

# Utjecaj na stanište i razvoj šumskih kultura crnoga bora (*Pinus nigra* J. F. Arnold) na krškom submediteranskom području

Damir Barčić, Željko Španjol, Roman Rosavec

## Nacrtač – Abstract

U radu je prikazano istraživanje na pokusnim plohama postavljenim u šumskim kulturama i manjim dijelom u prirodnim sastojinama crnoga bora. Cilj je istraživanja bio da se utvrde stanišni čimbenici koji imaju najveći utjecaj na razvoj crnoga bora, odnos kultura crnoga bora na povratak klimatskozonske vegetacije listača i razlike s obzirom na pošumljavanje crnim borom, zatim razlike između šumskih kultura u melioracijskom smislu, da se utvrde vrijednosti šumske prostirke u borovim sastojinama i odnos prema tlu i zaustavljanju degradacije staništa. Na terenu su izdvojene plohe veličine 625 m<sup>2</sup> i napravljeni su vegetacijski snimci te istraženi strukturni elementi crnoga bora. Laboratorijskim su analizama obrađeni uzorci šumske prostirke i humusno-akumulativni horizonti. Dobiveni su podaci analizirani statističkim metodama. Utvrđeno je multivarijantnom analizom da su nadmorska visina i nagib dvije varijable koje najviše pozitivno koreliraju s flornim sastavom vegetacije. Šumska prostirka s obzirom na svoju količinu uglavnom ima pozitivan utjecaj na sprečavanje degradacije tla i zaustavljanje erozije. Negativan je utjecaj povezan sa sušnim razdobljem u kojem je šumska prostirka goriva tvar. Istraživanjem strukture sastojine utvrđena je vrijednost sastojina crnoga bora ne samo u ekološkom i zaštitnom smislu već na dijelu ploha i u gospodarskom.

Ključne riječi: pošumljivanje, šumske melioracije, požar, obnova, crni bor

## 1. Uvod – Introduction

Šumski melioracijski radovi na krškom prostoru Hrvatske pojačavaju se osnivanjem Kraljevskoga nadzorništva za pošumljivanje krasa, tj. Inspektorata za pošumljivanje krševa, goleti i uređenje bujica u Senju 1878. godine (Ivančević 1978, 2003, 2005). Tijekom rada i uspostave Nadzorništva postignuti su osobiti uspjesi. Pošumljeno je 1738 ha te izgrađeno 166 konsolidacijskih pregrada, terasa i građevina u kamenu za sprečavanje bujičnih tokova. Biološkim radovima obuhvaćeno je pošumljivanje četinjačama (83,1 %) i listačama (16,9 %). Pošumljavalo se uglavnom sadnjom, a sjetva sjemena kao dodatak sadnji bila je ograničena karaktera. Crnim se borom pošumljavalo gotovo u cijeloj Istri i Hrvatskom primorju, ali naravno i izvan toga područja. Ako se uzimaju u obzir ekološke i socijalne uloge, a na dijelu krša i gospodarska uloga, crni je bor vjerojatno najvažnija vrsta za pošumljavanje krša. Istodobno ima nezamjenjivu ulogu u zaustavljanju degradacije stanišnih

uvjeta i širenja različitih oblika erozije. Nadalje, crni je bor jedna od temeljnih vrsta za pošumljavanje tijekom velikoga šumskouzgojnoga projekta (početak prije 150 godina) hrvatskoga šumarstva (Martinović 2003). Stanišni uvjeti u kojima se nalaze sastojine crnoga bora u Primorju i Istri odlikuju se heterogenošću jer se isprepleću mediteransko i eurosibirsko-sjevernoameričko fitogeografsko područje. Također raznolikost uvjeta podneblja, geoloških, geomorfoloških čimbenika te edafskih uvjeta može se povezati s većim stupnjem osjetljivosti na različite erozijske procese. Definiranje tih odnosa na kršu i uloge sastojina crnoga bora u tom procesu bitno je za istraživanja šumskih melioracija. Važna je pretpostavka pozitivnoga utjecaja na stanište u melioracijskom smislu namjena šumske kulture tijekom razvoja, točnije ophodnje. Problemi nastaju ako se tijekom ophodnje ne mogu provoditi planirani šumskouzgojni radovi jer je tada uglavnom manja kvalitativna vrijednost sastojine na kraju ophodnje, javljaju se problemi pri obnovi, a i povratak klimatskozonske vegetacije ne

zadovoljava. S tim u vezi u našoj zemlji, ali i u drugim sredozemnim zemljama gdje postoje borove kulture, javljaju se slični problemi. Na koji način gospodariti borovim kulturama ako nemaju ekonomsku ulogu, tj. ako nemaju kvalitetno drvo? U ovisnosti o stanišnim uvjetima i bonitetu koji se mogu u velikoj mjeri razlikovati, osobito na kršu, i mogućnosti su različite. Prvo bi se rješenje odnosilo na zamjenu stare borove kulture i podizanje nove, zatim na osnivanje i usmjeravanje prema mješovitoj sastojini četinjača i listača ili na oplodne sječe te postupnu obnovu klimatskozonске vegetacije listača. Prihvatanje bilo kojega rješenja treba uzeti u obzir stanje na terenu, pri čemu je posebno važno procijeniti odnos prema erozijskim procesima te pokrovnost i zastupljenost vegetacije listača. Činjenica je da dosta velik broj borovih kultura nakon samo jedne ophodnje nije stvorio uvjete za obnovu klimatskozonске vegetacije (Španjol i dr. 2006), premda neka istraživanja na kvalitetnim staništima upućuju na intenzivniju progresivnu sukcesiju raznih vrsta listača ispod kultura crnoga bora (Zlatanov i dr. 2010). Uz navedeno treba naglasiti i nastojanja u srednjoj Europi da se provede konverzija čistih kultura četinjača u stabilnije mješovite šume (Spiecker i dr. 2004). Zerbe (2002) i Hasenauer (2003) smatraju konverziju važnim zadatkom zbog ekoloških i ekonomskih razloga te također zbog integracije procesa prirodne obnove u kulture i plantaže.

## 2. Problematika istraživanja – *Research issues*

Na kršu su se desetljećima nastojala raznim biološkim i tehničkim mjerama zaustaviti degradacija i devastacija. Unatoč uspješnim radovima na pošumljavanju posljednjih godina javili su se problemi s namjenom podignutih sastojina. Situacija se može primijeniti gotovo na cijelo Sredozemlje. Osnovni je razlog problema povezan s načinima i mogućnostima obnove te s očuvanjem ekoloških i zaštitnih uloga šuma. Dvojbe se javljaju u vezi sa šumskim kulturama koje nemaju primarno gospodarsku ili isključivo zaštitnu ulogu. U takvim šumskim kulturama, ovisno o odnosu prema klimatskozonskoj vegetaciji listača, razvoj se tih kultura različito usmjerava. Jasan cilj i pravodobni šumskouzgojni radovi potrebni su zbog velikih ulaganja u pošumljavanje i uvijek prisutne opasnosti od nastanka šumskih požara koji spore melioracijske procese vraćaju na početnu točku.

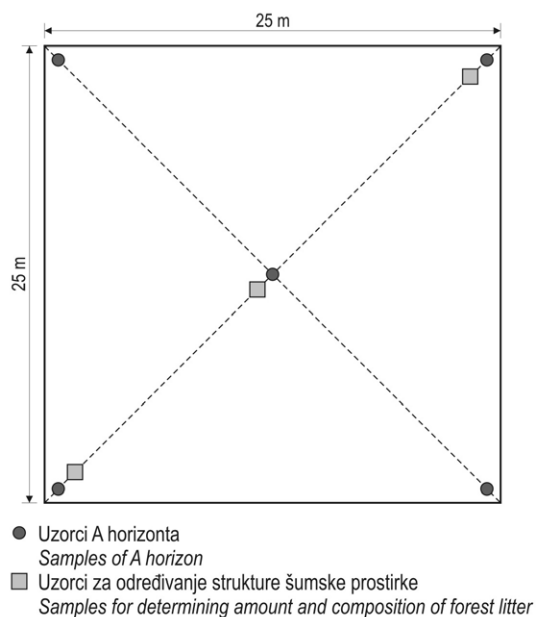
## 3. Materijal i metode – *Material and methods*

Terenskim dijelom istraživanja postavljene su četrdeset i tri pokusne plohe u šumskim kulturama,

dok je sedam ploha izdvojeno u prirodnim sastojinama crnoga bora. Za svaku su pokusnu plohu određene geografske koordinate središta uz pomoć GPS-ova uređaja. Na pokusnim plohama površine 625 m<sup>2</sup> obavljeno je istraživanje strukture sastojine. Plohe su postavljene u sastojinama starijim od 40 godina. Za svaku plohu obavljena je izmjera stabala crnoga bora po debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnjoj zalihi. Drvna je zaliha izračunata prema dvo-ulaznim volumnim tablicama (Bezák 1992).

Vegetacijski su snimci napravljeni na svakoj pokusnoj plohi na površini 25 × 25 m, tj. 625 m<sup>2</sup> prema metodologiji biljne sociologije (Braun-Blanquet 1964, Dierschke 1994). Brojnost i pokrovnost vrsta procijenjene su pomoću proširene skale prema Barkmanu i dr. 1964. Procjene su prije numeričke analize transformirane u ordinalnu skalu prema Van der Maarel (1979). Biljna je nomenklatura uzeta prema Nikoliću (1994, 1997, 2000). Povezanost okolišnih varijabli i flornoga sastava vegetacije istražena je pomoću *Canonical Correspondence Analysis* – CCA (Braak 1986, Jongman i dr. 1995, Gegout i Houllier 1996). Deskriptivna je statistika napravljena u statističkom paketu STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc. 2003).

Na pokusnim su plohama uzeti uzorci za laboratorijske analize. Uzorci iz humusno-akumulativnoga horizonta formirani su iz pet pojedinačnih uzoraka unutar pokusne plohe. Obavljene su analize radi određivanja reakcije tla, zatim sadržaj humusa i ukup-



**Slika 1.** Shematski prikaz uzimanja uzoraka tla i šumske prostirke za analizu

**Fig. 1** Schematic description of taking samples for pedological and forest litter analyses

noga dušika te odnos C : N. Za izračunavanje količine šumske prostirke uzeta su tri uzorka po dijagonali pokusne plohe površine 25 × 25 cm. Svi su uzorci prosušeni na sobnoj temperaturi prije sušenja i zatim su sušeni na 55 °C u dva mjerenja. Sušenje uzoraka u svakom mjerenju trajalo je 48 sati, a razmak između dvaju mjerenja bio je najmanje jedan sat. Nakon toga izračunata je prosječna težina uzorka i preračunata u kg/ha. Kemijski je sastav određen nakon što su uzorci homogenizirani i samljeveni te na taj način pripremljeni za kemijsku analizu. Postupak je rađen prema priručniku UNECU (2004).

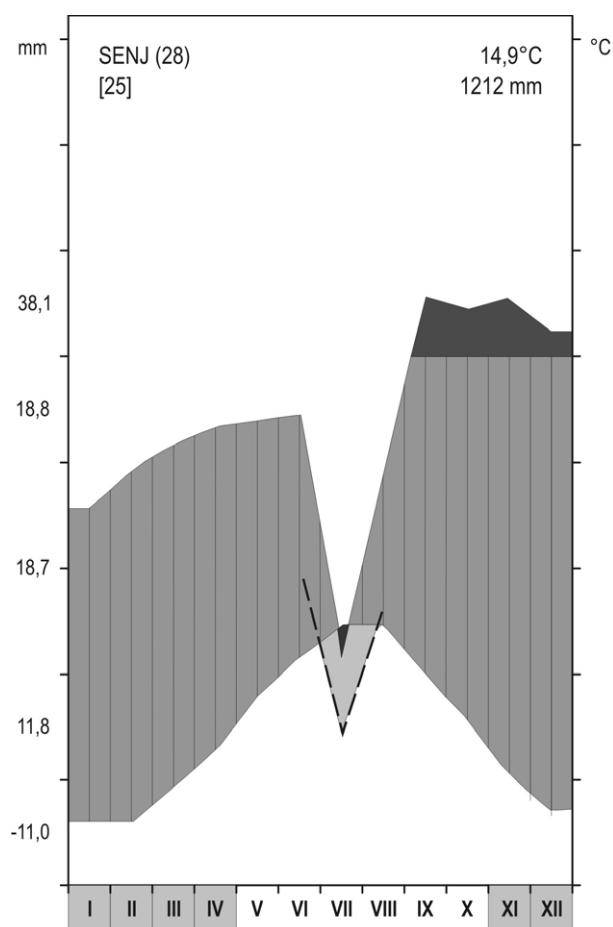
#### 4. Područje istraživanja – Area of research

Pokusne su plohe postavljene u sastojinama crnoga bora u Istri i Hrvatskom primorju. Izbor je ploha određen na temelju podataka iz šumskog gospodar-

skih osnova te pregleda geoloških, pedoloških i fitocenoloških karata uz uvažavanje nekih čimbenika kao što su dob sastojina, utjecaj čovjeka, mikroreljef, nadmorska visina, nagib i izloženost suncu.

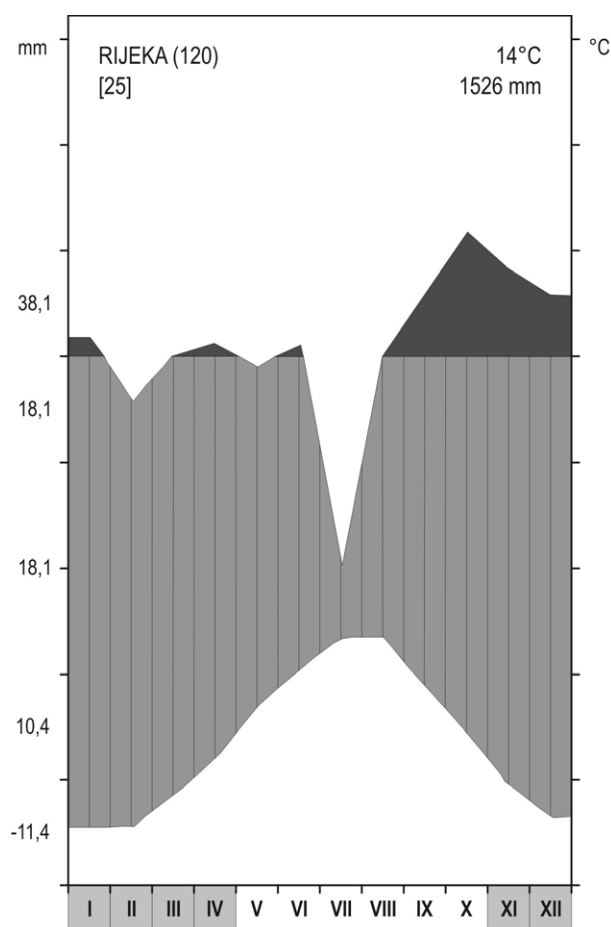
Klima je istraživanoga područja pretežno tipa *Cfsax* (Seletković i Katušin 1992) i *Cfa* (Šegota i Filipčić 2003). To je umjereno topla kišna klima s vrućim ljetima i srednjom mjesečnom temperaturom iznad 22 °C. Zimsko je kišno razdoblje široko rascijepljeno u proljetni i jesensko-zimski maksimum. Najsušni dio godine pada u toplo godišnje doba. Za pregledni prikaz godišnjega hoda temperature zraka i količine oborine korišten je Walterov klimatski dijagram.

Istraživano područje obuhvaća eumediteransku, submediteransku i epimediteransku vegetacijsku zonu. Mediteranskoj vegetacijskoj regiji pripadaju termofilne vazdazelene i listopadne šume jadranskoga područja. Trinajstić (1986) raščlanjuje regiju na dva



**Slika 2.** Klimatski dijagram za Senj prema H. Walteru (1955) za razdoblje od 1981. do 2005. godine

**Fig. 2** Climatodiagram for Senj according to H. Walter (1955), for the period from 1981 to 2005



**Slika 3.** Klimatski dijagram za Rijeku prema H. Walteru (1955) za razdoblje od 1981. do 2005. godine

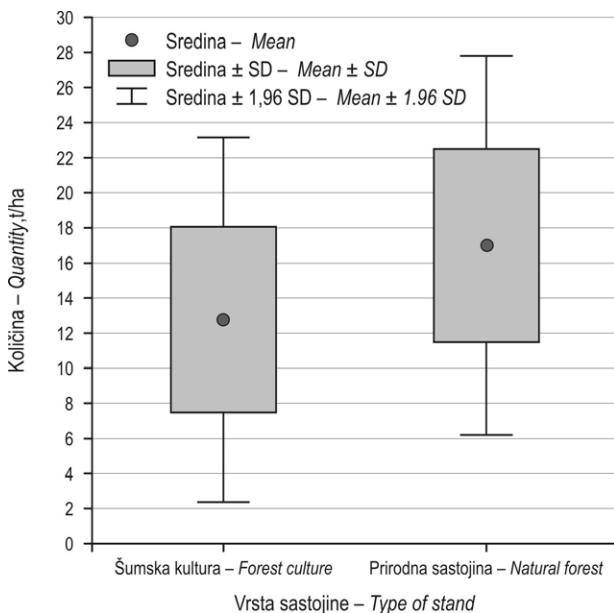
**Fig. 3** Climatodiagram for Rijeka according to H. Walter (1955), for the period from 1981 to 2005

pojasa: mediteransko-litoralni i mediteransko-montanski vegetacijski pojas. Fitocenološkim je istraživanjima Horvatić (1963) dao raščlambu biljnogeografskoga primorskoga položaja. Autor je pokazao da su eumediteranska (vazdazelena) i submediteranska (listopadna) zona međusobno uže povezane nego submediteranska zona s kontinentalnim područjima eurosibirsko-sjevernoameričke regije. Na istraživanom području dolaze ovi tipovi tala: kamenjar, sirozem, rendzine, vapnenačko-dolomitna crnica, smeđe tlo na vapnencu i crvenica (Martinović 2003, Bogunović i dr. 2002).

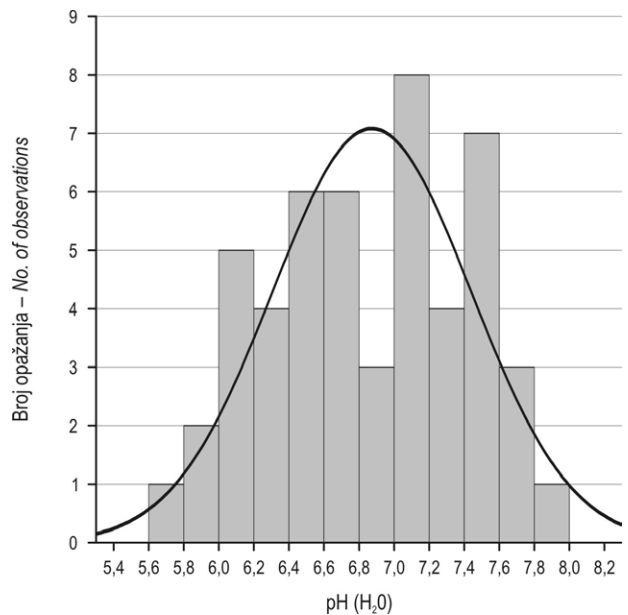
## 5. Rezultati istraživanja – Research results

### 5.1 Istraživanje šumske prostirke – Research of forest litter

Istraživanje šumske prostirke kao bitnoga čimbenika u borovim sastojinama važno je u melioracijskom smislu. Šumska prostirka (organski horizont tla) ima geokemijsku ulogu i predstavlja važan čimbenik u razmjeni tvari između vegetacije, tla i atmosfere. Ona je prirodno organsko gnojivo bogato svim hranidbenim elementima u količinama i odnosima koje zahtijeva šumsko drveće te može bitno poboljšati stanišne uvjete za obnovu klimatskozonske vegetacije, zaustavljajući i ograničavajući erozijske procese, ali istodobno i utjecati na nastanak šumskoga požara. U sklopu tih istraživanja uzeti su uzorci tla iz humusno-akumulativnoga horizonta. Na slici 4 prikazane su količine šumske prostirke koje se nalaze u

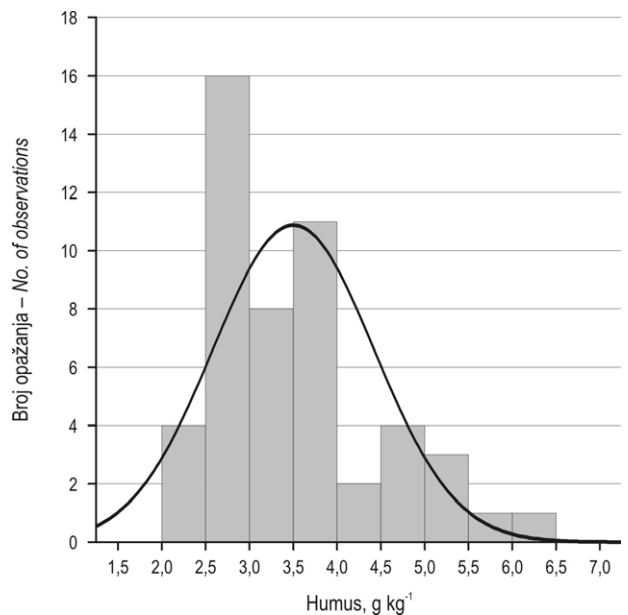


**Slika 4.** Količine šumske prostirke na pokusnim plohama  
**Fig. 4** Quantity of forest litter on experimental plots

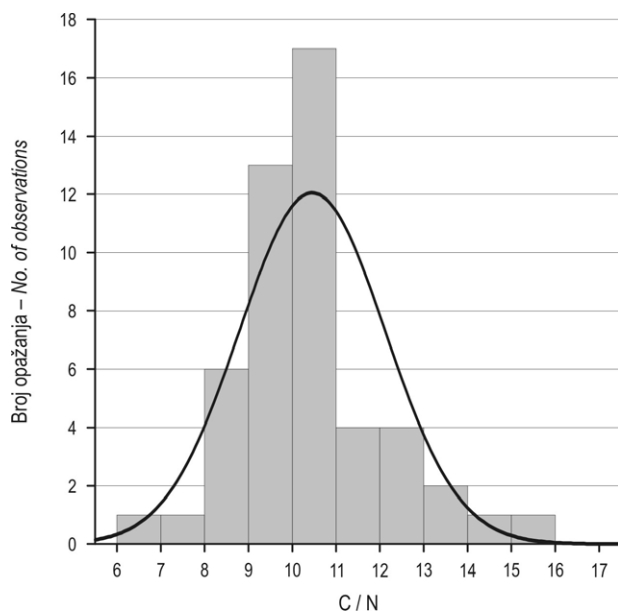


**Slika 5.** Prikaz pH-vrijednosti na pokusnim plohama  
**Fig. 5** Overview of pH values on experimental plots

kulturama crnoga bora i prirodnim sastojinama. Uglavnom su razlike očekivane s obzirom na to da se radi o različitim stanišnim uvjetima i dobnom rasponu od 40 do 100 godina. Ovisno o uvjetima rasteblja, velike količine šumske prostirke mogu imati povoljan i nepovoljan utjecaj u melioracijskom smislu. U višim predjelima iznad 600 m n. v. veća je količina oborine i vlage u tlu tako da se humifikacija



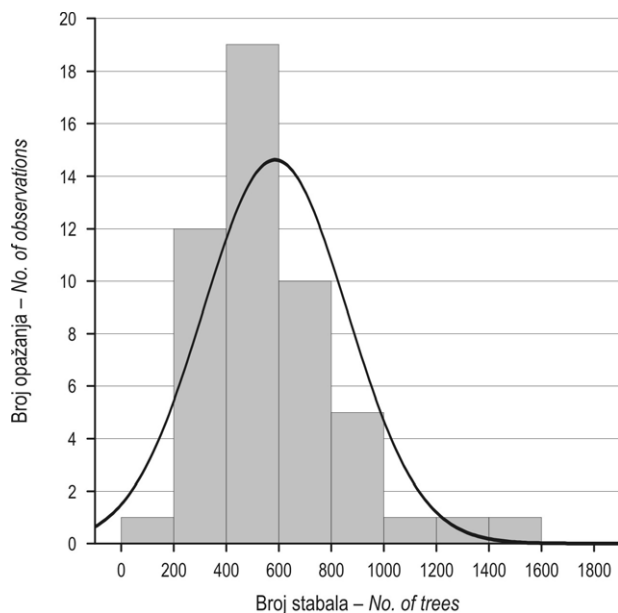
**Slika 6.** Vrijednosti humusa u A-horizontu na pokusnim plohama  
**Fig. 6** Values of humus in the A horizon on experimental plots



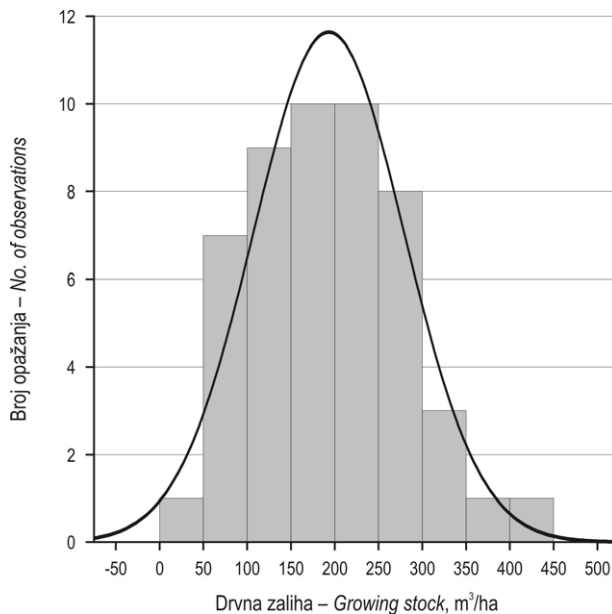
**Slika 7.** Prikaz odnosa ugljika i dušika  
**Fig. 7** An overview of C/N ratio

i mineralizacija normalno odvijaju. U tipičnoj eumediterskoj zoni ti su procesi usporeni te se listinac nagomilava.

Sljedećim slikama (5, 6, 7) prikazane su neke pedofiziografske značajke na istraživanom području. Analiziranje dobivenih rezultata upućuje na srednje vrijednosti i najvažnije pokazatelje potrebne za definiranje stanja u sastojinama crnoga bora.



**Slika 8.** Distribucija broja stabala  
**Fig. 8** Distribution of number of trees



**Slika 9.** Prikaz drvene zalihe na pokusnim ploham  
**Fig. 9** Overview of growing stock on experimental plots

## 5.2 Istraživanje šumske prostirke – Research of forest litter

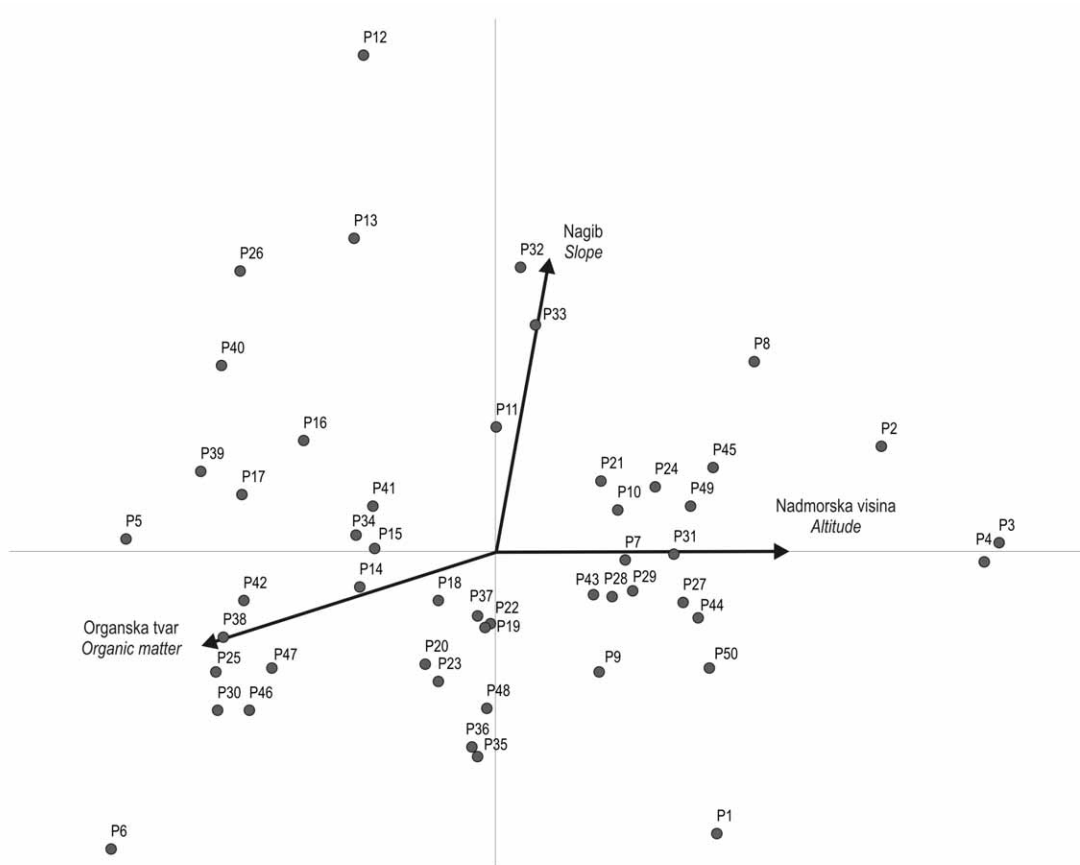
Rezultatima je prikazano stanje u sastojinama, što može biti pokazatelj gospodarskoga stanja i vrijednosti crnoga bora ponajprije s obzirom na drvenu zalihu (slike 8 i 9). Međutim, to je samo jedan pokazatelj ili uloga koju ispunjavaju sastojine crnoga bora. Osobita se vrijednost pridaje općekorisnim ulogama šuma na kršu uz naglasak na hidrološkoj ulozi i zaštiti od erozije.

Temeljem fitocenoloških snimaka obrađeni su podaci da bi se dobio prikaz i odnos nekih sinekoloških čimbenika i flornoga sastava vegetacije (slika 10). Tako se može objasniti i utjecaj prema rasprostranjenosti vegetacije listača.

Ako se uzima u obzir ekološka uloga, činjenica je da sastojine crnoga bora u sklopu povratka vegetacije listača najbolje rezultate imaju na granici između medunčevih i bukovih šuma. Ovdje je i klimatski čimbenik s obzirom na oborine, temperaturu i vlažnost najpogodniji za crni bor. Slika 10 pokazuje povezanost i veću zastupljenost listača s rastom nadmorske visine.

## 6. Rasprava – Discussion

Crni bor u Istri i Hrvatskom primorju uglavnom dolazi na vapnencima, iako raste i na flišnoj podlozi. Najviše je rasprostranjen u submediteranskoj vegetacijskoj zoni gdje je i najznačajnija vrsta za pošum-



**Slika 10.** Kanonička analiza korespondencije (CCA) za sve plohe  
**Fig. 10** Canonical Correspondence Analysis for all plots

Ijavanje krša te ima važnu ulogu na bonitetno lošim staništima s degradiranim tлом i devastiranom vegetacijom. Razlog leži u širokoj ekološkoj amplitudi borova. Naime, crni se bor u nekoliko podvrsta prostire od primorskih predjela u Sredozemlju do pretplaninskih krajeva u unutrašnjosti kopna (Kušan 1961). Slična je situacija i u nekim drugim sredozemnim zemljama (Gil i Aranzazu Prada 1993, Serrada Hierro 1990, Grau Corbi i dr. 1999). Trinajstić (1976) navodi da podizanje kultura crnoga bora ima fitogeografsko opravdanje jedino na graničnom dijelu između međunčeva i bukova područja. Što su te kulture bliže potencijalnom bukova području, to će rezultati biti bolji. Rezultatima je utvrđeno da su kulture crnoga bora s obzirom na sastav i zastupljenost klimatskozonске vegetacije listača najbolje u području međunčevih šuma na 440 m n. v. (Hreljin) te prema granici bukavih šuma na 715 m n. v. (Klana). S melioracijskoga gledišta tamo pokazuju najizravniji pozitivni utjecaj na stanišne uvjete. Na istraživanom području pošumljavani su tereni različitih stupnjeva degradacije i devastacije, od kamenjarskih pašnjaka i točila do terena s već započetim procesima progresivne sukcesije. Međutim, ako se promatra povratak klimatskozonске vegetacije listača na pokusnim ploham, uočava se njezin slabiji povratak što se više crni bor približava svojoj fitogeografskoj, a u pravilu i ekološkoj granici. Na istraživanom području to se odnosi na plohe postavljene u eumediteranu, premda se ne smije izostaviti i antropogeni utjecaj te utjecaj stoke što zasigurno ima nepovoljno djelovanje na započete procese sukcesije i kvalitetu tih sastojina. Crni bor kao pionirska vrsta s obzirom na svoja biološka svojstva i ekološke zahtjeve ima istaknutu ulogu u melioraciji jer ima u prvom redu protuerozijsku ulogu i stoga povoljno djeluje na stanišne uvjete (mikroklimatske i edafske). Melioracijska je uloga kultura crnoga bora očita na kraju ophodnje u postojanju intenzivne progresivne sukcesije autohtone vegetacije (Tomašević i dr. 2003). Sastojine crnoga bora pridonose stvaranju organskoga horizonta tla, tj. šumske prostirke. Prema (Martinoviću 2003) šumska je prostirka prirodno organsko gnojivo koje sadrži sve hranidbene elemente koje zahtijeva šumsko drveće. Ona je važan čimbenik reguliranja hidroloških uvjeta tla, smanjuje evaporaciju i povećava infiltracijsku

sivne sukcesije. Međutim, ako se promatra povratak klimatskozonске vegetacije listača na pokusnim ploham, uočava se njezin slabiji povratak što se više crni bor približava svojoj fitogeografskoj, a u pravilu i ekološkoj granici. Na istraživanom području to se odnosi na plohe postavljene u eumediteranu, premda se ne smije izostaviti i antropogeni utjecaj te utjecaj stoke što zasigurno ima nepovoljno djelovanje na započete procese sukcesije i kvalitetu tih sastojina. Crni bor kao pionirska vrsta s obzirom na svoja biološka svojstva i ekološke zahtjeve ima istaknutu ulogu u melioraciji jer ima u prvom redu protuerozijsku ulogu i stoga povoljno djeluje na stanišne uvjete (mikroklimatske i edafske). Melioracijska je uloga kultura crnoga bora očita na kraju ophodnje u postojanju intenzivne progresivne sukcesije autohtone vegetacije (Tomašević i dr. 2003). Sastojine crnoga bora pridonose stvaranju organskoga horizonta tla, tj. šumske prostirke. Prema (Martinoviću 2003) šumska je prostirka prirodno organsko gnojivo koje sadrži sve hranidbene elemente koje zahtijeva šumsko drveće. Ona je važan čimbenik reguliranja hidroloških uvjeta tla, smanjuje evaporaciju i povećava infiltracijsku

sposobnost oborinske vode te povoljno djeluje na temperaturne odnose u tlu. Osim navedenoga treba istaknuti i utjecaj na odnos ugljika i dušika u tlu. Povoljan odnos C : N za više biljke smatra se između 12 i 25. U većini sastojina crnoga bora odnos je C : N na graničnim vrijednostima (slika 7).

Bitna je i povezanost šumske prostirke s općim stanjem humusa u tlu, a njezin sastav i svojstva ovise o mnogim čimbenicima i procesima. Jedan od elementarnih procesa je humizacija. Topić (1992) navodi kako je količina i sastav šumske prostirke mjerljiv pokazatelj stupnja meliorativnosti pojedinih šumskih vrsta. Međutim, iz rezultata istraživanja također je razvidno kako velika količina šumske prostirke ne znači istodobno i povoljniji edafski učinak. Aridniji uvjeti usporavaju i ograničavaju transformaciju (mineralizaciju i humifikaciju) šumske prostirke. Nepovoljna okolnost očituje se količinom gorive tvari u borovim sastojinama, što zajedno s klimom stvara povoljne uvjete za nastanak šumskoga požara. Prema Chandleru (1983) i Bilandžiji (1992) goriva tvar ili šumsko gorivo cjelokupna je količina biljnoga materijala, mrtvoga i živoga, koji se nalazi iznad mineralnoga dijela tla. Sva je nadzemna vegetacija potencijalno gorivo, a međusobno se razlikuje po zapaljivosti i brzini gorenja u određenim vremenskim uvjetima. Iz rezultata ovoga istraživanja i Trinajstićeva (1976) istraživanja može se zaključiti da kulture crnoga bora imaju najbolju proizvodnost drva na organomineralnoj crnici, a zatim na smeđem tlu na vapnencu. To su plohe s najvećom drvnom zalihom, a nalaze se na području Klane (299,52 m<sup>3</sup>/ha, 251,84 m<sup>3</sup>/ha, 280,46 m<sup>3</sup>/ha), Učke (330,08 m<sup>3</sup>/ha, 210,56 m<sup>3</sup>/ha, 246,56 m<sup>3</sup>/ha), Rijeke – Hreljina (421,44 m<sup>3</sup>/ha), Bužeta (196,32 m<sup>3</sup>/ha, 255,84 m<sup>3</sup>/ha) i Pazina (309,12 m<sup>3</sup>/ha, 351,04 m<sup>3</sup>/ha). Šume crnoga bora u Sredozemlju imaju podjednako gospodarsku važnost i ekološku vrijednost, stoga su i uključene u europska ugrožena staništa. Iznimno je vrijedna i pozitivna uloga sastojina crnoga bora u zaštiti tla od erozije. Infiltracijska sposobnost, smanjeno površinsko otjecanje oborinskih voda i smanjeni gubici tla neke su važne uloge crnoga bora (Topić 2003). Međutim, problem se javlja u izostanku uspješne obnove tih šuma (Espelta i dr. 2003). Osobito je izražen u našoj zemlji na području krša, a navodi ga i Šafar (1962). Balen (1931) smatra da je crni bor najbolja vrsta za pošumljavanje krša i spominje nastajanje mladih sastojina naletom sjemena u blizini starijih sastojina. Nadalje, upozorava da pri podizanju kultura treba odlučiti da li se radi o stalnoj ili o prolaznoj, tj. privremenoj sastojini. Postojeće stanje na istraživanom području traži obnovu osobito u šumskim kulturama pri kraju ophodnje. Razlog provođenja šumskouzgojnih radova nije samo u dobivanju kvalitetnije sastojine s gospo-

darskoga gledišta već je bitno i ispunjavanje naglašenih općekorisnih uloga šume na kršu (Tikvić i Seletković 2003), posebno hidrološke i protuerozijske. Šafar (1962) ukazuje na različite uloge kultura crnoga bora što se poslije može povezati i s načinima obnove. Takve kulture često imaju značajke prijelazne šume. Isti autor razvrstava kulture u tri skupine. Prva skupina treba smanjiti loš utjecaj ekoloških čimbenika (npr. zaustaviti erozijske procese), zatim druga je skupina namijenjena za estetsko oblikovanje krajobraza i rekreaciju, a treća je skupina namijenjena za stvaranje ekoloških preduvjeta za druge vrste drveća (povratak klimatskozonske vegetacije listača). Da bi se obnovile prezrele šumske kulture crnoga bora na dijelu Senjske drage, Anić (2003) daje prednost prirodnomu pomlađivanju pod zastorom krošanja starih stabala te oplodnim sječama na malim površinama u obliku krugova, uz napomenu da radovima na terenu treba prethoditi detaljan šumskouzgojni plan. Što se tiče obnove, Lüpke i dr. (2003) navode različite strategije u konverziji četinjača. Prva mogućnost uključuje primjenu čiste sječe, a nakon toga umjetnu obnovu. Druga je mogućnost podržavanje postupne obnove preko stvaranja jedne mješovite šume četinjača i listača. Treći je način također primjena oplodnih sječa na malim površinama koja uzima u obzir skupine stabala i neke sinekološke stanišne čimbenike. Povezujući navedeno s rezultatima naših istraživanja, zaključak je da stanje starijih sastojina, ovisno o stanišnim uvjetima, zahtijeva postupnu obnovu, u prvom redu konverziju i oplodne sječe na malim površinama osobito u onim kulturama gdje postoji razvijena podstojna etaža. Nadalje, potrebno je podržavanje prijelaza prema mješovitoj šumi četinjača i listača u slučajevima kada je nedovoljno razvijena podstojna etaža, ali se javlja pomladak klimatskozonske vegetacije listača. Radi se o kulturama koje su na lošim bonitetima. Daljnja mogućnost odnosi se na kulture u kojima nema povratka klimatskozonskoj vegetaciji, a sastojina je na kraju ophodnje. U tom bi slučaju bilo potrebno podizanje nove kulture, tj. još jedna ophodnja crnoga bora.

## 7. Zaključci – Conclusions

Šumske kulture crnoga bora postižu najbolje rezultate u melioracijskom smislu na istraživanom području na nadmorskim visinama od 400 do 700 metara. Upravo na tom području najviše je izražen njihov pozitivan utjecaj na povratak klimatskozonske vegetacije listača poglavito iz zajednice hrasta medunca i crnoga graba (*Ostryo-Quercetum pubescentis* Ht. 1938), ali i njihov povoljan edafski utjecaj preko šumske prostirke, premda su u eumediteranskoj zoni zbog klimatskih čimbenika procesi mineralizacije

i humifikacije usporeni. Osim toga veće količine gorive tvari povoljno utječu na nastanak i intenzitet šumskoga požara. Pozornost u svakom slučaju treba usmjeriti na obnovu starih sastojina crnoga bora. Prijeko su potrebni šumskouzgojni radovi na konverziji kultura crnoga bora. Oni se mogu podijeliti na provođenje oplodnih sječa na malim površinama, zatim na poticanje prirodnoga pomlađivanja i postupno prevođenje u mješovitu sastojinu listača i četinjača, te na kraju podizanje nove šumske kulture.

## 8. Literatura – References

- Anić, I., 2003: Promjena sastojinskog oblika prirodnim pomlađivanjem na primjeru šumske kulture crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) u Senjskoj dragi (*Stand form conversion by natural regeneration – a case study in black pine (Pinus nigra Arn.) monoculture, Senjska draga*). Šumarski list, 127, Supplement, 41–49.
- Balen, J., 1931: Naš goli krš. Gospodarska pitanja s naročitim obzirom na pošumljavanje. Zagreb, 291 str.
- Barkman, J. J., H. Doing, S. Segal, 1964: Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur Quantitativen Vegetationsanalyse. Acta Bot. Neerl., 13: 394–419.
- Bezák, K., 1992: Tablice drvnih masa cera, crnog bora i običnog bora. Radovi, 5, izvanredno izdanje, 47–65.
- Bilandžija, J., 1992: Prirodno opterećenje sastojina alepskog, primorskog i crnog bora šumskim gorivima. Radovi, 27 (2): 105–113.
- Bogunović, M., Ž. Vidaček, S. Husnjak, 2002: Poglavlje u okviru potprojekta: Ekološki monitoring učinka na okoliš pošumljenih područja, saniranih požarišta te izvedenih protupožarnih puteva. Projekt obnove i zaštite priobalnih šuma, IBRD, br. 4119 HR. A.C.T. d.o.o.
- Braak, C. J. F. ter, 1986: Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology, 67: 1167–1179.
- Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde, ed. 3. Springer Verlag, Wien.
- Chandler, C., 1983: Fire in Forestry, Vol. 1, John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Dierschke, H., 1994: Pflanzensociologie. Grundlagen und Methoden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Espelta, J. M., J. Retana, A. Habrouk, 2003: An economic and ecological multi-criteria evaluation of reforestation methods to recover burned *Pinus nigra* forests in NE Spain. Forest Ecology and Management, 180: 185–198.
- Gegout, J. C., F. Houllier, 1996: Canonical correspondence analysis for forest site classification. A case study. Ann. Sci. For., 53: 981–990.
- Gil, L., M. Prada Aránzazu, 1993: Los pinos como especies básicas de la restauración forestal en el medio mediterráneo. Ecología, 7: 113–125.
- Grau Corbi, J. M., A. Cámara Obregón, J. L. Montoto Quinteiro, 1999: Fitoclimatología básica de los *Pinus nigra* Arn., *Pinus sylvestris* L. y *Pinus pinaster* Ait. Aplicación del modelo de idoneidad. Invest. Agr. Sist. Recur. For., 1: 37–51.
- Hasenauer, H., 2003: Terms and definitions relevant for conversion. Abstracts of the international conference The question of conversion of coniferous forests, Freiburg, Germany, 16 str.
- Horvatić, S., 1963: Biljnogeografski položaj i raščlanjenje našeg primorja u svjetlu suvremenih fitocenoloških istraživanja. Acta Botanica Croatica, 22: 27–81.
- Ivančević, V., 1978: Posebna namjena šuma crnog bora Senjske drage. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 94 str.
- Ivančević, V., 2003: 125. obljetnica osnutka »Kraljevskog nadzorništva za pošumljenje kraska krajiškog područja – Inspektorata za pošumljavanje krševa, goleti i uređenje bujica« u Senju, naše najstarije šumarske krške organizacije 1878–2003. godine (*The 125<sup>th</sup> anniversary of the foundation »Royal inspectorate for the afforestation of karst in the krajina border region – the inspectorate for the afforestation of karst, bare areas and torrent control« in Senj, the oldest Croatian forest karst organisation, 1878–2003*). Šumarski list, 127, Supplement, 3–22.
- Ivančević, V., 2005: Biološko-tehnički radovi na sanaciji Senjske bujice »Torrente« i povećanje vodnog kapaciteta (*Biological and technical regulation of the Senj torrent »Torrente« and increase in water capacity*). Šumarski list, 129, Supplement, 91–109.
- Jongman, R. H. G., C. J. F. ter Braak, O. F. R. van Tongeren, 1995: Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kušan, F., 1961: Važnost domaćih borova za razvitak vegetacije u Hrvatskoj (*Die bedeutung der einheimischen föhren für die vegetationsentwicklung in Kroatien*). Biološki glasnik, 14: 23–76.
- Lüpke, B., C. Ammer, M. Bruciamacchie, A. Brunner, J. Ceitel, C. Collet, C. Deuleuze, J. Placido, J. Huss, J. Jankovic, P. Kantor, J. Larsen, M. Lexer, M. Löf, R. Longauer, P. Madsen, J. Modrzyński, R. Mosandl, A. Pampe, A. Pommerening, I. Stefancik, V. Tesar, R. Thompson, J. Zientarski, 2003: Silvicultural strategies for conversion. Abstracts of the international conference »The question of conversion of coniferous forests«, Freiburg, Germany, 25–26.
- Maarel, E. van der, 1979: Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. Vegetatio, 39: 97–114.
- Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlama u Hrvatskoj. Šumarski institut, Jastrebarsko i Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, 1–521.
- Nikolić, T. (ur.) 1994: Index Florae Croaticae. Pars 1. Natura Croatica 3, Suppl. 2.
- Nikolić, T. (ur.) 1997: Index Florae Croaticae. Pars 2. Natura Croatica 6, Suppl. 1.



- Nikolić, T. (ur.) 2000: Index Florae Croaticae. Pars 3. Natura Croatica 9, Suppl. 1.
- Seletković, Z., Z. Katušić, 1992: Klima Hrvatske (*Climate of Croatia*). U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i »Hrvatske šume«, p.o. Zagreb, Zagreb, str. 13–19.
- Serrada Hierro, R., 1990: Consideraciones sobre el impacto de la repoblacion forestal en el suelo. *Ecologia*, 1: 453–462.
- Spiecker, H., J. Hansen, E. Klima, J. Skovsgaard, H. Sterba, K. Teuffel, 2004: Norway spruce conversion – options and consequences. European Forest Institute Research Report, 18.
- STATSOFT, INC., 2003: Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft.
- Šafar, J., 1962: Problem proizvodnosti kultura crnog bora u submediteranskoj zoni. *Šumarski list*, 48-49 (1–2): 32–40.
- Šegota, T., A. Filipčić, 2003: Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje (*Köppen's Classification of Climates and the problem of corresponding Croatian terminology*). *Geoadria*, 8 (1): 17–37.
- Španjol, Ž., D. Barčić, R. Rosavec, D. Ugarković, 2006: Ameliorative role of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in the regeneration of climatizonal vegetation. *Periodicum biologorum*, 108 (6): 655–662.
- Tikvić, I., Z. Seletković, 2003: Utjecaj pošumljavanja krša na hidrološku funkciju šuma (*The effects of karst afforestation on the hydrological function of forests*). *Šumarski list*, 127, Suplement, 31–34.
- Tomašević, A., B. Kulić, Ž. Španjol, T. Kružić, 2003: Razvoj sastojine i meliorativna uloga kulture crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na području šumskog predjela Lonja-Biljin, šumarije Rijeka (*Development of the black pine stands (Pinus nigra Arn.) and meliorative role at forest district »Lonja-Biljin«, Forest office Rijeka*). *Šumarski list*, 127 (11–12): 579–596.
- Topić, V., 1992: Količina i kemizam šumske prostrirke pod nekim šumskim kulturama na kršu (*Quantity and chemistry of forest layer under some forest cultures on the Karst*). *Šumarski list*, 116 (9–10): 407–414.
- Topić, V., 2003: Šumska vegetacija na kršu kao značajan čimbenik zaštite tla od erozije (*Forest vegetation on karst as an important factor of soil protection from erosion*). *Šumarski list*, 127, Suplement, 51–64.
- Trinajstić, I., 1976: O utjecaju fitogeografskih granica na stupanj antropogene degradacije klimazonalne šumske vegetacije jadranskog primorja Jugoslavije. *Zbornik radova, Uloga šume i šumske vegetacije u zaštiti čovjekove okoline u odnosu na Jadransko područje, Zadar*, str. 496–504.
- Trinajstić, I., 1986: Fitogeografsko raščlanjenje šumske vegetacije istočnojadranskog sredozemnog područja – polazna osnovica u organizaciji gospodarenja mediteranskim šumama. *Glas. šum. pokuse*, 2: 53–67.
- UNECU, 2004: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part XI, Sampling and Analysis of Litterfall, str. 1–18.
- Walter, H., 1955: Die Klima-Diagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 68: 321–344.
- Zerbe, S., 2002: Restoration of natural broad-leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management*, 167: 27–42.
- Zlatanov, T., I. Velichkov, M. Lexer, T. Dubravac, 2010: Regeneration dynamics in aging black pine (*Pinus nigra* Arn.) plantations on the south slopes of the Middle Balkan Range in Bulgaria. *New Forests*, 40 (3): 289–303.

---

### Abstract

---

## Impact on Site and Development of Black Pine (*Pinus nigra* J.F.Arnold) Forest Cultures in the Submediterranean Karst Area

*The article deals with forest cultures of black pine. Experimental plots were taken in fourteen Forest Offices in the area of Senj Forest Administration, Delnice Forest Administration and Buzet Forest Administration. Climate conditions were shown with climatodiagrams for Senj and Rijeka (Fig. 2 and Fig. 3).*

*This multiple research was aimed at: identifying the site factors that exert the greatest influence on the growth of black pine; analyzing the impact of black pine cultures on the return of climatizonal deciduous vegetation; studying the differences resulting from afforestation with black pine; determining differences between forest cultures in the ameliorative sense.*

*Field plots of 625 m<sup>2</sup> were selected, vegetational relevés were made and structural elements of black pine were investigated. Samples of the forest floor (Fig. 1) and the humus-accumulative horizon were analyzed in the laboratory. The obtained data were processed using statistical methods.*

The research results showed that forest litter and edaphic factors have positive impact on amelioration process (Fig. 4, 5, 6, 7). Multivariate analyses revealed that altitude and slope were the two variables that correlated most positively with the floral composition of the vegetation (Fig. 10). Values of the forest floor in terms of quantity were found to have a positive effect on soil degradation and on decreasing erosion processes. Negative impacts were connected with dry periods when the forest floor represents flammable material.

Research on the stand structure confirmed the value of black pine stands and not only in the ecological and protective sense but also in the economic sense (Fig. 8, 9).

Economic role would be even bigger under conditions of regular silvicultural treatment. Regular thinnings may support successional processes from pine toward deciduous vegetation by promoting already established deciduous understorey. Nevertheless, silvicultural strategies for conversion of black pine are necessary in the Croatian Mediterranean karst area. In the chapter Conclusions three ways of silvicultural conversion of black pine forest cultures are presented:

- ⇒ Shelterwood system on small groups under the cover of tree crowns, left over as a shelter. Conversion focusing on structural change aiming at group selection method.
- ⇒ Conversion under continuous cover schemes, focusing on mixed species forests between coniferous and broadleaves with rich structural diversity.
- ⇒ Plain conversion followed by artificial regeneration, situation in the field suggests new rotation period.

Keywords: afforestation, forest amelioration, fire, regeneration, black pine

---

**Adresa autorâ – Authors' address:**

Doc. dr. sc. Damir Barčić  
e-pošta: damir.barcic@zg.htnet.hr  
Izv. prof. dr. sc. Željko Španjol  
e-pošta: spanjol@sumfak.hr  
Dr. sc. Roman Rosavec  
e-pošta: rosavec@sumfak.hr  
Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb