

Utjecaj šumarske i drvnoindustrijske djelatnosti kao sastavnice procesa kruženja ugljika na promjenu klime

Impact of forestry and wood industry as components of carbon cycle on climate change

Pregledni rad • Review paper

Prispjelo - received: 04. 11. 2004. • Prihvaćeno - accepted: 24. 05. 2005.

UDK 630*18, 630*652, 674.093:65.011.4

SAŽETAK • Zbog utjecaja onečišćenosti okoliša na promjenu klime u radu je stavljen naglasak na važnost općekorisnog djelovanja šuma te obnovljive energetske izvore – biomasu i drveni otpad. Za ocjenu utjecaja šumarske i drvnoindustrijske djelatnosti na akumulaciju nove količine ugljika, ali i na njegov gubitak, uzimaju se u obzir promjene drvene zalihе šuma na panju i sječive drvene biomase. Prema IPCC metodi, procijenjen je godišnji ponor ili upijanje CO₂ u Hrvatskoj, koji je u razdoblju od 1990. do 1995. iznosio 6 505 kt te od 1996. do 2001. godine 8 069 kt godišnje (EKONERG, 2003). U usporedbi s ukupnom emisijom ugljikovog dioksida od 20 390 kt u Hrvatskoj za 2001. godinu, prema napravljenom bilanci šumarska djelatnost sudjeluje samo s 0,3 % energetske potrošnje fosilnih goriva. U domaćoj primarnoj i finalnoj obradi i preradi drva količine drvnoga ostatka mogu se procijeniti na 535 – 722 tisuće m³, od čega se približno 48 % drvnog ostatka iskorištava za ogrjev, u zamjenu za fosilna goriva.

Ključne riječi: promjena klime, akumulacija ugljika, biomasa, šumarstvo, drvna industrija.

ABSTRACT • Due to environmental pollution that has a damaging effect on climate change, the emphasis is laid upon the importance of the generally useful function of forests and upon sustainable sources of energy – biomass and wood waste. Based on established changes of the growing stock and prescribed cut, assessment has been made of the impact of forestry and wood industry on the accumulation of new quantities of carbon emission, as well as its loss. According to the IPCC method, the estimate was made of the annual CO₂ emission/removal in Croatia, which was 6 505 kt from 1990 to 1996 and 8 069 kt from 1996 to 2001 (EKONERG, 2003). Compared to total emission of carbon dioxide of 20,390 kt recorded in Croatia in 2001, and according to the established balance, the forestry sector only accounts for a 0.3 % share in energy consumption of fossil fuels. In domestic primary and final wood processing, the volumes of wood waste can be estimated at 535 – 722 thou-

¹Autori su redom viša asistentica, izvanredni profesor, docent i izvanredni profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu

¹Authors are assistant, associate professor, assistant professor and associate professor at Faculty of Forestry, Zagreb University, Croatia

sand m^3 , of which approximately 48 % is used as fuelwood, i.e. as a substitute for fossil fuels.

Key words: climate change, carbon accumulation, biomass, forestry, wood industry

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Zaštita okoliša i procesi održavanja prirodne ravnoteže zbog njezine narušenosti i već očitovanih klimatskih promjena postaju primarna svjetska zadaća. Prema studiji Energetskog instituta "Hrvoje Požar" iz 1996. godine, šuma je najveća nacionalna "preradbena industrija" koja energiju Sunca, hranjiva i vodu iz tla te ugljikov dioksid iz zraka fotosintezom pretvara u fitotvar. Jedan hektar šume godišnje proizvede 21 tonu kisika, pročisti i pohrani 2 milijuna litara vode, pročisti 68 tona prašine iz zraka i ispari 47 000 litara vode koja utječe na klimu u okružju od 60 km ("Hrvoje Požar", 1996).

Šumarstvo i drvna industrija djelatnosti su koje izravno raspolazu prirodnim šumskim resursima odnosno prirodnom zalihom ugljika jer upravljaju biomasom nastalom u procesu drvnog prirasta upijanjem ugljikova-dioksida iz atmosfere (Richter i Gugerli, 1996). Planskim i sustavnim gospodarenjem šumskim bogatstvom nastoji se povećati količina, kvaliteta i vrijednost drvne zalihe te povećati općekorisne funkcije šume (Čavlović i sur., 2003).

Prirodni staklenički plinovi (ugljikov dioksid, metan, didušikov oksid, troposferski ozon i vodena para) omogućuju život na Zemlji time što reguliraju oslobađanje topline sa Zemlje, zadržavaju dugovalno i propuštaju kratkovalno zračenje sa Sunca. Sustav regulacije narušava se povećanjem koncentracije stakleničkih plinova i čestica koje apsorbiraju toplinu. Osnovni je problem povećanje produkata izgaranja na Zemlji i oslobađanje veće količine topline u atmosferu. Svojstva zračenja Zemljine atmosfere mijenjaju se zbog njezina povećanog zagrijavanja, posljedica čega je pomjena klime na Zemlji. Posljednjih 80 – 100 godina porast globalne temperature iznosi 0,3 do 0,6 °C, a Međunarodno tijelo za klimatske promjene (*Intergovernmental Panel of Climate Change*) upozorava na

primarni problem 21. stoljeća, a to je porast prosječne godišnje temperature u idućih 100 godine za 4 – 6 °C. Porast temperature za isto bi razdoblje na području Hrvatske prema globalnom scenariju *Business as Usual (BaU)*, ovisno o području i godišnjem dobu, iznosio od 2,0 do 3,6 °C (MZOPU, 2001).

Republika Hrvatska postala je supotpisnica Okvirne konvencije o promjeni klime (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC) 1996. godine, na temelju odluke Sabora o ratifikaciji (NN 55/1996). Time se Hrvatska, između ostalog, obvezala zadržati emisije stakleničkih plinova na razini iz 1990. (referentna godina), koje su iznosile 39 Mt CO₂ eq (megatona CO₂ *equivalenta* ili jednaka mjerna jedinica za sve stakleničke plinove prema udjelu njihova potencija u stakleničkom potencijalu CO₂). Prema Protokolu iz Kyota proizlazi obveza smanjenja emisije stakleničkih plinova za 5 % u razdoblju od 2008. do 2012. s obzirom na referentnu godinu. Zbog nemogućnosti zadovoljenja zahtjeva koji su postavljeni tim protokolom RH još pregovara o uvjetima nužnim za donošenje odluke o saborskoj ratifikaciji Protokola iz Kyota (MZOPU, 2001).¹

Emisija pojedinih stakleničkih plinova iskazuje se jedinicom kg CO₂ eq tako da se emisija svakog plina množi njegovim stakleničkim potencijalom odnosno mjerom utjecaja jednog plina na staklenički efekt s obzirom na utjecaj CO₂. Udjeli stakleničkih plinova u emisiji za Hrvatsku nisu se znatno mijenjali od 1991. do 1995., pri čemu su za proračun uzeti ovi udjeli: 78 % CO₂; 9,9 % N₂O; 9,7 % CH₄; 2,4 % sintetičkih plinova (fluorouglikovodika – HFC, perfluorouglikika – PFC i sumporova heksafluorida – SF₆) (MZOPU, 2001).

Premda je zbog kiselih kiša 1994. defolijacija u šumama Gorskog kotara dosegla 28,8 %, emisija SO₂ nije se smanjivala sve do 2000. godine (Komlenović,

¹Protokol iz Kyota stupio je na snagu 15. veljače 2005. za sve države potpisnice koje su ratificiranjem postale i njegove obveznice. Hrvatska je obvezna ratificirati Protokol do ulaska u EU. Još traju pregovori o posebnom zahtjevu RH za povećanjem emisije za referentnu godinu za 4,45 Mt CO₂ eq. Ako se ne prihvati taj zahtjev, ulaganja potrebna za provedbu preuzetih obveza Protokola bila bi vrlo visoka i ozbiljno bi ugrozila gospodarski rast RH. Osnovna prepreka tome trenutačno je opetovano suprotstavljanje Srbije i Crne Gore i nakon što je Komisija UNFCCC-a stručnom revizijom utvrdila da Hrvatska ne uključuje emisije iz termoelektrana susjednih država bivše SFRJ za 1990. ni za iduće godine.

1996). No, istodobno raste problem emisije NO₂ zbog trostrukog povećanja broja motornih vozila s katalizatorom koji emitiraju 30 puta više NO₂ od vozila s motorom bez katalizatora. Emisija NO₂ od 1995. do 2001. godine ima trend povećanja s 25 t na 350 t godišnje (EKONERG, 2003).

Uspoređivanje emisija štetnih plinova za industriju u Hrvatskoj s nekim srednjoeuropskim zemljama (Slovačkom i Slovenijom) za razdoblje od 1995. do 1999. pokazuje uspješnije smanjenje emisije štetnih plinova u okoliš u razvijenijim europskim zemljama nego u nas. Za domaću industriju pokazalo se čak peterostruko povećanje emisije ugljikova monoksida, a nije zabilježeno smanjenje emisije SO₂ i NO_x (Oblak i sur., 2002).

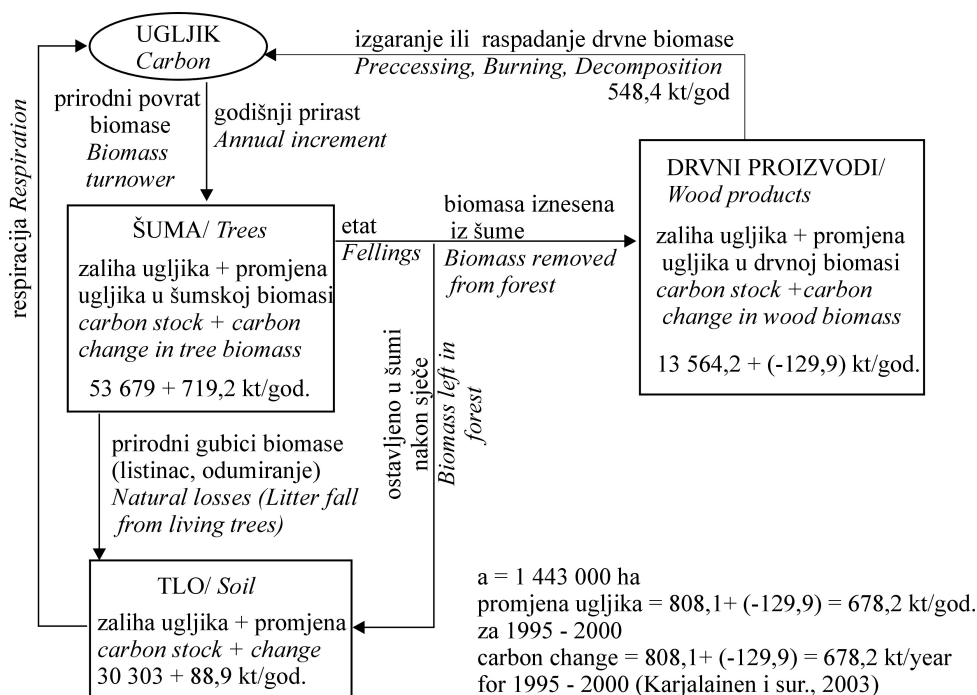
2 ZNAČENJE AKUMULIRANJA UGLJIKA

2 THE IMPORTANCE OF CARBON ACCUMULATION

Osim sposobnosti apsorpcije CO₂ i pročišćavanja zraka, šumski su ekosustavi važni i zbog velike količine akumuliranog ugljika. Stabla su najvažniji čimbenik akumulacije ugljika kao posljedica procesa fotosinteze. Drvo je organska tvar čiji je organski dio (bez pepela) sastavljen od četiri elementa: ugljika, vodika, kisika i dušika. Vrijednosti variraju u granicama 48,5 % – 50,2 % C; 6,1 – 6,9 % H; 43,4 – 45,2 % O i prosječno 0,1 % N. Za proizvodnju 1 g suhe drvene tvari ugradi se približno

0,5 g ugljika, pri čemu se iz atmosfere asimilira 1,83 g ugljikova dioksida. Omjer približnih atomskih masa ugljikova dioksida i ugljika, koji iznosi 44/12 ili 3,7, služi za preračunavanje količine ugljika oksidiranoga u ugljikov dioksid (Mooney i sur., 2002). Šume vrlo visoke proizvodnosti po hektaru godišnje proizvedu 22 t suhe tvari (11 t ugljika), pri čemu se (11 x 3,7) asimilira 40,4 t ugljikova dioksida iz atmosfere (Assmann, 1970). Drugi izvori istraživanja tijekom kruženja ugljika pokazuju da europske šume prosječno upijaju 6,6 t/ha ugljika godišnje, pri čemu oslobađaju 1 t/ha ugljika u godini (Valentini i sur., 2000).

Od 1990. do 2000. godine *European Forest Institute* (EFI) prikupljao je podatke za ekobilancu šumarske i drvnoindustrijske djelatnosti u 27 europskih zemalja i na 128 milijuna ha šumske površine. S obzirom na već spomenuti porast emisije stakleničkih plinova, mogućnost akumulacije ugljika prema metodi *EFISCEN* (*European Forest Information Scenario Model*) dobije se zbrajanjem ugljika u novonastaloj zalihi šumske i drvene biomase te u tlu. U 27 europskih država ukupne zalihe akumuliranog ugljika raspoređene su tako da u šumskoj biomasi udjel iznosi 87 %, u drvnim proizvodima 3 % te u tlu 10 %. Prema studiji, ukupna emisija ugljika nastalog izgaranjem fosilnih goriva za 1990. godinu iznosi 1 163 Mt (za 23 zemlje), a promjenom šumske mase i drvene biomase moguće je upiti i akumulirati godišnje tek 7-8 % ugljika (Karjalainen i sur., 2003). U Hrvatskoj je, prema istraživanjima Euro-



Slika 1. Sastavnice kruženja ugljika za Republiku Hrvatsku
Figure 1
Components of carbon cycle in the Republic of Croatia

pskog instituta za šumarstvo, prosječna akumulacija ugljika za 1990. godinu iznosila u stablima 37 t/ha, u drvnim proizvodima 9,4 t/ha te u tlu 21 t/ha (ukupno 67 t/ha). Za proračune prema metodi *EFISCEN* za Republiku Hrvatsku uzeta je površina od 1 443 000 ha, što je manje od 2 078 289 ha obrasle površine proizvodne šume. Za površinu od 1 443 000 ha ukupna je akumulacija ugljika 1990. godine iznosila 97,26 Mt, od čega u drveću 53,4 Mt, u drvnim proizvodima 13,56 Mt i u tlu 30,3 Mt.

Rezultati istraživanja *EFI*-ja u razdoblju od 1995. do 2000. godine pokazuju kako je u nekima od 27 europskih država moguć i štetan utjecaj šumarske, ali i drvnoindustrijske djelatnosti na stakleničke plinove odnosno na akumulaciju ugljika. Prema toj studiji, hrvatska je drvnoindustrijska djelatnost od 1995. do 2000. godine proizvela manje novih drvnih proizvoda nego što je izbačeno drvene biomase iz uporabe, pri čemu je ukupna količina akumuliranog ugljika (promjena ugljika) smanjena za 129,87 kt ugljika godišnje (Sl. 1).

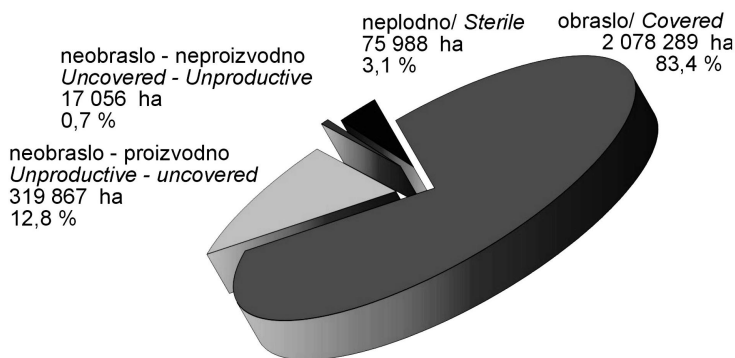
Slika 1. prikazuje kruženje ugljika i njegovu akumulaciju u šumskoj (biomasi na panju) i drvnoj biomasi (posječena i upotrijebljena biomasa) te u tlu u Republici Hrvatskoj prema istraživanjima Europskog instituta za šumarstvo, *EFISCEN* metodom za razdoblje od 1995. do 2000. godine. Količina akumuliranog ugljika (promjena ugljika od 678,2 kt godišnje) dobije se raz-

(*Inter-governmental Panel of Climate Change*) za Republiku Hrvatsku obuhvaćene su samo promjene zalihe šumske i drvene biomase jer za ostale dijelove biomase šumskog ekosustava, za promjene korištenja zemljišta te za promjene ugljika u tlu nije bilo dovoljno pouzdanih podataka (MZOPU, 2001). Prema *IPCC* metodi, procijenjen je godišnji ponor ili upijanje CO₂ u Hrvatskoj, koji je u razdoblju od 1990. do 1995. godine iznosio 6 505 kt (MZOPU, 2001), a od 1996. do 2001. godine 8 069 kt godišnje (EKONERG, 2003).

Obje metode, *EFISCEN* i *IPCC*, pri izračunavanju uzimaju u obzir samo sektor šumarstva i drvene industrije, i to površine proizvodnih šuma. Površina hrvatskih šuma i šumskih zemljišta iznosi oko 2,4 milijuna ha (slikom 2. prikazana je struktura te šumske površine i šumskog zemljišta). Za godišnji tečajni volumni prirast bitno je samo 2 078 289 ha površine obrasle šumom.

Na površini od 2 078 289 ha obrasloj šumom nalaze se sastojine različite sposobnosti prirasta, pa i sposobnosti akumulacije ugljika te apsorpcije CO₂. Stoga pri izračunu količine akumuliranog ugljika treba uzeti u obzir površinu od 1 750 000 ha obraslu visokim šumama i panjačama. Ostala proizvodna površina obrasla šikarom i makijom ne ulazi u izračun. U sklopu gospodarenja šumama planira se stalno povećanje drvene zalihe, što se ostvaruje

Slika 2.
Udjeli šumskog zemljišta različite (ne)obraslosti
(Hrvatske šume, 1996)
Figure 2
The structure of forest and forestland area
(Hrvatske šume, 1996)



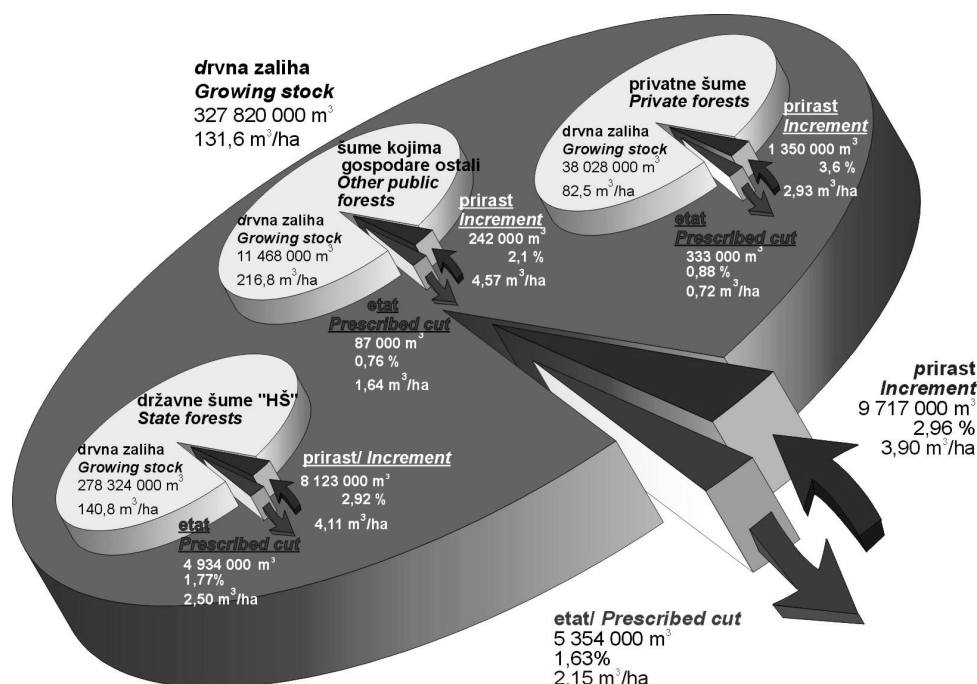
djeljivanjem biomase koja ostaje u šumi i drvene biomase iznesene iz šume da bi se dalje preradila u novi proizvod te biomase kojom se ugljik procesom oksidacije (izgaranjem, truljenjem, respiracijom) vraća u atmosferu.

Šume su zbog prirasta šumske biomase jedan od najvažnijih prirodnih čimbenika koji pridonosi ponoru ili upijanju ugljikova dioksida iz atmosfere i čiji se iznos prikazuje negativnim predznakom.

Pri izračunavanju procjene neto upijanja CO₂ iz atmosfere metodom *IPCC*

manjim etatom, odnosno manjom sječom od ukupnog prirasta. Nastojanja su da etat iznosi približno 70 % godišnjeg prirasta, dok neki optimističniji izvori navode i 56 % etata u odnosu prema godišnjem prirastu. Slika 3. prikazuje ulazne (prirast) i izlazne (etat) vrijednosti s trendom povećanja ukupnoga šumskog resursa u Hrvatskoj za 2003. (Šumsko-gospodarska osnova područja: 1996 – 2005; MZOPU, 2001).

Površina za izračunavanje zalihe ugljika u Hrvatskoj kojom se poslužio *European Forest Institute* iznosi samo



Slika 3.
Struktura drvene zalihe, prirasta i etata prema vlasništvu (Hrvatske šume, 1996)
Figure 3
The structure of growing stock, increment and prescribed cut according to ownership (Hrvatske šume, 1996)

1 443 000 ha, što je manje i od površine obrasle visokim šumama i panjačama. Prema tim podacima, u 1990. godini drvena je zaliha iznosila 117 m³/ha, od čega je zaliha ugljika bila 37,2 kt/ha, odnosno ukupna zaliha ugljika 54 Mt, i to uz prirast od 3,1 m³/ha godišnje i etat od 1,3 m³/ha. Od 1990. do 1995. zaliha ugljika povećala se zbog prirasta te je 1995. godine iznosila 39,8 kt/ha odnosno ukupno 57,7 Mt ugljika (Karjalinen i sur., 2003).

3 ZNAČENJE UPORABE BIOMASE 3 THE IMPORTANCE OF BIOMASS

Šumarstvo nudi dvije mogućnosti za smanjenje stakleničkih plinova: povećanje zalihe ugljika u biljnoj biomasi pošumljavanjem (što je i najveći dio ponora emisije CO₂) te primjenu biomase za dobivanje energije, kao zamjenu za fosilna goriva. Pošumljavanjem na novih 330 000 ha povećala bi se površina upijanja ugljikova dioksida za stvaranje nove drvene zalihe odnosno zalihe ugljika. No ta mjera, inače ekološki i društveno korisna, ne može dati znatnije pozitivne rezultate u prvom razdoblju, od 2008. do 2012. godine. Upotreba biomase, za razliku od drugih obnovljivih izvora energije, u zamjenu za fosilna goriva – mjera je šumarske djelatnosti s najviše potencijala uz najmanja početna ulaganja (MZOPU, 2001).

Inače, 4 t drvene sječke zamjenjuje oko 1 t nafte, 1 t briketa, oko 2 t lignita odnosno 2,5 – 3,0 t ogrjevog drva. Udio potrošnje obnovljivih energenata u Hrvatskoj iznosi 5 do 7 % ("Hrvoje Požar", 1996).

Izgaranjem šumske biomase ne narušava se zatvoreni ciklus ugljikova dioksida, pa se time ne pridonosi tzv. efektu staklenika. U prirodi postoji uravnotežena potreba za ugljikovim dioksidom pri fotosintezi i stvaranju biomase i kasnije biološke razgradnje ("Hrvoje Požar", 1996). Razlog tome je prirodno kruženje ugljika koji se zbog oksidacije (respiracije, biološke razgradnje ili izgaranja) ionako djelomično vraća u atmosferu.

Drvena industrija raspolaže znatnim količinama drvnog ostatka, čime se uvelike smanjuje uporaba fosilnih goriva. Drvni ostatak iskorištava se spaljivanjem u ložištima kotlovnica namijenjenih zagrijavanju vode, radnih prostorija, dobivanju tehnološke vode i tehnološke pare. Sadržaj SO₂, NO_x, C_xH_y, CO, krutih aerosola i teških metala u izgorenim plinovima manji je od propisanih za kotlovska postrojenja. Rezultati projekta CORINAIR (međunarodni informacijski sustav onečišćivača zraka) iz 2001. godine Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja RH pokazuju da su ispuštanja CO₂ plinova u drvnj industriji gotovo zanemariva jer se za ogrjev rabi drvni ostatak (biomasa). Pogoni za prerađu drva i proizvodnju namještaja prikazuju samo emisiju štetnih plinova NO_x i drvene prašine (Oblak, 2002).

Izradom studije stanja količine i kvalitete drvnog ostatka, a zbog stalnih promjena u prerađu drva, nastojalo se anketom utvrditi realno stanje "proizvodnje" drvnog ostatka u Republici Hrvatskoj.

Anketirane su 92 tvrtke na području

cijeje Hrvatske, s obuhvatom do 60 % osnovnog skupa koji se odnosi na količinu ukupno prerađenih trupaca u Hrvatskoj 1991. godine, a procjenjenih na 1 652 207 m³. Prema navedenim podacima, procijenjena raspoloživa godišnja količina trupaca za primarnu preradu za 2001. godinu iznosi 1,7 mil. m³.

Posljednja dostupna obrada podataka sa stajališta kapaciteta i količine prerade trupaca u pojedinim šumarijama odnosi se na 1989. godinu te stoga nije usporediva s anketom. Postotak obuhvata veći je od 55 % i dovoljno je reprezentativan da se ukupni rezultati mogu proširiti na osnovni skup. Na temelju ankete i procjene mogle su se ustanoviti količine drvnoga ostatka, koje se procjenjuju na 535 – 722 tisuće m³, ovisno o stupnju finalizacije, tehnološkom procesu, kvaliteti sirovine i dr. Procjenjuje se da 48 % drvnog ostatka ista poduzeća u kojima nastaje iskorištavaju za ogrjev, u zamjenu za fosilna goriva.

Ukupni drvni ostatak u 2001. godini, prema anketi 92 poduzeća primarne i finalne prerade drva, iznosio je 441 698 m³, a sastojao se od 52 % krupnog ostatka, 30 % piljevine, 13 % blanjevine i bruševine te 5 % kore. Ukupna količina krupnog ostatka uglavnom se dalje prodaje (56 %) ili služi kao ogrjev (35 %) te se poklanja ili baca (9 %). Proizvedena piljevina uglavnom se iskorištava za ogrjev (54 %) ili prodaje (27 %) te poklanja odnosno baca (19 %).

U Hrvatskoj se dio drvnog ostatka prerađuje u drvene energente - brikete (10 000 t/god.) i pelete (1 500 t/god.) (Domac i Fredericks, 2002).

Dio nacionalne energetske strategije odnosi se na povećanje iskorištenosti obnovljivih energetskih izvora, pa i šumske biomase te drvnog otpada ("Hrvoje Požar", 2000). Doduše, izvješće *EKOENERGA* iz 2003. za razdoblje od 1990. do 2001. pokazuje dvostruko smanjenje uporabe biomase s 22 680 TJ (terajoule ili 10¹² džul) na 12 240 TJ. U odnosu prema potrošnji ostalih goriva to je smanjenje sa 7,3 na 4,5 %. Pri smanjenju izgaranja biomase za isto razdoblje smanjuje se i emisija ugljikova monoksida sa 102,6 kt (*kilotona* ili 103 tona) na 55,3 kt, a dušikovih oksida sa 2,3 kt na 1,2 kt. Pri izgaranju biomase unutar promatranog razdoblja emisija ugljikova monoksida u ukupnoj emisiji plinova sudjeluje s 22 %, a emisija dušikova oksida s 2 %. Količina ispuštenog ugljikova dioksida u atmosferu zbog izgaranja biomase pri izračunavanju ukupne emisije CO₂ ne ubra-

ja se u emisiju stakleničkih plinova (EKONERG, 2003).

Neutralnost bioenergije u smislu ispuštanja CO₂ odnosi se samo na proces izgaranja, pri čemu ne treba zanemariti oslobađanje CO₂ zbog iskorištavanja energije potrebne za dobivanje, pripremu i prometanje energenata iz biomase (briketi, pelete). Nakon usporedbe različitih energenata, uzevši u obzir oslobađanje CO₂ pri njihovom dobivanju, energenti biomase i tada su u prednosti. Emisija CO₂ za pelete je 7,5 puta veća nego za ogrjevno drvo, ali je 5 puta manja nego za loživu ulje te 10 puta manja nego za električnu energiju (Risović, 2003).

4 EKOBILANCA ŠUMARSKE DJELATNOSTI

4 ECO-BALANCE OF FORESTRY

Sa stajališta zaštite okoliša, šumarska je djelatnost specifična zbog činjenice da šumski resursi godišnje akumuliraju 67·10⁹ MJ Sunčeve energije transformirane u drvenu masu, pri čemu još svojom općekorisnom funkcijom pridonose povećanju kvalitete zraka. Šumska djelatnost odnosi se na privređivanje i gospodarenje šumom. Za poslove privređivanja također se troši energija. Primjerice, utrošena energija goriva i maziva za proizvodnju drvnih sortimenta iznosi 1,1·10⁹ MJ godišnje ("Hrvoje Požar", 1996).

Fosilna goriva u šumarskoj se proizvodnji rabe za poslove sječe, privlačenja, prevoženja, građevne radove, uzgojne radove te prijevoz robe i ljudi. Energenti u šumarskoj djelatnosti, osim fosilnih goriva, još su električna energija, plin i loživu ulje. Izradom studije energetske potrošnje fosilnih goriva za cjelokupnu šumarsku proizvodnju nastojala se prikazati ekobilanca šumarske djelatnosti.

U studiji za šumarsku proizvodnju energetska je potrošnja iskazana bilančno u ekvivalentnoj potrošnji nafte kao zajedničkom nazivniku. Energetska potrošnja iskazana je u litrama utrošene nafte po proizvedenom kubičnome metru drvnoga sortimenta, i to za svaki pojedinačni postupak zasebno te za ukupnu za šumarsku djelatnost.

Prema slici 4, za svaku od 16 uprava šuma, unutar osmogodišnjeg razdoblja utvrđena je jedinična potrošnja goriva na temelju ukupno potrošene količine goriva pojedinog stroja i dobivene količine drvnih sortimenata (sječa i izrada, privlačenje i pri-



Slika 4.
Šume i šumsko zemljište 16 uprava šuma prema vlasništvu (Hrvatske šume, 1996)
Figure 4
Forests and forestland of 16 Forest Administrations according to ownership (Hrvatske šume, 1996)

jevoz). Za šumske poslove kao što su građevni radovi, uzgojni radovi te prijevoz robe i ljudi utrošena je količina goriva stavljena u odnos prema ukupnoj količini posječene drvene zalihe. Pri utvrđivanju jedinične potrošnje goriva unutar pojedine skupine šumskih radova uzet je u obzir udio izvršitelja koji nisu u sastavu poduzeća "Hrvatske šume".

iznosu etata odnosno količini godišnje sječe te o udjelu pojedinih šumarskih poslova.

Procjenjuje se da je unutar šumarske djelatnosti izvan poduzeća "Hrvatske šume" utvrđena više-manje podjednaka jedinična potrošnja goriva. Prema tome, godišnja potrošnja goriva u cjelokupnom šumarstvu Hrvatske jednostavno je određivana kao produkt jedinične potrošnje goriva

Skupine šumarskih poslova Groups of forestry activities	Potrošnja fosilnih goriva Fossil fuel consumption	Jedinična potrošnja goriva Unit fuel consumption
	L	L/m ³
sječa - Cutting	692 035	0,29
privlačenje - Logging	329 905	1,41
prevoženje - Transporting	4 685 644	2,33
građevni radovi - Construction work	458 849	0,38
uzgojni radovi - Cultivating activities	479 478	0,26
prijevoz robe i ljudi Transport of goods and people	2 662 429	1,0
ukupno - Total	12 277 440	5,67

Tablica 1. prikazuje podatke jedinične potrošnje goriva utvrđene opisanom metodom za poduzeće "Hrvatske šume". Kada su se podaci svih 16 uprava šuma sveli na razinu poduzeća "Hrvatske šume", dobivena je jedinična potrošnja goriva od 5,67 L/m³. Jedinična potrošnja fosilnih goriva po kubičnome metru sortimenta ovisi o

i planirane količine godišnje neto sječe drvene zalihe (etata). Ako iskorištenje planirane godišnje sječe od $5,354 \cdot 10^6$ m³ iznosi 80 % (što je realnije), izračunom je dobiveno da ukupna godišnja potrošnja fosilnih goriva u šumarstvu Hrvatske približno iznosi $24,55 \cdot 10^6$ L. Dizelsko gorivo gustoće 0,8 kg/L izgara uglavnom unutar šum-

Tablica 1.
Potrošnja fosilnih goriva za pojedine skupine šumarskih poslova u Hrvatskim šumama na temelju podataka za 2 420 776 m³ posječenih i izrađenih sortimenata u godini
Table 1
Consumption of fossil fuels for individual groups of forestry activities in Hrvatske šume on the basis of data for 2,420,776 m³ of cut and manufactured products per year

skih sastojina, pri čemu se emitira 62 kt CO₂ godišnje. U usporedbi s ukupnom emisijom ugljikova dioksida za 2001. godinu (20 390 kt CO₂) šumarska djelatnost sudjeluje sa samo 0,3 %.

Za ocjenu utjecaja šumarske i drvnoindustrijske djelatnosti na povećanje akumulacije ugljika potrebno je više pozornosti usmjeriti na sastavnice proračuna kao što su promjena šumske zalihe, promjena zalihe posječene i iskorištene drvene biomase (razlika između novih drvnih proizvoda i drvnih proizvoda maknutih iz uporabe). Svaka od sastavnica, šumska ili drvena zaliha, važna je zbog potencijalne mogućnosti akumulacije nove količine ugljika (Kohlmaier i sur., 1996). Prema podacima *EFI*-ja, značajke kruženja ugljika odnosno ugljikova dioksida mogu imati pozitivan i negativan predznak, a uvelike ovise o šumarskoj, ali i drvnoindustrijskoj djelatnosti (Karjalinen i sur., 2003).

5 ZAKLJUČAK

5 CONCLUSION

Šume su jedan od najvažnijih potencijala u procesu kruženja ugljika. Postojeći potencijal ne može se neograničeno povećavati, odnosno ne u opsegu u kojemu bi mogao pratiti stalno rastuću emisiju CO₂ izvan zaokruženog procesa kruženja ugljika unutar šume. U tom se kontekstu ogleda značenje upravljanja i gospodarenja šumama koje treba voditi potpunom iskorištenju postojećih potencijala povećavanjem količine i kvalitete drvene zalihe i prirasta, te povećanjem postojećeg potencijala pošumljavanjem novih šumskih površina.

S porastom količine šumske zalihe raste doprinos općekorisnih funkcija šuma i utjecaj na trend promjene klime. Radi zaštite šuma od oštećivanja i propadanja svakako treba nastojati smanjivati emisije svih štetnih plinova, posebice SO₂.

Drvena industrija pridonosi smanjenju stakleničkih plinova preradom drvene sirovine u nove drvene proizvode te dodatnim iskorištenjem biomase kao zamjene za fosilna goriva. U skladu s trendovima svjetskih zbivanja, moguće je zaključiti da industrijsku proizvodnju u Hrvatskoj, pa tako i proizvodnju namještaja, očekuju prilagodbe europskim standardima o zaštiti okoliša. S tim u vezi izrađene su i ISO norme 14000, koje pomažu poduzećima da ostvare ciljeve zaštite okoliša i ekonomske ciljeve. Norma sadržava i sve zahtjeve koji se mogu objektivno prosuđivati pri dobivanju certifikata ili izjave o udovoljavanju

normama (Block i Marash, 1999).

Samo je dodatnim ulaganjem u spomenute dvije gospodarske djelatnosti moguće povećati iskorištenje biomase, kao i stvoriti nove pošumljene površine (330 000 ha), pri čemu bi se emisija CO₂ mogla smanjiti za 2,2 Mt godišnje (MZOPU, 2001).

6 LITERATURA

6 REFERENCES

1. Assmann, E. 1970: The principles of Forest Yield Study. Pergamon Press Ltd, Ed. P.W. Davis, Oxford, 506.
2. Block, M.R., Marash I.R. 1999: Integrating ISO 14001 into a quality management system, american society for quality, Milwaukee, USA.
3. Čavlović, J., Milković, I., Bogović, Z. 2003: Upravljanje i gospodarenje šumama u Hrvatskoj. U: Bončina A. (ed.). Območni gozdnogospodarski načrti in razvojne perspektive slovenskega gozdarstva. Ljubljana, Slovenija, 65 – 79.
4. Domac, J., Fredericks, B. 2002: Bioenergy in Croatia. Market study. BTG e.V. & Energy Institut Hrvoje Požar, str. 55.
5. Karjalainen, T., Pussinen, A., Liski, J., Nabuurs, G.J., Eggers, T., Lapveteläinen, T., Kaipainen, T. 2003: Scenario analysis of the impact of forest management and climate change on the European forest sector carbon budget. Forest Policy and Economics, 5(2), 141 – 155.
6. Kohlmaier, G.H., Weber, M., Houghton, R. A. 1996: Carbon Dioxide Mitigation in Forestry and Wood Industry. Workshop Summary, Freising, Germany.
7. Komlenović, N., Rastovski, P., Novosel, D. 1996: Utjecaj sumpora i olova na vegetaciju i šumska tla u zapadnoj Hrvatskoj. Šumarski fakultet Zagreb; Šumarski institut, Jastrebarsko.
8. Mooney, S., Antle, J., Capalbo, S., Paustian, K. 2002: Contracting for Soil Carbon Credits: Design and Costs of Measurement and Monitoring. American Agricultural Economics Association 2002 Annual Meeting, California.
9. Oblak, L., Jelačić, D., Drabek, J. 2002: Drvno gospodarstvo kao izvor onečišćenja zraka. Drvna industrija, 53(2), str. 83 – 92.
10. Richter, K., Gugerli, H. 1996: Holz und Holzprodukte in vergleichenden Ökobilanzen. Holz als Roh- und Werkstoff, 54, 225 – 231.
11. Risović, S. 2003: Briketi pelete – novi energenti na hrvatskome tržištu. Šumska biomasa. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, 123 – 141.
12. Sabarudi, Djaenudin, D., Erwidodo, Cacho, O. 2003: Growth and carbon sequestration potential of plantation forestry in Indonesia: I *Paraserianthes falcata* and *Acacia*

- mangium*. Working paper CC08, 2003, ACIAR project ASEM 1999/093.
13. Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A.J., Schulze, E.D., Rebmann, C., Moors, E.J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N.O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C., Grünwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A.S., Vesala, T., Rannik, Ü., Berbigier, P., Loustau, D., Mundsson, J.G., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S., Jarvis, P.G. 2000: Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature*, 404, 861 – 865.
 14. ***Proizvodnja i potrošnja energenata i energije. Razvoj i organizacija hrvatskog energetskog sektora. Gospodarenje šumama u Hrvatskoj. Energetski institut "Hrvoje Požar" Zagreb, 1996.
 15. ***Strategija energetskog razvitka. Hrvatska u 21. stoljeće. Energetski institut "Hrvoje Požar" Zagreb, 2000.
 16. ***Prvo nacionalno izvješće RH prema okvirnoj konvenciji UN o promjeni klime (UNFCCC), RH MZOPU, 2001.
 17. ***Croatian inventory of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of all greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for the period 1990 – 2001. EKOENERG - Energy Research and Environmental Protection Institute, 2003.
 18. ***Šumsko-gospodarska osnova područja (1996 – 2005). Hrvatske šume, 1996.

Corresponding address:

ANKICA KOS, PhD

Department for mathematics and technical basis

Zagreb University, Faculty of Forestry

Svetošimunska 25 - ZAGREB

CROATIA

e-mail: kos@sumfak.hr