha/god) na području UŠP-a Split izvodilo se na površinama od 0 ha (2009. i 2010.) do 216,36 ha (2006.). Osmogodišnji prosjek njega šumskih kultura na području UŠP-a Split iznosi 216,36 ha. Na slici 11 prikazana je cijena popunjavanja i njega sastojina do 1/5 ophodnje na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine.



Slika 10. Površine na kojima je obavljeno popunjavanje i njega sastojina do 1/5 ophodnje na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine

Figure 10 Areas where filling in and tending of youth growth were carried out up to 1/5 rotations on the territory of Forest Management Branch Office Split for the period 2001 – 2010

Cijena popunjavanja (kn/ha) na području UŠP-a Split iznosila je od 9.940,00 kn/ha (2007) do 20.234,00 kn/ha (2004). Osmogodišnji prosjek cijene popunjavanja šumskih kultura na području UŠP-a Split iznosi 15.472,00 kn/ha. Cijena njege šumskih kultura do 1/5 ophodnje (kn/ha) na području UŠP-a Split iznosila je od 5.988,00 kn/



Slika 11. Cijena popunjavanja i njege sastojina do 1/5 ophodnje na području UŠP-a Split u razdoblju 2003. – 2010. godine

Figure 11 The costs of filling in and tending of youth growth up to 1/5 rotations on the territory of Forest Management Branch Office Split for the period 2003 – 2010

ha (2007) do 13.585,00 kn/ha (2003). Osmogodišnji prosjek cijene njege šumskih kultura do 1/5 ophodnje na području UŠP-a Split iznosi 9.065,00 kn/ha.

Od ukupne površine (ha) na kojoj se obavljaju radovi podizanja i njege šumskih kultura na području UŠP-a Split, na pripremne radove otpada najveći postotak, tj.

87,39%, na radove pošumljavanja sadnjom sadnica 4,80%, na radove njege sastojina do 1/5 ophodnje 4,46%, na radove popunjavanja sadnicama 2,23%, odnosno na radove pošumljavanja sjetvom sjemena 1,12% površine. Od ukupne cijene (kn/ha) radova podizanja i njege šumskih kultura na području UŠP-a Split, na radove pošumljavanja sadnjom sadnica otpada najveći postotak, tj. 44,97%, na radove popunjavanja sadnicama 22,36%, na radove njege sastojina do 1/5 ophodnje 15,45%, na pripremne radove kod pošumljavanja 8,89%, odnosno na radove pošumljavanja sjetvom sjemena 4,33%.

S obzirom na realizaciju radova podizanja i njege šumskih kultura na području UŠP-a Split, može se reći da se oni u pravilu realiziraju u vrlo visokom postotku (98,05% – 100,00%). Trebalo bi se više poraditi na popunjavanju sadnicama s obzirom na to da je postotak realizacije tog uzgojnog zahvata nešto slabiji (98,05%).

Rezultati podizanja šumskih kultura na području UŠP-a Senj u razdoblju 2000. – 2010. godine

Results of the establishment of forest cultures on the territory of Forest Management Branch Office Senj for the period 2003 – 2010

Tablica 1. Pošumljene površine i količina sadnica utrošenih na pošumljavanje i popunjavanje po šumarijama na području UŠP-a Senj za desetogodišnje razdoblje 2000. – 2010. godine

Table 1. Reforested areas and the numbers of seedlings used for reforestation and filling in by forest offices on the territory of Forest Management Branch Office Senj for the ten-year-period from 2000 to 2010

Šumarija Forest Office	Površina Area	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus brutia</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus pineae</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Tamarix sp.</i>
	(ha)	(kom. – pcs.)					
Pag	173,10	74671	19298	7000	7870	31528	400
Rab	28,32	25600	6718	9855	6550	0	0
Krk	25,31		27273			37644	
Senj	201,69					475949	
Crikvenica	193,76					450811	
Ukupno Total	622,18	100271	53289	16855	14420	995932	400

U tablici 1 prikazane su pošumljene površine i količine sadnica utrošene na pošumljavanje i popunjavanje po šumarijama na području UŠP-a Senj za desetogodišnje razdoblje 2000. – 2010. godine.

Na području UŠP-a Senj u razdoblju od deset godina (2000. – 2010.) podignuto je ukupno 622,18 ha šumskih kultura. Najviše površina pošumljeno je na području Šumarije Senj (201,69 ha); slijede šumarije Crikvenica (193,76 ha), Pag (173,10 ha), Rab (28,32 ha) i Krk (25,31 ha). Za pošumljavanje je ukupno utrošeno 1.181.167 komada sadnica, od čega najviše crnoga bora (995.932 kom.); slijede primorski bor (100.271 kom.), brucijski bor (53.289 kom.), alepski bor (16.855 kom.), piniya (14.420 kom.) i tamariks (400 kom.). Dominantna vrsta kojom se podižu šumske kulture na području UŠP-a Senj (2000. – 2010.) jest crni bor (84,32%); slijede primorski bor (8,49%), brucij-ski bor (4,51%), alepski bor (1,43), piniya (1,22%) i tamariks (0,03%).

RASPRAVA / DISCUSSION

Na području Sredozemlja nalazi se samo 27,29% ukupne površine šumskih kultura u Republici Hrvatskoj. Uglavnom se osnivaju čiste šumske kulture s četiri vrste roda *Pinus* L. (*Pinus nigra*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* i *Pinus brutia*). Kod budućih planiranja pošumljavanja trebalo bi voditi računa o podizanju mješovitih šumskih kultura, pogotovo s više vrsta četinjača i listača. Poznato je da mješovite šumske kulture potpunije iskorištavaju proizvodni potencijal zemljišta, dobiva se veća kvaliteta drva, otpornije su na razne biotske i abiotske čimbenike, brže se razgrađuje organska tvar, veća je korist od prorednog materijala i lakše se prevode u autohtonu sastojinu. Na području hrvatskog Sredozemlja na poseban način treba istaknuti dvije posebno važne prednosti mješovitih kultura u odnosu na monokulture, a to su manja opasnost od požara i veća pejzažna vrijednost. Najviše šumskih kultura ima u dobnom razredu do 20 godina, što ukazuje na pozitivan trend u pošumljavanju. Zanimljivo je primijetiti da su šumske kulture brucijskog bora starije od 100 godina i potpuno izostaju u drugim dobnim razredima, što znači da se tom vrstom prestalo pošumljavati.

Kada je riječ o pripremnim radovima pošumljavanja, tad se u rezultatima istraživanja za područje UŠP-a Split (2003. – 2010.) može primijetiti velika varijabilnost, što znači da je bilo godina bez pošumljavanja (2009. i 2010.) kao i onih s pošumljenim većim površinama (2005.). Velika varijabilnost vidljiva je i u cijeni pripremnih radova pošumljavanja. U 2005. godini, kad su obavljena pošumljavanja na većoj površini, cijena pripremnih radova bila je najniža i iznosila je svega 31,00 kn/ha, što ide u prilog činjenici da je pošumljavanje na većim površinama ekonomski isplativije zbog tehničko-organizacijskih razloga i trebalo bi ih u pravilu poticati. Pošumljavanja se u pravilu ne bi smjela izvoditi bez odgovarajuće pripreme tla za pošumljavanje, čime se stvaraju povoljni uvjeti za optimalan rast i razvoj biljaka. Prema Maticu i Prpiću (1983), pripremom se u tlu stvaraju povoljni vodno-zračni odnosi koji omogućuju optimalne biokemijske procese nužne za život biljke.

Iz desetogodišnjeg istraživanja na području UŠP-a Split vidi se kako je sadnja sadnica dominantan način pošumljavanja (85,05%). Prema Matiću i dr. (2005), prednosti su osnivanja šumskih kultura sadnjom sadnica ove:

- sadnice se uzgajaju u rasadniku u kojem se osigurava puna klijavost sjemena,
- rasadnička tehnologija može osigurati vrsne sadnice,
- sadnice brzo nadvise postojeću vegetaciju na površini koja se pošumljava,
- sadnice dobre kakvoće imaju velik postotak primanja, što osigurava budućnost šumskoj kulturi.

Prema istim autorima, negativne strane podizanja šumskih kultura sadnjom sadnica očituju se u uzgajanju sadnica u rasadniku, što zahtijeva dobru tehnologiju i mehanizaciju, neadekvatnoj manipulaciji sadnicama i razlici u stanišnim uvjetima u rasadniku i na terenu, što dovodi do slabijeg uspjeha pošumljavanja.

Sjetva sjemena na području hrvatskog Sredozemlja često se obavlja alepskim i brucijskim borom na površinama poharanim požarom. Uspjeh sjetve sjemena često je zadovoljavajuć, osobito ako je povoljan raspored oborina. U ovim istraživanjima dokazano je da je sjetva sjemena kao metoda podizanja šumskih kultura oko 10 puta jeftinija od sadnje sadnica. Upravo Matić i Prpić (1983) pišu kako pri podizanju šumskih kultura nekih vrsta drveća koje se mogu podizati i sjemenom (crni i obični orah, alepski i brucijski bor i dr.) vrijedi pravilo: sjetva sjemena je jeftinija, a sadnja biljaka efikasnija. Prednost pošumljavanja sjetvom sjemena očituje se u tome što nije nužno uzgajati sadnice u rasadnicima niti izvoditi ostale radove manipulacije sadnicama (klasiranje, trapljenje, čuvanje u hladnjačama, transport i dr.). Biljka iznikla iz sjemena ostaje na istome mjestu jer se ne presađuje niti joj se prikraćuje i oštećuje korijenski sustav (Matić i dr. 2005). Prema Šmelkovoju (2001), nedostaci su pošumljavanja sjetvom sjemena ovi:

- sjeme nakon sjetve može biti izloženo raznim štetnicima,
- sjeme klija neravnomjerno na teškim tlima, a na lakim je izloženo pomanjkanju vlage,
- priprema tla prije sjetve mora biti intenzivnija,
- klijanci nakon klijanja imaju slabo razvijen korijen i nadzemni dio te su izloženi šteti od korova,
- sjeme je skupo, urod nije redovit, a skupljanje je sjemena često otežano.

Iz naših istraživanja vidljivo je da se njega šumskih kultura popunjavanjem provodi, što je preduvjet uspješnog podizanja novih šuma. Matić i dr. (2005) pišu kako se popunjavanje obavlja ako je broj uginulih sadnica prešao 10% (pri broju sadnica u šumskoj kulturi većem od 5.000 po hektaru) ili 5% (pri broju sadnica manjem od 5.000 po hektaru). Prema Šmelkovoju (2001), popunjavanje je nužno obaviti ako je po-

stotak uginuća veći od 10%, odnosno 5% u slučaju da uginule sadnice nisu jednoliko raspoređene po površini.

Ovim istraživanjima potvrđeno je da je crni bor temeljna pionirska vrsta za pošumljavanje na području submediterana. Na području UŠP-a Senj (2000. – 2010.), od ukupnih količina sadnica utrošenih na pošumljavanje, crni bor sudjeluje s visokih 84,32%, a ostatak čine ostale vrste (primorski bor, brucijski bor, alepski bor pinija i tamariks).

Radovi popunjavanja sadnicama na području UŠP-a Split (2003. – 2010.) drugi su po cijeni u ukupnim troškovima podizanja i njege šumskih kultura. Kako bi se povećao postotak preživljenja biljaka nakon sadnje i analogno tome smanjili troškovi popunjavanja, postoji čitav niz više ili manje uspješnih mjera koje se primjenjuju u novije vrijeme.

Vruća i suha ljeta te degradirano tlo samo su neki od čimbenika koji negativno utječu na uspjeh podizanja šumskih kultura na području Sredozemlja. U novije vrijeme suša se svladava modernim agrotehničkim mjerama kojima je cilj stvaranje što boljih uvjeta za održanje vlage u tlu i sprečavanje evaporacije. Za popravljavanje vlažnosti tla mogu se rabiti hidrogelovi, a za smanjivanje transpiracije i vodnog stresa različite vrste antitranspiranata.

Za popravljavanje osobina tla razvijena je nova generacija polimera, odnosno visokoumreženih poliakrilamida, gdje je 40% amidnih skupina hidrolizirano u karboksilne skupine. Polimeri ovakvog tipa formiraju vodenasti gel koji je sposoban upiti i skladištiti do 400 puta više vode od vlastite težine. Na taj način stvara se dodatna zaliha vode i ublažava se vodni stres biljaka. Dodavanjem hidrogela u tlo bitno se povećava otpornost biljaka na sušu. Hidrogel Stockosorb pripada novoj generaciji hidrogelova. Danas se rabe različite frakcije hidrogelova koji najbolje odgovaraju različitim potrebama:

a) Stockosorb Powder (dimenzije čestica < 0,2 mm) za zaštitu korijenskog sustava tijekom sadnje, rukovanja, čuvanja i transporta,

b) Stockosorb Agro i Micro (dimenzije čestica 0,2 – 0,8 mm) za direktnu primjenu u supstrat ili tlo, prije sadnje sadnica (Sarvaš i dr. 2007).

Navedeni hidrogelovi često se rabe kod pošumljavanja semiaridnih područja (Roldan i dr. 1996; Tognetti i dr. 1997). S obzirom na veličinu čestica mijenja se i sposobnost apsorpcije vode i potrebna količina po hektaru. Stockosorb dolazi na tržište u obliku praha ili gela, a primjenjuje se u okvirnoj količini od 7 g praha/sadna jama ili 150 g gela/sadna jama. Gel se rabi i u rasadniku na način da se otopi 70 g sredstva Stockosorb Micro u 10 l vode i dobro promiješa. Dokazan je pozitivan utjecaj hidrogela Stockosorb na preživljenje sadnica (Sarvaš i dr. 2007). Za preživljenje nakon sadnje ključan je čimbenik i kapacitet tla za vodu (Parker 1974). Dodavanjem hidrogela povećava se retencijski vodni kapacitet tla i vodni potencijal, smanjuje se

evaporacija smanjivanjem hidraulične provodljivosti tla (Aggelides i Kollias 1984; Aggelides i Bachtalias 1989) te povećava preživljenje i rast sadnica. Istraživanja s primjenom Stockosorb *mikro* i *powder* hidrogelova započela su 2003. godine. Primjena granula hidrogela jednostavna je, ali je komplicira mogućnost stavljanja prevelike doze i vrlo visok kapacitet bubrenja hidrogela. Naprimjer, ako granule mogu apsorbirati 400 puta više vode od vlastite težine (Bouranis i dr. 1995), to znači da 7 grama granula teoretski apsorbira 2 litre vode. Do danas nije poznata optimalna doza Stockosorb granula po sadnoj jami, a primjena manje doze od 7 g vrlo je komplicirana. Jedna od mogućnosti jest miješanje hidrogel granula u tlo kojim se zatrpava sadna jama. Takav je način primjene skup i oduzima dosta vremena. Ako poslije sadnje nema padalina, zbog manjka raspoložive vode za apsorpciju, primjena hidrogela neće imati učinak na preživljenje sadnica. Bolji način primjene hidrogela jest apliciranje direktno u sadnu jamu. Nakon primjene voda je sadnicama direktno na raspolaganju, što znatno smanjuje šok zbog presađnje. O pozitivnom utjecaju primjene hidrogela Stockosorb pisali su mnogi autori:

- a) kod sanacije kamenoloma (Brofas i dr. 2004),
- b) kod pošumljavanja u semiaridnim područjima (Hüttermann i dr. 1999; Oscroft i dr. 2000),
- c) u šumskim rasadnicima i kod pošumljavanja na području središnje Europe (Jurásek 2001, Sarvaš 2003a, b, 2004, Sarvaš i Tučeková 2003a, b). Hidrogelovi su razvijeni za aridna i semiaridna područja, no vjerojatno će njihova primjena biti korisna u ekološkim prilikama središnje Europe. Potrebno je osmisлити novu tehnologiju aplikacije hidrogelova s obzirom na to da je dosadašnji način primjene skup i oduzima dosta vremena.

Neka istraživanja pokazala su kako dodavanje 0,4% hidrogela Stockosorb potpuno mijenja značajke retencijskog vodnog kapaciteta tla i znatno povećava tolerantnost biljaka na sušu. Druga istraživanja govore o rastu nadzemnog, a posebno podzemnog dijela biljke tijekom vodnog stresa. Neki istraživači bavili su se problematikom utjecaja koncentracije (0,04, 0,08, 0,12, 0,20 i 0,40%) superupijajućih hidrogelova dodanih u pjeskovito tlo (Stockosorb K400) na preživljenje sadnica alepskog bora tijekom vodnog tresa. Retencija vode u tlu povećala se eksponencijalno s povećanjem koncentracije hidrogela. Istraživanjima je ustanovljeno da najveća koncentracija hidrogela u tlu mijenja retencijski vodni kapacitet tla od tipičnog pjeskovitog do ilovastog ili glinovitog. Tijekom suše u kontroliranim uvjetima sadnice tretirane s 0,4% hidrogela dvostruko su dulje ostale vitalne u odnosu na kontrolne sadnice (Hüttermann i dr. 1999). U nekim slučajevima nisu utvrđeni mjerljivi pozitivni učinci dodavanja hidrogela u tlo (Hartmann i dr. 1976, Lamont i O'-Connell 1987, Nwonwu 1987, Keever i dr. 1989, Swietlik 1989, Wang 1989, Lamanna i dr. 1991, Tri-

pepi i dr. 1991, Heiskanen 1994), odnosno dodatak hidrogela u tlo može uzrokovati i neke negativne učinke na sadnice (Rietveld 1976, Austin i Bondari 1992). U jednom istraživanju u istočnoj Španjolskoj na tlima srednje grube teksture primjena hidrogela u sadnu jamu u količini od 5 g/jami nije utjecala na bolje preživljenje i rast sadnica hrasta. Callaghan i dr. (1988, 1989) pišu kako hidrogel dodan u pjeskovito tlo povećava preživljenje i rast u aridnim uvjetima, dok – prema Viero i dr. (2000) – utječe samo na rast ako se primjenjuje u kombinaciji s navodnjavanjem. Kontrastni podaci u ovim istraživanjima povezani su s teksturom tla na način da primjena hidrogela u pjeskovitom tlu povećava retencijski vodni kapacitet i vodni potencijal u biljci (Hüttermann i dr. 1999), dok je njegov utjecaj u ilovastom tlu beznačajan. Za glavne vrste drveća kojima obavljamo pošumljavanja u eumediteranskom i submediteranskom području Republike Hrvatske za glavne tipove tala i ekološke uvjete potrebno je ispitati utjecaj, vrstu i optimalnu koncentraciju (dozu) hidrogelova kao dodataka za tlo.

Drugi način kojim se može povećati sadržaj vode i hranjivih tvari u tlu za tek posađene sadnice jest prepoznavanje djelomične varijabilnosti navedenih izvora na terenu, što bi značilo odabir mikrostaništa za sadnju u blizini izvora vode i hranjivih tvari ili izborom školovanih sadnica iz rasadnika. Olakšavajući čimbenici mogu biti povezani sa zasjenom, izmjenom značajki tla (npr. povećanjem infiltracije), zadržavanjem tla i hraniva na školovanim biljkama iz rasadnika (Maestre i dr. 2001, Castro i dr. 2002) te zaštitom protiv predatora (Castro i dr. 2002).

U istraživanjima nekoliko autora (Eccher i Liani 1972, Kaufman 1977, Ghosh i Dabral 1980, Davis i Schutz 1984, Squire i dr. 1987) ističe se kako je korijenski sustav nekih vrsta roda *Pinus* L. prilično osjetljiv na vodni stres u tlu. Prema Eccher i Liani (1972), korijenski sustav vrste *Pinus radiata* D. Don može preživjeti razdoblje vodnog stresa u tlu zahvaljujući prestanku rasta i prijelazu u stanje dormantnosti. U slučaju sadnica alepskog bora, istraživanjima je potvrđeno da se rast korijenovih dlačica zaustavlja tijekom vodnog stresa u tlu. Kod sadnica kojima je dodan hidrogel formiralo se više adventivnog korijenja zajedno s postranim korijenjem. Takvi rezultati upućuju na zaključak da uz dodatak hidrogela u tlo korijenski sustav sadnica alepskog bora može rasti i tijekom razdoblja vodnog stresa. Bolje preživljenje tijekom vodnog stresa i rast nadzemnog, a posebno podzemnog, dijela biljke znatno povećava kondiciju biljaka u semiaridnim uvjetima te omogućuje pošumljavanje na staništima gdje od prirode ne bi mogle uspijevati neke vrste.

Suša može biti glavni uzrok mortaliteta sadnica tijekom podizanja šumskih kultura. Jedna od mogućih metoda za smanjivanje mortaliteta može biti smanjivanje gubitka vode koji nastaje transpiracijom na način da se rabe antitranspiranti koji formiraju sloj filma na lišću sadnica, a primjenjuju odmah nakon sadnje. Do sada su dobiveni različiti rezultati korištenja antitranspiranata na sadnicama četinjača.

Odlum i Colombo (1987) istraživali su utjecaj antitranspiranata Cloud Cover, Wilt-pruf NCF i X2-1337 na stres biljke uzrokovan sušom te preživljenje kontejnerskih sadnica vrste *Picea mariana* (Mill.) B. S. P.). Neki od antitranspiranata (Wilt-pruf i X2-1337) smanjuju vodni stres u biljci do 14 dana, ali znatno smanjuju preživljenje sadnica. Antitranspirant Cloud Cover nije utjecao na vodni stres u biljci ili mortalitet sadnica. Antitranspirant Cloud Cover primjenjuje se u koncentraciji od 10% i 5% u vodi, dok se kod X2-1337 rabi koncentracija od 7,5% koja se pokazala učinkovitom u laboratorijskim istraživanjima. S antitranspirantima treba biti oprezan iz razloga što su neki istraživači kod sadnica vrste *Pinus resinosa* Ait. koje su bile tretirane silikonskim antitranspirantom primijetili kako dugoročno pate i potencijalno im se smanjuje transpiracija i fotosinteza sve dok ne propadnu. U istraživanju na četiri vrste četinjača došlo se do zaključka da najučinkovitiji antitranspirant uzrokuje i najveći pad preživljenja i rasta izbojaka sadnica nakon sadnje na terenu, što se događa zbog dugoročnog učinka na iglicama (Simpson 1984). Povišena temperatura na listu biljke tretirane učinkovitim antitranspirantom može dovesti do toplinskog stresa i nakraju do mortaliteta sadnica, posebno kod neodrvjenjelih izbojaka koji su aktivni u rastu. Potrebno je istražiti vrste, koncentracije i utjecaj primjene antitranspiranata prije sadnje kod vrsta drveća kojima se obavlja pošumljavanje u eumediteranskom i submediteranskom području Republike Hrvatske.

Kada govorimo o sadnji, najčešći propusti vezani su uz neodgovarajuću metodu sadnje (uključujući „U“, „J“ i „L“ zakorjenjivanje sadnica), slabo gaženje i pretjerano orezivanje korijena. Kontrolu sadnje najbolje je obaviti početkom ljeta, kada se mogu primijetiti i prvi problemi s preživljenjem. Sadnice koje nisu u kompeticiji s postojećom vegetacijom ne traže puno njege, za razliku od onih koje rastu u kompeticiji, zbog čega su pod stresom i češće se suše i odumiru. Sadnice gologa korijena obično imaju 15 – 20 cm dugačak glavni korijen i sukladno tome traže i istu dubinu sadne jame. Greške se događaju ako se ne iskopa odgovarajuća dubina jame za sadnju. Korijen sadnica posađen u plitku jamu savija se i raste prema površini tla. Takve sadnice imaju smanjenu sposobnost preživljenja. „J“ i „U“ zakorjenjivanje događa se ako sadnicu sadimo u preplitku jamu. Korijenski sustav raste s jedne ili obje strane prema gore stvarajući „J“ ili „U“ oblik. Zbog nepravilnog rasta korijenskog sustava, sadnice propadaju. Strojnom sadnjom sadnica izbjegava se „J“ ili „U“ oblik zakorjenjivanja, ali se događa da se korijenski sustav razvija u obliku slova „L“. Takav način zakorjenjivanja rezultat je brzog kretanja stroja pri čemu se sadnice ne posade dovoljno duboko. Uvjet su za ispravnu strojnu sadnju ispravni svi dijelovi stroja, obučanost radnika i odgovarajuća brzina rada (Londo i dr. 2006). Korijen sadnica treba biti u čvrstom kontaktu s tlom kako bi nastavio rasti. Provjera se obavlja na način da se nježno povuče nekoliko listova na biljci prema gore; ako se sadnica izvuče iz tla prije nego što se lišće slomi, možemo zaključiti da je slabo pričvršćena u tlu. Pretje-

rano orezivanje korijena također može biti uzrok mortaliteta sadnica. U rasadnicima se proizvodi sadni materijal s 15 – 20 cm dugačkim glavnim korijenom (npr. žilom srčanicom) i dobro razvijenim postranim korijenjem. Ako je korijenski sustav sadnica podrezivan u rasadniku, nije ga potrebno dodatno orezivati prije sadnje. Ako je korijenski sustav sadnica golog korijena dulji od oštrice alata kojim sadimo, potrebno je uzeti novi alat s većom duljinom oštrice. Neke američke vrste borova (*Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Pinus echinata*) preferiraju dublju sadnju. Kod sadnje takvih vrsta vrat korijena sadnica treba biti 2,5 – 5,0 cm posađen dublje u tlo nego što je bio u rasadniku. U vlažnim tlima vrat korijena treba biti ispod razine tla, ali manje od 2,5 cm. Nije dobro da je vrat korijena vidljiv. S druge strane, sadnice vrste *Pinus palustris* Mill. traže posebnu pažnju prilikom same sadnje. Česti uzroci mortaliteta povezani su s prekrivanjem pupova i baze iglica s tлом. Sadnice golog korijena vrste *Pinus palustris* Mill. na terenu treba saditi na istu dubinu na kojoj su bile u rasadniku. Za naše autohtone vrste borova ne postoje slična istraživanja. Sadnice uzgojene u kontejnerima treba saditi na način da je otprilike 0,5 – 1,0 cm busena korijena (supstrata) iznad razine tla (Londo i dr. 2006).

Postoje brojne raspoložive tehnike za svladavanje ograničenja kod podizanja šuma u semi-aridnoj klimi. Među raznim tehnikama, istraživanje pozitivnih interakcija između susjednih biljaka, u posljednje vrijeme privlači sve više zanimanja. Ekotehnološke mjere koje se često primjenjuju u semiaridnoj klimi fokusirane su na sljedeće:

- a) na povećanje sposobnosti biljaka na stres,
- b) na sprečavanje napada predatora na sjemenu i sadnom materijelu,
- c) na povećanje mikrostanišnih uvjeta.

Klijavost sjemena i početna faza rasta klijanaca jako ograničava kolonizaciju biljaka (Rey i Alcántara 2000). Zbog toga ne čudi činjenica da je npr. na Iberskom poluotoku sadnja sadnica puno češća metoda od sjetve sjemena. Tijekom posljednjeg desetljeća dogodile su se važne promjene u rasadničkoj tehnici i tehnologiji kojoj je cilj proizvodnja visokokvalitetnog sadnog materijala. Danas se rasadnička tehnologija prilagođava pojedinom rasadniku i vrsti. Većina rasadnika proizvodi šumski sadni materijal u dobi od 6 do 12 mjeseci, pri čemu se primjenjuju kontejneri i supstrati čiji je osnovni sastav treset. Takav način proizvodnje sadnog materijala zasigurno utječe na uspjeh podizanja šumskih kultura (Cortina i dr. 2006b). Villar-Salvador i dr. (2004) pišu kako na području Mediterana veće sadnice obično imaju bolje preživljenje i rast nakon sadnje na terenu. Prema Seva i dr. (2004), odnosno Trubat i dr. (2011), ne postoje pozitivne korelacije između veličina sadnica i preživljenja nakon sadnje (mijenjaju se s obzirom na različita semiaridna područja jugoistočnog dijela Iberskog poluotoka). Razlog može biti povezan s odnosom između korijena i lisne

površine biljke (Trubat i dr. 2006) te sposobnosti sadnice da razvije duboki korijenski sustav prije početka ljetne suše (Padilla i Pugnaire 2007). Za pošumljavanje u semiaridnim područjima rasadnička tehnika treba težiti proizvodnji sadnica dobro razvijenog korijenskog sustava. Za uspješno podizanje šumskih kultura od presudne su važnosti pogodna mikrostaništa s biotskim i abiotskim čimbenicima.

Razlike između vrsta u učinkovitosti gospodarenja vodom, povezane s vodnim stresom, ključni su čimbenici koji utječu na preživljenje i rast biljaka na području Mediterana. Dostupnost vode i učinkovitost gospodarenja vodom mogu se popraviti različitim tehnikama kod pošumljavanja poput aklimatizacije (kondicioniranja) sadnica, sakupljanjem oborina, dodacima u tlo, upotrebom tulijevih cijevi i školovanih sadnica uzgojenih u rasadniku. U većini slučajeva ključni faktor koji utječe na uspjeh pošumljavanja jest stres biljaka zbog presadnje. Taj stres događa se zbog prijenosa sadnica iz povoljnih uvjeta u rasadniku u nepovoljne uvjete na terenu. Sadnice nakon sadnje na terenu obično mijenjaju neke morfološke parametre (smanjuje se odnos visine i promjera vrata korijena). Uzgoj sadnica različitih morfoloških osobina u rasadniku može pomoći u smanjenju šoka zbog presadnje. Kod mnogih mediteranskih vrsta istraživala se aklimatizacija (kondicioniranje) sadnica oduzimanjem vlage (Nunes i dr. 1989, Ksontini i dr. 1998, Vilagrosa i dr. 2003). Iako se ta tehnika čini dobra za mediteranske uvjete, do sada je dala slabe ili srednje dobre rezultate. Vilagrosa i dr. (2003) pišu o pozitivnom učinku aklimatizacije sadnica vrste *Pistacia lentiscus* L., ali ne i vrsta *Quercus coccifera* L. i *Juniperus oxycedrus* L. Villar-Salvadoret i dr. (1999) pišu o nekoliko morfoloških i fizioloških promjena kod sadnica alepskog bora koje su kratkotrajno aklimatizirane oduzimanjem vlage. Sakupljanjem oborina želimo ih zadržati i tako usmjeriti vodu prema samoj sadnici, što se može postići dubokim rigolanjem ili izradom plitke zdjelice (lijevka) oko sadnice. Riječ je o tradicionalnoj tehnici za popravljavanje vlage i produktivnosti staništa u semiaridnim i aridnim uvjetima (Whisenant 1999; De Simón i dr. 2001). Iz jednog istraživanja u istočnoj Španjolskoj saznajemo da je kod sadnica alepskog bora i hrasta crnike mortalitet (16 mjeseci nakon sadnje) smanjen u slučajevima kad su izrađene plitke zdjelice za sakupljanje vode, iako je znatno povećan visinski rast samo kod alepskog bora. Ta se tehnika smatra prikladnom za povećanje uspješnosti podizanja šumskih kultura na području Mediterana te u aridnim klimatskim uvjetima. Štitnici za sadnice ili zaštitne cijevi primjenjuju se kako bi se promijenili fizički ekološki uvjeti oko posađene sadnice (miniplastenici). Klasični štitnici smanjuju evaporaciju i utječu na uspjeh pošumljavanja (Bergez i Dupraz 1997, Bellot i dr. 2002). U jednom istraživanju štitnici za sadnice povećali su rast u svim istraživanim varijantama. U drugom pak istraživanju u suhim, semiaridnim uvjetima i na plitkom tlu (Alacant, jugoistočna Španjolska) štitnici za sadnice imali su pozitivan utjecaj na preživljenje i rast vrste *Quercus coccifera* L. (Cortina i dr., u tisku).

ZAKLJUČCI / CONCLUSIONS

Najviše šumskih kultura na mediteranskom području Republike Hrvatske podignuto je crnim borom (12.427 ha); slijede alepski bor (6.776 ha), primorski bor (1.262 ha) i brucijski bor (5 ha). Šumske kulture podižu se sjetvom sjemena na 14,95%, a sadnjom sadnica na preostalim 85,05% površine, iz čega se zaključuje kako je sadnja dominantan način pošumljavanja. Od ukupne cijene (kn/ha) radova podizanja i njege šumskih kultura na radove pošumljavanja sadnjom sadnica otpada najveći postotak, tj. 44,97%, na radove popunjavanja sadnicama 22,36%, na radove njege sastojina do 1/5 ophodnje 15,45%, na pripremne radove kod pošumljavanja 8,89%, odnosno na radove pošumljavanja sjetvom sjemena 4,33%. Dominantna vrsta kojom se podižu šumske kulture na području UŠP-a Senj (2000. – 2010.) jest crni bor (84,32%); slijede primorski bor (8,49%), brucijski bor (4,51%), alepski bor (1,43%), pinija (1,22%) i tamariks (0,03%).

Za glavne vrste drveća kojima se pošumljava područje Mediterana, glavne tipove tala i ekološke uvjete potrebno je ispitati/istražiti/definirati:

- utjecaj, vrstu i optimalnu koncentraciju (dozu) hidrogelova kao dodataka u tlo,
- utjecaj, vrstu i koncentraciju antitranspiranata na preživljenje i rast sadnica,
- uzgoj sadnica obloženoga korijena u odgovarajućem supstratu, tipu i volumenu kontejnera
- utjecaj organskih dodataka (kompost, Frisol F i sl.) za tlo na preživljenje i rast sadnica,
- utjecaj gnojiva s kontroliranim otpuštanjem hranjivih tvari (Osmocote, Agroblen i sl.) na rast i otpornost biljaka nakon sadnje,
- utjecaj različitih tehnika kod pošumljavanja kojima se popravljaju količina vode i učinkovitost gospodarenja vodom na preživljenje i početni rast sadnica (kondicioniranje sadnica, sakupljanje oborina oko sadnica, mač, dodaci u tlo, štitnici i sl.).

Literatura / References

- Aggelides, S., A. Kollias, 1984: Improvement of physical properties of certain soils by using the synthetic polymer Agrohyd. *Georgiki Erevne*, 8: 347-361.
- Aggelides, S., I. Bachtalias, 1989: Evaluation of water insoluble soil improvement products commercially available in our country. *Georgiki Erevne*, 13: 83-93.
- Anić, I., 2003: Promjena sastojinskoga oblika prirodnim pomlađivanjem na primjeru šumske kulture crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) u Senjskoj dragi. U: 125. obljetnica „Kraljevskoga nadzorništva za pošumljenje krasi krajiškoga područja – Inspektorata za pošumljavanje krševa, goleti i uređenje bujica“ u Senju (1878-2003). *Šum. list, pos. izd.*, 127: 41-50.
- Arianoutsou, M., D. Kazanis, Y. Kokkoris, P. Skourou, 2002: Land-use interactions with fire in Mediterranean *Pinus halepensis* landscapes of Greece: patterns of biodiversity. In: Viegas,

- D.X. (ed). *Forest Fires Research and Wildland Safety*. Millpress, Rotterdam, (electronic edition).
- Austin, M. E., K. Bondari, 1992: Hydrogel as a field medium amendment for blueberry plants. *HortScience*, 27: 973-974.
- Badia, M., C. Martí, 2000: Seeding and mulching treatments as conservation measures of two burned soils in the Central Ebro Valley, NE Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13: 19-32.
- Bainbridge, D. A., 2002: Alternative irrigation systems for arid land restoration. *Ecological Restoration*, 20: 23-30.
- Barberá, G. G., F. Martínez-Fernández, J. Alvarez-Rogel, J. Albaladejo, V. Castillo, 2005: Short- and intermediate-term effects of site and plant preparation techniques on reforestation of a Mediterranean semiarid ecosystem with *Pinus halepensis* Mill. *New Forest*, 29: 177-198.
- Barbéro, M., R. Loisel, P. Quézel, D. M. Richardson, F. Romane, 1998: Pines of the Mediterranean Basin. In: Richardson D.M. (ed), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 153-170.
- Bautista, S., J. Bellot, V. R. Vallejo, 1996: Mulching treatment for postfire soil conservation in a semiarid ecosystem. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10: 235-242.
- Bellot, J., J. M. Ortiz de Urbina, A. Bonet, J. R. Sánchez, 2002: The effects of treeshelters on the growth of *Q. coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry*, 75: 89-106.
- Bergez, J. E., C. Dupraz, 1997: Transpiration rate of *Prunus avium* L. seedlings inside and un-ventilated treeshelter. *Forest Ecology and Management*, 97: 25-264.
- Blondel, J., J. Aronson, 1999: *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford Univ. Press. Oxford.
- Bouranis, D. L., A. G. Theodoropoulos, J. B. Drosopoulos, 1995: Designing synthetic polymers as soil conditioners. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26: 1455-1480.
- Brofas, O., C. Varelides, 2000: Hydro-seeding and mulching for establishing vegetation on mining spoils in Greece. *Land Degradation and Development*, 11: 375-382.
- Brofas, G., C. Varelides, G. Mantakas, 2004: Effect of a hydrogel on plant survival in mining spoils. In: Bhattacharya J., Deb D., Jain M.K., Bhattacharjee A. (eds.), *Technology and Management for Sustainable Exploitation of Minerals and Natural Resources*, 5-7 February 2004. Kharagpur, Indian Institute of Technology: 329-334.
- Callaghan, T. V., H. Abdelnour, D. K. Lindley, 1988: The environmental crisis in the Sudan. The effect of water-absorbing synthetic polymers on tree germination and early survival. *Journal of Arid Environments*, 14: 301-318.
- Callaghan, T. V., D. K. Lindley, O. M. Ali, H. A. El-Nour, P. J. Bacon, 1989: The effect of water-absorbing synthetic polymers on the stomatal conductance growth and survival of transplanted *Eucalyptus microtheca* seedlings in the Sudan. *Journal of Applied Ecology*, 26: 663-672.
- Castell, C., J. I. Castelló, 1996: Metodología y resultados de la siembra aérea efectuada en el parque natural del Garraf. *Montes*, 46: 51-57.
- Castro, J., R. Zamora, J. A. Hódar, J. A. Gómez, 2002: Use of shrubs as nurse plants: A new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology*, 10: 297-305.

- Ceballos, L., 1938: Plan general para la restauración forestal de España. ICONA. Madrid.
- Chirino, E., A. Vilagrosa, J. Cortina, A. Valdecantos, D. Fuentes, R. Trubat, V. C. Luis, J. Puértolas, S. Bautista, M. J. Baeza, J. L. Peñuelas, V. R. Vallejo, 2009: Ecological Restoration In Degraded Drylands: The Need To Improve The Seedling Quality And Site Conditions In The Field. In: Forest Management Editor: Steven P. Grossberg. Chapter 4 Nova Science Publishers, Inc., str 85-158.
- Cortina, J., F. T. Maestre, 2005: Plant effects on soils in drylands. Implications for community dynamics and dryland restoration. In: Binkley, D., Menyailo, O. (Eds.), Tree Species Effects on Soils: Implications for Global Change, NATO Science Series. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Cortina, J., J. L. Peñuelas, J. Puértolas, A. Vilagrosa, R. Savé, 2006b: Calidad de Planta Forestal para la Restauración en Ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente.
- Cortina, J., J. Bellot, A. Vilagrosa, R. N. Caturla, F. Maestre, E. Rubio, J. M. Ortíz de Urbina, A. Bonet, (in press): Restauración en semiárido. In: Vallejo R. (ed), Estudios Avanzados en la Gestión del Monte Mediterráneo. Fundación CEAM, València.
- Davis, G.R., C.J. Schutz, 1984: Effect of soil compaction on root growth of *Pinus radiata* D. Don. In: Proc. IUFRO Symp. On Site and Productivity of Fast Growing Plantations, Schonau, A.P.G., Grey, D.C. (Eds.), vol. 2, pp. 871-879.
- De Simón, E., M. A. Ripoll, I. Bocio, F. B. Navarro, E. Gallego, 2001: Aprovechamiento de escorrentías superficiales mediante la formación de microcuencas en repoblaciones de zonas semiáridas. In: Montes para el nuevo milenio. III Congreso forestal español. Vol II, Junta de Andalucía, Granada, España, pp. 305-310.
- Dubravac, T., B. Vrbek, V. Roth, Ž. Španjol, D. Barčić, 2005: Monitoring natural regeneration of burnt areas of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Croatia // MEDPINE 3 - Conservation. Bari, 99-99.
- Eccher, A., A. Liani, 1972: Preliminary notes on the influence of some environmental factors on young plants of *Pinus radiata* raised in pots. Cellulosa-e-Carta, 23: 17-26.
- Escudero, A., M. V. Sanz, J. M. Pita, F. Pérez-García, 1999: Probability of germination after heat treatment of native Spanish pines. Annals of Forest Science, 56: 511-520.
- FAO, 2001: Global forest resources assessment 2000. FAO forestry paper 140. Rome.
- Fuentes, D., A. Valdecantos, J. Llovet, J. Cortina, V. R. Vallejo, 2010: Fine-tuning of sewage sludge application to promote the establishment of *Pinus halepensis* seedlings. Ecological Engineering, 36: 1213-1221.
- Ghosh, R. C., B. C. Dabral, 1980: Water relations of *Pinus caribaea* in high density stocking in juvenile stage. Indian Forester, 106: 587-603.
- Gil, L., M. A. Prada, 1993: Los pinos como especies básicas en la restauración forestal en el medio mediterráneo. Ecología, 7: 113-125.
- Habrouk, A., J. Retana, J. M. Espelta, 1999: Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires. Plant Ecology, 145: 91-99.
- Hartmann, R., H. Verplancke, B. G. Bishay, 1976: Study of the water repellency of soils under citrus trees in Egypt, and means of improvement. Mededel. Faculteit Landbouwwet., -Rijksuniv. -Gent., 41: 201-208.

- Heiskanen, J., 1994: Effect of peat-based two-component growth media on the growth of containerized Scots pine seedlings. *Suo*, 45: 17-29.
- Hüttermann, A., M. Zommodi, K. Reise, 1999: Addition of hydrogels to soil prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil & Tillage Research*, 50: 295-304.
- ICONA, 1989: Técnicas de Reforestación en los Países Mediterráneos.
- Jurásek, A., 2001: Poloprovozní výzkumná plocha Paličnik 2. In: Slodičák M., Novák J. (eds.), *Současné problémy pěstování horských lesů – Průvodce exkurzní trasou*, 13. 9. 2001: 18-20.
- Kaufman, C. M., 1977: Growth of young slash pine. *Forest Sci.*, 23: 217-226.
- Keever, G. J., G. S. Cobb, J. C. Stephenson, W. J. Foster, 1989: Effect of hydrophilic polymer amendment on growth of container grown landscape plants. *J. Environ. Hortic.*, 7: 52-56.
- Ksontini, M., P. Louguet, D. Laffray, M. Nejib Rejeb, 1998: Comparaison des effets de la contrainte hydrique sur la croissance, la conductance stomatique et la photosynthèse de jeunes plants de chênes méditerranéens (*Quercus suber*, *Q. faginea*, *Q. coccifera*) en Tunisie. *Annals of Forest Science*, 55: 477-495.
- Lahouati, R. 2000: Expérience des Plantations en Climat Aride. Cas de la Ceinture Verte en Algérie. Direction Générale des forêts, Ministère de l'Agriculture, Alger.
- Lamanna, D. M., G. D'Angelo Castelnovo, 1991: Compost-based media as alternative to peat on ten pot ornamentals. *Acta Hortic.*, 294: 125-129.
- Lamont, G. P., M. A. O'Connell, 1987: Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. *Scientia Hortic.*, 31: 141-149.
- Le Maître, D. C., 1998: Pines in cultivation: a global view. In: Richardson D. M. (ed), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 407-431.
- Li, X. Y., J. D. Gong, X. H. Wei, 2000: *In-situ* rainwater harvesting and gravel mulch combination for corn production in the dry semi-arid region of China. *Journal of Arid Environment*, 46: 371-382.
- Llacuna, S., 1998: Incidencia dels micromamífers sobre les llavors de pi blanc (*Pinus halepensis*). III trobada d'estudiosos del Garraf. Diputació de Barcelona. Montes para la sociedad del nuevo milenio. III Congreso Forestal Español. Junta de Andalucía-Consejería de Medio Ambiente. vol. 4-5, pp. 213-219.
- Londo, A. J., S. G. Dicke, 2006: Measuring Survival and Planting Quality in New Pine Plantations. Southern Regional Extension Forestry. A Regional Peer Reviewed Technology Bulletin SREF-FM-001: 1-5.
- Maestre, F. T., S. Bautista, J. Cortina, J. Bellot, 2001: Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecological Applications*, 11: 1641-1655.
- Matić, S., B. Prpić, 1983: Pošumljavanje. Savez inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske. str. 1-79. Zagreb.
- Matić, S., 1990: Šume i šumarstvo Hrvatske jučer, danas, sutra. *Glas. šum. pokuse*, 26: 33-56.
- Matić, S., 1994: Prilog poznavanju broja biljaka i količine sjemena za kvalitetno pomlađivanje i pošumljavanje. *Šumarski list*, 118(3-4): 71-79.
- Matić, S., I. Anić, M. Oršanić, 1997: Podizanje, njega i obnova šuma kao temeljniji preduvjet ekološkog, društvenog i gospodarskog napretka Mediterana. *Šum. list*, 121(9-10): 463-472.

- Matić, S., M. Oršanić, I. Anić, 2005: Osnivanje šumskih kultura i plantaža glavnih vrsta drveća poplavnih šuma. Poplavne šume u Hrvatskoj, Vukelić, Joso (ur.), Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 297-302.
- Matić, S., M. Oršanić, I. Anić, D. Drvodelić, V. Topić, S. Mikac, Z. Đurđević, 2011: Pošumljavanje krša hrvatskoga Sredozemlja. Šume hrvatskoga Sredozemlja, Matić, Slavko (ur.), Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 393-410.
- Matić, S., I. Anić, M. Oršanić, S. Mikac, 2011: Njega i obnova šuma hrvatskog Sredozemlja. Šume hrvatskoga Sredozemlja, Matić, Slavko (ur.), Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 375-386.
- Muzzi, E., F. Roffi, M. Sirotti, U. Bagnaresi, 1997: Revegetation techniques on clay soil slopes in northern Italy. Land Degradation and Development, 8: 127-137.
- Nunes, M.A., F. Catarino, E. Pinto, 1989: Strategies for acclimation to seasonal drought in *Ceratonia siliqua* leaves. Physiologia Plantarum, 77: 150-156.
- Nuñez, M.R., L. Calvo, 2000: Effect of high temperatures on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis*. Forest Ecology and Management, 131: 183-190.
- Nwonwu, F. O. C., 1987: An assessment of the suitability of a soil amendment polymer for tree crop growing. Pakistan J. Forestry, 37: 191-196.
- Odlum, K. D., S. J. Colombo, 1987: The Effect of Three Film-Forming Antitranspirants on Moisture Stress of Outplanted Black Spruce Seedlings. Tree Planters' Notes, 24: 1-4.
- Oršanić, M., 1995: Uspijevanje šumskih kultura obične smreke (*Picea abies*/L./Karst.), crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) i europskog ariša (*Larix decidua* Mill.) na Zagrebačkoj gori. Glas. šum. pokuse, 32: 1-90.
- Oršanić, M., D. Drvodelić, S. Matić, 2011: Rasadnička proizvodnja značajnijih vrsta drveća i grmlja hrvatskog Sredozemlja. Šume hrvatskoga Sredozemlja, Matić, Slavko (ur.), Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 465-479.
- Ortuño, F., 1990: El Plan para la repoblación forestal de España del año 1939. Análisis y comentarios. Ecología, Fuera de Serie, 1: 373-392.
- Oscroft, D. G., K. M. Little, P. W. M. Viero, 2000: The effect of a soil-amended hydrogel on the establishment of *Pinus elliotti* × *caribaea* rooted cuttings on the Zululand coastal sands. ICFR Bulletin, 19: 8.
- Padilla, F. M., F. I. Pugnaire, 2007: Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. Functional Ecology, 21: 489-495.
- Parker, P. E., 1974: Rehabilitation potentials and limitations of surface-mined land in the northern Great plains. Intermountain Forest and Range Experimental Station. USDA Forestry Service Genetic Technical Report INT-14.
- Pausas, J. G., V. R. Vallejo, 1999: The role of fire in European Mediterranean ecosystems. In: Chuvieco E. (ed), Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean basin. Springer-Verlag, pp. 3-16.
- Pausas, J. G., C. Bladé, A. Valdecantos, J. P. Seva, D. Fuentes, J. A. Alloza, A. Vilagrosa, S. Bautista, J. Cortina, R. Vallejo, 2004: Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice – a review. Plant Ecology, 171: 209-220.
- Querejeta, J. I., A. Roldán, J. Albaladejo, V. Castillo, 1998: The role of mycorrhizae, site preparation, and organic amendment in the afforestation of a semi-arid Mediterranean site with *Pinus halepensis*. Forest Science, 43: 203-211.

- Querejeta, J. I., A. Roldan, J. Albaladejo, V. M. Castillo, 2001: Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *Forest Ecology and Management*, 149: 115-128.
- Rey, P. J., J. M. Alcántara, 2000: Recruitment dynamics of a fleshy-fruited plant (*Olea europaea*): connecting patterns of seed dispersal to seedling establishment. *Journal of Ecology*, 88: 622-633.
- Rietveld, W.J., 1976: Hydrophilic polymer reduces germination of Ponderosa Pine in seed spots. *Tree-Planters' Notes*, 27: 18-19.
- Roldan, A., I. Querejeta, L. Albaladejo, V. Castillo, 1996: Survival and growth of *Pinus halepensis* Miller seedlings in a semi-arid environment after forest soil transfer, terracing and organic amendments. *Annales des Sciences Forestes*, 53: 1099-1112.
- Sarvaš, M., 2003a: Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings and a possibility of using hydrogel Stockosorb for its protection. *Journal of Forest Science*, 49: 531-536.
- Sarvaš, M., 2003b: Planting stock quality and new practices of afforestation – crucial factors for successful afforestation programme. In: Zajac S., Gil W. (Eds.), *Afforestations in Europe Experiences and Prospects*, Warsaw 6–8 October 2003. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa: 86-92.
- Sarvaš, M., A. Tučeková, 2003a: Aplikácia hydrogélou rady Stockosorb® v škôlkárskej praxi. *Zprávy lesníckého výzkumu*, 48: 70-74.
- Sarvaš, M., A. Tučeková, 2003b: Uplatnenie progresívnych metód a postupov v škôlkárskej výrobe. In: *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva a semenárstva*, Tatranská Lomnica, 2003. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav: 59-64.
- Sarvaš, M., 2004: The affect of drought on artificial regeneration in Slovakia in 2003 and the possibilities to increase plant adaptability after plantation in Central Europe. In: *Impact of the drought and heat in 2003 on forests*. *Berichte Freiburger Forstlicher Forschung*, Heft 57, 17.–19. November. Freiburg: 62.
- Sarvaš, M., P. Pavlenda, E. Takáčová, 2007: Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *Journal Of Forest Science*, 53(5): 204-209.
- Seva, J.P., A. Valdecantos, J. Cortina, V.R. Vallejo, 2004: Diferentes técnicas de introducción de *Quercus ilex ssp. ballota* (Desf.) Samp. en zonas degradadas de la Comunidad Valenciana. *Cuadernos de la SECF*, 17: 233-238.
- Sheriff, D. W., E. K. S. Nambiar, D. N. Fife, 1986: Relationships between nutrient status, carbon assimilation and water use efficiency in *Pinus radiata* (D. Don) needles. *Tree Physiology*, 2: 73-88.
- Simpson, D. G., 1984: Film-forming antitranspirants: their effects on root growth capacity, storability, moisture stress avoidance, and field performance of containerized conifer seedlings. *Forestry Chronicle*, 60: 355-339.
- Squire, R. O., P. M. Attiwill, T. F. Neales, 1987: Effects of changes of available water and nutrients on growth, root development and water use in *Pinus radiata* seedlings. *Aust. For. Res.*, 17: 99-111.
- Swietlik, D., 1989: Effect of soil amendment with Viterra hydrogel on establishment of newly-planted grapefruit trees cv. Ruby Red. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 20: 1697-1705.
- Šmelkova, L., 2001: Lesne školky. Ustav pre vichovu a vazdelavanie pracovníkov LVH SR Zvolen, Zvolen, 136 str.

- Šmelkova, L., 2001: Pestovanie lesa I. Ustav pre vichovu a vazdelavanie pracovníkov LVH SR Zvolen, Zvolen, 275 str.
- Španjol, Ž., V. Hršak, D. Barčić, M. Ančić, T. Dubravac, R. Rosavec, M. Oršanić, 2009: Pošumljivanje degradiranih staništa borovima na otoku Rabu u Hrvatskoj. *Plant biosystems*, 143(3): 482-495.
- Tapias, R., L. Gil, P. Fuentes-Utrilla, J.A. Pardos, 2001: Canopy seed banks in Mediterranean pines of south eastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. *Journal of Ecology*, 89: 629-638.
- Thanos, C. A., E. N. Daskalakou, 2000: Reproduction in *Pinus halepensis* and *Pinus brutia*. In: Ne'eman G. and Trabaud L. (eds), *Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 79-90.
- Tognetti, R., M. Michelozzi, A. Giovaneli, 1997: Geographical variation in water relations, hydraulic architecture and terpene composition of Aleppo pine seedlings from Italian provenances. *Tree Physiology*, 17: 241-250.
- Trabaud, L., C. Campant, 1991: Difficulté de recolonisation naturelle du pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. spp. *salzmanii* (Dunal) Franco après incendie. *Biological Conservation*, 58: 329-343.
- Tripepi, R. R., M. W. George, R. K. Dumroese, D. L. Wenny, 1991: Birch seedling response to irrigation frequency and a hydrophilic polymer amendment in a container medium. *J. Environ. Hortic.*, 9: 119-123.
- Trubat, R., J. Cortina, A. Vilagrosa, 2006: Plant morphology and root hydraulics are altered by nutrient deficiency in *Pistacia lentiscus* (L.). *Trees*, 20: 334-339.
- Trubat, R., J. Cortina, A. Vilagrosa, 2011: Nutrient deprivation improves field performance of woody seedlings in a degraded semi-arid shrubland. *Ecological Engineering*, 37: 1164-1173.
- Valdecantos, A., 2001: Aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la replobación de zonas forestales degradadas de la Comunidad Valenciana. Ph. D. Thesis. Alicante, Spain: Universidad de Alicante.
- Valdecantos, A., J. Cortina, V. R. Vallejo, 2006: Nutrient status and field performance of tree seedlings planted in Mediterranean degraded areas. *Annals of Forest Science*, 63: 249-256.
- Viero, P.W.M., K.M. Little, D.G. Ocroft, 2000: The effect of a soil-amended hydrogel on the establishment of a *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* clone grown on the sandy soils of Zululand. *South African Forestry Journal*, 188: 21-28.
- Vilagrosa, A., R.N. Caturla, N. Hernández, J. Cortina, J. Bellot, V. R. Vallejo, 2001: Reforestación en ambiente semiárido del sureste peninsular. Resultados de las investigaciones desarrolladas para optimizar la supervivencia y el crecimiento de especies autóctonas.
- Vilagrosa, A., J. Cortina, E. Gil, J. Bellot, 2003: Suitability of drought-preconditioning techniques in Mediterranean climate. *Restoration Ecology*, 11: 208-216.
- Villar-Salvador, P., L. Ocaña, J. L. Peñuelas, S. Carrasco, 1999: Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halepensis* Mill. (Aleppo pine) seedlings. *Annals of Forest Science*, 56: 459-465.
- Villar-Salvador, P., R. Planelles, S. Enríquez, J. L. Peñuelas, 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.

Wang, Y. T., 1989: Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants. *HortScience*, 24: 941-944.

Whisenant, S. G., 1999: *Repairing Damaged Wildlands. A processoriented, landscape-scale approach.* Cambridge University Press, Cambridge.

<http://www.scottspprofessional.com/en/agroblen.html>

Present Results and Prospects for Future Activities when Establishing Forest Cultures in the Mediterranean Region

Summary

According to the available records, major works on the reforestation of karst in our country, which can be traced back to the late 19th century, were carried out by the Military Frontier Administration in 1865. In order to supervise the reforestation of the coastal karst region an Inspectorate was established in Senj in 1878. In Dalmatia, intensive reforestation was performed from 1904 to 1914. Between 1865 and 1945, around 16,000 hectares were reforested with forest cultures. This paper deals with the present-day structure of forest cultures in the Mediterranean region of Croatia with respect to the percentages of species, area, age, woodstock and increment. The success of reforestation and the establishment of the cultures of conifers depend on the high level of harmonization between the special requests of the species and the soil productivity. The species from genus Pinus L. play an important role in the process of the progressive succession of vegetation in the Mediterranean region. The success of reforestation with seedlings generally depends on a set of climatic, mechanical and biological factors. Hot and dry summers, shallow soil and southern expositions are just some of the factors with adverse impact on raising forest cultures in the Mediterranean region. In recent years, the problem of drought has been solved through the use of modern agrotechnical measures, which can help provide the best possible conditions for maintaining soil humidity and preventing evaporation. Hydrogels can be used to improve soil humidity, while various kinds of antitranspirants can reduce transpiration and water stress. The use of factory-made fertilizers with controlled release of nutrients, such as Agroblen, ensures optimum growth and high resistance of plants over a prolonged period of time. Frisol E, organic controlled release fertilizer with progressive influence on soil, can be used on soils with extremely poor microbiological activity. In the past, many papers were written on factors influencing the success of reforestation, such as the quality of seedlings (genetic and morphological), numbers of plants per hectare, the preparation of soil, weather, season and planting techniques, the choice of tree species, origin and tending techniques. Many researchers have studied the condition and the success of artificially established forests, methods for thinning, production and the biomass chemism, amelioration impact of certain species, increment, natural regeneration after forest fires, post-fire rehabilitation, interdependence of stand factors, etc. Future activities should be directed toward the research of physiological criteria of seedling quality (root growth potential, water turgor, etc.) and the influence of mechanical factors (sensitivity of seedlings to damage, negative impact of lifting, handling, sorting, storage, transport

and techniques of hand or machine planting) on the success of the reforestation of karst. Adequate preparation of the plot for reforestation, careful and professional planting technique (avoiding the so called U, J and L rooting, poor back-filling and treading on the planting hole, excessive root pruning, etc.), placing small rocks or boards to protect the seedlings, as well as the weed control are just some of the measures used to reduce stress involved in the establishment of forest cultures on karst terrain.

Keywords: reforestation; forest cultures; the Mediterranean; *Pinus* sp.; seedling quality.

Doc. dr. sc. Damir Drvodelić,
Sveučilište u Zagrebu,
Šumarski fakultet, Zavod za
ekologiju i uzgajanje šuma,
p. p. 422, 10002 Zagreb,
ddrvodelić@inet.hr

Prof. dr. sc. Milan Oršanić,
Sveučilište u Zagrebu,
Šumarski fakultet, Zavod za
ekologiju i uzgajanje šuma,
p. p. 422, 10002 Zagreb

Vinko Paulić, dipl. ing. šum.,
Sveučilište u Zagrebu,
Šumarski fakultet, Zavod za
ekologiju i uzgajanje šuma,
p. p. 422, 10002 Zagreb