

Nenad Potočić<sup>1</sup>✉, Ivan Seletković<sup>1</sup>

## OSUTOST ŠUMSKOG DRVEĆA U HRVATSKOJ U RAZDOBLJU OD 2001. DO 2011. GODINE

### DEFOLIATION OF FOREST TREES IN CROATIA IN THE PERIOD 2001-2011

#### SAŽETAK

Međunarodni program za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume (*International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*, skraćeno ICP Forests) osnovan je 1985. godine u okviru UNECE Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (CLRTAP), s mandatom da motri utjecaj antropogenih čimbenika (pogotovo zračnog onečišćenja) i prirodnih čimbenika stresa na stanje i razvoj šumskih ekosustava u Europi te da doprinese boljem razumijevanju uzročno-posljedičnih veza u šumskim ekosustavima Europe. Hrvatska se projektu priključila 1987. godine.

Značajna se osutost krošanja šumskog drveća u Hrvatskoj u razdoblju od 2001. do 2011. godine kretala u rasponu od 20,6 (2002.) do 27,7 % (2010.). U razdoblju od 2001. do 2005. godine značajna osutost listača kretala se u rasponu od 14,4 do 19,2 %, a kontinuirani rast bilježimo od 2006. godine. Kod četinjača značajna je osutost naglo porasla u 2003. godini, nakon čega se zadržava iznad 70 % do 2006. godine, s maksimumom u 2005. godini (79,5 %). Isto tako, kod nekih je vrsta (obična bukva, poljski jasen, hrast kitnjak) zabilježeno povećanje značajne osutosti nakon sušnih godina, dok kod npr. hrasta lužnjaka takva pojava nije primijećena.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju kako se osutost krošanja šumskog drveća, u ovisnosti od vrste, može povezati s klimatskim svojstvima kako tekuće, tako i prethodnih godina.

**Ključne riječi:** ICP Forests, osutost krošanja, klima, suša

## UVOD

### INTRODUCTION

Tijekom sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća sušenja velikih razmjera i različitih, gospodarski važnih, vrsta drveća u Europi dala su povoda

---

<sup>1</sup> Hrvatski šumarski institut, Cvjetno naselje 41, HR-10450 Jastrebarsko, Hrvatska.

✉ Dopisni autor/Corresponding author: nenadp@sumins.hr, tel: +385 1 6273027

razmišljanju da se radi o dotada nezabilježenoj pojavi, koja je dobila naziv „novo propadanje šuma”. Za razliku od do tada zabilježenih pojava sušenja šuma pretežno lokalnog karaktera, „novo propadanje” imalo je progresivan, i, činilo se, ireverzibilan karakter, a zračno onečišćenje izdvojeno je kao „novi” čimbenik stresa. Osobito su sušenjem zahvaćene sastojine obične jele i obične smreke (*Picea abies* Karst.). Najrašireniji simptom šteta u srednjoj i sjevernoj Europi na običnoj smreci i običnoj jeli jest osutost krošanja, koja je rezultat prekomjernog opadanja iglica te nedovoljno intenzivnog stvaranja sekundarnih izbojaka u krošnji (Gruber 1994).

Međunarodni program za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, skraćeno ICP Forests) osnovan je 1985. godine u okviru UNECE Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (CLRTAP), s mandatom da motri utjecaj antropogenih čimbenika (pogotovo zračnog onečišćenja) i prirodnih čimbenika stresa na stanje i razvoj šumskih ekosustava u Europi te da doprinese boljem razumijevanju uzročno-posljedičnih veza u šumskim ekosustavima Europe. Hrvatska se projektu priključila 1987. godine. Prednost je monitoringa (trajnog motrenja) u dobivanju vremenskog niza podataka koji omogućuje pravilnije zaključivanje o stanju pojava koje, u ovome slučaju, variraju na godišnjoj razini. Motrenje se provodi na mreži točaka Razine 1 (bioindikacijske točke razmaka 16 km), osnovnoj mreži (točke razmaka 4 km) i ploham Razine 2 (plohe intenzivnog motrenja), a ključnu ulogu u Programu ima vizualna procjena osutosti krošanja.

Temeljem članka 39. stavka 2. Zakona o šumama (Narodne novine 140/2005) donesen je Pravilnik o načinu prikupljanja podataka, mreži točaka, vođenju registra te uvjetima korištenja podataka o oštećenosti šumskih ekosustava (Narodne novine 129/2006). Pravilnik je u primjeni od mjeseca studenog 2006. godine. Člankom 3. tog Pravilnika Nacionalnim koordinacijskim centrom za procjenu i motrenje utjecaja atmosferskog onečišćenja i drugih čimbenika na šumske ekosustave određuje se Hrvatski šumarski institut koji funkcionira kao Nacionalni koordinacijski centar Međunarodnog programa za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume (UN/ECE – ICP Forests).

Novi Pravilnik o motrenju oštećenosti šumskih ekosustava (Narodne novine 76/2013) u potpunosti je usklađen s europskom zakonskom regulativom na području motrenja oštećenosti šuma (Uredbe Europske unije 2152/2003/EZ i 1737/2006/EZ). Podatci iz Registra oštećenosti šumskih ekosustava služe za utvrđivanje stanja šumskih ekosustava u Republici Hrvatskoj, potrebe gospodarenja šumama, znanstvene svrhe te potrebe institucija Republike Hrvatske i međunarodnih institucija. Podaci s jedinstvene europske mreže bioindikacijskih točaka (mreža točaka stranice kvadrata 16 km) službeni su podatci o oštećenosti šumskih ekosustava u Republici Hrvatskoj i sastavni su dio Izvješća o oštećenosti šumskih ekosustava u Republici Hrvatskoj koje se izrađuje za potrebe Ministarstva poljoprivrede.

Oštećenost šuma predmet je i znanstvenih radova (Tesche 1989, Saxe 1993, Modrzyński 2003, Zierl 2004). O prvim rezultatima procjene stanja krošanja u

Hrvatskoj u okviru ICP Forests pišu Prpić i dr. (1988). U Hrvatskoj je težište istraživanja od samih početaka stavljeno na indirektne učinke zračnog onečišćenja. Unos zračnih polutanata u bukove i bukovo-jelove šume Gorskoga kotara i Like potvrđuju svojim istraživanjima Glavač i dr. (1985). Veze sušenja drveća u Hrvatskoj s kiselim kišama razmatra Prpić (1987), a utjecaj fotooksidanata Prpić i Seletković (1988). Komlenović i dr. (1988) te Seletković (1991) razmatraju utjecaj polutanata na šume obične bukve (*Fagus sylvatica* L.). U skladu s novijim shvaćanjima problematike propadanja šuma, sinergističke efekte klimatskih promjena, gradacije štetnika i zračnog onečišćenja u propadanju šuma obične jele (*Abies alba* Mill.) naglašavaju Prpić i dr. (1991).

Potočić i Seletković (2000) te Seletković i Potočić (2004) razmatraju trendove propadanja najzastupljenijih vrsta šumskog drveća u Hrvatskoj i Europi. Vrbek i dr. (2006) pišu o povezanosti oštećenosti krošanja i zračnog onečišćenja u Gorskom kotaru. Seletković i dr. (2009) bave se utjecajem klimatskih i reljefnih karakteristika na oštećenost krošanja obične bukve na Medvednici, a Potočić i dr. (2008) utjecajem klime na osutost krošanja obične bukve i obične jele na Velebitu.

U ovome radu bit će prikazani rezultati procjene osutosti krošanja na bioindikacijskim točkama u razdoblju od 2001. do 2011. godine.

## MATERIJALI I METODE

### MATERIALS AND METHODS

Procjena osutosti (defolijacije), osnovnog parametra za procjenu oštećenosti krošanja, obavlja se prema jedinstvenoj metodi koju propisuje ICP Forests (Eichhorn i dr. 2010). Procjenu na bioindikacijskim točkama (Slika 1.) obavljaju ovlaštene osobe za prikupljanje podataka iz poduzeća Hrvatske šume d. o. o. Zagreb i Nacionalnog parka Plitvička jezera.

Najvažniji elementi metode za procjenu osutosti krošanja jesu sljedeći:

- procjena osutosti obavlja se u koracima od 5 %, a kasnije se rezultati grupiraju u klase prema Tablici 1. Stabla koja imaju osutosti iznad 25 % svrstavaju se u klasu značajno osutih stabala
- procjena se obavlja na predominantnim, dominantnim i kodominantnim stablima (Kraftove klase 1, 2 i 3), dakle nadstojnim stablima
- za procjenu se u obzir uzima samo osvjetljeni dio krošnje
- postotak osutosti procjenjuje se na osnovi usporedbe konkretnog stabla s fotopriručnikom (Bosshard 1986) te zamišljenim lokalnim referentnim stablom, koje je definirano kao „najbolje stablo s potpunom krošnjom koje može uspijevati na određenom lokalitetu”
- procjenu obavljaju dva promatrača, uz korištenje dvogleda
- na svakoj plohi procjenjuje se osutost krošnje 24 stabla.

Rezultati procjene oštećenosti krošanja pohranjuju se i obrađuju u bazi podataka Hrvatskoga šumarskog instituta (URL:<http://www.icp.sumins.hr>) te u jedinstvenoj europskoj bazi podataka programa ICP Forests (Međunarodni program za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume).



Slika 1. Prikaz položaja bioindikacijskih točaka u Hrvatskoj  
Figure 1. Map of bioindication plots in Croatia

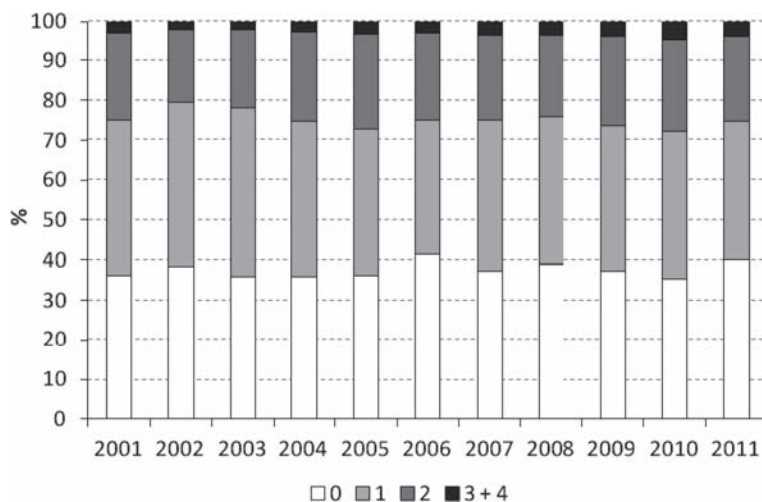
Tablica 1. Klase osutosti, stupnjevi osutosti i postotci gubitka iglica/lišća  
Table 1. Defoliation class, degrees and percentages of needle/leaf loss

Klasa	Stupanj osutosti	Postotak gubitka iglica/lišća
0	nema	0 – 10
1	blaga	11 – 25
2	umjerena	26 – 60
3	jaka	61 – 99
4	mrtvo stablo	100

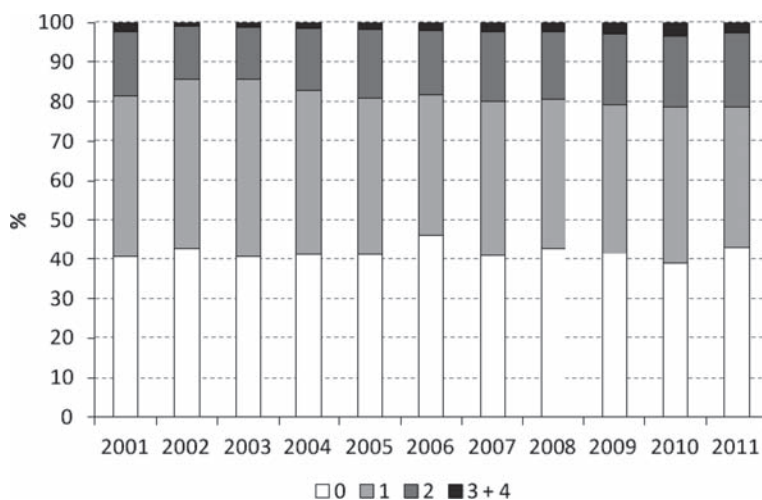
## REZULTATI I RASPRAVA

### RESULTS AND DISCUSSION

Broj stabala koja se procjenjuju varira od godine do godine, a u promatranom razdoblju kretao se od 1868 u 2003. do 2232 u 2011. godini. Broj stabala četinjača kretao se od 226 do 368, a listača od 1642 do 1864. Najzastupljenija vrsta drveća jest obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) s između 547 i 600 procjenjivanih stabala, slijedi hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) s 353 do 440 stabala, zatim hrast kitnjak (*Quercus petraea* (Matt.) Leib.) sa 171 do 186 stabala, alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) sa 61 do 160 stabala, obična jela (*Abies alba* Mill.) s 96 do 109 stabala,



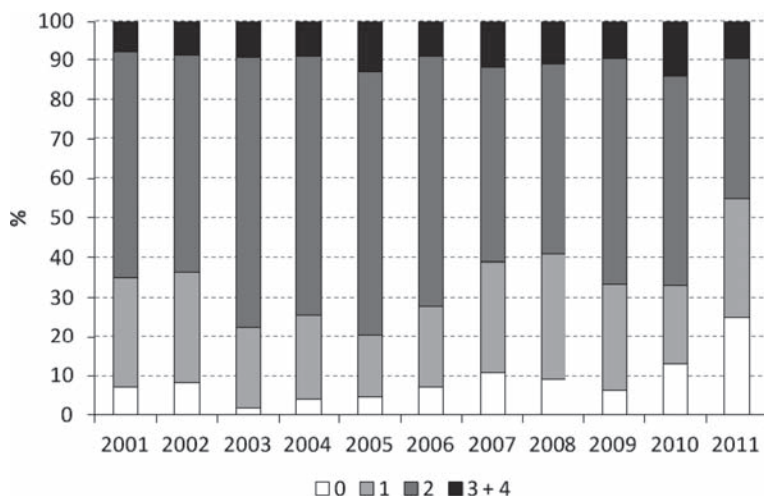
Slika 2. Osutost krošanja svih vrsta prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 2. Defoliation of all species according to classes (0-4), in the period 2001-2011



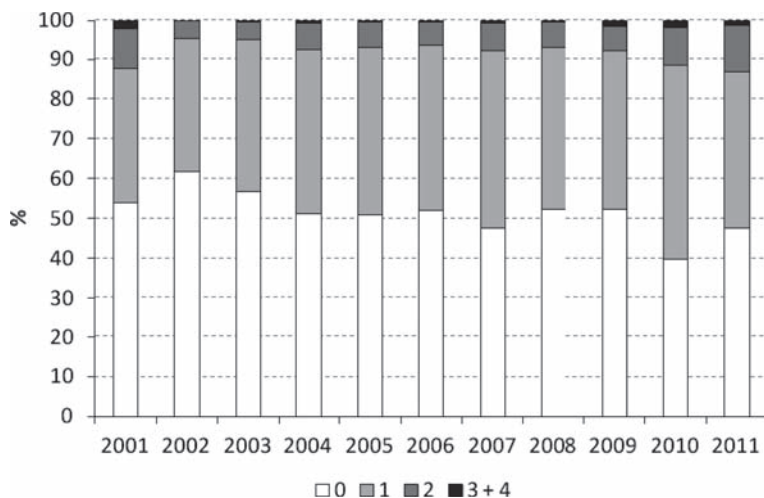
Slika 3. Osutost krošanja listača prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 3. Defoliation of broadleaves according to classes (0-4), in the period 2001-2011

poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) sa 70 do 81 stablom te crni bor (*Pinus nigra* Arn.) s 47 do 68 stabala u uzorku.

Značajna se osutost krošanja šumskog drveća u Hrvatskoj u razdoblju od 2001. do 2011. godine kretala u rasponu od 20,6 (2002.) do 27,7 % (2010.). U procjeni stanja oštećenosti šumskih ekosustava provedenoj 2011. godine utvrđeno je smanjenje značajne osutosti u odnosu na 2010. godinu. Značajno osutih stabala u 2011.



Slika 4. Osutost krošnja četinjača prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 4. Defoliation of conifers according to classes (0-4), in the period 2001-2011



Slika 5. Osutost krošnja obične bukve prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 5. Defoliation of common beech according to classes (0-4), in the period 2001-2011

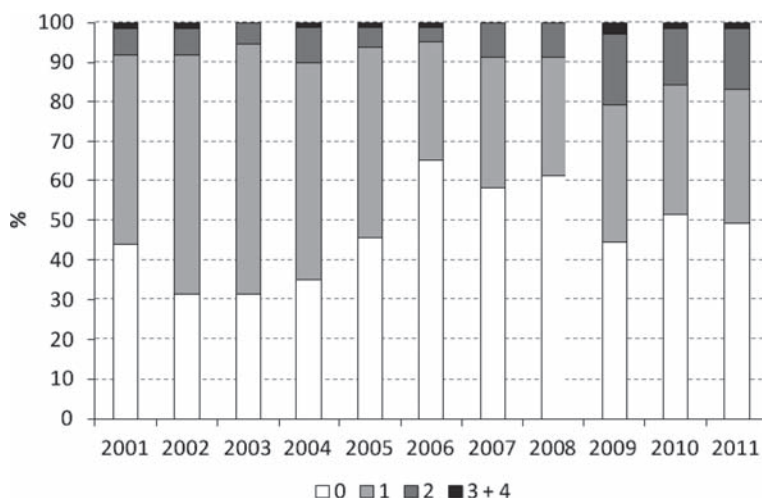
godini bilo je 25,3 %. Najveći broj stabala i dalje se nalazi u klasama osutosti 0 i 1, dakle u klasama bez osutosti ili male osutosti.

U razdoblju od 2001. do 2005. godine značajna osutost listača kretala se u rasponu od 14,4 do 19,2 %, a kontinuirani rast bilježimo od 2006. godine. Značajna osutost listača u 2011. godini nepromijenjena je u odnosu na 2010. godinu. Kod listača se najveći broj stabala nalazi u klasi 0, a zatim u klasi 1, te 2 i 3 + 4. Najniža značajna osutost zabilježena je u 2003. godini (14,4 %), nakon čega

bilježimo njezin nagli rast u sljedeće dvije godine. Najviša vrijednost zabilježena je u 2010. i 2011. godini (21,4 %).

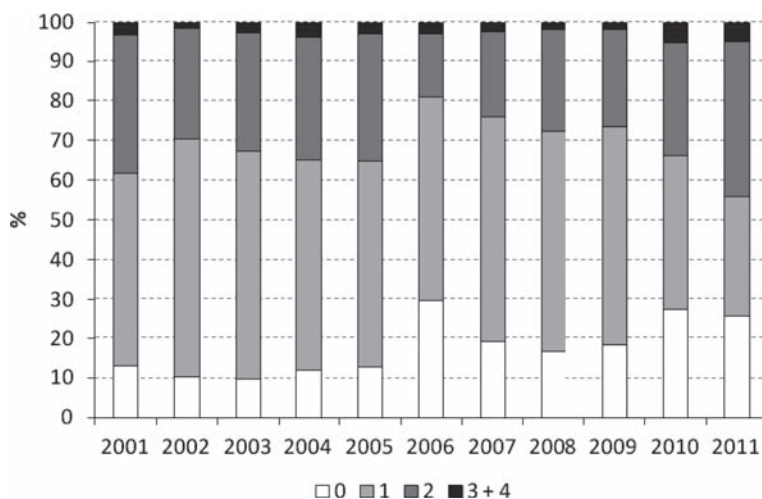
Kod četinjača značajna je osutost naglo porasla u 2003. godini, nakon čega se zadržava iznad 70 % do 2006. godine, s maksimumom u 2005. godini (79,5 %). Osutost četinjača u 2011. godini najniža je od 1996. godine, djelomično i zbog povećanja broja stabala u uzorku (broj procjenjivanih stabala u razdoblju 2001. – 2010. godina kretao se od 241 do 289 stabala, dok je u 2011. godini, kao posljedica ponovnog početka motrenja na zapuštenim točkama mreže taj broj narastao na 368 stabala). Najveći broj stabala četinjača nalazi se u klasi osutosti 2 (26 – 60 % osutosti).

Značajna osutost obične bukve u posljednjih 10 godina praćenja kretala se u rasponu od 4,8 (u 2002. godini) do 13,1 % u 2011. godini. Zanimljivo je kako su najveće vrijednosti zabilježene na samom početku (12,3 % u 2001. godini) i na kraju promatranog razdoblja. Primjećujemo kako je do porasta došlo u 2001. i 2004. godini, dakle nakon sušnih 2000. i 2003., a zatim je do 2009. godine značajna osutost stagnirala na oko 7 – 8 %. Sljedeći veći porast dogodio se 2010. godine (11,4 %) nakon sušne 2009. godine. Stribley i Ashmore (2002) smatraju da uzroci smanjenja vitalnosti bukve nisu potpuno jasni, ali smatraju kako je izgledno da sušne godine imaju važnu ulogu. Općenito, najveći broj stabala nalazi se u klasi 0 (osim 2010. godine, kada je najzastupljenija bila klasa 1). Za razliku od Hrvatske, postotak značajno osutih stabala u Europi bio je relativno visok: 26,7 % u 2001. godini, 23,3 % u 2002., 26,1 % u 2003., 34,4 % u 2004., 28,3 % u 2005., 28,7 % u 2006., 26,2 % u 2007., 21,8 % u 2008., 31,0 % u 2009. i 25,6 % u 2010. godini (Meining i Fischer 2011). U isto vrijeme primjećujemo da su sušne godine (osim 2010. godine) imale sličan efekt povećanja osutosti u narednoj godini. Trendovi osutosti u razdoblju 2003. – 2010. pokazuju povećanje osutosti bukve u Francuskoj i Hrvatskoj (Meining i Fischer 2011).

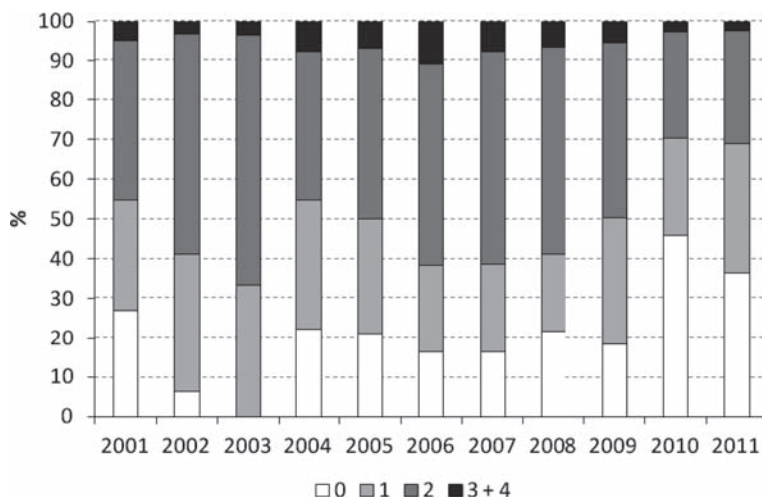


Slika 6. Osutost krošanja poljskog jasena prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
Figure 6. Defoliation of narrow leaved ash according to classes (0-4), in the period 2001-2011





Slika 7. Osutost krošnja hrasta kitnjaka prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
Figure 7. Defoliation of sessile oak according to classes (0-4), in the period 2001-2011



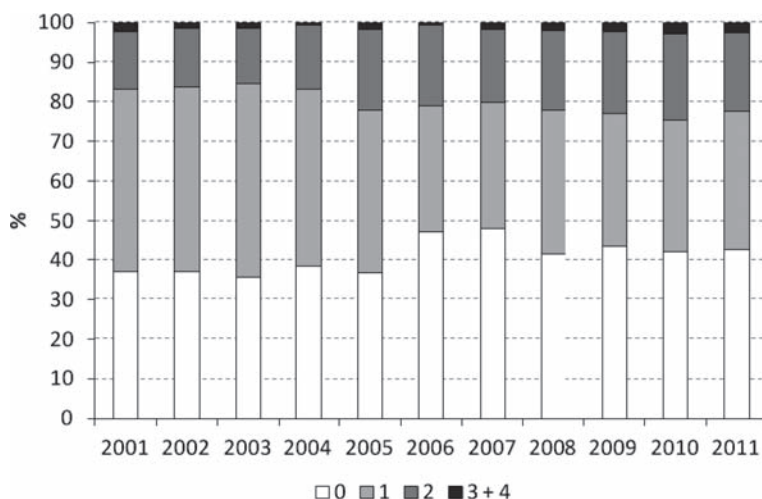
Slika 8. Osutost krošnja hrasta medunca prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
Figure 8. Defoliation of sessile-flowered oak according to classes (0-4), in the period 2001-2011

Značajna osutost poljskog jasena kretala se od 5,5 % u 2003. do 20,8 % u 2009. godini. Značajnija povećanja utvrđena su u 2004. i 2009. godini.

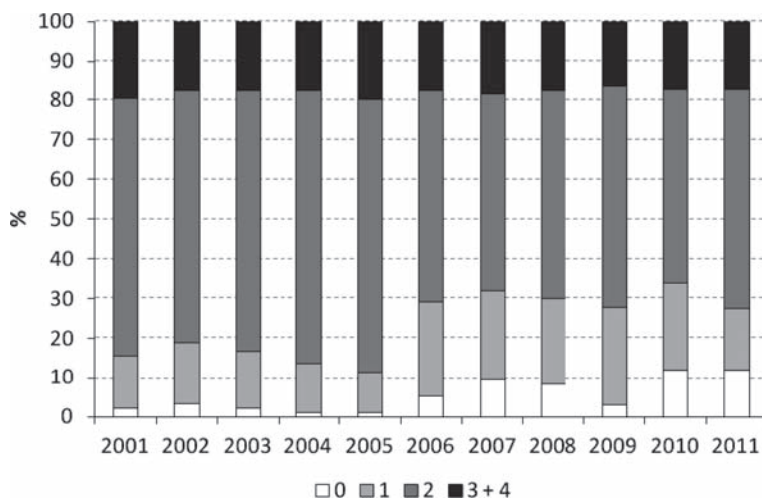
Kod hrasta kitnjaka značajna osutost kretala se od 19,0 % u 2006. do 44,1 % u 2011. godini. Primjetne su povišene vrijednosti u godinama nakon suše: 2001., 2004. i 2010./2011. Najveći broj stabala konstatno se nalazi u klasi 1 (stupanj osutosti: blaga osutost).

Značajna osutost hrasta medunca u razdoblju 2001. – 2009. bila je vrlo visoka i kretala se u rasponu od 45,1 do 66,7 %, s najvećim brojem stabala smještenim u





Slika 9. Osutost krošanja hrasta lužnjaka prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 9. Defoliation of pedunculate oak according to classes (0-4), in the period 2001-2011



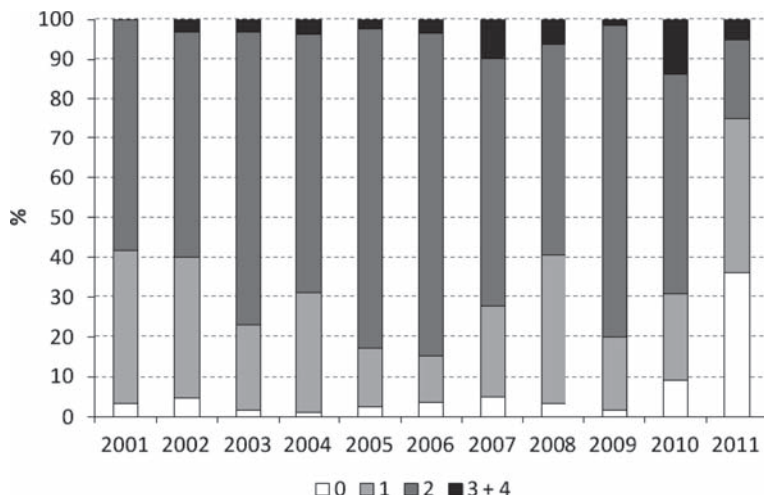
Slika 10. Osutost krošanja obične jele prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 10. Defoliation of silver fir according to classes (0-4), in the period 2001-2011

klasu 2 (umjerena osutost), da bi se u zadnje dvije godine bitno smanjila (29,7 % u 2010. i 31,1 % u 2011. godini).

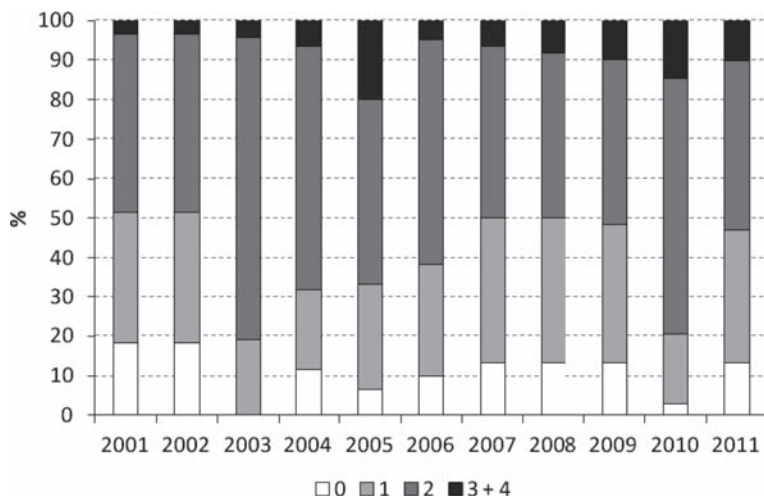
Značajna osutost hrasta lužnjaka kretala se u rasponu od 15,4 % (2003. godine) do 24,5 % u 2010. godini. Možemo izdvojiti dva podrazdoblja, od 2001. do 2004. godine, kad se značajna osutost kreće oko 16 %, i drugo razdoblje, između 2005. i 2011. godine, s vrijednostima oko 22 %. Utjecaj sušnih godina nije primjetan. Stanje osutosti lužnjaka i kitnjaka relativno je povoljno ako naše vrijednosti

usporedimo s vrijednostima koje se na razini Europe daju za zajednički uzorak lužnjakovih i kitnjakovih stabala (od 30,8 do 43,0 % značajno osutih stabala u razdoblju od 2001. do 2010. godine, Meining i Fischer 2011).

Kod obične jele značajna osutost iznimno je visoka u svim promatranim godinama, od 66,1 u 2010. do 88,5 % u 2005. godini. Primjetan je utjecaj sušnih godina, pa tako zamjetno povećanje osutosti bilježimo u 2001. i 2004. godini. Običnoj jeli potrebno je nekoliko godina oporavka nakon sušnog perioda (usporediti Potočić



Slika 11. Osutost krošnja alepskog bora prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 11. Defoliation of aleppo pine according to classes (0-4), in the period 2001-2011



Slika 12. Osutost krošnja crnog bora prema klasama (0-4), u razdoblju od 2001. do 2011. godine  
 Figure 12. Defoliation of black pine according to classes (0-4), in the period 2001-2011

i dr. 2008) pa su povećane vrijednosti kao posljedica suše u 2000. i 2003. godini zabilježene u cijelom razdoblju 2001. – 2005. Seletković i Potočić (2004) daju usporedbu postotka značajne osutosti obične jele u Hrvatskoj i Europi za razdoblje 1999. – 2003., kada su uz slično kretanje osutosti, u Hrvatskoj zabilježene znatno više vrijednosti. Sličan odnos vrijedi i u razdoblju od 2006. do 2008. godine, kada je na razini Europe zabilježena značajna osutost od 29,7 % u 2006. godini, 23,9 % u 2007. i 27,0 % u 2008. godini. Nažalost, noviji podatci o osutosti obične jele na razini Europe nisu prikazani u zadnjem ICP Forests tehničkom izvješću (Meining i Fischer 2011).

Općenito vrlo visok udio značajno osutih stabala alepskog bora povećava se u godinama suše (76,9 % u 2003., 80,0 % u 2009.) u usporedbi s rezultatima iz prethodnih (oko 60 % značajno osutih stabala u 2002. i 2008. godini) ili sljedećih godina (oko 70 % u 2004. i 2010.). Najveće vrijednosti zabilježene su ipak u 2005. i 2006. godini, što zahtijeva dodatnu analizu, a podudara se s europskim rezultatima. Europske vrijednosti dane su za mediteranske borove (*Pinus brutia*, *P. pinaster*, *P. halepensis* i *P. pinea*), čija se značajna osutost kreće od 11,5 % u 2001. do 23,3 % u 2005. godini (22,1 % u 2006.) (Meining i Fischer 2011).

Crni bor također pokazuje visoke vrijednosti značajne osutosti ponajviše veza ne uz sušne godine (80,9 % u 2003.) ili godinu nakon suše (79,4 % u 2010. godini). Najveći broj stabala nalazi se u klasi osutosti 2 – umjerena osutost.

Suša i dugotrajni učinci suše često se smatraju uzrokom jake osutosti, pa čak i sušenja stabala. Drobyshev i dr. (2007) sugeriraju kako suša može djelovati kao „otponac” koji predisponira stabla na smanjenje rasta i posljedični mortalitet te da se efekt suše manifestira kao depresija rasta nakon koje, poslije određenog vremena, slijedi sušenje stabla. Klimatske prilike prethodne godine bile su odgovorne za 79 % varijacije u osutosti u istraživanju Neirynecka i Roskamsa (1999). Siedling (2007) izvješćuje kako je kod bukve u Njemačkoj došlo do gubitka lisne mase s kašnjenjem od jedne godine u područjima u kojima je temperatura porasla za vrijeme toplog i sušnog ljeta 2003. godine. Kao dio motrenja klimatskih promjena u Velikoj Britaniji, zaključeno je kako je osutost bukve povećana u godinama nakon prethodnog sušnog ljeta, a posebno je jaka negativna korelacija postotka značajno osutih stabala i oborine u srpnju prethodne godine (2008.). Ljetna količina oborine smatra se najznačajnijim prediktorom broja listova u bukovim šumama (Meier i Leuschner 2008). Stoga možemo reći kako je osutost rezultat stanja krošnje iz nekoliko prethodnih godina rasta (Polak i dr. 2006). Ovi rezultati kao i rezultati naših prethodnih istraživanja (Velebit, Medvednica) pokazuju kako se stupanj osutosti, u ovisnosti od vrste, može povezati s klimatskim svojstvima kako tekuće, tako i prethodnih godina.

## LITERATURA

### REFERENCES

Bosshard, W. (Ur.) 1986. Kronenbilder mit Nadel- und Blattverlustprozenten. Sanasilva, Birnmensdorf.

- Drobyshev, I., Linderson, H., Sonesson, K. 2007. Temporal mortality pattern of pedunculate oaks in southern Sweden. *Dendrochronologia* 24: 97–108
- Eichhorn, J., Roskams, P., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D. 2010. Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. 49 str. Manual Part IV. U: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre. URL: <http://www.icp-forests.org/Manual.htm> (1.6.2012)
- Glavač, V., Koenies, H. Prpić, B. 1985. O unosu zračnih polutanata u bukove i bukovo-jelove šume dinarskog gorja sjeverozapadne Jugoslavije. *Šumar. list* 109(9-10): 429-447.
- Gruber, F. 1994. Morphology of coniferous trees: possible effects of soil acidification on the morphology of Norway spruce and Silver fir. *Effects of Acid Rain on Forest Processes*, 265-324.
- Komlenović, N., Gračan, J., Pezdirc N., Rastovski, P., 1988: Utjecaj polutanata na bukove šume i kulture smreke u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. *Šumar. list* 112(5-6): 217-230.
- Meier, I.C., Leuschner, C. 2008. Leaf Size and Leaf Area Index in *Fagus sylvatica* Forests: competing effects of precipitation, temperature and nitrogen availability. *Ecosystems* 11:655-669.
- Meining, S., Fischer, R. 2011. Tree crown condition and damage causes. U: R. Fischer, i M. Lorenz (ur.), *Forest condition in Europe, 2011 Technical Report of ICP Forests and Fut-Mon*. Hamburg: Johann Heinrich von Thünen-Institute, Institute for World Forestry, 212 str.
- Modrzyński, J. 2003. Defoliation of older Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) stands in the Polish Sudety and Carpathian mountains. *Forest Ecol. Manag.* 181(3): 289-299.
- Neiryncnk, J., Roskams, P. 1999. Relationships between crown condition of beech (*Fagus sylvatica* L.) and throughfall chemistry. *Water Air Soil Poll.* 116(1-2): 389-394.
- Polak, T., Rock, B.N., Campbell, P.E., Soukupova, J., Solcova, B., Zvara, K., Albrechtova, J. 2006. Shoot growth processes, assessed by bud development types, reflect Norway spruce vitality and sink prioritization. *Forest Ecol. Manag.* 225 (1-3): 337-348.
- Potočić, N., Seletković, I. 2000. Stanje oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj 1998. godine. *Šumar. list* 124(1-2): 51-56.
- Potočić, N., Seletković, I., Ugarković, D., Jazbec, A., Mikac, S. 2008. The influence of climate properties on crown condition of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) and Silver fir (*Abies alba* Mill.) on Velebit. *Period. Biol.* 110(2): 145-150.
- Pravilnik o načinu motrenja oštećenosti šumskih ekosustava. 2013. *Narodne novine* 76/2013.
- Pravilnik o načinu prikupljanja podataka, mreži točaka, vođenju registra te uvjetima korištenja podataka o oštećenosti šumskih ekosustava. 2006. *Narodne novine* 129/2006.
- Prpić, B. 1987. Sušenje šumskog drveća u SR Hrvatskoj s posebnim osvrtom na opterećenja Gorskog kotara kiselim kišama s teškim metalima. *Šumar. list* 111(1-2): 53-60.
- Prpić, B., Komlenović, N., Seletković, Z. 1988. Propadanje šuma u SR Hrvatskoj. *Šumar. list* 112(5-6): 195-215.
- Prpić, B., Seletković, Z. 1988. Procjena utjecaja fotooksidanata na sušenje šuma Jugoslavije. U: Ž. Ostojić (ur.) *Propadanje šumskih ekosistema - uzroci, mere i posljedice*, Zbornik sa savjetovanja, Igran, str. 239-252.
- Prpić, B., Seletković Z., Ivkov, M. 1991. Propadanje šuma u Hrvatskoj i odnos pojave prema biotskim i abiotskim činiteljima danas i u prošlosti. *Šumar. list* 115(3-4): 107-129.
- Saxe, H. 1993. Triggering and predisposing factors in the “red” decline syndrome of Norway spruce (*Picea abies*). *Trees* 8: 39-48.
- Seletković, I., Potočić, N. 2004. Oštećenost šuma u Hrvatskoj u razdoblju od 1999. do 2003. godine. *Šumar. list* 128(3-4): 137-148.
- Seletković, I., Potočić, N., Ugarković, D., Jazbec, A., Pernar, R., Seletković, A., Benko, M. 2009. Climate and relief properties influence crown condition of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) on the Medvednica massif. *Period. biol.* 111(4): 435-442.

- Seletković, Z. 1991. Utjecaj industrijskih polutanata na običnu bukvu (*Fagus sylvatica* L.) u šumskim ekosistemima slavonskoga gorja. Glas. šum. pokuse 27: 83-196.
- Siedling, W. 2007. Signals of summer drought in crown condition data from the German Level I network. Eur. J. Forest Res. 126(4): 529-544.
- Stribley, G.H., Ashmore, M.R. 2002. Quantitative changes in twig growth pattern of young woodland beech (*Fagus sylvatica* L.) in relation to climate and ozone pollution over 10 years. Forest Ecol. Manag. 157(1-3):191–204.
- Tecshe, M. 1989. Umweltstreß. U: H. Schmidt-Vogt (ur.), Die Fichte II/2 – Krankheiten. Schäden. Fichtensterben. Hamburg, Berlin: Verlag Paul Parey, str. 346-384.
- Vrbek, B., Pilaš, I., Dubravac, T., Potočić, N., Seletković, I., Pernek, M. 2006. Forest crown condition and monitoring deposited matter in Gorski Kotar area in Croatia. Lesn. Čas –Forestry Journal 52 (1-2): 137-145.
- Zierl, B. 2004. A simulation study to analyse the relations between crown condition and drought in Switzerland. Forest Ecol. Manag. 188(1-3): 25-38
- Zakon o šumama (s izmjenama i dopunama). 2005. Narodne novine 140/2005, 82/2006, 129/2008, 80/2010, 124/10, 25/2012, 68/2012, 148/2013.

## DEFOLIATION OF FOREST TREES IN CROATIA IN THE PERIOD 2001-2011

### Summary

*The International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests - ICP Forests started in 1985 in the framework of the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP), with the mandate to monitor the effects of anthropogenic factors (in particular air pollution) as well as natural stress factors on the condition and development of forest ecosystems in Europe and to contribute to a better understanding of cause-effect relationships in forest ecosystem functioning in various parts of Europe. Croatia joined the programme in 1987. The share of moderately to severely defoliated trees in the period 2001-2011 ranged from 20,6 % (2002) to 27,7 % (2010). For broadleaves, the share was between 14,4 % and 19,2 %, and a continuous growth of defoliation is recorded since 2006. The share of moderately to severely defoliated conifers sharply grew from 2003 to 2006, with a maximum in 2005 (79,5 %). With some single species (common beech, narrow-leaved ash, sessile oak) also a rise in defoliation is recorded after dry years, while with others, such as pedunculate oak, dry years have no discernible effect on the crown condition. The results of monitoring show that crown defoliation can, depending on the species, be linked to climate properties of either current, or past years.*

*Key words: : ICP Forests, crown defoliation, climate, drought*