

## UTVRĐIVANJE OŠTEĆENOSTI ŠUMA SPAČVANSKOG BAZENA PRIMJENOM INFRACRVENIH KOLORNIH AEROSNIMAKA

### ASSESSING FOREST DAMAGE IN THE SPAČVA BASIN WITH COLOUR INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS

Renata PERNAR\*, Ante SELETKOVIĆ\*, Mario ANČIĆ\*

**SAŽETAK:** Na temelju fotointerpretacije infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka mogu se odrediti pouzdani statistički podaci o oštećenosti šuma. Inventarizacija oštećenosti šuma pomoću aerosnimaka temelji se na ustanovljavanju stupnja oštećenosti pojedinačnih stabala (krošanja), koja se vide na aerosnimkama. Preduvjet za postizanje takvih rezultata je kvalitetno izrađen fotointerpretacijski ključ. Na osnovi predodžbe o načinu preslikavanja pojedinih vrsta drveća i stupnjeva oštećenosti, izrađen je fotointerpretacijski ključ za glavne vrste drveća (hrast, jasen). Također su izračunati pokazatelji oštećenosti ( $O$ ,  $SO$ ,  $IO$ ,  $SO1$ ) za pojedine vrste drveća, za sve interpretirane vrste zajedno, po prugama snimanja, za gospodarske jedinice te ukupno za područje Spačvanskog bazena (UŠP Vinkovci). Interpretacijom ICK aerosnimaka ustanovljeno je stanje šumskih sastojina na snimljenom području. Za cijelo snimljeno područje (5575 ha), na temelju sistematskog uzorka 100x100 m, ukupno je interpretirano 17 439 stabala, te je utvrđena srednja oštećenost ( $SO$ ) svih vrsta drveća 26,18 %, hrasta lužnjaka 31,80 %, jasena 17,93 %. Iz dobivenih podataka može se zaključiti da je stupanj oštećenosti inventariziranih šuma na prijelazu male i srednje oštećenosti. Za istraživano područje Spačvanskog bazena značajna oštećenost hrasta lužnjaka, tj indeks oštećenosti ( $IO$ ) iznosi 45,27 %, što znači da je taj postotak stabala hrasta lužnjaka na snimljenom području oštećeniji od 25 %. Na cijelom području snimanja značajna oštećenost jasena iznosi 26,15 %. Interpretacijom ICK aerosnimaka ustanovljeno je stanje šumskih sastojina na snimljenom području. Aerosnimke ostaju kao trajan dokument o tom stanju. Na aerosnimkama opažanja se u svakom trenutku mogu ponoviti, provjeriti i nadopuniti, a prema potrebi i nastaviti.

**Ključne riječi:** infracrvene kolorne (ICK) aerosnimke, fotointerpretacijski ključ, digitalni ortofoto (DOF), oštećenost šuma, Spačvanski bazen

### UVOD – Introduction

Nizinske šume hrasta lužnjaka u slavonskoj Posavini naša su najvažnija šumska područja, s najvrednijim vrstama drveća. U posljednje vrijeme na području Hrvatske dolazi do značajnijeg porasta oštećenosti šuma hrasta lužnjaka. Prema rezultatima terenske procjene oštećenosti šuma u Hrvatskoj (metoda propisana od ICP Forests) značajna oštećenost hrasta lužnjaka po-

stupno je rasla od 2002. godine, da bi 2005. godine bio zabilježen novi porast od 2,8 %, te je hrast lužnjak i dalje naša najugroženija listača (Seletković & Potčić 2004). Iako se smatra da je ta pojava posljedica sve većeg onečišćivanja okoliša, posebice utjecajem industrije i prometa, pravi se uzroci još uvijek ne znaju.

Utvrdivanje zdravstvenog stanja šuma može se osim terestričkim opažanjima provesti primjenom metoda daljinskih istraživanja. Od metoda daljinskih istraživanja posebno je pogodna interpretacija infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka.

\* Izv. prof. dr. sc. Renata Pernar, mr. sc. Ante Seletković, Mario Ančić, dipl. ing., Zavod za izmjeru i uređivanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, e-mail: rpernar@sumfak.hr

Istraživanja su pokazala da je refleksija od vegetacije u bližem infracrvenom području (700–1100 nm) puno veća i raznolikija, nego u području vidljivog dijela spektra (400–700 nm), posebice glede vrste drveća i zdravstvenog stanja. Na ICK aerosnimkama oštećenost se lagano uočava, ponekad i prije nego se u prirodi pojave oku vidljivi znakovi, zbog promjene spektralne refleksije oboljele vegetacije.

Oštećene sastojine, osim različito izraženih simptoma oštećenosti s obzirom na teksturu i boju, ovisno o vrsti drveća, pokazuju i promjene u spektralnoj emisiji elektromagnetskih valova, tako da dolazi do promjene tipičnog preslikavanja zdrave vegetacije na aerosnimkama. Morfološke promjene u većini slučajeva povezane su s gubitkom lišća, odumiranjem grana i dijelova krošnje, a fiziološke promjene uglavnom predstavljaju promjenu boje lišća, što uvjetuje promjenu u refleksiji.

Do sada su se mnogi stručnjaci bavili primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka za inventarizaciju oštećenosti šumskog drveća i sastojina (Pelz & Riedel 1973, Masumy 1984, Hildebrandt i dr. 1986, Hočevnar & Hladnik 1988, Voss 1989, Barszcz i dr. 1993, Ekstrand 1994, Franklin 2001, Butler & Schlaepfer 2004).

Primjena ICK aerosnimaka za inventarizaciju oštećenosti šuma na većim površinama u Hrvatskoj počinje 80-tih godina XX. stoljeća. Tako su 1988. godine ICK aerosnimke primijenjene za inventuru i kartiranje oštećenosti bukovo-jelovih šuma Gorskog kotara (Kalafadžić & Kušan 1990, Kalafadžić i dr. 1992, 1994).

U okviru inventure oštećenosti nizinskih šuma Posavine 1989. godine (Šumski bazen Spačva i GJ Josip Kozarac, te NPŠO Opeke) istraživani su odnosi oštećenosti sastojina i nekih biotskih (pepelnica) i abiotskih utjecaja (ceste, kanali) na sastojine i stanište (Kalafadžić i dr. 1993), te pouzdanost određivanja oštećenosti na ICK aerosnimkama (Pernar 1994).

Inventarizacija oštećenosti šuma pomoću aerosnimaka temelji se na ustanovljavanju stupnja oštećenosti pojedinačnih stabala (krošanja), koja se vide na aerosnimkama. Veza između stanja na terenu i na aerosnimkama, odnosno način preslikavanja pojedinih stup-

njeva oštećenosti za svaku interpretiranu vrstu drveća, uspostavlja se pomoću pažljivo izrađenog fotointerpretacijskog ključa. Fotointerpretacijski ključ definira se pomoću utvrđenih pravila preslikavanja. U njemu se opisno, crtežom ili fotografijom daju karakteristike izgleda pojedinih vrsta drveća i stupnjeva oštećenosti na aerosnimkama. Kod toga treba definirati izgled krošanja glede dvaju kriterija: opći izgled i boju.

Radi mogućnosti uspoređivanja s terestričkim inventurama oštećenosti šuma, kod izrade fotointerpretacijskog ključa stupanj oštećenosti odabranih stabala određuje se prema kriterijima propisanim za terestričku inventuru, na osnovi uočljivih karakteristika. Prema navedenim kriterijima, stupanj oštećenosti stabla ocjenjuje se na osnovi ustanovljavanja postotka osuštosti i klorotičnosti (požutjelosti) asimilacijskih organa (iglica i lišća), te postotka odumiranja grančica i grana. Te tri navedene karakteristike oštećenosti stabla treba promatrati zajedno, jer će se one tako i preslikati na aerosnimci. Zbog toga se svako stablo na terenu i na aerosnimci ocjenjuje jedinstvenim stupnjem oštećenosti (JSO), kao sumarnom ocjenom na osnovi navedenih karakteristika.

Jedinstveni stupanj oštećenosti odabranih stabala treba prilikom terenskih radova za izradu fotointerpretacijskog ključa ocjenjivati u stupnjevima oštećenosti od po 5 %. Tako ocijenjena stabla mogu se kasnije svrstavati u stupnjeve oštećenosti s karakteristikama po volji.

Procjena oštećenosti na terenu i procjena oštećenosti fotointerpretacijom ICK aerosnimaka obavlja se svrstavanjem promatranih stabala u jedinstvene stupnjeve oštećenosti prema sljedećoj skali:

stupanj oštećenosti	postotak oštećenosti
0	0 – 10 %
1	11 – 25 %
2.1	26 – 40 %
2.2	41 – 60 %
3.1	61 – 80 %
3.2	81 – 100 %
4	sušci

## MATERIJAL I METODE – Material and methods

Područje snimanja i smjer leta, položaj početka i kraja pruge, te dužina pruge bili su određeni koordinatama s topografske karte 1:25 000.

Navedene koordinate su u službenom državnom koordinatnom sustavu, u pripadajućim zonama Gauss-Krügerove kartografske projekcije. Dozvoljeno odstupanje snimljene pruge od planiranog pravca leta definirano je s 100 m.

Ukupna dužina svih nizova iznosila je 40 402 m (40, 4 km), te je na taj način ukupno snimljena površina od 5575 ha.

Snimanje iz zraka za područje Spačve obavljeno je 2. kolovoza 2005. godine, te je u tri niza snimljeno ukupno 87 aerosnimaka.

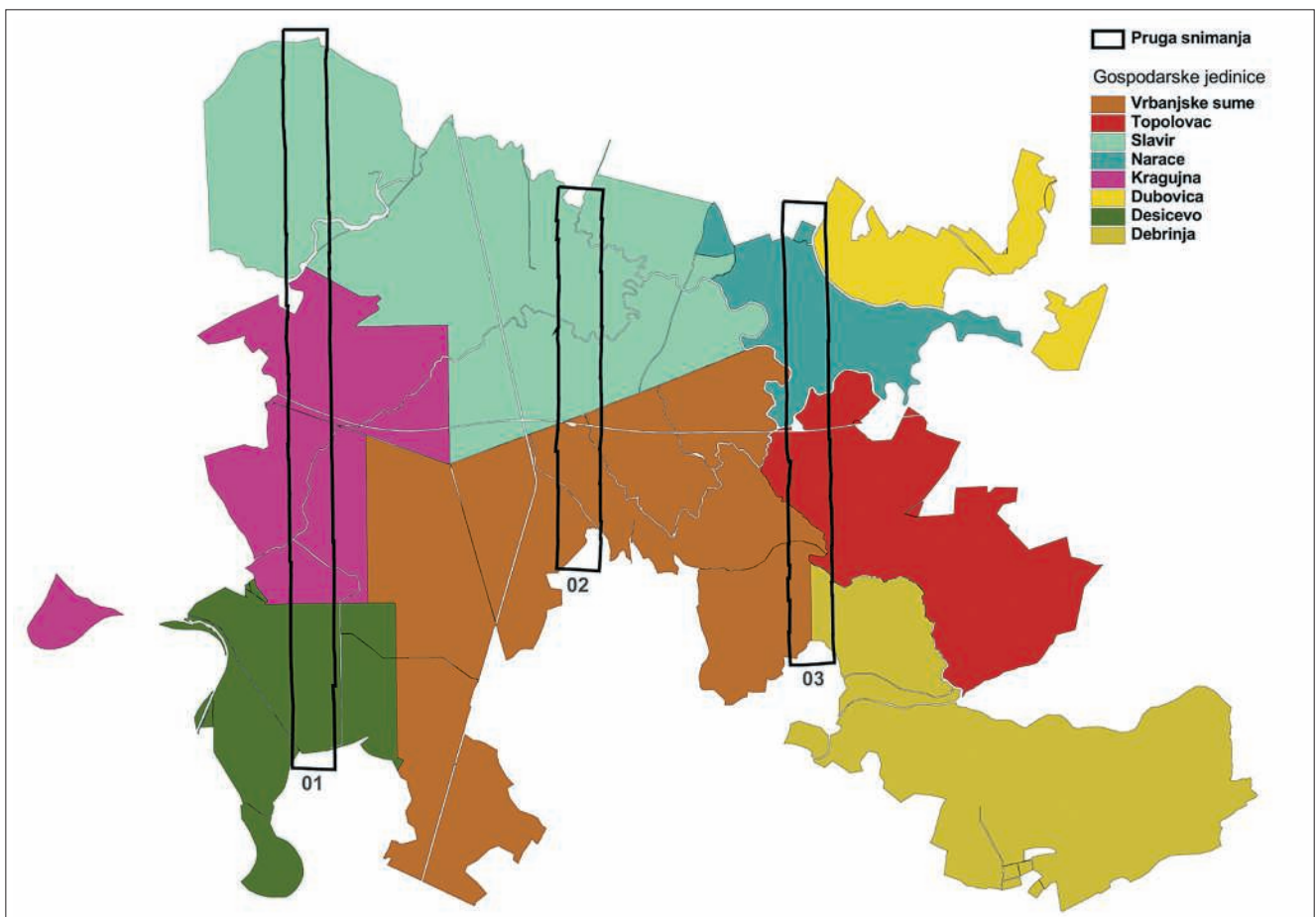
Ostvareni smjer leta ucrtan je u gospodarske karte (Slika 2) iz koje se vidi da je snimljenim prugama na

području UŠP Vinkovci djelomično obuhvaćeno 8 gospodarskih jedinica.

U svrhu prikupljanja podataka za izradu fotointerpretacijskoga ključa, u vremenu određenom za aerosnimanje obavljani su potrebni terenski radovi. U sklopu tih radova na područjima predviđenim za snimanje odabirana su stabla za koja se pretpostavljalo da će se s velikom sigurnošću moći pronaći na aerosnimkama. Pri tome se pazilo da u uzorku bude zastupljen dovoljan broj stabala u svakom stupnju oštećenosti. Svakom odabranom stablu ocijenjen je stupanj oštećenosti i skiciran položaj u odnosu na prepoznatljive okolišne topografske detalje na posebnoj skici. Osim toga, posebno karakteristična stabla ili skupine stabala snimljeni su u svrhu dokumentiranja njihovog izgleda, te kasnijeg uspoređivanja s načinom preslikavanja tih stabala na aerosnimkama.



Slika 1. Karta snimljenog područja s ucrtanim prugama snimanja  
Figure 1 Map of surveyed area with inserted surveying stripes

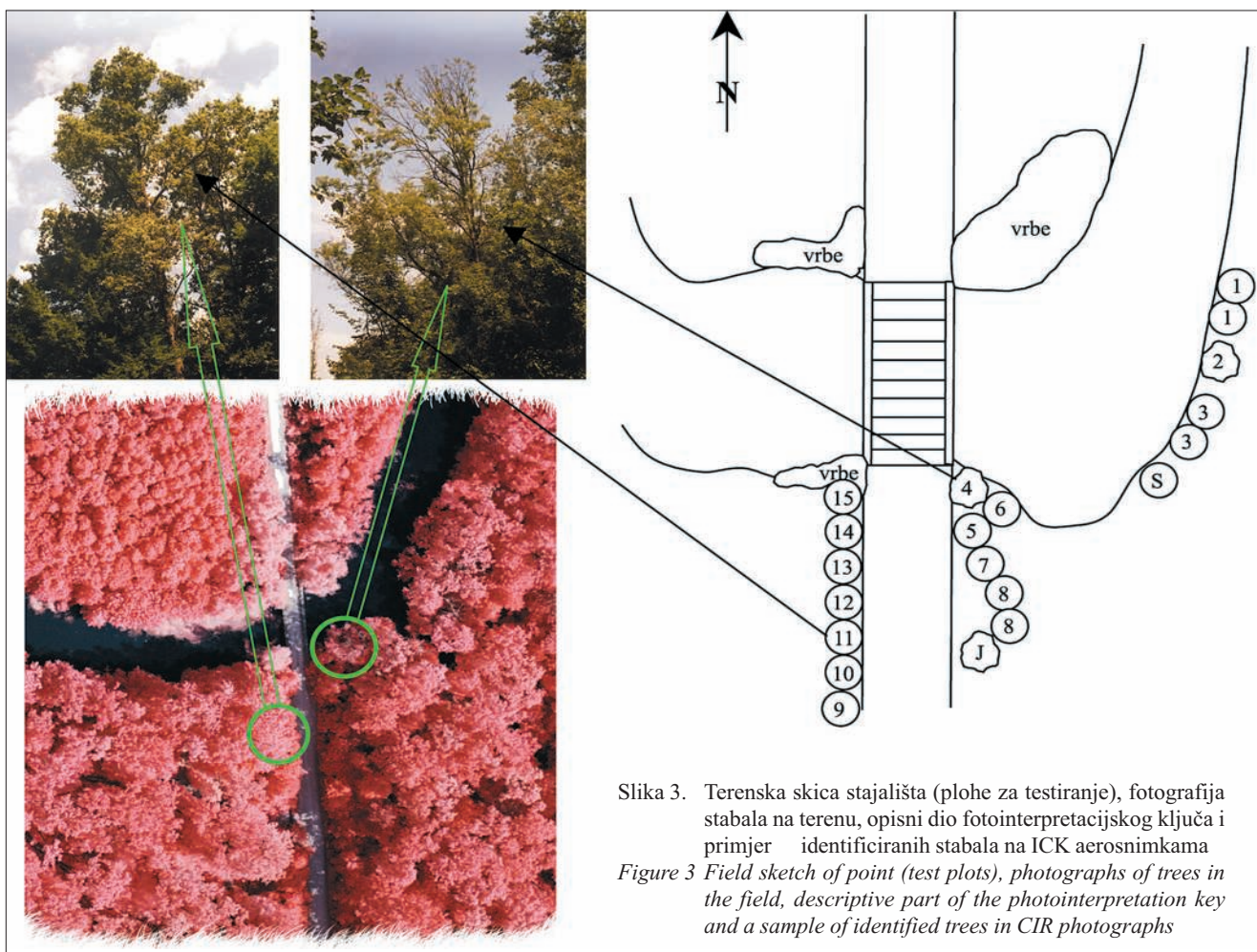


Slika 2. Ostvareni smjer leta prema gospodarskim jedinicama  
Figure 2 Realized flight direction according to management units



Uz pomoć tablica, opisa i fotografija bilo je moguće gotovo sva stabla (oko 85 %) identificirati na aeronsnimkama (Slika 3). Na osnovi predodžbe o načinu

preslikavanja pojedinih vrsta drveća i stupnjeva oštećenosti definiran je fotointerpretacijski ključ za glavne vrste drveća.



Slika 3. Terenska skica stajališta (plohe za testiranje), fotografija stabala na terenu, opisni dio fotointerpretacijskog ključa i primjer identificiranih stabala na CIR aeronsnimkama  
Figure 3 Field sketch of point (test plots), photographs of trees in the field, descriptive part of the photointerpretation key and a sample of identified trees in CIR photographs

Uprava šuma područnica: Vinkovci  
Gospodarska jedinica: Slavir  
Stajalište 5.

Predjel: Brižnica

Broj stabla <i>Tree number</i>	Vrsta drveća <i>Tree species</i>	Ocjena oštećenosti <i>Damage (%)</i>	Opis <i>Description</i>
1	Hrast	45 – 50	Dva hrasta zajedno , suhe grane, kloroza
2	Jasen	45 – 50	Suhe grane u vrhu, pokraj niži jasen dobre ocjene
3	Hrast	60 – 65	Dva hrasta zajedno , skelet do njih, puno suhих grana, kloroza
4	Jasen	60	Suhe grane i grančice, kloroza, jedna velika grana suha
5	Hrast	25	Dva hrasta zajedno, suhe grančice
6	Hrast	60	Hrast, suhe grane, nalazi se iza jasena broj 4 i lijevo od hrasta broj 5
7	Hrast	40	Desno od hrasta broj 5, suhe grane i grančice
8	Hrast	15	Dva hrasta zajedno, rjeđa krošnja, dobra ocjena
9	Hrast	15	Malo kloroze i suhих grančica
10	Hrast	45	Kloroza, suhe grančice, 8 grmova imele
11	Hrast	35 – 40	Dobra boja, nešto suhих grančica
12	Hrast	30	Osutost kloroza
13	Hrast	35 – 40	Osutost kloroza
14	Hrast	35 – 40	Suhe grančice, dobra boja
15	Hrast	25	Dobra boja

Na osnovi ranije provedenih istraživanja (1988, 1989, 1998) prišlo se inventarizaciji oštećenosti šuma za cijelo snimljeno područje, metodom rastera (100x100 m), postavljenog na digitalnom ortofotu (DOF-u) koji je izrađen za područje Spačvanskog bazena. Interpretirana je krošnja, koja je bila najbliža točki rastera u donjem lijevom i desnom, te gornjem lijevom i desnom uglu. Tako je na svakoj točki rastera procijenjen stupanj oštećenosti 4 pojedinačna stabla (krošnje).

Po formulama 1–4 izračunati su pokazatelji oštećenosti (O, SO, IO, SO<sub>1</sub>) za pojedine vrste drveća, za sve interpretirane vrste zajedno i to za pojedine pruge snimanja, ukupno za cijelo snimljeno područje, te za gospodarske jedinice (odjeli/odsjeci zahvaćeni snimanjem).

#### 1. Oštećenost (O)

$$O \% = \frac{\sum f_{(1-4)}}{\sum f_{(0-4)}} \cdot 100 \quad (1)$$

Pokazuje postotni udio stabala svrstanih u stupnjeve oštećenosti 1–4.

Oštećenost (O) nije najbolji pokazatelj stanja, jer vodi računa samo o ukupnom broju oštećenih stabala. Mnogo bolje stanje oštećenosti iskazuju oni pokazatelji, koji vode računa i o broju oštećenih stabala u pojedinim stupnjevima.

#### 2. Srednja oštećenost (SO)

$$SO \% = \frac{\sum f_1 \cdot x_1}{\sum f_1} \quad (2)$$

Ta formula pomoću složene aritmetičke sredine s brojem stabala u pojedinom stupnju oštećenosti kao težinom, daje srednji stupanj oštećenosti na promatranj površini (uzorku).

U njoj su:

$f_1$  – broj stabala i-tog stupnja oštećenosti

$x_1$  – sredina intervala i-tog stupnja oštećenosti u postotnoj skali stupnjeva oštećenosti

0 = 5 %, 1 = 17.5 %, 2.1 = 32.5 %, 2.2 = 50 %, 3.1 = 70 %, 3.2 = 90 %, 4 = 100 %

3. Indeks oštećenosti (IO)

$$IO \% = \frac{\sum f_{x_{(2-4)}}}{\sum f_{(2-4)}} \quad (3)$$

Indeks oštećenosti daje nam postotni udio stabala u uzorku, koja su klasificirana u stupanj oštećenosti 2.1. i veći. Indeks oštećenosti može se poistovjetiti s kategorijom značajno oštećenih stabala, uobičajenoj za restriktičke procjene oštećenosti.

#### 4. Srednja oštećenost (SO<sub>1</sub>)

$$SO_1 \% = \frac{\sum f_{(2-4)}}{\sum f_{(0-4)}} \cdot 100 \quad (4)$$

Taj broj daje srednji stupanj oštećenosti stabala svrstanih u stupanj oštećenosti 2.1. i veći.

## REZULTATI I RASPRAVA – Results and discussion

Za područje Spačve fotointerpretacijom pojedinačnih stabala na sistematskom uzorku 100x100 m ukupno je interpretirano 17 439 stabala. Izračunati pokazatelji oštećenosti mogu se prikazati i komentirati s obzirom na pojedine pruge snimanja, gospodarske jedinice i cijelu snimljenu površinu.

telji oštećenosti mogu se prikazati i komentirati s obzirom na pojedine pruge snimanja, gospodarske jedinice i cijelu snimljenu površinu.

### Oštećenost šuma za područje Spačvanskog bazena po prugama snimanja

Iz tablice 1 i slike 4 za prugu 1 vidljivo je da za hrast:

- oštećenost iznosi – O = 82,63; što znači da se toliki postotak interpretiranih stabala nalazi u stupnjevima oštećenosti 1–4.
- srednja oštećenost – SO = 34,17; što znači da je za promatrani uzorak srednje oštećeno stablo oštećeno za izračunati postotak, te se uzorak može svrstati u stupanj oštećenosti 2.1.
- indeks oštećenosti – IO = 50,88; znači da je od svih stabala u uzorku toliki postotak stabala u stupnju oštećenosti 2.1. i većem
- srednja oštećenost – SO<sub>1</sub> = 54,53; znači da je srednje stablo, u uzorku od 50,88 % stabala svrstanih u

stupanj 2.1. i veći, prosječno oštećeno 54,53 % i da se može svrstati u stupanj oštećenosti 2.2.

Za istu prugu vidljivo je da je jasen značajno manje oštećen, tj. srednja oštećenost – SO = 19,38; što znači da je za promatrani uzorak srednje oštećeno stablo, oštećeno za izračunati postotak, te se uzorak svrstava u stupanj oštećenosti 1. Što se tiče indeksa oštećenosti – IO = 30,72; znači da je od svih stabala u uzorku toliki postotak stabala u stupnju oštećenosti 2.1. i većem, odnosno da je značajno oštećeno 30,72 % stabala jasena (Slika 5).

Ukupna srednja oštećenost (SO) iznosi 28,22 %, a indeks oštećenosti (IO) za prugu 1 iznosi 42,77 %. To znači da se sastojine nalaze u stupnju oštećenosti 2.1. a

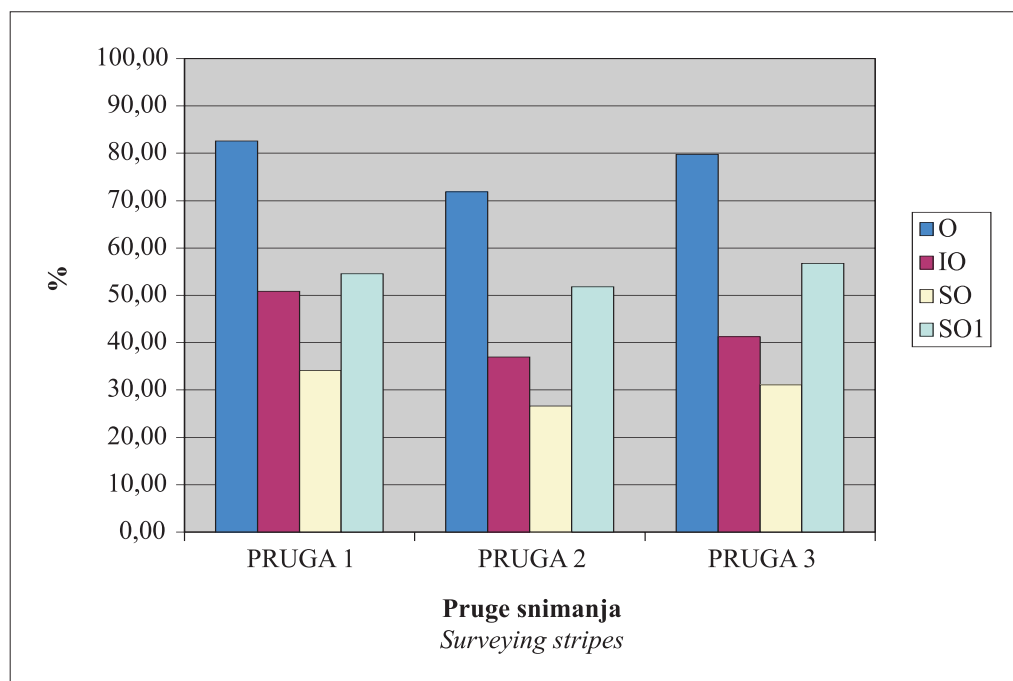
Tablica 1. Broj stabala u pojedinom stupnju oštećenosti i pokazatelji oštećenosti po vrstama drveća i ukupno s obzirom na pruge snimanja

Table 1 Number of trees in each damage degree and damage indicators per tree species and overall according to surveying stripes

Vrsta drveća Tree Species		Stupanj oštećenosti Damage class								Pokazatelji oštećenosti Damage indicators			
		0	1	2.1	2.2	3.1	3.2	4	Ukupno	O	IO	SO	SO <sub>1</sub>
		Broj stabala – Number of Trees								%			
Pruga 1 Stripe 1	Hrast Pedunculate Oak	911	1666	839	877	576	361	16	5246	82,63	50,88	34,17	54,53
	Jasen Narrow-leaved Ash	1178	1267	800	279	3	2	0	3529	66,62	30,72	19,38	37,21
	Ukupno Total	2089	2933	1639	1156	579	363	16	8775	76,19	42,77	28,22	49,53
Pruga 2 Stripe 2	Hrast Pedunculate Oak	567	702	303	231	88	113	8	2012	71,82	36,93	26,66	51,85
	Jasen Narrow-leaved Ash	764	698	304	65	0	1	1	1833	58,32	20,24	16,01	35,90
	Ukupno Total	1331	1400	607	296	88	114	9	3845	65,38	28,97	21,59	46,54
Pruga 3 Stripe 3	Hrast Pedunculate Oak	631	1200	380	477	97	318	12	3115	79,74	41,22	31,13	56,71
	Jasen Narrow-leaved Ash	652	659	318	74	0	1	0	1704	61,74	23,06	16,97	35,94
	Ukupno Total	1283	1859	698	551	97	319	12	4819	73,38	34,80	26,12	51,84

značajno je oštećeno 42,77 % stabala. Budući da je oštećenost sastojina definirana srednjom oštećenosti (SO), sastojine na pruzi 1 možemo svrstati u kategoriju srednje oštećenih sastojina (Slika 6).

- Iz tablice 1 i slike 4 za prugu 2 vidljivo je da za hrast: oštećenost iznosi – O = 71,82; što znači da se toliki postotak interpretiranih stabala nalazi u stupnjevima oštećenosti 1–4.



Slika 4. Pokazatelji oštećenosti za hrast po prugama snimanja

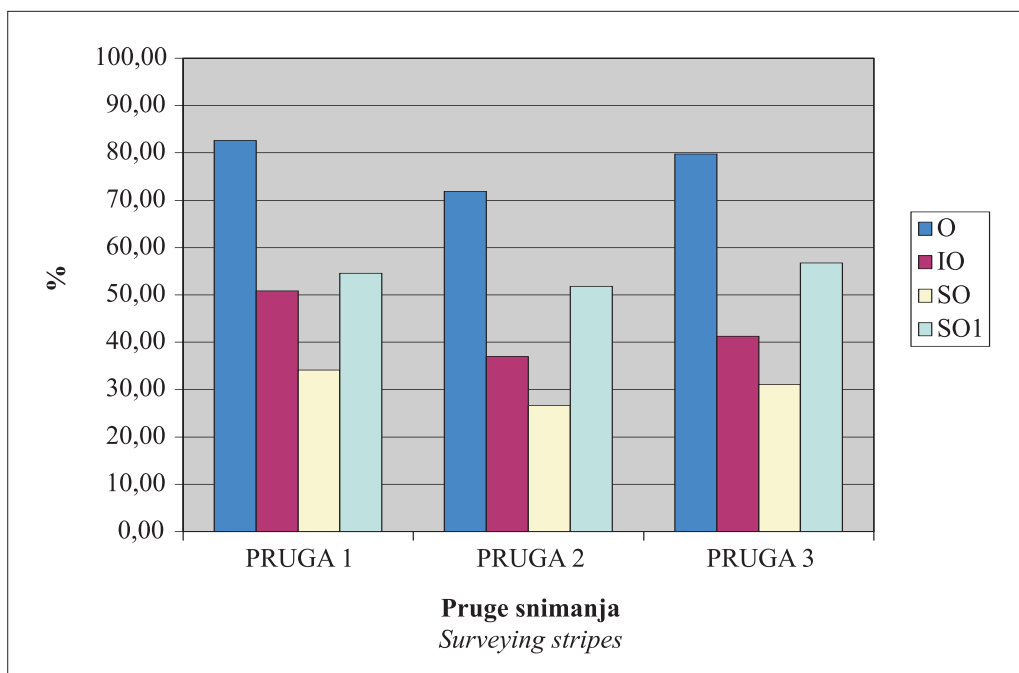
Figure 4 Damage indicators for pedunculate oak according to surveying stripes

- srednja oštećenost –  $SO = 26,66$ ; što znači da je za promatrani uzorak srednje oštećeno stablo oštećeno za izračunati postotak, te se uzorak može svrstati na granici stupnja oštećenosti 1 i 2.1
- indeks oštećenosti –  $IO = 36,93$ ; znači da je od svih stabala u uzorku toliki postotak stabala u stupnju oštećenosti 2.1. i većem
- srednja oštećenost –  $SO_1 = 51,85$ ; znači da je srednje stablo, u uzorku od 36,93 % stabala svrstanih u stupanj 2.1. i veći, prosječno oštećeno 51,85 % i da se može svrstati u stupanj oštećenosti 2.2.

Za istu prugu vidljivo je da je jasen značajno manje oštećen, tj. srednja oštećenost –  $SO = 16,01$ ; što znači

da je za promatrani uzorak srednje oštećeno stablo, oštećeno za izračunati postotak, te se uzorak svrstava u stupanj oštećenosti 1. Što se tiče indeksa oštećenosti –  $IO = 20,24$ ; znači da je od svih stabala u uzorku toliki postotak stabala u stupnju oštećenosti 2.1. i većem, odnosno da je značajno oštećeno 20,24 % stabala jasena (Slika 5).

Ukupna srednja oštećenost ( $SO$ ) iznosi 21,59 %, a indeks oštećenosti ( $IO$ ) za prugu 2 iznosi 28,97 %. To znači da se sastojine nalaze u stupnju oštećenosti 1, a značajno je oštećeno 28,97 % stabala. Budući da je oštećenost sastojina definirana srednjom oštećenosti ( $SO$ ), sastojine na pruzi 2 možemo svrstati u kategoriju malo oštećenih sastojina (Slika 6).



Slika 5. Pokazatelji oštećenosti za jasen po prugama snimanja  
Figure 5 Damage indicators for ash according to surveying stripes

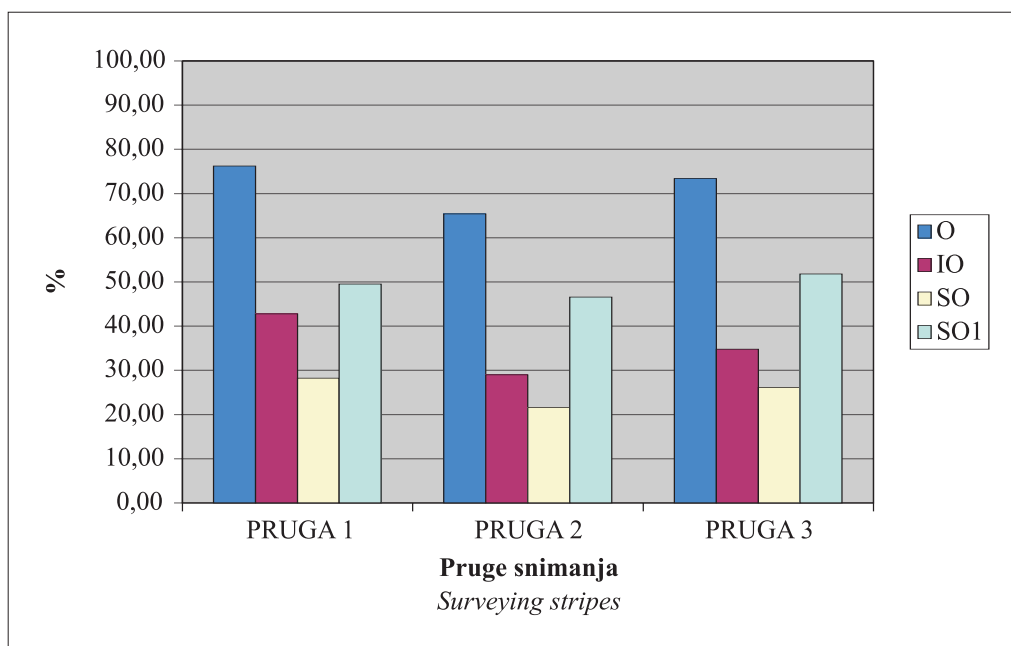
Iz tablice 1 i slike 4 za prugu 3 vidljivo je da za hrast:

- oštećenost iznosi –  $O = 79,74$ ; što znači da se toliki postotak interpretiranih stabala nalazi u stupnjevi-ma oštećenosti 1-4.
- srednja oštećenost –  $SO = 31,13$ ; što znači da je za promatrani uzorak srednje oštećeno stablo oštećeno za izračunati postotak, te se uzorak može svrstati u stupanj oštećenosti 2.1
- indeks oštećenosti –  $IO = 41,22$ ; znači da je od svih stabala u uzorku toliki postotak stabala u stupnju oštećenosti 2.1. i većem
- srednja oštećenost –  $SO_1 = 56,71$ ; znači da je srednje stablo, u uzorku od 41,22 % stabala svrstanih u stupanj 2.1. i veći, prosječno oštećeno 56,71 % i da se može svrstati u stupanj oštećenosti 2.2.

Za istu prugu vidljivo je da je jasen značajno manje oštećen, tj. srednja oštećenost –  $SO = 16,97$ ; što znači da je za promatrani uzorak srednje oštećeno stablo, oštećeno za izračunati postotak, te se uzorak svrstava u stupanj oštećenosti 1. Što se tiče indeksa oštećenosti –  $IO = 23,06$ ; znači da je od svih stabala u uzorku toliki postotak stabala u stupnju oštećenosti 2.1. i većem, odnosno da je značajno oštećeno 23,06 % stabala jasena (Slika 5).

Ukupna srednja oštećenost ( $SO$ ) iznosi 26,12 %, a indeks oštećenosti ( $IO$ ) za prugu 3 iznosi 34,80 %. To znači da se sastojine nalaze na granici između stupnja oštećenosti 1 i 2.1, a značajno je oštećeno 34,80 % stabala. Budući da je oštećenost sastojina definirana srednjom oštećenosti ( $SO$ ), sastojine na pruzi 3 možemo svrstati u kategoriju malo do srednje oštećenih sastojina (Slika 6).





Slika 6. Pokazatelji oštećenosti za sve vrste (ukupno) po prugama snimanja  
Figure 6 Damage indicators for all species (total) according to surveying stripes

Prema srednjoj oštećenosti (SO) hrast je najviše oštećen na pruzi 1, gdje je i najveći indeks oštećenosti (IO), odnosno značajno oštećenih stabala hrasta najviše je zabilježeno na pruzi 1 (Slika 4).

Prema srednjoj oštećenosti (SO) jasen je također najviše oštećen na pruzi 1 (Slika 5), gdje je zabilježen i najveći indeks oštećenosti (IO).

Ukupno za cijelo snimljeno područje na temelju sistematskog uzorka 100x100 m možemo utvrditi da su za sve vrste zajedno srednja oštećenost (SO) i indeks oštećenosti (IO) najveći na pruzi 1, a najmanji na pruzi 2 (Slika 6).

## Oštećenost šuma za područje Spačvanskog bazena po gospodarskim jedinicama

### Prikaz rezultata za prugu 1

Pruga 1 obuhvatila je tri gospodarske jedinice: Slavir, Kragujnu i Desićevo (Tablica 2).

Na temelju tablice 2 i slike 9 možemo zaključiti da su s obzirom na sve interpretirane vrste najveća srednja oštećenost (SO), a također i indeks oštećenosti (IO)

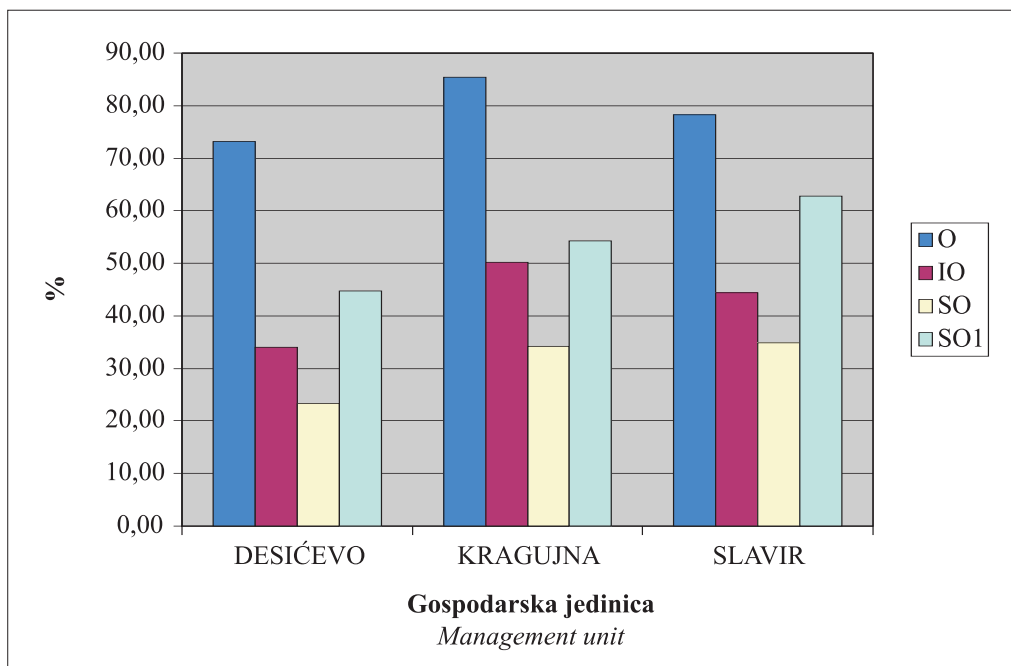
zabilježeni u G.J. Kragujna, a najmanji SO i IO u G.J. Desićevo.

Ako gledamo oštećenost hrasta, on je značajno oštećen (50,27 % stabala u stupnju oštećenosti 2.1 i većem) u G.J. Kragujna (Slika 7). Što se pak tiče jasena možemo zaključiti da je zabilježena značajna oštećenost

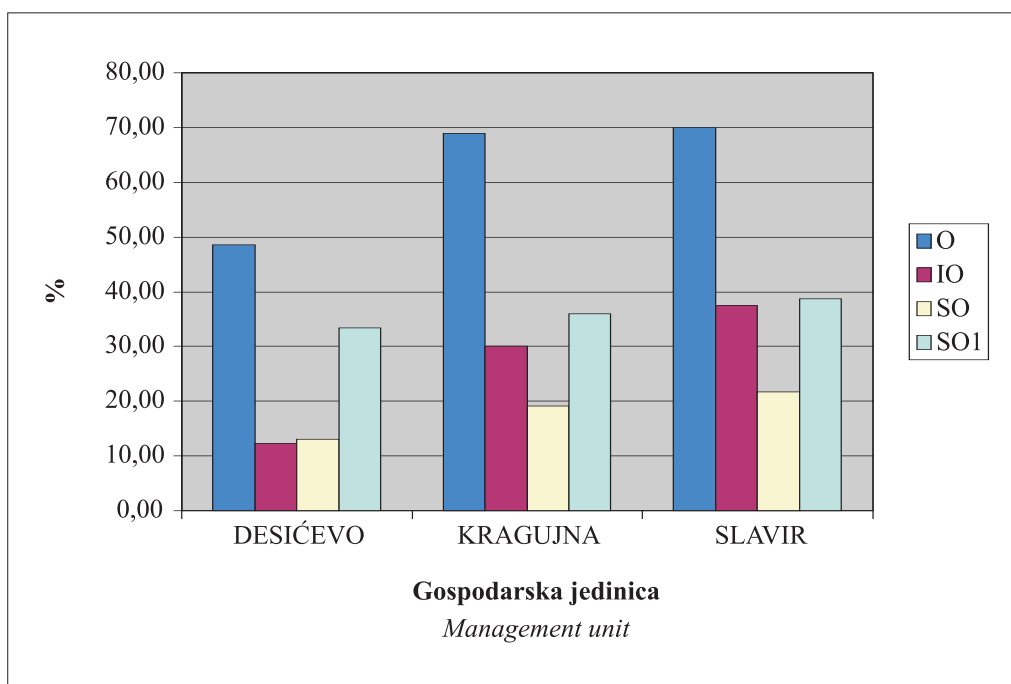
Tablica 2. Pokazatelji oštećenosti po vrstama drveća (pruga 1) prema gospodarskoj jedinici  
Table 2 Damage indicators per tree species (stripe 1) according to management units

Vrsta drveća - Tree Species			Pokazatelji oštećenosti - Damage indicators			
			O	IO	SO	SO <sub>1</sub>
			%			
Pruga 1 Stripe 1	GJ Desićevo	Hrast - <i>Pedunculate Oak</i>	73,10	33,96	23,38	44,72
		Jasen - <i>Narrow-leaved Ash</i>	48,61	12,30	13,03	33,35
		Ukupno - Total	65,50	27,23	20,17	43,13
	GJ Kragujna	Hrast - <i>Pedunculate Oak</i>	85,35	50,27	34,12	54,21
		Jasen - <i>Narrow-leaved Ash</i>	68,98	30,02	19,15	35,92
		Ukupno - Total	79,03	42,46	28,34	49,22
	GJ Slavir	Hrast - <i>Pedunculate Oak</i>	78,25	44,40	34,90	62,82
		Jasen - <i>Narrow-leaved Ash</i>	70,01	37,50	21,68	38,64
		Ukupno - Total	73,71	40,59	27,61	50,50





Slika 7. Pokazatelji oštećenosti za hrast (pruga 1) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 7 Damage indicators for pedunculate oak (stripe 1) according to management units



Slika 8. Pokazatelji oštećenosti za jasen (pruga 1) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 8 Damage indicators for ash (stripe 1) according to management units

(37,50 % stabala nalazi se u stupnju oštećenosti 2.1) u G.J. Slavir, a najmanje je u G.J. Desićevo (Slika 6).

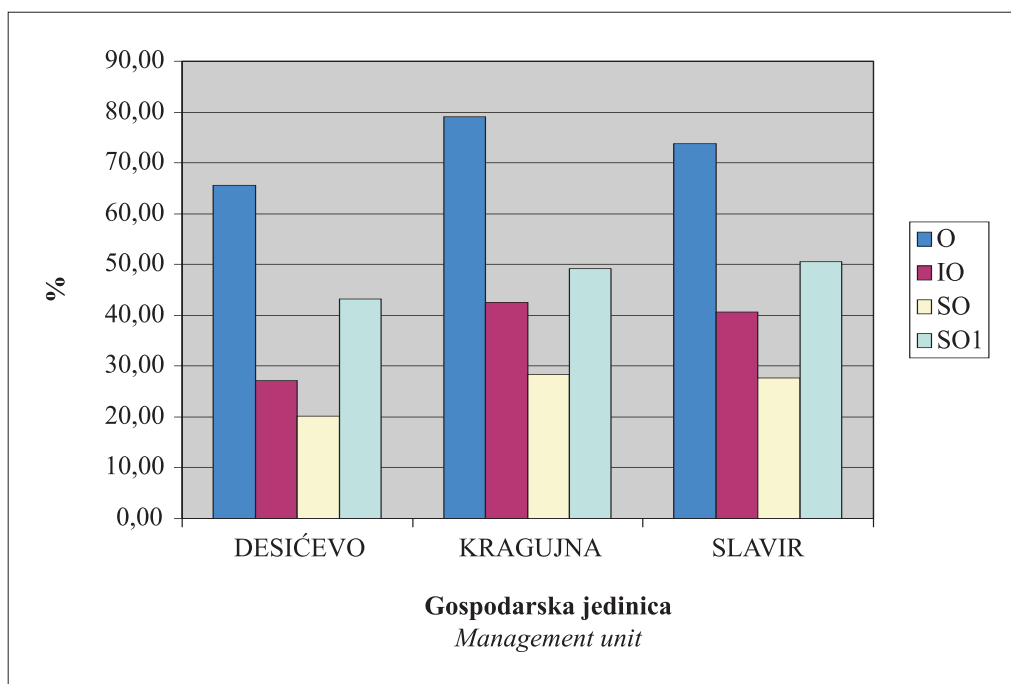
### Prikaz rezultata za prugu 2

Pruga 2 obuhvatila je dvije gospodarske jedinice: Vrbanjske šume i Slavir (Tablica 3).

Na temelju tablice 3 i slike 12 možemo zaključiti da je s obzirom na sve interpretirane vrste najveća srednja

oštećenost 23,60 %, a također i indeks oštećenosti 29,63 %) zabilježena u G.J. Vrbanjske šume.

Ako gledamo oštećenost hrasta, on je značajno oštećen (42,14 % stabala u stupnju oštećenosti 2.1 i većem) također u G.J. Vrbanjske šume (Slika 14). Na slici 11 vidimo da ni u jednoj ni drugoj gospodarskoj jedinici na pruzi 2 nije zabilježena značajna oštećenost jasena.



Slika 9. Pokazatelji oštećenosti za sve vrste (pruga 1) prema gospodarskoj jedinici  
Figure 9 Damage indicators for all species (stripe 1) according to management units

Tablica 3. Pokazatelji oštećenosti po vrstama drveća (pruga 2) prema gospodarskoj jedinici  
Table 3 Damage indicators per tree species (stripe 2) according to management units

Vrsta drveća Tree Species			Pokazatelji oštećenosti Damage indicators			
			O	IO	SO	SO <sub>1</sub>
			%			
Pruga 2 Stripe 2	GJ Slavir	Hrast <i>Pedunculate Oak</i>	68,11	31,99	24,65	52,31
		Jasen <i>Narrow-leaved Ash</i>	46,54	0,10	10,90	100,00
		Ukupno <i>Total</i>	57,14	15,76	17,65	52,46
	GJ Vrbanjske šume	Hrast <i>Pedunculate Oak</i>	75,82	42,14	28,87	51,66
		Jasen <i>Narrow-leaved Ash</i>	49,03	0,00	11,13	
		Ukupno <i>Total</i>	67,86	29,63	23,60	51,66

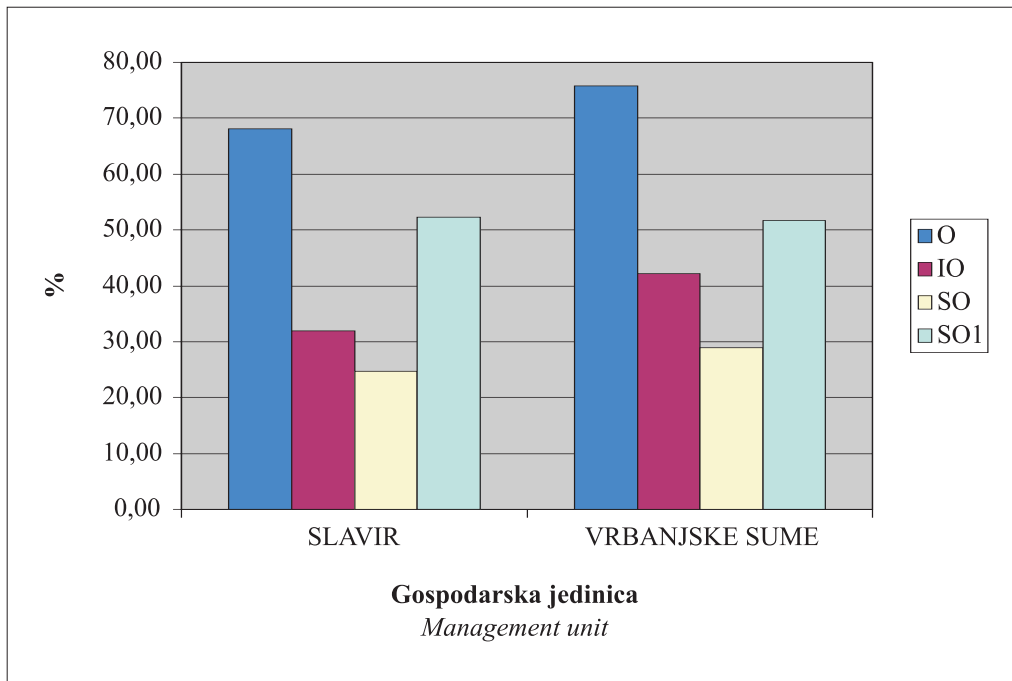
### Prikaz rezultata za prugu 3

Pruga 3 obuhvatila je pet gospodarskih jedinica: Debrinja, Dubovica, Narače, Topolovac i Vrbanjske šume (Tablica 4).

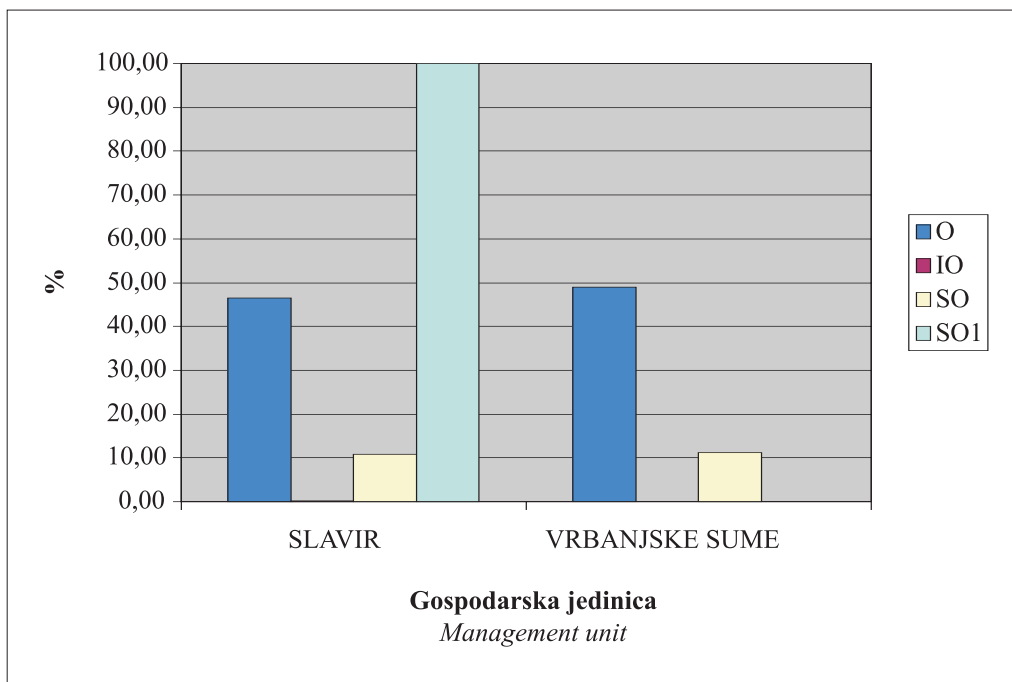
Na temelju tablice 4 i slike 15 možemo zaključiti da je s obzirom na sve interpretirane vrste najveća srednja oštećenost 31,89 %, a također i indeks oštećenosti (37,28 %) zabilježena u G.J. Vrbanjske šume.

Ako gledamo oštećenost hrasta, on je značajno oštećen (47,76 % stabala u stupnju oštećenosti 2.1 i većem) u G.J. Vrbanjske šume (Slika 13). Na slici 14 vi-

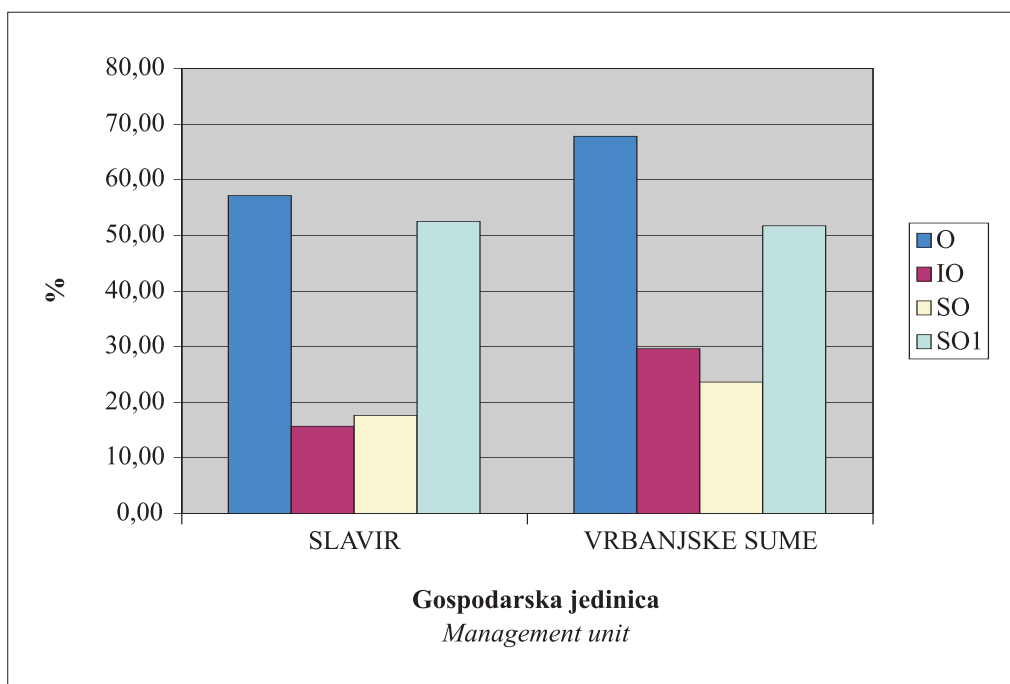
dimo da je značajna oštećenost jasena (9,05 % stabala u stupnju oštećenosti 2.1 i većem) na pruzi 3 zabilježena u G.J. Topolovac.



Slika 10. Pokazatelji oštećenosti za hrast (pruga 2) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 10 Damage indicators for pedunculata oak (stripe 2) according to management units



Slika 11. Pokazatelji oštećenosti za jasen (pruga 2) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 11 Damage indicators for ash (stripe 2) according to management units

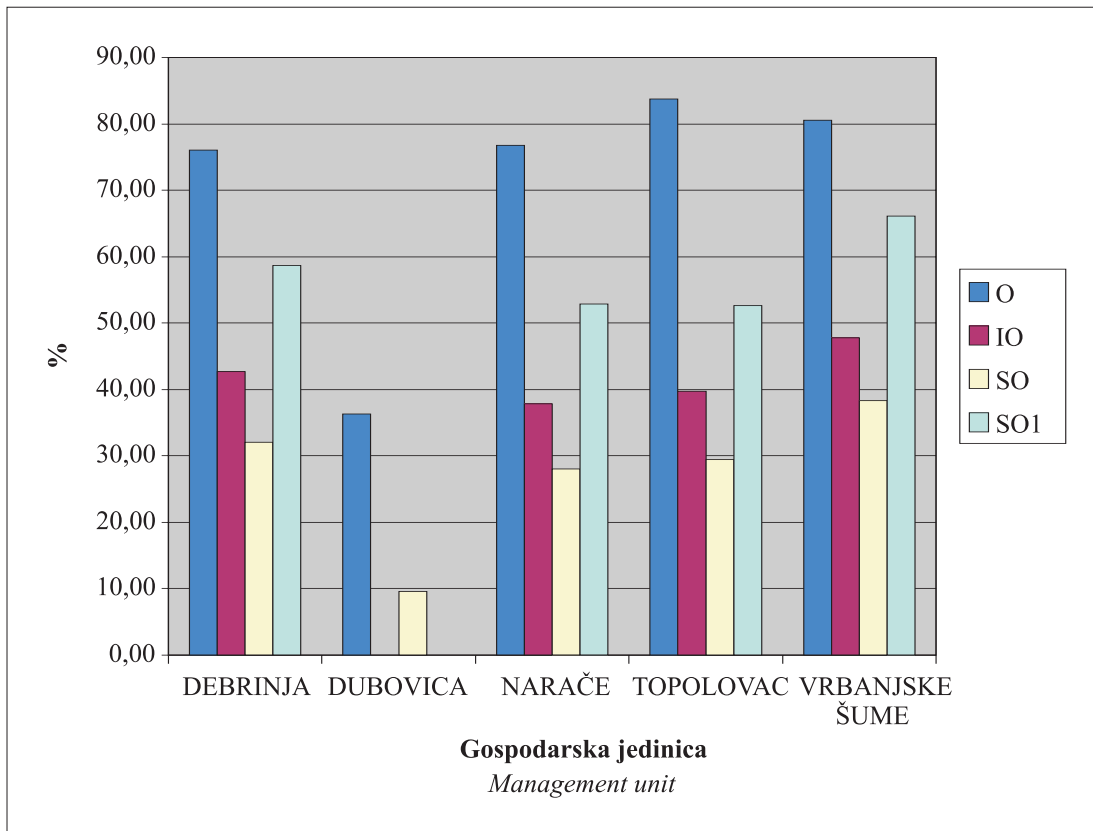


Slika 12. Pokazatelji oštećenosti za sve vrste (pruga 2) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 12 Damage indicators for all species (stripe 2) according to management units

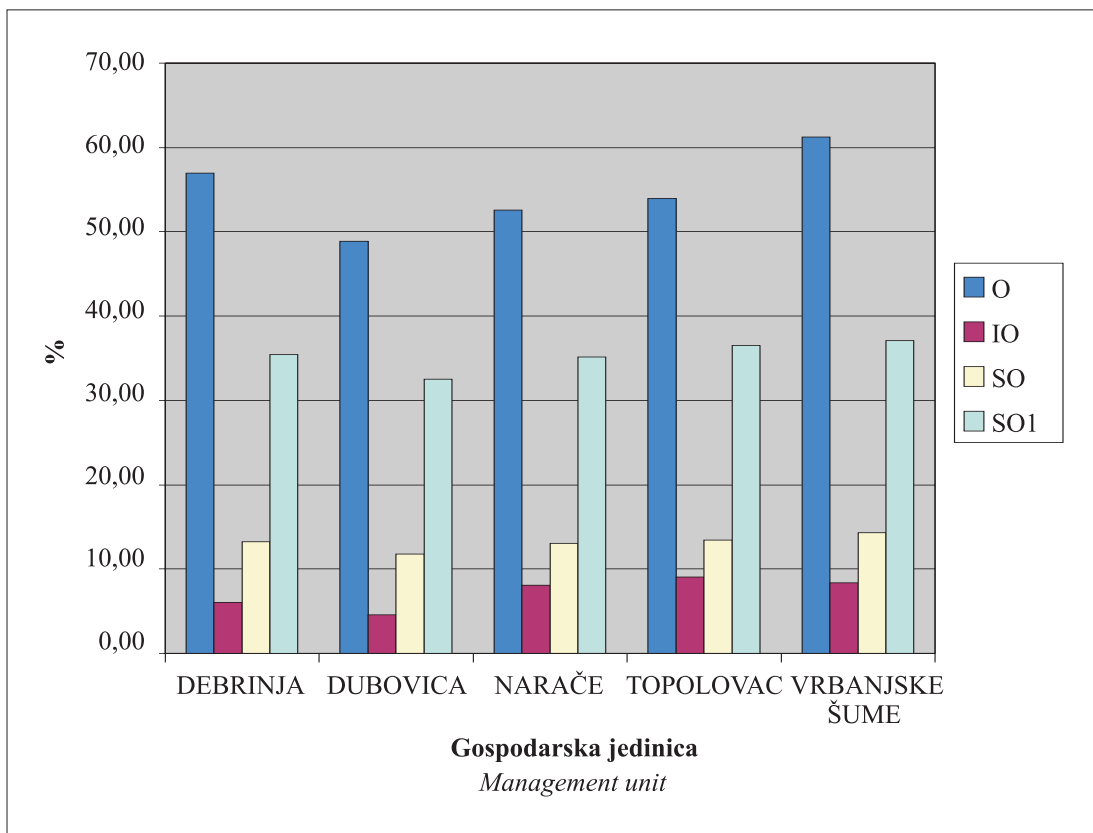
Tablica 4. Pokazatelji oštećenosti po vrstama drveća (pruga 3) prema gospodarskoj jedinici  
 Table 4 Damage indicators per tree species (stripe 2) according to management units

Vrsta drveća - Tree Species			Pokazatelji oštećenosti - Damage indicators			
			O	IO	SO	SO <sub>1</sub>
			%			
Pruga 3 Stripe 3	GJ Debrinja	Hrast - Pedunculate Oak	76,02	42,69	32,09	58,70
		Jasen - Narrow-leaved Ash	57,00	6,00	13,20	35,42
		Ukupno - Total	71,72	34,39	27,82	57,78
	GJ Dubovica	Hrast - Pedunculate Oak	36,36	0,00	9,55	
		Jasen - Narrow-leaved Ash	48,86	4,55	11,79	32,50
		Ukupno - Total	46,36	3,64	11,34	32,50
	GJ Narače	Hrast - Pedunculate Oak	76,75	37,87	28,01	52,92
		Jasen - Narrow-leaved Ash	52,62	8,08	13,00	35,13
		Ukupno - Total	67,03	25,87	21,96	50,68
	GJ Topolovac	Hrast - Pedunculate Oak	83,74	39,75	29,40	52,57
		Jasen - Narrow-leaved Ash	53,91	9,05	13,46	36,48
		Ukupno - Total	77,62	33,45	26,13	51,67
	GJ Vrbanjske šume	Hrast - Pedunculate Oak	80,51	47,76	38,27	66,10
		Jasen - Narrow-leaved Ash	61,23	8,37	14,2	37,11
		Ukupno - Total	75,38	37,28	31,89	64,36

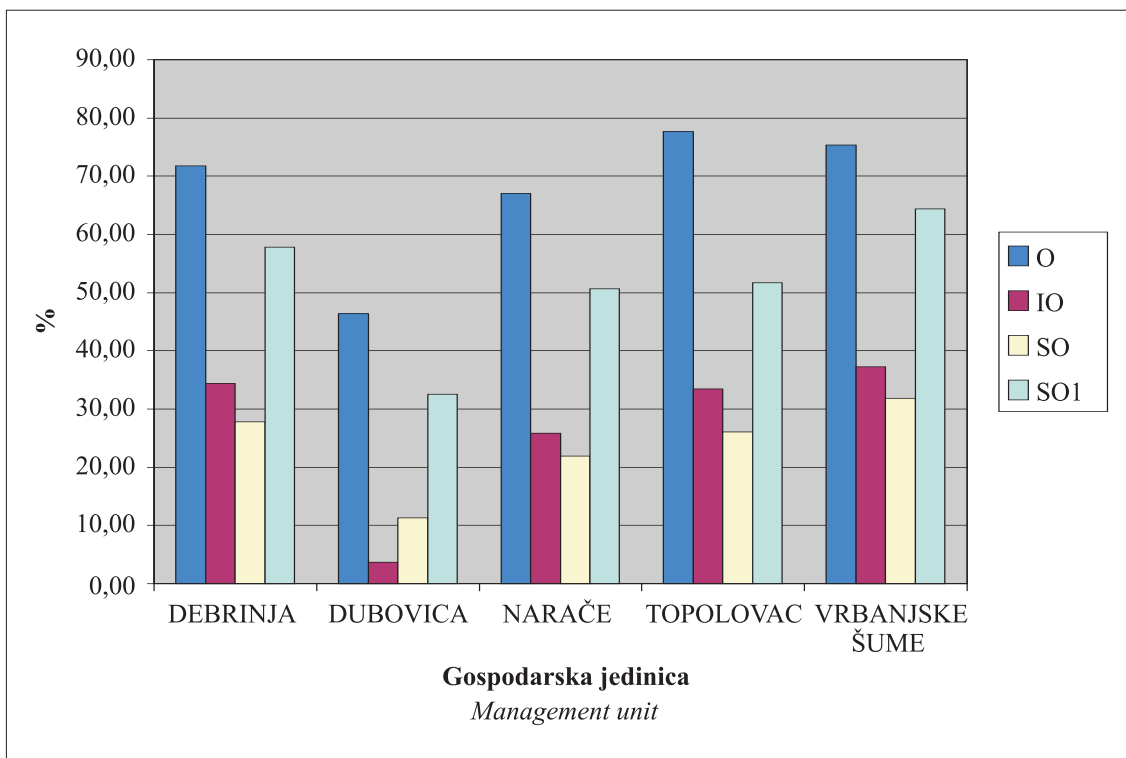




Slika 13. Pokazatelji oštećenosti za hrast (pruga 3) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 13 Damage indicators for pedunculate oak (stripe 3) according to management units



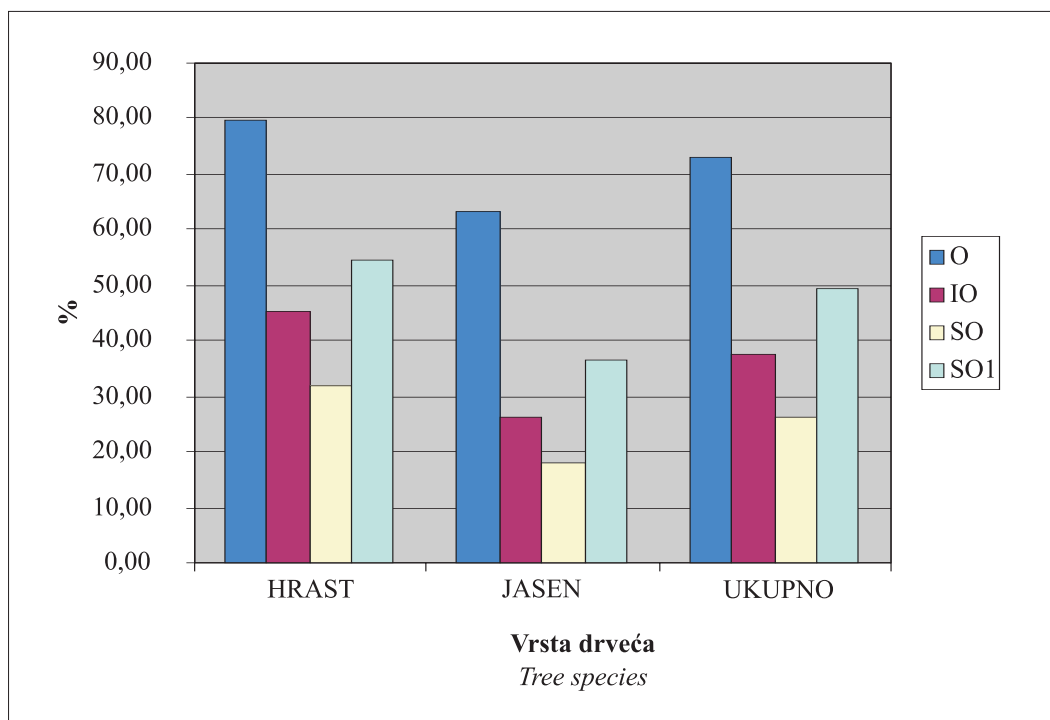
Slika 14. Pokazatelji oštećenosti za jasen (pruga 3) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 14 Damage indicators for ash (stripe 3) according to management units



Slika 15. Pokazatelji oštećenosti za sve vrste (pruga 3) prema gospodarskoj jedinici  
 Figure 15 Damage indicators for all species (stripe 3) according to management units

**Prikaz rezultata prema vrstama drveća za cijelo snimljeno područje**

Na interpretiranoj površini od 5 575 ha utvrđena je srednja oštećenost (SO) svih vrsta drveća 26,18 %, hrasta 31,80 %, jasena 17,93 %. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je stupanj oštećenosti inventariziranih vrsta drveća u skladu s očekivanjima.



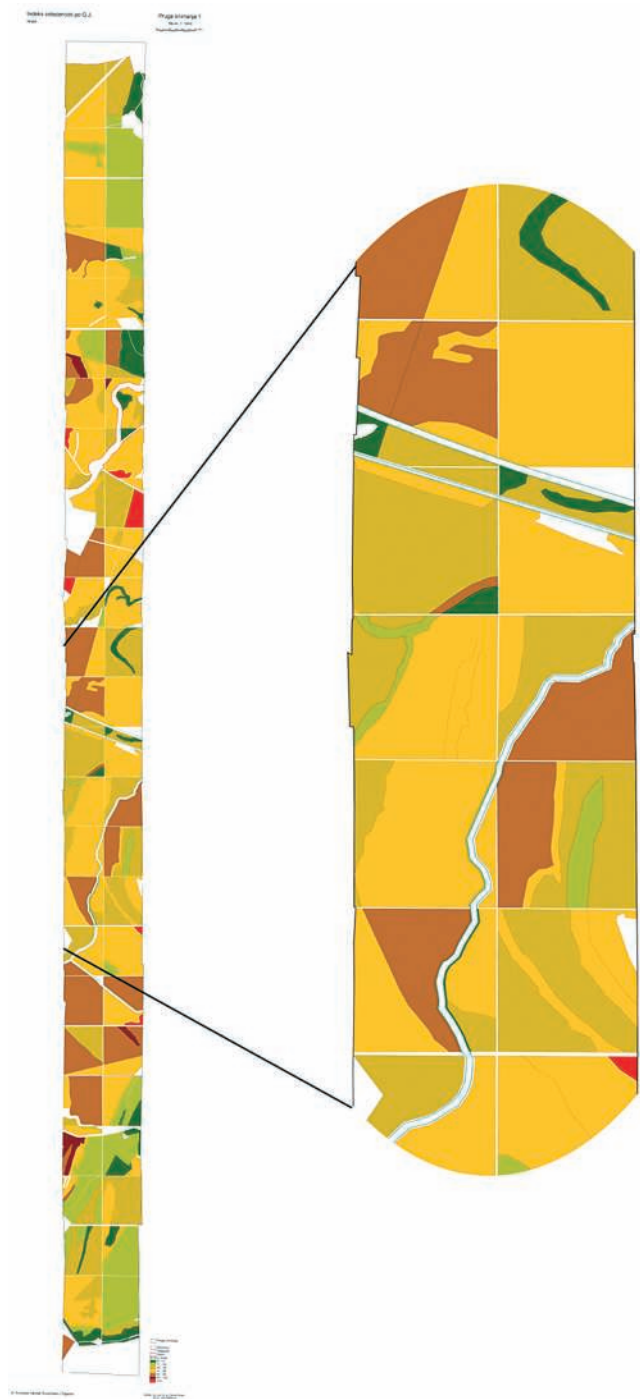
Slika 16. Pokazatelji oštećenosti prema vrstama drveća za cijelo snimljeno područje  
 Figure 16 Damage indicators according to tree species for the entire surveyed area

Tablica 5. Pokazatelji oštećenosti prema vrstama za cijelo snimljeno područje  
 Table 5 Damage indicators according to tree species for the entire surveyed area

Vrsta drveća - Tree Species		Pokazatelji oštećenosti - Damage indicators			
		O	IO	SO	SO <sub>1</sub>
		%			
Ukupno - Total	Hrast - <i>Pedunculate Oak</i>	79,67	45,27	31,80	54,70
	Jasen - <i>Narrow-leaved Ash</i>	63,29	26,15	17,93	36,68
	Ukupno - Total	73,03	37,53	26,18	49,61

ranih šuma na prijelazu male i srednje oštećenosti. Što se tiče hrasta indeks oštećenosti (IO) za područje Spačvanskog bazena iznosi 45,27 %, tj. taj postotak stabala hrasta lužnjaka na snimljenom području nalazi se u stupnju oštećenosti 2.1 i većem. Od 45,27 % stabala svrstanih u stupanj 2.1 i veći, prosječno oštećeno stablo (SO<sub>1</sub>) iznosi 54,70 % i može se svrstati u stupanj oštećenosti 2.2. Na cijelom području snimanja značajna oštećenost jasena iznosi 26,15 % (Tablica 5; Slika 16).

Prema dobivenim rezultatima istraživanja izrađene su tematske karte kao slojevi GIS-a (Slika 17), tj. kartografski prikazi prostornog rasporeda oštećenosti sastojina po gospodarskim jedincima (odjeli/odsjeci).



Slika 17. Primjer tematske karte (indeks oštećenosti za hrast – Pruga 1)

Figure 17 Example of thematic map (damage index for pedunculate oak – Strip 1)

## ZAKLJUČAK – Conclusion

Na osnovi fotointerpretacijom ICK aerosnimaka dobivenih podataka o stupnju oštećenosti šuma Šumskog bazena Spačva (UŠP Vinkovci), snimljenih 2. kolovoza 2005. god., mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Primjenom fotointerpretacije dobivaju se informacije, koje se ne razlikuju od podataka dobivenih terestrički. Kod provedenih istraživanja procjenu oštećenosti na terenu i na aerosnimkama provele su iste osobe, čime je isključen utjecaj eventualnih razlika uslijed različitih opažanja.
- Preduvjet za postizanje takvih rezultata je kvalitetno izrađen fotointerpretacijski ključ i usaglašavanje fotointerpretatora u razdoblju njegove izrade, a i kasnije.
- Na osnovi matematičko-statističke analize izabran je uzorak u obliku rastera. Metodom rastera se preko snimke postavila mreža točaka (100x100 m) i na svakoj točki (uzorku) interpretirane su 4 krošnje najbliže točki rastera u gornjem lijevom i desnom i donjem lijevom i desnom uglu.
- Na interpretiranoj površini od 5 575 ha utvrđena je srednja oštećenost (SO) svih vrsta drveća 26,18 %, hrasta 31,80 %, jasena 17,93 %. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je stupanj oštećenosti inventariziranih šuma na prijelazu male i srednje oštećenosti. Što se tiče hrasta indeks oštećenosti (IO) za područje Spačvanskog bazena iznosi 45,27 %, tj. taj postatak stabala hrasta lužnjaka na snimljenom području oštećeniji je od 25 %.
- Za cijelo snimljeno područje (sistematski uzorak 100x100 m) po prugama snimanja ukupno je interpretirano 17 439 stabala. Na temelju rezultata interpretacije možemo zaključiti da su za sve vrste zajedno, srednja oštećenost (SO) i indeks oštećenosti (IO) najveći na pruzi 1.
- Postignutim rezultatima dano je ne samo trenutno stanje šuma, nego je ukazano i na stanje na terenu (potencijalna žarišta) i svrhovitost aerosnimanja, jer nam aerosnimke omogućuju u kratkom razdoblju pregled stanja na terenu, kako bi se što učinkovitije mogle predviđati mjere za ublažavanje posljedica sušenja.
- Interpretacijom ICK aerosnimaka ustanovljeno je stanje šumskih sastojina na snimljenom području. Aerosnimke ostaju kao trajan dokument o tom stanju. Na aerosnimkama se opažanja u svakom trenutku mogu ponoviti, provjeriti i nadopuniti, a prema potrebi i nastaviti.

## LITERATURA – References

- Barszcz, J., J. Kozak & W. Widocki, 1993: Use of GIS and Remote Sensing to Study the Relationships between Forest Decline and Environmental Conditions in the Silesia and Beskid Mts. (Karpaty Mts.). Zbornik referatov, Medzinarodne symposium, Zvolen, 129–131.
- Butler, R., R. Schlaepfer, 2004: Spruce snag quantification by coupling colour infrared aerial photos and a GIS. *Forest ecology and Management* 195, 325–339.
- Ekstrand, S., 1994: Close range forest defoliation effects of traffic emission assessed using aerial photography. *Sci. Total Environ.* 147, 149–155.
- Franklin, S. E., 2001: *Remote Sensing for Sustainable Forest Management*. Lewis, Boca Raton, FL.
- Hildebrandt, G., H. Grundmann, H. Schmidtke & P. Tepassé, 1986: *Entwicklung und Durchführung einer Pilotinventur für eine permanente europäische Waldschadeninventur*. Kfk – PEF 11, Karlsruhe, 84 p.
- Hočevar, M. & D. Hladnik, 1988: Integralna fototerestrična inventura kot osnova za smotrno odločanje u gospodarenju gozdom. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 31: 93–120.
- Kalafadžić, Z., & V. Kušan, 1990: Definiranje stupnja oštećenosti šumskog drveća i sastojina. *Šum. list*, 114 (11–12): 517–526.
- Kalafadžić, Z., & V. Kušan, 1990: Ustanovljavanje stanja šuma na velikim površinama primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka. *Glas. šum. pokuse*, 26: 447–459.
- Kalafadžić, Z., V. Kušan, Z. Horvatić & R. Pernar, 1993: Inventarizacije oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj primjenom infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimki. *Glas. šum. pokuse*, posebno izdanje 4, 163–172.
- Kalafadžić, Z., V. Kušan, Z. Horvatić & R. Pernar, 1993: Oštećenost šuma i neki čimbenici okoliša u šumskom bazenu "Spačva". *Šum. list*, 117 (6–8): 281–292.
- Kalafadžić, Z., V. Kušan, Z. Horvatić & R. Pernar, 1994: Experience in use of colour infrared (CIR) aerial imagery in forest decline assessment in the Republic of Croatia. *Tagungsband, Symposium Photogrammetrie und Forst*, Freiburg, 189–197.
- Masumy, A. S., 1984: Interpretationschlüssel zur Auswertung von Infrarotfarbluftbildern für die



- Waldschadens Inventur. Allgemeine Forstzeit-schrift, 27: 687–689.
- Pelz, E. & G. Riedel, 1973: Erste praktische Grossanwendung von Falschfarben-Luftbildern bei der Zustander Forsteinrichtung in einem Gebiet mit akuten und chronischen Rauchschäden an Kiefer. Beitrage für die Forstwirtschaft, 4: 158–161.
- Pernar, R., 1994: Način i pouzdanost određivanja oštećenosti hrasta lužnjaka (*Q. robur* L.) na infra-crvenim kolornim (ICK) aerosnimkama. Glas. šum. pokuse, 31: 1–34.
- Seletković, I., Potočić, N., 2004: Oštećenost šuma u Hrvatskoj u razdoblju od 1999. do 2003. godine. Šum. list, 137 (3–4).
- Voss, H., 1989: Untersuchung und Kartierung von Waldschäden mit Methoden der Fernerkundung. Abschlussdokumentation, DLR, Teil A, Oberpfaffenhofen, 244 p.

*SUMMARY: Photointerpretation of colour infrared aerial photographs (CIR) provides reliable statistical data on forest damage. Inventorying forest damage with aerial photographs is based on the assessment of the extent of damage to particular trees (crowns) recorded in aerial photographs. A precondition for the achievement of such results is a good quality photointerpretation key. A photointerpretation key was made for the principal tree species (oak, ash) based on the method of mirroring tree species and damage indicators. Damage indicators (damage-O, mean damage-SO, damage index-IO, mean damageI-SOI) were also calculated for each tree species, for all the interpreted species together, per surveying stripes, for management units, and for the entire area of the Spačva basin (Forest Administration Vinkovci). CIR aerial photographs were interpreted to obtain the status of forest stands in the surveyed area. For the whole study area (5,575 ha), a total of 17,439 trees were interpreted on the basis of a systematic 100 x 100 m sample. Mean damage (SO) for all tree species was found to be 26.18 %, for pedunculate oak 31.80 % and for ash 17.93 %. It may be concluded that the degree of damage of inventoried forests is between low and medium. The considerable damage index (IO) of 45.27 % for pedunculate oak in the Spačva basin means that the said percentage of pedunculate oak in the surveyed area is damaged by more than 25 %. In the entire surveyed area considerable ash damage amounts to 26.15 %. CIR aerial photographs were interpreted in order to assess the condition of forest stands in the study area. Aerial photographs are a lasting document of forest stand condition. In aerial photographs observations may be repeated, checked, updated and continued at any given moment*

*Key words: colour infrared aerial (CIR) photographs, photointerpretation key, digital orthophoto (DOP), forest damage, Spačva basin.*