

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Prispjelo - *Received*: 31. 08. 2006.
Prihvaćeno - *Accepted*: 09. 10. 2006.

UDK: 630*116.2

Vlado Topić*, Lukrecija Butorac*, Goran Jelić*

POVRŠINSKO OTJECANJE PADALINA I EROZIJA TLA U ŠUMSKIM EKOSUSTAVIMA ALEPSKOG BORA

SURFACE RAINFALL FLOWOFF AND SOIL EROSION IN FOREST ECOSYSTEMS OF ALEPPO PINE

SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja utjecaja šumskih ekosustava alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) na površinsko otjecanje padalina i zaštitu tla od erozije. Istraživanja su obavljena u slivu bujice Rupotine kod Solina i u predjelu Kućine, na pokusnim plohama B8 i B9, u sačuvanim i opožarenim sastojinama alepskog bora, na nagibu od 20 i 26°, a obuhvaćaju razdoblje od kolovoza 2002. godine do kolovoza 2004. godine.

U sačuvanim sastojinama alepskog bora potpunog sklopa, na nagibu od 26° (ploha B8), u prvoj godini istraživanja, od kolovoza 2002. do kolovoza 2003. godine, površinsko otjecanje iznosilo je 6,23mm/m², a gubici tla 0,043t/ha. U naveđenom razdoblju, na opožarenoj površini plohe B9 (nagiba 20°), godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosi 35,51mm/m², a gubici tla 19,93t/ha.

U drugoj godini istraživanja, od kolovoza 2003. do kolovoza 2004. godine, godišnja vrijednost površinskog otjecanja na plohi pod sastojinom alepskog bora iznosi 4,25mm/m², a gubici tla 0,00022t/ha. Na opožarenoj površini, obnovljene šumske vegetacije, u trećoj godini nakon požara, godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosila je 8,4mm/m², a gubici tla 0,080t/ha.

Ključne riječi: krš, erozija, pokusne plohe, sastojina alepskog bora, opožarena površina, padaline, površinsko otjecanje, gubici tla

UVOD

INTRODUCTION

Erozija tla je prirodni geološki proces. To je normalna geološka erozija, odnosno erozija u kojoj se stvara onoliko tla koliko ga se vodom odnese. Problemi na

* Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Put Duilova 11, 21000 Split

staju u slučaju kad su gubici tla veći od količine tla koja se stvara u evolucijskim procesima.

Biljni pokrov, posebice šuma, najdjelotvorniji je čimbenik pri sprječavanju ubrzane, ekscesivne erozije. U dobro očuvanoj šumi kojom se pravilno gospodari nema ubrzane, javlja se samo normalna erozija. Regresijski razvoj vegetacije prati ubrzana erozija tla i obrnuto, progresijski razvoj vegetacije prati samo «normalna» erozija koju nadvladava tvorba tla.

U mediteranskom dijelu Republike Hrvatske zbog klimatskih uvjeta koji vladaju na tom području i stanja vegetacije, problem erozije jako je izražen.

Gotovo 60% površine mediteranskog područja Hrvatske pokrivaju panjače, šikare, makije i goleti, dok visoke šume, uglavnom alepskog i crnog bora, zauzimaju samo 9,9% obraslih šumskih površina (TOPIĆ 1994). Ovako nepovoljna struktura šumskog fonda svakako pospješuje i daljnje erozijske procese na ovom području. Da regresijski razvoj vegetacije prati ubrzana erozija, utvrdio je i GRAČANIN (1955).

Područje mediteranskog krša Republike Hrvatske jako je ugroženo erozijom, a pojedini predjeli potpuno su degradirani. Oko 95% površine tog područja zahvaćeno je različitim intenzitetom erozije tla vodom, od toga značajnijom erozijom oko 40% (TOPIĆ 1988, 2003). Na njemu je registrirano 668 bujičnih vodotoka, ukupne slivne površine od 3.024km², što ga čini jednim od najvećih bujičnih područja u Republici Hrvatskoj (TOPIĆ i LEKO 1987; MIČETIĆ 2000; TOPIĆ i BUTORAC 2004).

Godišnji gubici tla, odnosno količine nanosa koje nepovratno odlaze s ovih površina u Jadransko more, iznose 2.280,72m³/godišnje ili 60% od mase produciranog nanosa, što odgovara površini od 1.140 hektara, debljine sloja od 20cm. Kako se tlo, kao nezamjenjivi prirodni resurs, na kršu vrlo teško i sporo stvara, pitanje njegove zaštite od prvorazrednog je značaja. Imajući u vidu ove razloge, Odjel za šumarstvo Instituta za jadranske kulture i melioraciju krša u Splitu započeo je 1964. god. znanstvenoistraživačkim radom na problematici erozije i zaštite tla na kršu, a 1971. god. osnovane su prve trajne eksperimentalne plohe u bujičnim slivovima na mediteranskom krškom području.

Plohe su postavljene na različitim nagibima, različitim geološkim i pedološkim podlogama i pod različitim biljnim pokrovom (u šikari bijelog graba, u sastojinama crnog bora različite pokrovnosti, na zatravljenoj površini, u brnisti i šmriki), a 2002. godine istraživanja su proširena i na šumske površine pod alepskim borom te opožarene površine. Rezultati dosadašnjih istraživanja objavljeni su u više radova (JEDŁOWSKI i dr. 1975; TOPIĆ 1987, 1988; TOPIĆ i KADOVIĆ 1991; TOPIĆ 1995, 1996, 2000, 2001; TOPIĆ i BUTORAC 2004, 2006) i dr.

U ovom se radu iznose rezultati istraživanja utjecaja sačuvanih i opožarenih sastojina alepskog bora na površinsko otjecanje padalina i zaštitu tla od erozije.

OBJEKT ISTRAŽIVANJA I METODA RADA

OBJECT OF RESEARCH AND WORK METHOD

Istraživanja su obavljena na eumediteranskom krškom području Republike Hrvatske, na trajnim pokusnim ploham, B₈ i B₉, u šumskim ekosustavima alepskog bora.

Ploha B₈ nalazi se u sačuvanim starim sastojinama alepskog bora na predjelu Rupotine, između 43° 33' 45" sjeverne zemljopisne širine i 16° 30' 05" istočne zemljopisne dužine, na nadmorskoj visini od 227m, istočne ekspozicije i nagiba od 26°. Ploha se nalazi na smeđem tlu, na koluvijalnom brečastom laporovitom vapnencu. Ove šume pokrivaju dio bujičnog sliva Rupotine i ponajprije imaju protue-rozijsku ulogu (Slika 1.).



Slika 1. Ploha B₈ u sastojini alepskog bora, nagib 26° (Snimio: V. Topić)
Figure 1. Plot B₈ in stand of aleppo pine, inclination 26° (Photo: V. Topić)



Slika 2. Opožarena sastojina alepskog bora 2001. godine, predjel Kučine (Snimio: V. Topić)
Figure 2. Burned stand of aleppo pine year 2001, Kucine area (Photo: V. Topić)

Ploha B₉ nalazi se na požarištu alepskog bora u predjelu Kučine (Slika 2.), između 43° 31' 48,5" sjeverne zemljopisne širine i 16° 32' 25" istočne zemljopisne dužine, na nadmorskoj visini od 212m, zapadne ekspozicije i nagiba od 20°. Prije požara 2001. godine sastojinu je uglavnom činio alepski bor s primjesama čem-



Slika 3. Ploha B₉ u opožarenoj sastojini alepskog bora u predjelu Kučine dvije godine nakon požara, nagib 20° (Snimio: V. Topić)

Figure 3. Plot B₉ in burned stand of aleppo pine two years after the fire, inclination 20°, Kučine area (Photo: V. Topić)

presa, starosti 29 godina. Geološki gledano, ploha je homogena, izgrađena od laporovitih vapnenaca na kojima se nalazi rendzina na laporu, erodirana (VRBEK 2002). Prirodna sukcesija šumske vegetacije na plohi je prisutna i uz obnovljeni alepski bor nalazimo i autohtone makijske elemente (Slika 3.).

Prema Köppenovoj klasifikaciji, koristeći se podacima SELETKOVIĆA i KATUŠINA (1992), ovo područje čini tip klime Csa. Nju karakterizira srednja godišnja temperatura od 15,5°C. Padaline, kao najvažniji čimbenik erozije na ovom području, po količini su vrlo različite s barem tri puta toliko padalina u najkišnijem mjesecu zime, kao u najsušem mjesecu ljeta. Količina padalina u najsušem mjesecu manja je od 40mm. Srednja godišnja količina padalina iznosi 936mm i raste od mora i otoka prema unutrašnjosti i vertikalno s nadmorskom visinom. Uglavnom su koncentrirane u hladnijoj polovici godine (X-XII mjesec), kad su i vrlo intenzivne, dok je topla polovica godine (IV-IX mjesec) suha, što osobito vrijedi za ljeto.

Prema tome, osnovna obilježja klime ovog područja su visoke temperaturne vrijednosti, male godišnje amplitude, duže trajanje insolacije i nejednaki raspored padalina, od kojih tijekom vegetacijskog razdoblja padne oko 45%. Malo padalina u vegetacijskom razdoblju čini mediteransko područje aridnim. Ovakve klimatske karakteristike jasno izdvajaju ovo područje od ostalog kontinentalnog dijela Republike Hrvatske. Klima pruža povoljne uvjete za eroziju tla na kršu.

Na plohama u šumskim ekosustavima alepskog bora prati se progresija vegetacije, količina padalina, površinsko otjecanje i mjeri količina erozijskog nanosa.

Pokusne plohe imaju dimenzije 20m x 5m i ograđene su limenom ogradom. Ograda je postavljena tako da pokusna ploha ne može primati vodu i/ili suspenziju tla sa strane ili nekontrolirano gubiti vodu, odnosno suspenziju tla. Svaka ploha ima svoj bazen (spremnik) za prikupljanje erozijskog nanosa.

Plohe su opremljene potrebnim mjernim instrumentima (kišomjer, ombrograf) s kojih smo svakodnevno u 7 sati prikupljali podatke, a u erodibilnim danima mjerili količinu vode u spremnicima te uzimali uzorke koji su se u laboratoriju sušili, mjerila se težina i obavljala kemijska analiza.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

U sklopu istraživanja utjecaja šumske vegetacije na zaštitu tla od erozije, uspostavljene su u kolovozu 2002. godine pokusne plohe na području Splita i Solina, različitih nagiba, istih geoloških i pedoloških karakteristika u sačuvanim i opožarenim sastojinama alepskog bora.

Ploha B₈ nalazi se u sačuvanim starim sastojinama alepskog bora istočne ekspozicije i nagiba od 26° u slivu bujice Rupotine, čiji perimetar zahvaća prostor iznad Solina do Klisa, podno brda Kozjak, na nadmorskoj visini između 5 i 650m, površine 542ha. Niži položaji bujice pripadaju pojasu hrasta crnike (*Quercetum ilicis*), dok se oni viši nalaze na prelazu k pojasu bijelog graba (*Carpinetum orientalis*).

Ploha B₉ nalazi se na požarištu alepskog bora u predjelu Kučine, na nadmorskoj visini od 212m, zapadne ekspozicije i nagiba od 20°. Prije požara 2001. godine sastojinu je uglavnom činio alepski bor s primjesama čempresa, starosti 29 godina. Geološki gledano ploha je homogena, izgrađena od laporovitih vapnenaca na kojima se nalazi rendzina na laporu, erodirana (VRBEK 2002). Prirodna sukcesija šumske vegetacije na plohi je prisutna i, uz obnovljeni alepski bor, nalazimo i autohtone makijske elemente.

Na pokusnoj plohi u sačuvanoj sastojini alepskog bora, u razdoblju od 22. kolovoza 2002. godine do 22. kolovoza 2003 godine, količina padalina iznosila je 826,3mm. Od 78 kišnih dana bilo je 14 erodibilnih. Otjecanje i zemljišne gubitke izazvale su padaline od 14,1 do 65,7mm (Tablica 1.). Podaci o srednjim mjesečnim vrijednostima količine padalina i otjecanja na plohi B₈ prikazani su na Grafikonu 1. Iz navedenih podataka može se zaključiti kako se mjesečne vijednosti površinskog otjecanja kreću od 0 do 2,03mm/m², godišnja vrijednost površinskog otjecanja na ovoj plohi u prvoj godini istraživanja iznosi 6,82mm/m², koeficijenta otjecanja 0,0088. U erodibilnim danima koeficijent se kretao od 0,0029 do 0,0556, a suhog mulja je odneseno 0,043t/ha.

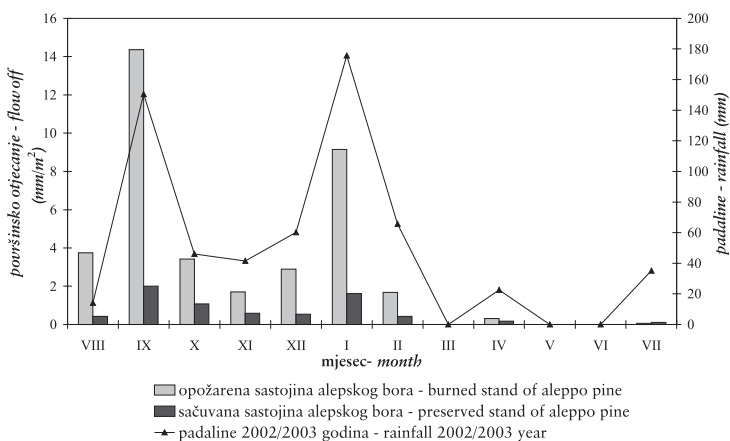
Na pokusnoj plohi postavljenoj na požarištu alepskog bora u prvoj godini istraživanja, drugoj nakon požara, od 78 kišnih dana bilo je 18 erodibilnih. Otjecanje i zemljišne gubitke izazvale su padaline od 5,9 do 65,7mm (Grafikon 1.). Mjesečne vijednosti površinskog otjecanja kreću se od 0 do 3,48mm/m², godišnja vrijednost površinskog otjecanja na ovoj plohi u prvoj godini istraživanja iznosi 37,17mm/m², koeficijent otjecanja od 0,061, a maksimalni koeficijent otjecanja iznosio je 0,2697. Suhog mulja je odneseno 19,93t/ha (Tablica 1.).

Tablica 1. Površinsko otjecanje padalina i gubici tla na pokusnim ploham B8 i B9 u sačuvanim i opožarenim sastojinama alepskog bora, (2002./2003. godine)
 Table 1. Surface flowoff of rainfall and soil loss on the experimental plots B8 and B9 in preserved and burned stands of aleppo pine (2002/2003)

Datum pojave erozije Date of beginning of erosion 2002/2003	Padaline Rainfall mm/m2	Trajanje padalina Duration of rainfall hmin	Intenzitet padalina Intensity of rainfall mm/h	Sačuvana sastojina alepskog bora Preserved stand of aleppo pine Ploha B8 - Plot B8		Opožarena sastojina alepskog bora Burned stand of aleppo pine Ploha B9 - Plot B9	
				Nagib 26o - Inclination 26o		Nagib 20o - Inclination 20o	
				Otjecanje Flow off mm/m2	Gubici tla Soil loss t/ha	Otjecanje Flow off mm/m2	Gubici tla Soil loss t/ha
22. 08. '02	14,1			0,42	0,00563	3,80	0,02511
22.-24.							
09. '02.	150,6			2,03	0,03045	14,56	19,51409
11. 10. '02.	25,5	3 10	8,05	0,76	0,00405	2,43	0,09665
12. 10. '02.	20,6	9 50	2,09	0,34	-	1,05	0,01911
03. 11. '02.	20,4	350	5,32	0,42	0,00083	0,49	0,003563
23. 11. '02.	21,2	435	4,63	0,17	-	1,24	0,01969
01. 12. '02.	18,6	6 10	3,02	0,17	-	0,65	0,01987
04. 12. '02.	19,7	10 50	1,82	0,09	-	0,49	0,00249
29. 12. '02.	21,9	3 30	6,26	0,09	-	1,25	0,04518
01. 01. '03.	14,5	11 50	1,22	-	-	0,32	0,00089
06. 01. '03.	18,3	1 20	13,73	0,39	0,00098	1,94	0,03293
07. 01. '03.	27,6	8 00	3,45	0,17	-	3,48	0,10611
10. 01. '03.	25,3	5 00	5,06	0,34	0,00028	0,49	0,00248
22. 01. '03.	32,3	6 30	4,97	0,42	0,00039	0,57	0,00476
30. 01. '03.	8,2	7 10	1,14	-	-	0,40	0,00270
31. 01. '03.	5,9	1 00	5,89	-	-	0,41	0,00346
05. 02. '03.	65,7	15 30	4,24	0,42	0,000396	1,70	0,02678
22. 04. '03.	9,2	18 35	0,49	-	-	0,24	0,00282
Σ	519,6			6,23	0,04298	35,51	19,92668

U drugoj godini istraživanja, od kolovoza 2003. do kolovoza 2004. godine, na plohi u sačuvanoj sastojini alepskog bora, količina padalina iznosila je 960,7mm. Od 36 kišnih dana bilo je samo 5 erodibilnih. Površinsko otjecanje izazvale su padaline od 12,2mm, a zemljišne gubitke padaline od 27,4 do 81,5mm. Mjesečne vrijednosti površinskog otjecanja kretale su se od 0 do 0,33mm/m². Godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosila je 4,25mm/m², koeficijenta otjecanja od 0,0065 (Grafikon 2.). Suhog mulja je odneseno 0,00022t/ha (Tablica 2.).

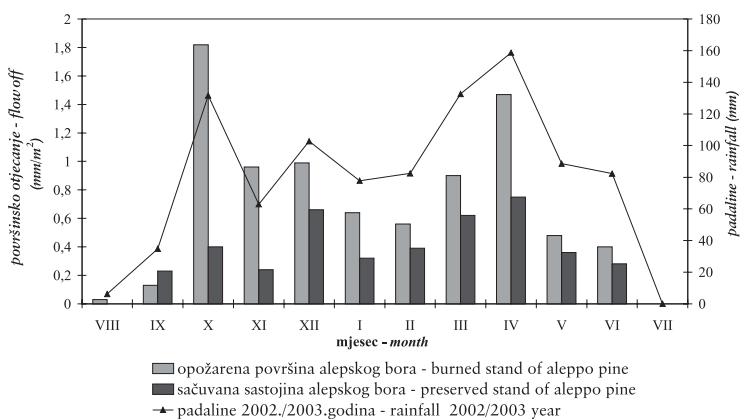
Na plohi na opožarenoj površini alepskog bora u drugoj godini istraživanja, trećoj nakon požara, dobiveni su sljedeći rezultati - Grafikon 2.; Tablica 2. Od 36 kišnih dana bilo je 10 erodibilnih. Površinsko otjecanje izazvale su padaline već od 6,2mm, a zemljišne gubitke padaline od 20,6 do 81,5mm. Mjesečne vrijednosti površinskog otjecanja kretale su se od 0 do 0,64mm/m². Godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosila je 8,40mm/m², koeficijenta otjecanja od 0,0087. U



Grafikon 1. Mjesečne vrijednosti padalina i površinskog otjecanja na pokusnim plohama u sačuvanim i opožarenim površinama alepskog bora, razdoblje 2002./2003. godine
 Graph 1. Monthly values of rainfall and of surface flowoff of on the experimental plots in preserved and burned stands of aleppo pine, (2002/2003)

erodibilnim danima koeficijent se kretao od 0,0097 do 0,026. Suhog mulja je odneseno 0,08028t/ha.

Najveća količina erozijskog nanosa iznosila je 19,51t/ha, a zabilježena je 24. rujna 2002. godine, poslije padalina od 150,6mm, koje su trajale tri dana. Nažalost, nemamo podatke o intenzitetu padalina jer je ploha tek bila uspostavljena, ali bez mjernih instrumenata (ombrograf, kišomjer), tako da smo za to razdoblje do uspostavljanja mjernih instrumenata na pokusnim plohama B₈ i B₉ koristili padalinske podatke s glavne meteorološke postaje Split – Marjan. Prema tome, ovaj erozijski nanos prouzročile su tri kiše 22., 23. i 24. rujna 2002. godine. Prva



Grafikon 2. Mjesečne vrijednosti padalina i površinskog otjecanja na pokusnim plohama u sačuvanim i opožarenim površinama alepskog bora, razdoblje 2003./2004. godine
 Graph 2. Monthly values of rainfall and of surface flowoff of on the experimental plots in preserved and burned stands of aleppo pine (2003/2004)

Tablica 2. Površinsko otjecanje padalina i gubici tla na pokusnim ploham B₈ i B₉ u sačuva-
 nim i opožarenim sastojinama alepskog bora, (2003/2004)
 Table 2. Surface flow of rainfall and soil loss on the experimental plots B₈ and B₉ in preser-
 ved and burned stands of aleppo pine (2003/2004)

Datum pojave erozije Date of beginning of erosion 2003/2004	Padaline Rainfall mm/m ²	Trajanje padalina Duration of rainfall hmin	Intenzitet padalina Intensity of rainfall mm/h	Sačuvana sastojina alepskog bora Preserved stand of aleppo pine Ploha B ₈ - Plot B ₈		Opožarena sastojina alepskog bora Burned stand of aleppo pine Ploha B ₉ - Plot B ₉	
				Nagib 260 - Inclination 260		Nagib 200 - Inclination 200	
				Otjecanje Flow off mm/m ²	Gubici tla Soil loss t/ha	Otjecanje Flow off mm/m ²	Gubici tla Soil loss t/ha
27. 8.	6,2	115	4,96	-	-	0,03	-
10.09.	20,4	425	4,61	0,08	-	0,08	-
30.09.	12,2	430	2,71	0,07	-	0,04	-
9.10.	29,9	230	11,96	0,17	0,00005	0,80	0,01946
23.10.	47,4	-	-	0,12	-	0,37	0,00174
27.10.	21,7	-	-	0,12	-	0,40	0,02798
28.11.	27,4	550	4,69	0,17	0,00001	0,64	0,01536
31.12.	27,9	1140	2,39	0,08	-	0,29	0,00082
16.1.	20,6	250	7,27	0,08	-	0,24	0,00543
24.3.	81,5	2200	3,7	0,33	0,00004	0,57	0,00311
13.4.	79,5	950	8,08	0,33	0,00011	0,64	0,00349
19.4.	34,3	510	6,64	0,17	0,00001	0,40	0,00144
21.4.	28,0	440	6,0	0,17	-	0,27	0,00145
Σ	437,0			1,89	0,00022	4,77	0,08028

je pala u količini od 42,0mm, druga 68,6mm, a treća 40,0mm. Koje su od ovih triju kiša prouzročile jaču eroziju, ne možemo utvrditi pa je to i razlog da sve tri kiše skupa uzimamo kao uzročnike ovog erozijskog nanosa koji iznosi 19,51t/ha ili 97,9% ukupnog godišnjeg nanosa. Razlog za ovako visoke vrijednosti erozijskog nanosa na plohi B₉ nalazimo u trenutačnom stanju vegetacijskog pokrova. Na ova-ko erodibilnim tlima, ostalim bez šumske vegetacije nakon požara, kiše koje su pale tijekom kolovoza i rujna potpuno su zasitile tlo i stvorile preduvjete za površinsko otjecanje i visoke vrijednosti erozijskog nanosa.

Kolika je važnost ili značaj šumske vegetacije na kršu u zaštiti tla od erozije, najbolje se uočava ako iz priloženih podataka u Tablicama 1. i 2. usporedimo površinsko otjecanje i eroziju na pokusnim ploham B₈ i B₉. Iako plohe imaju gotovo iste geološke i pedološke karakteristike na kojima pada ista količina padalina istog intenziteta, godišnja vrijednost površinskog otjecanja i gubitka tla na plohi pod sastojinom alepskog bora potpunog sklopa i na plohi na opožarenoj površini na kojoj se nalazi golo, nakon požara nezaštićeno tlo, znatno se razlikuju.

U prvoj godini istraživanja godišnja vrijednost površinskog otjecanja na plohi pod sastojinom alepskog bora iznosi 6,23mm/m², a gubici tla 0,043t/ha, dok na

opožarenoj površini u tom razdoblju godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosi 35,51mm/m², a gubici tla 19,93t/ha.

U drugoj godini istraživanja godišnja vrijednost površinskog otjecanja na plohi pod sastojinom alepskog bora iznosi 4,25mm/m², a gubici tla 0,00022t/ha, dok na opožarenoj površini u tom razdoblju (trećoj godini nakon požara) godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosi 8,4mm/m², a gubici tla 0,080t/ha.

Razlog za isključenu eroziju ili eroziju s neznatnim gubicima tla na pokusnoj plohi B₈, nalazimo samo u šumskoj vegetaciji, odnosno u sačuvanoj sastojini alepskog bora. Prema tom, šume alepskog bora odlučujući su čimbenik u zaštiti tla od erozije, pogotovo na strmim erodibilnim područjima, što je vidljivo i iz ovih istraživanja, obavljenih na trajnim pokusnim ploham u slivu bujice Rupotine.

ZAKLJUČCI

CONCLUSIONS

Na temelju obavljenih istraživanja o utjecaju šumske vegetacije na zaštitu tla od erozije, obavljenih na pokusnim ploham pod sastojinama alepskog bora i na opožarenim površinama alepskog bora, može se zaključiti sljedeće:

U sačuvanim sastojinama alepskog bora potpunog sklopa, na nagibu od 26° (ploha B₈), u prvoj godini istraživanja, površinsko otjecanje iznosilo je 6,23mm/m², a gubici tla 0,043t/ha. Na opožarenoj površini na nagibu od 20° (ploha B₉) u tom razdoblju godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosi 35,51mm/m², a gubici tla 19,93t/ha.

U drugoj godini istraživanja godišnja vrijednost površinskog otjecanja na plohi pod sastojinom alepskog bora iznosi 4,25mm/m², a gubici tla 0,00022t/ha. Na opožarenoj površini, obnovljene šumske vegetacije, u trećoj godini nakon požara, godišnja vrijednost površinskog otjecanja iznosi 8,4mm/m², a gubici tla 0,080t/ha.

Šumska vegetacija (sastojina alepskog bora) na istraživanom području ima značajnu i izrazito pozitivnu ulogu u zaštiti tla od erozije. Ona svojim krošnjama sprječavaju razorno djelovanje kišnih kapi, značajni dio oborina na njima se zadržava, a ostali dio kroz krošnje propušta na površinu rahlog i propusnog šumskog tla koje ih ovako usporene lakše upija i infiltrira. Površinska su otjecanja oborinskih voda pod istraživanim sastojinama mala, a gubici su tla znatno ispod tolerantnog godišnjeg odnošenja pa opasnosti od erozije nema ili je neznatna.

Od klimatskih su čimbenika za razvitak erozije najvažnije padaline i to više raspored padalina po godišnjim dobima i intenzitetu kiše, nego ukupna godišnja količina padalina.

Na kraju valja istaknuti kako rezultati ovih istraživanja mogu poslužiti za pouzdano određivanje erozije tla vodom na čitavom mediteranskom krškom području Republike Hrvatske, u bujičnim slivovima i na opožarenim šumskim površinama istih ili sličnih ekoloških uvjeta.

LITERATURA

REFERENCES

- GRAČANIN, Z., 1955: Pedološka istraživanja Kozjaka, Anali Instituta za eksperimentalno šumarstvo, Vol. 1, 60–120, Zagreb.
- JEDLOWSKI, D., A. JELAVIĆ, V. TOPIĆ, 1975: Proučavanje osnovnih parametara erozije i bujica na određenim slivovima mediteranskog područja, Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split.
- MARTINOVIĆ, J., N. KOMLENOVIĆ, D. JEDLOWSKI, 1978: Utjecaj požara vegetacije na tlo i ishranu šumskog drveća, Šum. list, (4-5): 139-148, Zagreb.
- MARTINOVIĆ, J., 1987: Odnos tla i šumskih požara. Ed. Osnove zaštite od požara, 97-112, CIP, Zagreb.
- MATIĆ, S., 2003: Uloga šumarstva u zaštiti i očuvanju pitkih voda. Šum. list, 5-6; 217-219, Zagreb.
- MIČETIĆ, G., 2000: Bujice i erozija na području srednjojadranskog krša, Sažeci znanstvenog skupa Unapređenje poljoprivrede i šumarstva s međunarodnim sudjelovanjem (Maleš Petar, Maceljski Milan, ur.). Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 69-70, Zagreb.
- SELETKOVIĆ, Z., Z. KATUŠIN, 1992: Klima Hrvatske, Šume u Hrvatskoj, 13-18, Zagreb.
- TOPIĆ, V., 1987: Erozija u slivu bujice Suvave, Erozija 15: 120-127, Beograd
- TOPIĆ, V., I. LEKO, 1987: Erozija i bujice na krškom području Dalmacije. Prvo jugoslavensko savjetovanje o eroziji i uređenju bujica, 29-38, Beograd.
- TOPIĆ, V., 1988: Zaštita tla od erozije na mediteranskom području Hrvatske, rukopis, Split.
- TOPIĆ, V., R. KADOVIĆ, 1991: Flowing away and erosion damage in the basin of Suvava independence with the way of the utilisation of soil. 10-th World Forestry Congress, Paris.
- TOPIĆ, V., 1994: Ekološka obilježja mediteranskog područja Republike Hrvatske. 100-ta obljetnica znanstvenoistraživačkog rada poljodjelsko prehrambenog sustava i šumarstvamediterrana Republike Hrvatske, Split.
- TOPIĆ, V., 1995: Utjecaj šumske vegetacije na suzbijanje erozije u bujičnim slivovima mediteranskog područja Hrvatske, Šum. list, 9-10: 299-304, Zagreb.
- TOPIĆ, V., 1996: Utjecaj različitog biljnog pokrova na zaštitu tla od erozije. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava. Znanstvena knjiga 1: 361-364, Zagreb.
- TOPIĆ, V., 2000: Utjecaj kultura crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na zaštitu tla od erozije. Sažeci znanstvenog skupa Unapređenje poljoprivrede i šumarstva na kršu, Split.
- TOPIĆ, V., 2001: Utjecaj kulture crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na zaštitu tla od erozije prouzročene kišom. Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Znanstvena knjiga, 261-268, Zagreb.
- TOPIĆ, V., 2003: Šumska vegetacija na kršu kao značajan čimbenik zaštite tla od erozije. Šum. list CXXVII (poseban broj): 51-64, Zagreb.
- TOPIĆ, V., L. BUTORAC, 2004: Utjecaj šikare bijelog graba (*Carpinus orientalis* Mill.) na zaštitu tla od erozije u Hrvatskoj. Međunarodni znanstveni skup (IUFRO grupa 8.01.08.): Protuerозиjska i vodozaštitna uloga šume i postupci njezina očuvanja i unapređenja, Sažeci referata, Zagreb.
- TOPIĆ, V., L. BUTORAC, 2006: Protuerозиjska i hidrološka uloga šumskih ekosustava na kršu. Međunarodni znanstveni skup: Akademik Josip Roglić i njegovo djelo, Zbornik radova, Makarska.
- VRBEK, B., 2002: Pedološka karakterizacija tala na pokusnim plohama (Rupotine, Kućine, Žrnovnica), rukopis, Zagreb.

SURFACE RAINFALL FLOWOFF AND SOIL EROSION IN FOREST ECOSYSTEMS OF ALEPPO PINE

Summary

Forest vegetation provides the best protection of soil against accelerated, excessive erosion. In a well preserved and properly managed forest there is no excessive erosion, only normal erosion in which the rate of soil erosion is far below the erosion tolerance. However, a severe degradation of forest ecosystems in the Mediterranean karst area of Croatia considerably diminishes their anti-erosion function. Nearly 60 % of the area is covered with cop-pice forests, scrub, maquis and bare ground, while high forests account for only 3.7 %. Such an unfavourable structure of the forest fund aggravates erosion processes in this area.

Of the entire Mediterranean karst areas in the Republic of Croatia covering 15,383 km², about 95 % are affected by varying intensities of water-induced soil erosion, of which 40 % refer to severe erosion. Accordingly, the area is at a high risk of erosion while some of the regions are already completely degraded. In this highly vulnerable area with respect to erosion, soil degradation and vegetation devastation, as many as 668 torrents have been recorded with a total watershed amounting to 3,024 km², which makes it one of the largest torrent areas in Croatia. The annual soil loss, or sediment quantities irrevocably lost to the Adriatic Sea, is estimated at 1,140 hectares with soil layers of 20 cm. Soil, an indispensable natural resource that is painstakingly produced over long periods, makes the issue of its protection the primary concern. With this in mind, the Adriatic Culture and Karst Amelioration Institute in Split started scientific research on karst soil erosion and protection in 1964. In 1971, the first experimental plots with measuring instruments were established in torrent watersheds of the Mediterranean karst. The goal was to obtain original data on essential characteristics of water-induced soil erosion using up-to-date stationary methods. The plots are at different inclinations with varied geological and pedological characteristics and they support a diverse plant cover.

*The paper shows the research results of the influence of forest ecosystems of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) on surface flowoff of rainfall and protection of soil from erosion. The research was done in the mouth of the torrent Rupotine near Solin, Kučine, on experimental plots B₈ and B₉, in preserved and burned stands of Aleppo pine, inclination 20° and 26° in the period from August 2002 to August 2004.*

In preserved stands of Aleppo pine of complete stand, on inclination 26° (plot B₈) in the first year of research, from August 2002 to August 2003, surface flowoff amounted to 6,23 mm/m², soil loss 0,043 t/ha. On burned area, inclination 20° (plot B₉) in that period the yearly value of flowoff amounted to 35,51 mm/m², soil loss 19,93 t/ha.

In the second year of investigation, from August 2003 to August 2004, yearly value of surface flowoff on the plot under Aleppo pine stand amounted to 4,25 mm/m², soil loss 0,00022 t/ha. On the burned area, with renewed forest vegetation, in the third year after the fire, yearly value of surface flowoff amounted to 8,4 mm/m², soil loss 0,080 t/ha.

Key words: karst, erosion, experimental plots, Aleppo pine stands, burned area, rainfall, surface flowoff, soil loss

