

# The influence of the structural pattern of the scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand on the water regime of the limestone soils in south-western Bosnia and Herzegovina

Uticaj strukturne izgrađenosti sastojine bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) na vodni režim zemljišta na krečnjacima u jugozapadnoj Bosni i Hercegovini

Adnan Hodžić<sup>1,\*</sup>, Ćemal Višnjčić<sup>2</sup>, Muhamed Bajrić<sup>2</sup>, Mirjana Todosijević<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ŠGD "Hercegbosanske šume" d. o. o., Kupres

<sup>2</sup> Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu

<sup>3</sup> Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

## ABSTRACT

The forest plays an important role in regulating the water regime, i.e., preventing the occurrence of torrential floods, which depends on the type of trees that make up the stand, the canopy, age, and the structure of the stand. This paper examines the influence of the structural characteristics of the stand on the water regime, using the example of the plantation of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on limestone in south-western Bosnia. An experimental plot (50x50m) was defined and surveyed in the subject plantation. Additionally, rain gauges were installed in different conditions of the canopy, with which the amount of precipitation that reaches the surface of the forest ground was determined. Rain gauges were also placed on an open area close to the plantation. Research has shown that with an increase in the number of trees per hectare and a higher canopy of the stand, the retention of rainwater in the tree crowns increases by up to 30%. In a stand of scots pine, 720 trees per hectare were found, while for the optimal interception, that number should be around 1,400. However, an increase in the number of trees within the stand can have a negative impact on the stability of the stand. With a larger number of trees within the stand, the competition is greater, the trees dry out, the slenderness of the trees is higher, and the trees break or fall. A 40-year-old stand of scots pine has formed a forest litter on the surface of the ground, which has an absolute dry mass more than 4 times greater than the mass of dry matter of the grass cover on the open surface. Research has shown that in a closed stand of scots pine, a smaller amount of precipitation reaches the ground, but forest soils have a better ability to infiltrate, retain and evenly distribute water over a longer period of time. Silvicultural operations in the stand can achieve the same interception effect with a smaller number of trees per unit area if better development of tree crowns is encouraged.

**Key words:** stability of the stand, water regime, torrential flows

\* Corresponding author: Adnan Hodžić, [adnanhodzicado@gmail.com](mailto:adnanhodzicado@gmail.com)

## INTRODUCTION – Uvod

Osnovna karakteristika šuma u BiH je da su one pretežno brdsko-planinskog karaktera, sa izraženom orografijom terena. Preko 80% teritorije BiH se nalazi pod nagibom iznad 13%. Zbog navedenog, šume u Bosni i Hercegovini prije gospodarske imaju prvenstveno zaštitnu funkciju (Višnjić 2006). Šuma, kao složeni ekosistem, u sudjelovanju sa pripadajućim stanišnim faktorima, u odnosu na ostale forme korištenja zemljišta, ima nezamjenjivu ulogu u regulisanju vodnog režima (Klein i Irrgang 2003). Šuma štiti tlo od ispiranja i erozije (Mekić 1998). Žive strukture korijena šumskog drveća učinkovito stabiliziraju tlo sprječavajući eroziju čak iako je šuma prorijedena. Ipak, za optimalno protueroziono djelovanje šuma treba biti sklopljena najmanje 70%, a na višim položajima 80% (Perzl 2018). Evaporacija sa šumskog tla je niža u odnosu na otvorenu površinu pa su šumska tla vlažnija. Šumska stelja i tlo pod drvećem imaju veću sposobnost infiltracije i zadržavanja vode koja ravnomjernije otiče i opskrbljuje kroz duže vrijeme izvore i riječne tokove (Beus 2005; Neary i dr. 2009; Stratford i dr. 2017). Mnogobrojna istraživanja pokazuju da šume mogu ublažiti razvoj bujičnih tokova i smanjiti pojavu visokih voda. Ipak, usprkos brojnim istraživanjima, i dalje postoje značajne kontroverze, a pregled literature otkrio je značajan nedostatak konsenzusa o veličini uticaja šuma na pojavu visokih voda (Stratford i dr. 2017). Općenito je prihvaćeno da šume mogu umanjiti poplavni val uzrokovan oborinama putem mehanizama intercepcije, infiltracije vode u šumsko tlo i većeg raspoloživog skladištenja vode u tlo u zoni rasta korijena šumskog drveća. Faktori kao što su vrste drveća koja učestvuju u sastavu šume (Nainar i dr. 2021), starost šume, strukturne karakteristike, stepen sklopa kao i način gospodarenja (Mekić 1998; Klein i Irrgang 2003; Roehrig i dr. 2006; Xiao i dr. 2022) mogu u velikoj mjeri uticati na hidrološki odgovor nekog slivnog područja. Stepenn sklopa sastojine je u uskoj korelaciji sa brojem stabala na jedinici površine. Sa povećanjem broja stabala iste starosti povećava se i sklopljenost sastojine. Sposobnost zadržavanja oborinskih voda unutar sastojine je veća ukoliko je sastojina bolje sklopljena (Hodžić 2022). Intercepcija, odnosno zadržavanje oborinskih voda u krošnjama stabala varira i zavisi od mnogobrojnih faktora, prije svega vrste drveća, starosti sastojine, vertikalne strukture sastojine, količine i intenziteta oborina, godišnjeg doba (Roehrig i dr. 2006; Unkašević 2004). Dobro strukturisane raznodobne sastojine zadržavaju veću količinu oborinske vode od mlađih i slabije obraslih jednodobnih sastojina (Mekić 1998; Klein i Irrgang 2003). Sastojine četinarara zadržavaju veću količinu vode od sastojina lišćara (Nainar i dr., 2021). U ovom radu istraživana je uticaj 42-godišnje šumske kulture bijelog bora

na vodni režim krečnjačkih tala u jugozapadnoj Bosni. Kao zavisne varijable koje imaju uticaja na vodni režim analizirane su stepen sklopljenosti sastojine i prekrivenost tla šumskom steljom.

## MATERIALS AND METHODS – Materijal i metode

Istraživanja su provedena u 42 godine staroj šumskoj kulturi bijelog bora u jugozapadnoj Bosni i Hercegovini. Locirana je u odjeljenju I, odsjek a, gospodarske jedinice "Tribanj Tušnica" na šumsko gospodarskom području Livanjsko (karta 1). Sastojina ima površinu od 40,4 hektara. Nalazi se na nadmorskoj visini 765 do 803 m (fotografija 1). Ekspozicija je sjeveroristočna i istočna. Nagib terena unutar odjela varira od 4 do 30 stepeni. Na površini su zastupljene kombinacije zemljišta rendzine i sirozema na laporovitim i karbonatnim krečnjacima. Tlo u sastojini je prekriveno šumskom steljom, dok je na otvorenoj površini zastupljena vegetacija trava. Sloj grmlja je slabije razvijen, tek pojedinačno pridolaze glog i divlja ruža.

Unutar šumske kulture postavljena je eksperimentalna ploha kvadratnog oblika dužine stranice od 50 metara. Zbog vanjskog utjecaja ploha je postavljena u unutrašnjost šumske kulture. Udaljenost eksperimentalne plohe od ruba šume iznosi najmanje jednu gornju visinu šumske kulture. Na eksperimentalnoj plohi je izvršen potpuni premjer svih stabala iznad taksacionog praga. Utvrđena je pozicija svih stabala (koordinate za svako stablo), prečnik stabala, visina stabala, dužina krošnje, dužina debla, te projekcija krošnje prema 4 strane svijeta. Premjer taksacijskih elemenata vršen je prečnicom, vertex IV uređajem, busolom, zaparačem te pantljkikom. Za mjerenje projekcije krošnje u smjeru strana svijeta korištena je letvica i pantljika. Stabla su obilježena rimskim brojevima korištenjem zaparača. Unos podataka izvršen je u dnevnik za premjer taksacijskih elemenata. Za daljnji obračun podataka te prikaz na jedinici površine 1 ha, korišten je faktor preračunavanja 4 (obzirom da je površina eksperimentalne plohe 2.500 m<sup>2</sup>), dok su za izračune zalihe korištene tarife za III bonitet. U svrhu utvrđivanja količine oborina na datom lokalitetu, izrađeni su improvizirani kišomjeri od dvolitarskih boca (prečnik otvora boce - 5 cm, što odgovara površini 0,76 cm<sup>2</sup>) te su postavljeni na držače na visini od 1,00 m na otvorenom području i unutar sastojine (plohe). Na udaljenosti od 25 metara od ruba šume, na otvorenom području postavljena su 3 kišomjera za mjerenje količine oborina na otvorenom, dok je unutar sastojine (eksperimentalne plohe 50x50 m) postavljeno 6 kišomjera za dva različita stepena sklopa, i to 3 kišomjera za stepen sklopa 0,6–0,7, i tri kišomjera za stepen sklopa 0,8–0,9. Uzorci



Karta 1. Položaj lokaliteta istraživanja u Bosni i Hercegovini  
Map 1. The location of the research site in Bosnia and Herzegovina



Fotografija 1. Odjeljenje Ia –  
Šumska kultura bijelog bora (foto: Hodžić, A.)  
Figure 1. Department Ia –  
Scots pine forest culture (photo: Hodzic, A.)

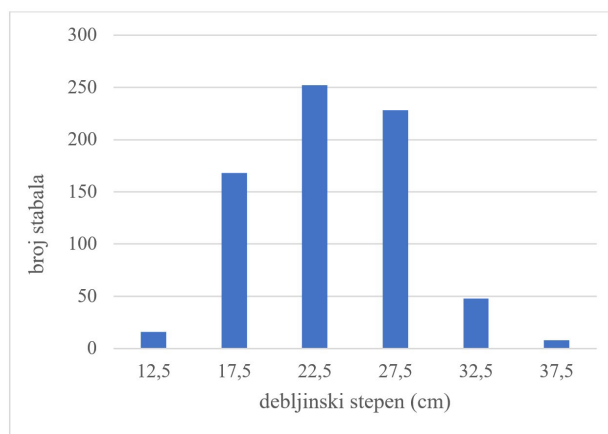
šumske stelje za utvrđivanje apolutne mase suhe materije uzeti su u tri ponavljanja unutar eksperimentalne plohe i na otvorenoj površini u neposrednoj blizini šumske kulture. Plohe za uzimanje uzoraka su kvadratnog oblika dužine stranice 50 cm. Uzeti uzorci biljnih ostataka su sušeni u termostatu do konstantne mase, a zatim vagani radi utvrđivanja apolutne mase suhe materije. Obrada podataka je provedena u softverskim aplikacijama Excel i StatGraphs.

## RESULTS AND DISCUSSION - Rezultati i diskusija

Osnovni taksacioni elementi sastojine - *Basic taxation elements of the stand*

Broj stabala, temeljnica i drvena zaliha predstavljaju mjeru za gustoću sastojina, a njihove promjene mjeru za dinamiku razvoja tih sastojina. Broj stabala u sastojini se najčešće određuje na površini od jednog hektara. On se vremenom mijenja. Broj mladih stabalaca može biti i više miliona po jednom hektaru, dok se kod odraslih sastojina u zreloj fazi može naći tek 100 stabala. Broj stabala je u uskoj korelaciji sa stepenom sklopa sastojine. Sa povećanjem broja stabala za istu starost veća je i sklopljenost sastojine. Što je sastojina bolje sklopljena, to je intercepcija veća, odnosno veća je sposobnost zadržavanja oborinskih voda unutar sastojine. Međutim, veći broj stabala može značiti i manju stabilnost sastojine koja zbog nepovoljnih uvjeta za rast i negativnog djelovanja abiotičkih faktora može da propadne. Polomljena i izvaljena stabla, ukoliko se nalaze na strmoj padini, često dospijevaju u riječno korito gdje mogu da, uslijed gomi-

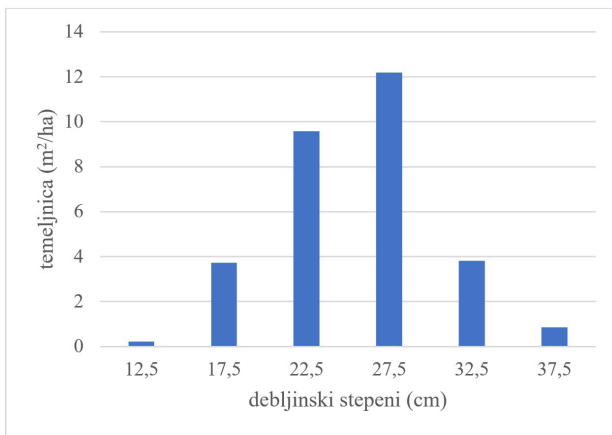
lanja, naprave ustavu ili branu koja usporava riječni tok ili utiče na formiranje jezera. Uslijed pucanja takvih ustava često dolazi do razvoja bujičnih tokova i poplava u donjim dijelovima riječnih tokova. Zbog toga je, radi optimiranja zaštitne funkcije šuma u pogledu regulisanja vodnog režima, od velikog značaja u svakom momentu voditi računa o broju stabala u šumskim sastojinama te imati zdrava, vitalna i stabilna stabla. Unutar šumske kulture bijelog bora, na eksperimentalnoj plohi, ustanovljeno je da se debljine stabala na prsnom prečniku kreću od stepena 12,5 cm do 37,5 cm te je ustanovljeno da se na površini od 1 ha nalazi ukupno 720 stabala bijelog bora. Najveći broj stabala se nalazi u debljinskom stepenu 12,5 cm do 27,5 cm što svakako predstavlja prostor za daljnji razvoj sastojine. Srednji prečnik stabala u sastojini je 22,92 cm (grafikon 1).



Grafikon 1. Distribucija stabala po debljinskim stepenima  
Graph 1. Distribution of trees per diameter class

Distribucija stabala po debljinskim stepenima nam govori i o strukturi sastojine. Ovakav raspored stabala po debljinskim stepenima ukazuje da se radi o jednodobnoj sastojini. Za optimiranje vodnog režima bolje su raznodobne sastojine koje imaju prebornu strukturu (Klein i Irrgang 2003). U tom slučaju bi najviše bilo najtanjih stabala i taj broj bi opadao prema većim debljinskim stepenima. Takve sastojine imaju više slojeva i karakteristične su po stepenastom ili prebornom sklopu (Pintarić 1991).

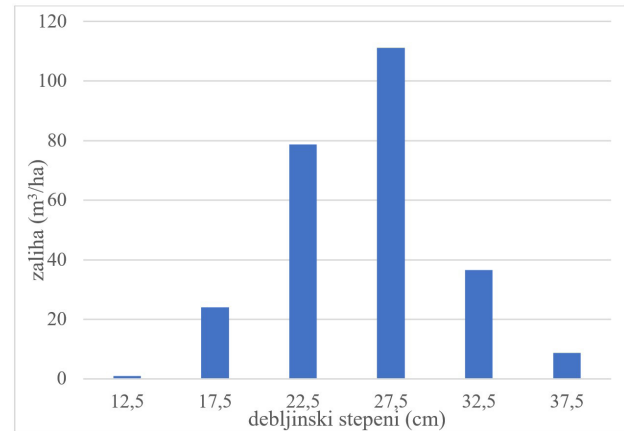
Prosječna temeljnica u šumskoj kulturi bijelog bora iznosi  $30,39 \text{ m}^2/\text{ha}$ , gdje je najveći udio u debljinskom stepenu  $27,5 \text{ cm}$  ( $12,198 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) dok je najmanja u debljinskom stepenu  $12,5 \text{ cm}$  i iznosi  $0,213 \text{ m}^2/\text{ha}$  (grafikon 2).



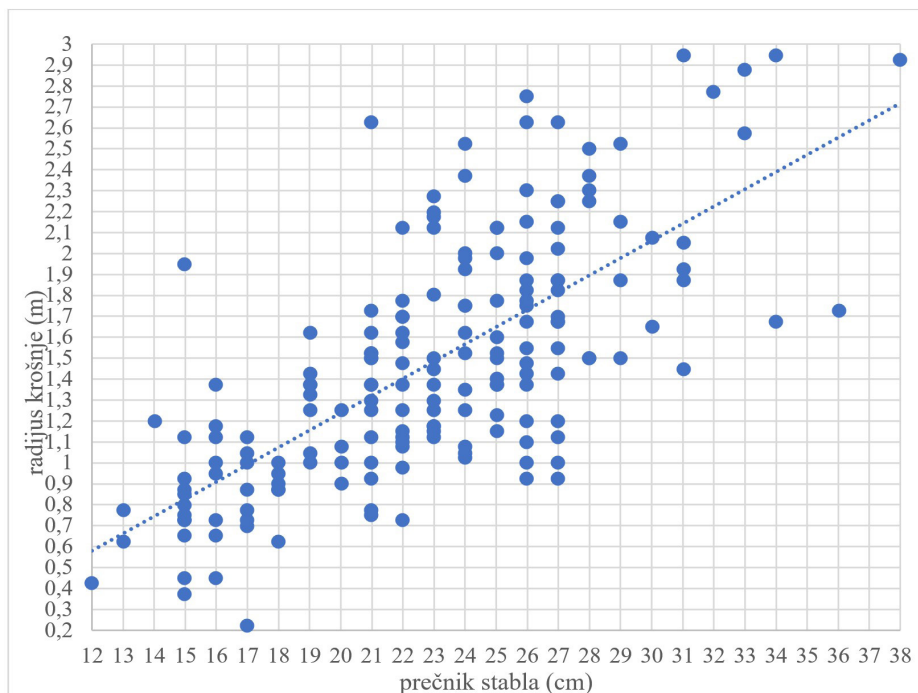
Grafikon 2. Distribucija temeljnice ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ) po debljinskim stepenima

Graph 2. Distribution of basal area per diameter class

Ukupna zaliha po ha iznosi  $260,34 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Najveća zaliha je u debljinskom stepenu  $27,5 \text{ cm}$  ( $111,16 \text{ m}^3$ ) dok je najmanja u debljinskom stepenu  $12,5 \text{ cm}$  ( $1,004 \text{ m}^3$ ). Kada je u pitanju zaliha vidljivo je da raspodjela zalihe ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) po debljinskim stepenima ima približno zvonolik odnosno binomski oblik. Očigledno je da od najnižeg debljinskog stepena pa do stepena  $27,5 \text{ cm}$  dolazi do progresivnog povećanja zalihe, nakon čega dolazi do manje-više pravilnog opadanja zalihe (grafikon 3).



Grafikon 3. Distribucija zalihe ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) po debljinskim stepenima  
Graph 3. Distribution of wood stock ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) per diameter class



Grafikon 4. Odnos prosječnih prečnika i radijusa krošnje

Graph 4. Relation between average diameter and crown radius



Tabela 1. Količina oborina koja je dospjela na tlo na otvorenom području i u sastojini (l/m<sup>2</sup>)

Table 1. Amount of precipitation that has landed on the ground in the open area and in the stand (l/m<sup>2</sup>)

Measurement date Datum mjerenja	Open area (l/m <sup>2</sup> ) Otvoreno područje (l/m <sup>2</sup> )	Canopy level 0.6–0.7 (l/m <sup>2</sup> ) Stepen sklopa 0.6–0.7 (l/m <sup>2</sup> )	Interception Canopy level 0.6–0.7 (%) Intercepcija Stepen sklopa 0.6–0.7 (%)	Canopy level 0.8–0.9 (l/m <sup>2</sup> ) Stepen sklopa 0.8–0.9 (l/m <sup>2</sup> )	Interception Canopy level 0.8–0.9 (%) Intercepcija Stepen sklopa 0.8–0.9 (%)
10.4.	24,84	20,81	16,22	18,68	24,79
20.4.	16,77	14,44	13,89	13,38	20,21
21.4.	15,71	13,16	16,23	9,55	39,21
23.4.	18,9	14,44	23,5	11,46	39,36
25.4.	16,14	13,38	17,10	10,19	36,86
03.5.	16,77	15,71	6,32	13,8	17,71
09.5.	10,4	9,13	12,21	6,58	36,73
10.5.	9,77	8,49	13,10	6,58	32,65
15.5.	8,7	7,86	9,65	6,37	26,78
17.5.	14,65	12,1	17,40	10,62	27,50
29.5.	13,38	11,04	17,48	9,13	31,76
30.5.	12,53	11,04	11,89	8,7	30,56
06.6.	11,89	10,4	12,53	8,92	24,97
10.6.	9,13	8,28	9,30	6,79	25,62
Average/ Prosjek	14,25	12,16	14,06	10,05	29,62

## STEPEN SKLOPA I RADIJUS KROŠNJE - *Canopy and crown radius*

Srednji prečnik istraživane šumske kulture bijelog bora iznosi 22,92 cm, dok je srednji radijus krošnje za dati prečnik 1,48 m. Površina krošnje stabla šumske kulture sa srednjim radijusom 1,48 metara iznosi 6,87 m<sup>2</sup>. Broj stabala na površini od 1 ha za ovaj srednji prečnik koji je potreban da bi sklop bio potpun je oko 1456 stabala. Taksacijskim premjerom je ustanovljeno da broj stabala po 1 ha u ovoj šumskoj kulturi iznosi 720 stabala po 1 ha, što je za 736 stabala manje (grafikon 4).

Određivanje koeficijenta vitkosti stabala važno je u kontekstu procjene stabilnosti sastojine, odnosno otpornosti sastojine na abiotičke štetne uticaje kao što su vjetar i snijeg. Ukoliko stabla imaju veću vitkost nestabilnija su i ugroženija od vjetroizvala, snjegoizvala i lomova čime dolazi do narušavanja stepena, što posebno dolazi do izražaja kod kultura osnovanih gustom sadnjom (Jevtić 1992; Stojanović i Krstić 2008). Stabilne sastojine sa

očuvanim sklopom koje se mogu oduprijeti štetnim abiotičkim uticajima omogućavaju regulaciju ravnoteže vodnih odnosa u tlu te time doprinose zaštiti tla od štetnog djelovanja vode i erozije.

Minimalna vrijednost koeficijenta vitkosti za istraživanu šumsku kulturu bijelog bora iznosi 54,45, dok maksimalna vrijednost iznosi 120. Srednja vrijednost, odnosno koeficijent vitkosti za istraživanu šumsku kulturu bijelog bora, iznosi 80,91. Imajući u vidu naprijed navedeno, može se konstatovati da je istraživana šumska kultura bijelog bora stabilna ( $K_v = 80,91$ ).

## INTERCEPCIJA – *Interception*

Oborinske vode koje dospiju do šumskog zemljišta se postepeno infiltriraju u tlo, a samo mali dio otiče lateralno. Korijenje drveća, u ovom slučaju bijelog bora, ima jake žile koje prodiru u dublje slojeve zemljišta. One rahle tlo i stvaraju makro pore u kojima se zadržava voda. Prema Klein i Irrgang (2003) šumska zemljišta u toku

jednog sata infiltriraju do 75 litara oborinske vode, dok je infiltracija na otvorenom znatno slabija i kreće se do 20 litara po satu. U slučaju intenzivnih oborina u kratkom vremenu, šuma zadržava veliku količinu oborina i postepeno je otpušta, dok se na otvorenim područjima samo manja količina zadržava, dok najveći dio lateralno otiče noseći sa sobom čestice tla te u donjim padinskim dijelovima poprima bujični tok. Najveća izmjerena količina oborina u jednom danu koja je dospjela na tlo u posmatranom periodu (april–juni) iznosila je 24,84 l/m<sup>2</sup>, dok je u sastojini pri stepenu sklopa 0.6–0.7 iznosila 20,81 l/m<sup>2</sup>, a pri stepenu sklopa 0.8–0.9 iznosila je 18,68 l/m<sup>2</sup>. Najmanja izmjerena količina oborina izmjerena u posmatranom periodu u jednom danu, a koja je dospjela na tlo na otvorenom području iznosila je 9,77 l/m<sup>2</sup>, dok je u sastojini pri stepenu sklopa 0.6–0.7 iznosila 8,49 l/m<sup>2</sup>, a pri stepenu sklopa 0.8–0.9 iznosila je 6,58 l/m<sup>2</sup>. Podaci mjerenja oborina u periodu april–juni 2022. godine, uz izuzetak mjerenja u periodu od 21. aprila do 25. april kada je uz obilne oborine i mješavinu snijega i kiše evidentiran i veliki uticaj vjetrova, pokazuju da između količine oborina koja dopijje na tlo na otvorenom području i u sastojini (pri različitim stepenima sklopa) postoji vidljiva razlika, odnosno da je za 14,8% do 29,6% manje evidentiranih oborina na kišomjerima unutar sastojine u odnosu na kišomjere na otvorenom (tabela 1).

Šuma posjeduje veliku, u jednom sloju vidljivu, površinu koju zauzima lišće ili iglice. Do 30% godišnjih oborina se, prije nego dospije do tla, zadrži na listovima i ispari u atmosferu (intercepcija). Na poljoprivrednim površinama taj udio je svega 10% (Klein i Irrgang 2003). Prema Pintariću (2004) prosječna intercepcija u šumama jele i smrče je 40%, a u šumama bijelog bora 20% do 40%. Na osnovu navedenih istraživanja, vidljivo je da intercepcija varira i zavisi od mnogobrojnih faktora, prije svega vrste drveća, starosti sastojine, vertikalne strukture sastojine, količine i intenziteta oborina, godišnjeg doba. Stepenn intercepcije uveliko zavisi i od intenziteta prorjeđivanja sastojina. Sastojine kod kojih je intenzitet prorjeđivanja veći imaju manju sposobnost intercepcije i obrnuto (Roehrig i dr. 2006). Starije sastojine i bolje sklopljene sastojine zadržavaju u krošnjama veću količinu oborinske vode od mlađih i rjeđih sastojina. Sastojine četinaru zadržavaju veću količinu vode od sastojina lišćara. Ovo je razumljivo ako se ima u vidu da tokom zime sastojine lišćara odbacuju lišće i najveći dio oborina u tom periodu dospije do tla. Rezultati ovih istraživanja su pokazali da su krošnje bijelog bora u promatranom periodu pri stepenu sklopa 0.6–0.7 zadržale 14,07% oborina u odnosu na količinu oborina koja je dospjela na tlo u otvorenom području. Nadalje, krošnje bijelog bora u promatranom periodu pri stepenu sklopa 0.8–0.9 zadržale su 29,62% oborina u odnosu na količinu oborina koja je

dospjela na tlo u otvorenom području. I ova istraživanja su pokazala da bolje sklopljene sastojine u krošnjama zadržavaju veću količinu oborinske vode. –

Ukoliko uzmemo da je prosječna intercepcija u šumama bijelog bora 30%, možemo konstatovati da je količina oborina koje su krošnje bijelog bora u istraživanoj šumskoj kulturi pri stepenu sklopa 0.8–0.9 zadržale (29,62%) u odnosu na količinu oborina koja je dospjela na tlo u otvorenom području upravo u tom prosjeku. Ukoliko bi potpuno sklopili sastojinu sa krošnjama stabala bijelog bora (stepen sklopa 0.9–1.0), onda bi broj stabala bijelog bora ovoga srednjeg prečnika (22,92 cm) trebao biti između 1.310 do 1.456 stabala. Međutim, u tom slučaju bi, zbog izražene konkurencije među stablima, došlo do povećanja vitkosti stabala sa čime bi se vjerovatno narušila i sama stabilnost sastojine.

### ŠUMSKA STELJA – *Forest litter*

Šumska kultura bijelog bora je od svog podizanja za vrijeme 42 godine rasta stabala formirala šumsku stelju sačinjenu od iglica, lišća grmlja, suhих grnačica, kore, debljih grana, šišarki i ostalih odumrlih dijelova biljnog pokrova koji je zastupljen u sastojini. Šumska stelja se postepeno razlaže formirajući moćan sloj humusa. Na otvorenoj površini, osušene biomase od nadzemnih dijelova trava skoro da nema ili je zastupljena samo ona iz proteklog vegetacionog perioda. U sljedećoj tabeli prikazan je sadržaj suhe materije šumske stelje i biomase na otvorenom.

Iz tabele je vidljivo da je apsolutna masa suhe materije šumske stelje 4,7 puta veća od suhe materije uzorka uzetog na otvorenom. Imajući u vidu da šumska stelja može da apsorbuje i zadrži 5 do 10 puta veću količinu oborinske vode od svoje vlastite mase (Mekić 1998), mogu se jasno uočiti velike razlike u usvajanju i zadržavanju vode unutar šumske kulture i na otvorenom. Ukoliko se ta količina vode obračuna na konkretnu sastojinu i otvorenu površinu, onda šumska stelja unutar sastojine bijelog bora može infiltrirati i zadržati od 10 do 20 litara vode po metru kvadratnom površine, odnosno 100.000 do 200.000 litara vode po hektaru, dok na otvorenoj površini stelja usvaja i zadržava tek 2,5 do 5 litara oborinske vode po metru kvadratnom površine tla.

### CONCLUSIONS – *Zaključci*

S aspekta regulacije vodnog režima i poplava, protiverozione zaštite zemljišta šume su nezamjenljiv faktor. U kojoj mjeri šuma može uticati na akumulaciju vode i pojave izvora vode pokazuju brojni primjeri njihovog nastanka ili obnavljanja poslije pošumljavanja površina šumskih goleti. Pod očuvanim šumskim sastojinama

Tabela 2. Apsolutna masa suhe materije šumske stelje unutar sastojine bijelog bora i na otvorenoj površini u neposrednoj blizini sastojine

Table 2. The absolute mass of the dry matter of the forest litter inside the scots pine stand and on the open surface in the immediate vicinity of the stand

Experimental plots Eksperimentalne plohe	Sample size Veličina uzoraka	N	Average (kg of dry matter) Sredina (kg suhe mat.)	Per m <sup>2</sup> (kg) Po m <sup>2</sup> (kg)	Per ha (kg) Po hektaru (kg)
Open area Otvoreno područje	0,25 m <sup>2</sup>	3	0,125	2,37	23.768,8
Stand of scots pine Sastojina bijelog bora	0,25 m <sup>2</sup>	3	0,594	5,02	5.018,00

nema izraženih erozionih procesa i obrnuto – u degradiranim sastojinama su česta pojava.

Regulacija vodnog režima ogleda se u većoj akumulaciji i stvaranju rezervi vode i njenom sporijem oticanju. Izuzetno vezivanja vode u šumi upijanjem od listinca i tla, oborinska voda se veže i intercepcijom u šumi, odnosno jedan dio vode se se zadrži na krošnjama drveća odakle ispari (intercepcija). Zbog svoje uloge u bilansiranju vodnih odnosa u krajolik, pročišćavanja vode i sprječavanja erozije tla, šumski ekosistem predstavlja izuzetno vrijedan vodoprivredni objekt.

U istraživanoj šumskoj kulturi preko 70% stabala se nalazi u debljinskom stepenu 12,5 cm do 27,5 cm što svakako predstavlja prostor za daljnji razvoj sastojine. Ovakav normalan raspored stabala po debljinskim stepenima nam govori da se radi o jednodobnoj, kvazi jednoslojnoj sastojini. Za optimiranje vodnog režima bolje su raznodobne sastojine koje imaju prebornu strukturu. U tom slučaju bi najviše bilo najtanjih stabala i taj broj bi opadao prema većim debljinskim stepenima. Kada je u pitanju zaliha, vidljivo je da je raspodjela zalihe (m<sup>3</sup>/ha) po debljinskim stepenima ima približno zvonolik odnosno binomski oblik. Očigledno je da od najnižeg debljinskog stepena pa do stepena 27,5 cm dolazi do progresivnog povećanja zalihe, nakon čega dolazi do manje-više pravilnog opadanja zalihe.

Srednji prečnik istraživane šumske kulture bijelog bora iznosi 22,92 cm, dok je srednji radijus krošnje za dati prečnik 1,48 m. Površina krošnje stabla šumske kulture sa srednjim radijusom 1,48 metara iznosi 6,87 m<sup>2</sup>. Broj stabala na površini od 1 ha za ovaj srednji prečnik koji je potreban da bi sklop bio potpun je oko 1.456 stabala. Premjerom taksacijskih elemenata je ustanovljeno da je broj stabala po 1 ha u ovoj šumskoj kulturi 720 stabala

po 1 ha, što je za 736 stabala manje.

Podaci mjerenja oborina pokazuju da između količine oborina koja dospje na tlo na otvorenom području i u sastojini (pri različitim stepenima sklopa) postoji vidljiva razlika, odnosno da je za 10% do 30% manje evidentiranih oborina na kišomjerima unutar sastojine u odnosu na kišomjere na otvorenom. Rezultati ovih istraživanja su pokazali da su krošnje bijelog bora u promatranom periodu pri stepenu sklopa 0,6–0,7 zadržale 14,07% oborina u odnosu na količine oborina koja je dospjela na tlo u otvorenom području. Nadalje, krošnje bijelog bora u promatranom periodu pri stepenu sklopa 0,8–0,9 zadržale su 29,62% oborina u odnosu na količinu oborina koja je dospjela na tlo u otvorenom području.

Ukoliko bi potpuno sklopili sastojinu sa krošnjama stabala bijelog bora (stepen sklopa 0,9–1,0), onda bi broj stabala bijelog bora ovoga srednjeg prečnika (22,92 cm) trebao biti između 1.310 do 1.456 stabala. Međutim, u tom slučaju bi, zbog izražene konkurencije među stablima, došlo do povećanja vitkosti stabala sa čime bi se vjerovatno narušila i sama stabilnost sastojine.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da sastojinu treba posmatrati kao dinamičku tvorevinu, te u svakom momentu voditi računa o optimalnom broju stabala po jedinici površine, ne samo radi ostvarenja pojedinačnih funkcija, već imati holistički pristup radi postizanja uravnotežene multifunkcionalnosti šumskih ekosistema.

## REFERENCES – Literatura

Beus, V. (2005). Šume regulator vodnog režima i zaštite zemljišta od erozije. Upravljanje rizicima od poplava i ublažavanje njihovih štetnih posljedica. Akademija nauka i umjetnosti BiH, Sarajevo

- Hodžić, A. (2022). Značaj šumskih kultura bijelog bora u regulaciji vodnih režima na krečnjacima u jugozapadnoj Bosni. Master rad. Univerzitet u Beogradu. Šumarski fakultet. Erozijska zemljišta i prevencija bujičnih poplava.
- Jevtić, M. (1992). Nega četinarskih kultura sastojina veštačkog porekla proredom. Prosilva, Beograd.
- Klein, B., Irrgang, S. (2003). Mit dem Wald gegen die Flut. Landesforstpräsidium (LFP). OT Grupa. S. 44.
- Lojo, A., Balić, B., Bajrić, M., Alojz, Đ., Hočevar, M., (2008). Druga državna inventura šuma u Bosni i Hercegovini – komparacija rezultata prve i druge inventure šuma za oblast I. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
- Mekić, F. (1998). Uzgajanje šuma, ekološki osnovi. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Nainar, A., Tanaka, N., Sato, T., Mizuuchi Y., Kuraji K. (2021). A comparison of hydrological characteristics between a cypress and mixed-broadleaf forest: Implication on water resource and floods. *Journal of Hydrology*, Volume 595. s. 1-14.
- Neary, D.G., Ice, G.G., Jackson, C.R., (2009). Linkages between forest soils and water quality and quantity. *For. Ecol. Manag.* 258, 2269–2281. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.05.027>.
- Perzl F. (2018). Schützt der Wald vor Naturgefahren. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW).
- Pintarić, K. (1991). Uzgajanje šuma, II - dio tehnika obnove i njege sastojina. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
- Pintarić, K. (2004). Značaj šume za čovjeka i životnu sredinu, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Federacije Bosne i Hercegovine, Sarajevo.
- Roehrig, E., Bartsch, N., von Luepke, B. (2006). *Waldbau auf oekologischer Grundlage*. 7 Auflage. Ulmer verlag. S. 479.
- Stratford, C., Miller, J., House, A., Old, G., Acreman, M., Dueñas-Lopez, M. A., Nisbet, T., Newman, J., Burgess-Gamble, L., Chappell, N., Clarke, S., Leeson, L., Monbiot, G., Paterson, J., Robinson, M., Rogers, M. and Tickner, D. (2017). Do trees in UK-relevant river catchments influence fluvial flood peaks? Centre for Ecology and Hydrology Wallingford, Oxfordshire, OX10 8BB, UK. S 45.
- Strategija i akcioni plan za zaštitu biološke raznolikosti Bosne i Hercegovine 2015.-2020., Podrška Bosni i Hercegovini za revidiranje Strategije i akcionog plana za zaštitu biološke raznolikosti i izradu Petog nacionalnog izvještaja prema Konvenciji o biološkoj raznolikosti, NBSAP BiH, 2016.
- Stojanović, Lj., Krstić, M. (2008). Gajenje šuma I - metodi prirodnog obnavljanja i negovanja šuma. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakulteta. Planeta print, Beograd.
- Šumsko gospodarska osnova za ŠGP Livanjsko, 2022., nacrt
- Unkašević, M. (2004). Šumarska Ekoklimatologija. Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet. Planeta print, Beograd, S. 231.
- Višnjjić, Ć. (2006). Auforstung von sommertrocknenen Standorten mit heimischen Baumarten in BiH. Dissertation. GA Universitaet Goettingen. Couvillier Verlag. S 166.
- Xiao, L., Robinson, M., O’Conor, M. (2022). Woodland’s role in natural management: Evidence from catchment studies in Britain and Irland. *Science of the Total Environment* 813 (151877).



## SUMMARY

Forests as a natural resource have an irreplaceable role in regulating the water regime. The influence of forests on the water regime is reflected in the greater accumulation and creation of water reserves and its slower outflow, where a large role is played by the forest litter, which, through the function of a sponge, has a high capacity for storing water and thus reduces surface water runoff, i.e., prevents the rapid flow of water and the creation of torrential flows. Tree crowns partially retain rainwater, preventing the sudden influx of a large amount of water on the land surface. Protecting land from washing away is exactly the reason why forests on the karst have a primary protective function. Healthier, more vital, and well-structured forests perform this function better. Of particular importance are the type of trees that are represented in the forest community on limestone, the canopy of the stand, the number of trees per unit area and the distribution of trees by diameter and height. The aim of this research is to optimize the structural characteristics of scots pine forest culture in order to better protect forest lands on limestones from being washed away by rainwater. The special focus of these researches was to provide answers to the questions of whether sparser or denser forest cultures, i.e. whether a greater or lesser number of trees at a certain age affects the interception by the crowns of the scots pine trees. On the territory of the Livanjsko forest management area in the south-western part of Bosnia and Herzegovina, in the forest culture of scots pine (MU Tribanj - Tušnica, department Ia), an experimental plot of 50x50 m was set up, on which surveys of taxation elements of the stand were carried out and rain gauges were installed inside the stand (canopy level 0.6–0.7 and canopy level 0.8–0.9) and in the open area. There are 720 trees in the researched forest culture on an area of 1 ha, over 70% of the trees are in the diameter class of 12.5 cm to 27.5 cm, which represents space for further development of the stand. The average diameter of the trees in the stand is 22.92 cm. The normal distribution of trees by diameter class tells us that it is a one-year, quasi-single-layered stand. The average floor area is 30.398 m<sup>2</sup>/ha, and the total wood stock is 260.4 m<sup>3</sup>/ha. The slenderness coefficient for the researched scots pine forest culture is 80.91 and it can be concluded that the stand is stable. The results of these studies showed that in the observed period, scots pine crowns retained 14.07% of precipitation at the canopy level 0.6–0.7, and at the canopy level 0.8–0.9 they retained 29.62% compared to the amount of precipitation that reached the ground in the open area. If we were to completely assemble the stand (canopy level 0.9–1.0) with scots pine tree crowns, then the number of scots pine trees of this average diameter (22.92 cm) should be from 1,310 to 1,456 trees. Due to the pronounced competition between the trees, with an increase in the number of trees, there would be an increase in the slenderness of trees, which would probably impair the stability of the stand itself, and due to unfavourable working conditions and the negative effect of abiotic factors, the stand would be negatively affected. Due to the influence of these factors, broken and fallen trees, if they are located on a steep slope, often end up in the river where, due to accumulation, they can create a dam that slows down the river flow or affects the formation of lakes. As a result of the bursting of such structures, torrential flows and floods often occur in the lower parts of river streams. In this regard, the stand should be viewed as a dynamic creation, and at all times the optimal number of trees per unit area should be taken into account, not only to achieve individual functions but to have a holistic approach in order to achieve balanced multifunctionality of the forest ecosystems.



© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).