

Eko bilanca procesa proizvodnje drvnog proizvoda

Luke, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:271582>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI**

MARKO LUKE

**EKO BILANCA PROCESA PROIZVODNJE DRVNOG
PROIZVODA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, VELJAČA, 2020.

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

EKO BILANCA PROCESA PROIZVODNJE DRVNOG PROIZVODA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Zaštita industrijskog okoliša

Ispitno povjerenstvo: 1. prof. dr.sc. Anka Ozana Čavlović
 2. prof. dr. sc. Vlatka Jirouš Rajković
 3. izv. prof. dr. sc. Marin Hasan

Student: Marko Luke

JMBAG: 0068213502

Broj indeksa: 625/2015

Datum odobrenja teme: 29.3.2017.


Datum predaje rada: 26.2.2020.

Datum obrane rada:

Zagreb, veljača, 2020.

Dokumentacijska kartica

| | |
|---------------------|--|
| Naslov | Eko bilanca procesa proizvodnje drvnog proizvoda |
| Title | Ecological balance of the wood industry process |
| Autor | Marko Luke |
| Adresa autora | Gornje Stative 99, 47 000 Karlovac |
| Rad izrađen | Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu |
| Vrsta objave | Diplomski rad |
| Mentor | prof. dr. sc. Anka Ozana Čavlović |
| Izradu rada pomogao | - |
| Godina objave | 2020. |
| Obujam | 41 stranica, 14 tablica, 24 navoda literature |
| Ključne riječi | eko bilanca, drvo, drvni proizvod, prerada drva, okoliš |
| Key words | eco balance, wood, wood product, wood processing, environment |
| Sažetak | Diplomski rad bavi se eko bilancom procesa proizvodnje drvnog proizvoda s ciljem unaprjeđenja politike održivog razvoja i zaštite okoliša. Cilj istraživanja je analiza ukupnog proizvodnog procesa proizvoda uključujući sve pripadajuće ekološke utjecaje korištenjem sirovina i energenata te opterećenja koja time nastaju za okoliš. Na primjeru tri domaća drvoprerađivača prikupljeni su podaci sukladni propisanom postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša. Rezultatima ove analize predložit će se poboljšanja za smanjenje emisija u okoliš s ciljem promicanja čistijeg drvoprerađivačkog procesa. |
| Abstract | The diploma thesis deals with the eco-balance of the wood products production process with the aim of improving the policy of sustainable development and environmental protection. The aim of the research is the analysis of the overall manufacturing process of the product including all the associated environmental impacts of the use of raw materials and energy and loads thereby arising for the environment. Based on the example of three domestic wood manufacturers, data were collected in accordance with the prescribed procedure for establishing integrated environmental conditions. The results of this analysis will suggest improvements to reduce emissions to the environment in order to promote a cleaner woodworking process. |

| | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|
|  | IZJAVA O IZVORNOSTI RADA | OB ŠF 05 07 |
| | | Revizija: 1 |
| | | Datum: 10.1.2020. |

„Izjavljujem da je moj diplomski rad na temu „Eko bilanca procesa proizvodnje drvnog proizvoda“ izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Marko Luke

U Zagrebu, 10.1.2020.

PREDGOVOR:

Diplomski rad i njegovo stvaranje objedinjuju sve godine provedene na studiju nakon kojih se želim zahvaliti svima koji su ih na bilo koji način uljepšali i pomogli mi kroz to razdoblje. Prvenstveno želim zahvaliti svojoj obitelji čija je podrška bila snažna i bezuvjetna svih ovih godina.

Također, želim se zahvaliti svim profesorima i mentorici koja je uvelike pomogla prilikom izrade ovog diplomskog rada. Uvijek je bila spremna dati savjet i usmjeriti me.

SADRŽAJ:

Popis tablica

| | Str. |
|--|------|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Objedinjeni uvjeti zaštite okoliša | 1 |
| 1.2. Eko bilanca drvnog proizvoda | 3 |
| 1.2.1. Akumulacija ugljika u drvnoj masi | 3 |
| 1.2.2. Emisija ugljika u okoliš od izgaranja drvnog ostatka | 4 |
| 1.3. Štetne emisije u radni okoliš | 4 |
| 2. CILJ ISTRAŽIVANJA | 6 |
| 3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA | 6 |
| 3.1. Prikupljanje podataka o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša | 6 |
| 3.2. Izračun akumuliranja ugljika u drvnoj masi | 9 |
| 3.3. Izračun ispuštanja ugljičnog dioksida i ugljičnog monoksida | 10 |
| 3.4. Izračun ostalih onečišćujućih tvari | 13 |
| 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 18 |
| 4.1. Uzorak | 18 |
| 4.1.1. Tvrtka 1 | 18 |
| 4.1.2. Tvrtka 2 | 23 |
| 4.1.3. Tvrtka 3 | 27 |
| 4.2. Rezultati izračunavanja količine akumuliranog ugljika u proizvodu i drvnom ostatku | 33 |
| 4.3. Rezultati izračunavanja emisije ugljičnog dioksida od izgaranja fosilnih goriva | 34 |
| 4.4. Rezultati izračunavanja onečišćenja spaljivanjem drvne tvari | 35 |
| 4.5. Preporuke poboljšanja | 36 |
| 5. ZAKLJUČAK | 39 |
| 6. LITERATURA | 40 |

POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijenti za pretvorbu volumena sirovog drva u tone vezanog ugljika

Tablica 2. Svojstva nekih fosilnih goriva potrebnih za izračun emisije CO₂

Tablica 3. Faktor oksidacije ugljika

Tablica 4. Faktor emisije CO₂ za pojedine vrste goriva

Tablica 5. Faktor emisije CO

Tablica 6. Popis krutih vrsta goriva i približnih donjih ogrjevnih vrijednosti

Tablica 7. Ogrjevne vrijednosti nekih vrsta drva

Tablica 8. Podaci prikupljeni za Tvrtku 1.

Tablica 9. Podaci prikupljeni za Tvrtku 2.

Tablica 10. Podaci prikupljeni za Tvrtku 3.

Tablica 11. Izračun količine akumuliranog ugljika

Tablica 12. Rezultati izračunavanja emisije ugljičnog dioksida

Tablica 13. Rezultati izračunavanja onečišćenja spaljivanjem drvne tvari

Tablica 14. Organizacijske, tehničke, administrativne i higijenske mjere prevencije od izloženosti drvnoj prašini

1. UVOD

1.1. Objedinjeni uvjeti zaštite okoliša

Uredba o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/2008) odnosno njen sljednik Uredba o okolišnoj dozvoli (NN 8/14; 5/18) uređuje djelatnosti kojima se mogu prouzročiti emisije onečišćenja tla, zraka, vode i mora. Uredba se odnosi i na kriterij izdavanja okolišne dozvole i način dostavljanja podataka o praćenju emisija u sastavnice okoliša, uvjete kada se za postrojenje moraju utvrditi nove ili izmijeniti i dopuniti tehnike zaštite okoliša navedene u dozvoli.

Ovom se Uredbom u pravni poredak Republike Hrvatske prenosi Direktiva 2010/75/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 24. studenoga 2010. o industrijskim emisijama (integrirano sprječavanje i kontrola onečišćenja) poznatija kao IPPC Direktiva (Integrated Pollution Prevention and Control).

Djelatnosti koje mogu prouzročiti emisije u okoliši zbog čega je potrebno ishođenje dozvola za rad postrojenja:

- s velikim uređajima za loženje i proizvodnju energije snage veće od 50 MW proizvodnje pulpe;
- proizvodnje papira i kartona kapaciteta većeg od 20 t/dnevno;
- proizvodnje pločastih materijala kapaciteta većeg od 600 m³/dnevno;
- površinske obrade s uporabom organskih hlapivih tvari kapaciteta 150 kg/sat ili 200 t/godišnje;
- uporabe sredstava zaštite drva proizvodnog kapaciteta većeg od 75 m³/dnevno.

Nadalje, **IPPC direktiva** provodi se s ciljem ostvarivanja mnogobrojnih aktivnosti u zaštiti okoliša. Prva je zaštita okoliša u cjelini tako da se spriječi ili na najmanju moguću razinu smanji emisija štetnih tvari u zrak, vodu i tlo. Zaštita okoliša pokušava se ostvariti i smanjenjem potrošnje energije i sirovina uz recikliranje i ponovnu upotrebu različitih resursa.

U odredbama IPPC direktive spominje se i upotreba čiste tehnologije radi smanjenja zagađenja na izvoru. Prepoznatljiva je i po poticanju inovacija i odgovornosti industrijskih operatera za razvijanje prihvatljivih rješenja za zaštitu okoliša te po

osnivanju centara u kojima bi se na jednom mjestu moglo saznati sve o izradi aplikacija. Osim navedenog, važna je i pravna i zakonska regulativa te pojednostavljenje i jačanje uloge nadležnih organa.

Objedinjeni uvjeti zaštite okoliša odnose se na postrojenja (uključujući stara i nova postrojenja) koja od nadležnih tijela moraju dobiti okolišnu dozvolu. Sva postrojenja u Hrvatskoj koja moraju dobiti okolišnu dozvolu navedena su u popisa djelatnosti koje mogu uzrokovati emisije zagađujućih materija u tlo, zrak, vodu i more u Dodatku I Uredbe o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/2008).

Obvezni sadržaj tehničko-tehnološkog rješenja postrojenja prema Uredbi (NN 114/2008 i Uredbi (NN 8/14; 5/18) je sljedeće:

→ 1. Tehničko-tehnološko rješenje za postrojenje, koje se sukladno odredbama Zakona prilaže zahtjevu za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša, obvezno sadrži:

1. opće tehničke, proizvodne i radne karakteristike postrojenja;
2. plan s prikazom lokacije zahvata s obuhvatom cijelog postrojenja (situacija);
3. opis postrojenja;
4. blok dijagram postrojenja prema posebnim tehnološkim dijelovima;
5. procesni dijagrami toka;
6. procesna dokumentacija postrojenja;
7. sva ostala dokumentacija koja je potrebna radi objašnjenja svih obilježja i uvjeta provođenja predmetne djelatnosti koja se obavlja u postrojenju.

→ 2. Kriteriji na temelju kojih se utvrđuju najbolje raspoložive tehnike propisani su u Prilogu Uredbe (NN 8/14; 5/18). Oni su sljedeći:

1. korištenje tehnologija kod kojih nastaju male količine otpada;
2. korištenje manje opasnih tvari;
3. promicanje uporabe i recikliranja tvari koje nastaju i koje se koriste u procesu, i tamo gdje je to primjereno, otpada;
4. usporedivi postupci, uređaji ili radne metode koje su uspješno iskušane na industrijskoj razini;
5. tehnološki napredak i promjene u znanstvenim spoznajama i shvaćanjima;

6. vrsta, učinci i opseg predmetnih emisija;
7. rokovi upuštanja novih ili već postojećih postrojenja;
8. vrijeme koje je potrebno za uvođenje najboljih raspoloživih tehnika;
9. potrošnja i svojstva sirovina (uključujući vodu) koje se koriste u postupku i energetska učinkovitost;
10. potreba da se spriječi ili svede na minimum sveukupni utjecaj emisija na okoliš kao i uz njih vezane opasnosti;
11. potreba da se spriječe nesreće i da se posljedice za okoliš svedu na minimum;
12. informacije koje objavljuju javne međunarodne organizacije.

1.2 Eko bilanca drvnog proizvoda

Eko-bilanca drvnog proizvoda dobije se usporedbom akumuliranog ugljika u gotovom proizvodu i količine ugljika akumulirane u uporabljenom drvnom ostatku s količinom ispuštenog ugljika koji nastaje izgaranjem drvnog ostatka i fosilnih goriva potrebnih u proizvodnji gotovog proizvoda. Drvni proizvod može biti ekološki (pozitivan) ako je više ugljika u njemu akumulirano nego li se ugljika emitiralo za vrijeme njegove proizvodnje (Čavlović, 2018).

1.2.1 Akumulacija ugljika u drvnoj masi

Za proizvodnju 1 g suhe drvne tvari ugradi se približno 0,5 g ugljika pri čemu se iz atmosfere asimilira 1,83 g ugljičnog dioksida. 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 ugljičnog dioksida iz atmosfere. Neki od izvora istraživanja tijekom kruženja ugljika pokazuju da europske šume prosječno upijaju 6,6 t/ha ugljika godišnje pri čemu oslobađaju 1 t/ha ugljika godišnje (Kos i dr., 2004) .

Drvo je organska tvar čiji je organski dio (bez pepela) sastavljen od 4 elementa:

- ugljik (C),
- vodika (H),
- kisika (O),
- dušika (N).

Vrijednosti variraju u granicama: 48,5 % –50,2 % što se tiče ugljika,; 6,1–6,9 % vodika; 43,4–45,2 % kada je u pitanju kisik i prosječno 0,1 % dušika (Šumarska enciklopedija, 1980-1987).

1.2.2 Emisija ugljika u okoliš od izgaranja drvnog ostatka

Uredbom o graničnim vrijednostima emisija (GVE) onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 117/2012) a sukladno članku 100 iste Uredbe, za uređaje za loženje na biomasu propisana su onečišćenja koje je potrebno pratiti na ispustu kao i GVE, a to su krute čestice, oksidi sumpora izraženi kao SO₂, ugljikov monoksid CO, oksidi dušika izraženi kao NO₂.

Za male uređaje za loženje koji koriste goriva od biomase, uz volumni udio kisika od 11%, dopuštena emisija ugljičnog monoksida iznosi 100 mg/m³ a zacrnjenje iz dimnjaka 1 (NN 117/12).

Za svaku onečišćujuću tvar određen je prioritet primjene metoda određivanja ispuštanja, tako se emisije CO₂ uopće ne mjere nego se izračunavaju preko emisijskih faktora. Prioritet kontinuiranog mjerenja vrijedi za SO₂, NO₂, CO i krute čestice dok se ostale tvari mogu određivati izračunavanjem pomoću faktora emisije.

Prema Pravilniku o ROO (NN 35/2008) svaka gospodarska djelatnost odgovorna za onečišćenje okoliša mora prijavljivati ispunjene obrasce za ROO. Prilikom izgaranja za dobivanje toplinske energije u drvno industrijskim postrojenjima nastaju onečišćenja tvari čije je količine ispuštanja u okoliš potrebno prikazati u Registru onečišćenja okoliša pogotovo ako prekoračuju graničnu vrijednost (prag).

1.3 Štetne emisije u radni okoliš

U drvnoj industriji drvna prašina nastaje postupcima usitnjavanja drva, piljenjem, blanjanjem, brušenjem drva i sličnim postupcima. Nataložena prašina prenosi se iz proizvodnih prostorija u neproizvodne sve do trgovine namještaja. Drvna prašina dodatno se uskovitlava na radnom mjestu prilikom radnih operacija ili zbog nepropisnog čišćenja radnog mjesta.

Pravilnikom o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i/ili mutagenim tvarima NN 91/2015 u potpunost je prihvaćena Europska smjernica 2004/37/EZ (*Council Directive on the protection of workers from the risk related to exposure to carcinogens or mutagens at work. Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i/ili mutagenim tvarima* (NN 91/2015) odnosi se na aktivnosti u kojima radnici jesu ili će biti izloženi karcinogenim tvarima kao posljedica rada i to pri njihovoj uporabi, proizvodnji, skladištenju, obradi, preradi, uklanjanju, uništavanju i sličnim aktivnostima.

Pravilnikom NN 91/15 propisana je granična vrijednost (GV) za inhalabilnu frakciju tvrdih vrsta drva od 5 mg/m³. Granična vrijednost se odnosi na prašinu u kojoj se uz prašinu tvrdih vrsta drva nalaze i prašine drugih vrsta drva. Masene koncentracije za usporedbu s GV određuju se tijekom 8 radnih sati. Od 12.12. 2017. godine u EU na snazi je Direktiva 2017/2398 (*o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i mutagenim tvarima na radu*) prema kojoj je GV smanjena s 5 na 3 mg/m³ za tvrde vrste drva. Ta GV vrijedi kao prijelazna mjera do 17.1.2023. godine a nakon toga će na snazi biti GV od 2 mg/m³. Slijedom dosadašnjih istraživanja i međunarodnih dokumenata i ovaj Pravilnik svrstava prašinu tvrdih vrsta drva u karcinogenu tvar 1. skupine.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Eko-bilanca analizira ukupan proizvodni procesa nekog proizvoda uključujući sve pripadajuće ekološke utjecaje korištenjem sirovina i energenata te opterećenja koja time nastaju za okoliš. Na primjeru tri domaća drvoprerađivača prikupit će se podaci sukladni propisanom postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša. Ovim radom će se predložiti poboljšanja za smanjenje emisija u okoliš iz s ciljem promicanja čisteg drvoprerađivačkog procesa.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Prikupljanje podataka o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša

Za potrebe prikupljanja podataka o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša napravljen je obrazac (po uzoru na obrazac zahtjeva za dobivanje dozvole za rad postrojenja) koji se sastoji od nekoliko cjelina koje su u skladu s IPPC Direktivom. Prva kategorija u obrascu su podatci o tvrtki u koji se ubrajaju sljedeći elementi:

A. Podatci o tvrtki:

1. osnovni podaci,
2. adresa i lokacija tvrtke,
3. kontakt osoba,
4. broj zaposlenih i sl.

Sljedeći se u tablici nalaze podatci vezani za karakterizaciju postrojenja i opis procesa koji se koriste u postrojenju, a dijele se u sljedećih pet kategorija:

B. Karakterizacija postrojenja i opis procesa koji se koriste u postrojenju

1. naziv tehnološke jedinice, predviđeni kapacitet, tehnički opis, kratki opis procesa,
2. prostori za skladištenje, privremeno skladištenje, rukovanje sirovinama, proizvodima i otpadom,
3. predviđeni kapacitet,
4. tehnički opis,
5. popis uskladištenih sirovina i ostalih tvari s količinama.

Nadalje, tablica daje podatke o sirovinama, pomoćnim materijalima i drugim tvarima po postrojenjima.

C. Popis sirovina, pomoćnih materijala i drugih tvari po postrojenjima

1. Postrojenje;
2. Sirovine, pomoćne tvari i druge tvari;
3. Jesu li raspoložive alternativne sirovine koje nemaju štetan učinak na okoliš;
4. Godišnja potrošnja (t);
5. Iskoristivost.

Osim prethodno navedenog, tablica sadrži i podatke o potrošnji fosilnih goriva i pomoćnih sredstava za rad motora, vozila i prenosila.

D. Potrošnja fosilnih goriva i pomoćnih sredstava za rad motora, vozila i prenosila

1. Postrojenje;
2. Naziv i opis transportnog sredstva;
3. Vrsta pogonskog goriva ili pomoćnog sredstva;
4. Godišnja potrošnja (t);
5. Iskoristivost.

Nakon toga, u tablici se navode koji su proizvodi i poluproizvodi proizvedeni u postrojenju, njihov opis i količina proizvedena u godini izražena u tonama. Slijede parametri koji se odnose na energiju koja je utrošena ili proizvedena u postrojenju.

E. Energija utrošena ili proizvedena u postrojenju

1. Ukupna kupljena i proizvedena energija;
2. Ukupna potrošnja energije;
3. Ukupna potrošnja za grijanje i toplu vodu iz sustava za grijanje;
4. Ukupna potrošnja energije za tehnološke i druge procese.

Slije dio tablice odnosi se na onečišćenje zraka i to neposrednog, ali i radnog okoliša.

F. Onečišćenje zraka (neposrednog i radnog okoliša)

1. Onečišćujuće tvari;
2. Način smanjenja emisija;
3. Podaci o emisijama i količina onečišćenje;
4. Opis metoda za smanjenje emisija, učinkovitost i utjecaj na okoliš.

Nakon onečišćenja zraka, podaci u tablici nastavljaju se analizom onečišćenja tla i/ili vode.

G. Onečišćenje tla i/ili vode

1. Oznaka mjesta emisije u tlo;
2. Mjesto nastanka emisije u tlo;
3. Onečišćujuće tvari i njihove karakteristike;
4. Ukupne dnevne količine i protok;
5. Koncentracija u tlu prije i nakon pročišćavanja.

Nakon podataka vezanih uz bilo koju vrstu onečišćenja, navedeni su podaci o nazivu i količini proizvedenog otpada.

H. Naziv i količina proizvedenog otpada

1. Naziv otpada;
2. Postupci uporabe i/ili zbrinjavanja;
3. Godišnja količina oporabljenog ili zbrinutog otpada;
4. Lokacija zbrinjavanja ili načina uporabe otpada;
5. skladištenje otpada.

Vrlo važnu ulogu u proizvodnom procesu ima i buka. Mjerenjima se u sljedeći dio tablice unose relevantni podaci.

I. Buka

1. Izvori buke;
2. Opis izvori buke;
3. Razina akustične buke na izvoru.

Posljednji dio tablice u koju se upisuju relevantni podaci za tvrtku je analiza postojećeg sustava mjera i tehničke opreme za nadzor postrojenja te emisija u okoliš.

J. Postojeći sustav mjera i tehničke opreme za nadzor postrojenja i emisija u okoliš

1. Nadzirana emisija;
2. Mjesto emisije;
3. Mjesto mjerenja odnosno uzorkovanja;
4. Metode mjerenja / uzorkovanja;
5. Učestalost mjerenja / uzorkovanja;
6. Analitičke metode;
7. Tehničke karakteristike mjera;
8. Subjekt koji obavlja uzorkovanje ili mjerenje;
9. Organizacija koja izvršava analize.

3.2. Izračun akumuliranja ugljika u drvnoj masi

Količina akumuliranog ugljika u sirovom drvu odnosno suhoj tvari izračunava se pomoću koeficijenta pretvorbe volumena sirovog drva u tone suhe tvari (K1), ali i koeficijenta pretvorbe suhe tvari u tone vezanog ugljika (K2). Koeficijenti za pretvorbu volumena sirovog drveta u tone vezanog ugljika prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Koeficijenti za pretvorbu volumena sirovog drva u tone vezanog ugljika

| Vrsta drva | K1 | K2 | K1 x K2 za 1 m ³ |
|--------------------|------|-------|-----------------------------|
| Gorski javor | 0,52 | 0,505 | 0,26 |
| Crna joha | 0,45 | 0,505 | 0,23 |
| Obični grab | 0,63 | 0,505 | 0,32 |
| Pitomi kesten | 0,48 | 0,505 | 0,24 |
| Obična bukva | 0,58 | 0,505 | 0,29 |
| Poljski jasen | 0,57 | 0,505 | 0,29 |
| Crni grab | 0,63 | 0,505 | 0,32 |
| Hrast cer | 0,58 | 0,505 | 0,29 |
| Hrast crnika | 0,58 | 0,505 | 0,29 |
| Hrast kitnjak | 0,58 | 0,505 | 0,29 |
| Hrast medunac | 0,58 | 0,505 | 0,29 |
| Hrast lužnjak | 0,58 | 0,505 | 0,29 |
| Obični bagrem | 0,63 | 0,505 | 0,32 |
| Obična jela | 0,4 | 0,519 | 0,21 |
| Obična smreka | 0,4 | 0,519 | 0,21 |
| Alepski bor | 0,44 | 0,519 | 0,23 |
| Crni bor | 0,42 | 0,519 | 0,22 |
| Američki Borovac | 0,32 | 0,519 | 0,17 |
| Obični bor | 0,42 | 0,519 | 0,22 |
| Lipe | 0,43 | 0,505 | 0,22 |
| Topole | 0,35 | 0,505 | 0,18 |
| Vrbe | 0,45 | 0,505 | 0,23 |
| Voćkarice | 0,49 | 0,505 | 0,25 |
| Ost. vrste javora | 0,52 | 0,505 | 0,26 |
| Ost. tvrda bjelog. | 0,5 | 0,505 | 0,25 |
| Ost. meka bjelog. | 0,42 | 0,505 | 0,21 |
| Ost. vrste crnog. | 0,42 | 0,519 | 0,22 |
| Ost. mediter vrste | 0,55 | 0,505 | 0,28 |

Vrijednost za jedan metar kubni kod pojedine vrste drva izračunava se umnoškom koeficijenta K1 i K2. Prema podacima iz tablice vidljivo je da najveći koeficijent imaju obični grab, crni grab i obični bagrem (0,32), a najmanji imaju američki borovac (0,17) i topola (0,18).

3.3. Izračun ispuštanja ugljičnog dioksida i ugljičnog monoksida

Donji je izračun za potrebe određivanja mase CO₂ nastale od izgaranja fosilnih goriva iz vozila i prenosila. Ne koristi se jedinična ogrjevna vrijednost dok su donji izračuni prema Priručniku za vođenje ROO.

Sadržaj ugljika u fosilnim gorivima prikazan je u tablici 2. Osim toga, u tablici se nalaze i podaci o gustoći goriva potrebnoj za izračunavanja količine oksidiranog ugljika u ispušnim plinovima. Iako razlike u sadržaju ugljika kod različitih vrsta goriva nisu značajne (vrijednosti između 85% i 87%), vidljivo je da najveći sadržaj ugljika u gorivu ima lož ulje. Nadalje, kada je riječ o gustoći, ona je najveća kod plina, a najmanja kod benzina.

Tablica 2. Svojstva nekih fosilnih goriva potrebnih za izračun emisije CO₂

| Gorivo | sadržaj ugljika u gorivu, cc, (carbon content), % | gustoća goriva, ρ_r (kg/L) |
|---------------|--|---|
| Benzin | 85 | 0,72 |
| Plin | 86 | 0,875 |
| Diesel | 86 | 0,80 |
| lož ulje | 87 | 0,87 |

Masa ugljičnog dioksida koja nastaje izgaranjem fosilnog goriva izračunava se na način definiran izračunom 1.

$$m_{\text{CO}_2} = V \cdot \rho \cdot \text{cc} \cdot 44/12, \text{ kg}_{\text{CO}_2} \quad (1)$$

gdje je:

m_{CO_2} - masa ugljičnog dioksida nastala izgaranjem, kg_{CO_2}

V – volumen goriva, L

ρ - gustoća goriva, kg/L

cc - sadržaj ugljika (carbon content), %

44/12 – stalnica omjera atomskih masa ugljika i kisika

Omjer približnih atomskih masa ugljičnog dioksida i ugljika (CO₂ : C) koji iznosi 44/12 ili 3,7 koristi se za preračunavanje količine oksidiranog ugljika u ugljični dioksid.

Približna relativna atomska masa ugljika je 12 a kisika 16 pa je $(12+16 \cdot 2)/12=44/12$.

Masa ugljičnog dioksida nastala izgaranjem dobiva se umnoškom volumena i gustoće goriva, sadržaja ugljika te konstantom omjera atomskih masa ugljika i kisika.

Izračunavanje ispuštanja CO₂ izračunava se pomoću faktora emisije iz izraza 2:

$$E = (F \cdot B \cdot Hd \cdot EF) / 1000, \text{ kg CO}_2/\text{god} \quad (2)$$

gdje je:

E – ispuštanje CO₂ (kg CO₂/god)

B – količina potrošenoga goriva (kg/god za kruta i tekuća goriva);

F – faktor oksidacije ugljika za kruta goriva iznosi 0,980 *Hd* – donja ogrjevna vrijednost goriva (kJ/kg za kruta i tekuća goriva)

EF – faktor emisije CO₂ (kgCO₂/MJ) za krutu biomasu (piljevinu i brikete; prirodno drvo svih oblika) iznosi 0,1096

Ispuštanje CO₂ ne mjeri se već se izračunava prethodnim izrazom. Osim toga, faktor oksidacije ugljika je nepromjenjiva varijabla te ima određene iznose za kruta, tekuća i plinovita goriva (Priručnik za vođenje ROO). Vrijednosti su prikazane u tablici 3.

Tablica 3. Faktor oksidacije ugljika, izvor: Priručnik za vođenje ROO

| GORIVO | FAKTOR OKSIDACIJE UGLJIKA (F) |
|------------------|-------------------------------|
| KRUTA GORIVA | 0,980 |
| TEKUĆA GORIVA | 0,990 |
| PLINOVITA GORIVA | 0,995 |

Nadalje, faktor emisije za goriva također je konstanta varijabla za svako od njih (kruta biomasa, antracit, kameni ugljen itd.) Vrijednosti faktora emisije za kruta goriva prikazane su u tablici 4, a za krutu biomasu koja je predmet promatranja ovog rada, faktor iznosi 0,1096 (Priručnik za vođenje ROO).

Tablica 4. Faktor emisije CO₂ za pojedine vrste goriva, izvor: Priručnik za vođenje ROO

| GORIVO | FAKTOR EMISIJE (kgCO ₂ / MJ) |
|---|--|
| KRUTA GORIVA | |
| antracit | 0,0983 |
| kameni ugljen | 0,0946 |
| mrki ugljen | 0,0961 |
| lignit | 0,1012 |
| koks | 0,1082 |
| naftni koks | 0,1008 |
| kruta biomasa (piljevina i briketi od piljevine; prirodno drvo svih oblika) | 0,1096 |

Izračunavanje ispuštanja ugljikova monoksida (CO) iz izraza 3:

$$E = (B \cdot Hd \cdot EF) / 1\,000\,000, \text{ kg CO/god} \quad (3)$$

Gdje je:

E – ispuštanje CO (kg CO/god)

B – količina potrošenoga goriva (t/god za kruta goriva)

Hd– donja ogrjevna vrijednost goriva kJ/kg za kruta goriva)

EF – faktor emisije onečišćujuće tvari iznosi 2000 g/GJ za CO

Kao i u prethodnim izračunima, postoji definiran faktor emisije onečišćujuće tvari za kruta goriva, tekuća goriva, plinovita goriva i biomasu. Njihove vrijednosti prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Faktor emisije CO, izvor: Priručnik za vođenje ROO

| NFR | Aktivnost | Faktori emisije CO (g/GJ) | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|---------------------------|---------------|-------------|--------|------|-------------|----------------------|----------|----------------|-------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | | Kruta goriva | | | | | | Tekuća goriva | | | Plinovita goriva | | | Biomasa | |
| | | Antracit | Kameni ugljen | Mrki ugljen | Lignit | Koks | Naftni koks | Ekstra lako lož ulje | Lož ulje | Ukapljeni plin | Rafinerijski plin | Prirodni plin | Gradski plin | Ogrjevno drvo | Gorivi otpad |
| | Izgaranje goriva | | | | | | | | | | | | | | |
| 1A1 | Energetske transformacije i vlastita potrošnja | | | | | | | | | | | | | | |
| 1A1a | Termoelektrane, javne toplane i kotlovnice | | 15 | | | | | 15 | 15 | | | 19 | | | |
| 1A1b | Rafinerije | | | | | | | 10 | 10 | | | 10 | | | |
| 1A1c | Proizvodnja fosilnih goriva | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | | 10 | 10 | 10 | | | 10 | | |
| 1A2 | Izgaranje goriva u industriji | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | 520 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | 2000 |
| 1A4 | Industrijske toplane i kotlovnice | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | 520 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | |

3.4. Izračun ostalih onečišćujućih tvari iz ložišta na drvni ostatak

Osim prethodno navedenih izračuna, među ostale onečišćujuće tvari ubrajaju se sumporov dioksid, dušikov oksid, dioksin i furan i sl.

Izračunavanje ispuštanja SO₂:

Operater nije obvezan provesti mjerenja SO₂, ali je obvezan prijaviti količinu ispuštanja za sumporov dioksid. Ispuštanje se izračunava prema izrazu (4):

$$E = B \cdot w(S) \cdot \text{stehSO}_2/S \cdot (1 - \eta_{\text{ods}}) , \text{ kg SO}_2/\text{god} \quad (4)$$

gdje je:

E – ispuštanja SO₂ (kgSO₂/god);

B – količina potrošenoga goriva, kg/god (za kruta i tekuća goriva);

w(S) – opći srednji (ponderirani) maseni udio sumpora u gorivu;

stehSO₂/S– stehiometrijski omjer molekularnih masa SO₂/S, iznosi 64/32 odnosno 2;

η_{ods}– stupanj djelovanja uređaja za odsumporavanje (ukoliko uređaj nije ugrađen vrijednost stupnja djelovanja jednaka je nuli).

Izračunavanje ispuštanja dušikovih oksida (NO_x) za kruta goriva izračunavaju se prema izrazu (5):

$$E = (B \cdot H_d \cdot EF) / 1\,000\,000, \text{ kg NO}_2/\text{god} \quad (5)$$

Gdje je:

E – ispuštanje NO₂ (kg NO₂/god)

B – količina potrošenoga goriva (t/god za kruta goriva)

H_d– donja ogrjevna vrijednost goriva (kJ/kg za kruta goriva)

EF – faktor emisije onečišćujuće tvari iznosi 100 (g/GJ) za No_x (prema Priručniku za vođenje ROO)

Za izračunavanje ispuštanja dioksina i furana koristi se sljedeći izraz (6) :

$$E = (B \cdot EF) / 10^{12}, \text{ kg/god (6)}$$

Gdje je:

E – ispuštanje onečišćujuće tvari (kg/god);

B – količina potrošenoga goriva (t/god za kruta goriva);

EF – faktor emisije onečišćujuće tvari iznosi 60 000 ng/t za dioksan i furan (prema Priručniku za vođenje ROO).

Izračunavanje ispuštanja policikličkih aromatskih ugljikovodika PAU, prema izrazu (7):

$$E = (B \cdot EF) / 10^9, \text{ kg/god (7)}$$

Gdje je:

E – ispuštanje onečišćujuće tvari (kg/god);

B – količina potrošenoga goriva (t/god za kruta goriva);

EF – faktor emisije onečišćujuće tvari iznosi 95 µg/t za PAU za biomasu odnosno ogrjevno drvo i gorivi otpad (prema Priručniku za vođenje ROO).

Izračunavanje ispuštanja čestica PM10:

Proračun ispuštanje čestica (PM10) u zrak radi se preko faktora emisije koji iznosi 40 g/GJ (prema Priručniku za vođenje ROO). Ako je faktor emisije onečišćujuće tvari u g/GJ utrošenoga goriva ispuštanje onečišćujućih tvari izračunava se iz izraza (8):

$$E_i = (E_{fi} \cdot A) / 1000 \quad (8)$$

gdje je:

E_i – godišnje ispuštanje onečišćujuće tvari (kg /god)

E_{fi} – faktor emisije onečišćujuće tvari (g/GJ goriva) iznosi 40 g/GJ za

A – GJ utrošenoga goriva u godini dana (GJ/god)

Koristi se i izraz (obrazac) 9 koji služi za preračunavanje količine utrošenoga krutoga i tekućega goriva iz t/god u GJ/god:

$$A = (B \cdot H_d) / 1000, \text{ GJ/god (9)}$$

B – količina u procesu potrošenoga goriva (t/god za kruta i tekuća goriva)

Hd – donja ogrjevna vrijednost korištenoga goriva (kJ/kg za kruta i tekuća goriva).

3.5. Emisije onečišćujućih tvari iz ložišta na drvni ostatak

Iz Priručnika za vođenje ROO-a izdvojeni su izrazi za potrebe određivanja količine onečišćenja izgaranjem drvnog otpada odnosno ogrjevnog drva.

Metodologija proračuna ispuštanja onečišćujućih tvari (E_i) dobiva se iz umnoška utroška goriva (A) i preporučenog faktora emisije (E_{Fi}) prema obrascu 10.

Količina onečišćujuće tvari nastale iz procesa izgaranja goriva za dobivanje toplinske i/ili električne energije (PI-Z-3 obrazac) izračunava se pomoću faktora emisije (jednostavna metodologija) ako je faktor emisije onečišćujuće tvari (E_{Fi}) ili u g/GJ utrošenoga goriva ili u g/t proizvedenoga proizvoda.

$$E_i = (E_{Fi} \cdot A) / 1000 \quad (10)$$

gdje je:

E_i – godišnje ispuštanje onečišćujuće tvari (kg /god);

E_{Fi} – faktor emisije onečišćujuće tvari (g/GJ goriva ili kg/t proizvoda ili g/t proizvoda);

A – količina utrošenoga goriva u godini dana (GJ/god) ili količina proizvedenoga proizvoda iz procesa u godini dana (t/god).

Obrazac 11 služi za preračunavanje količine utrošenoga krutoga i tekućega goriva iz t/god u GJ/god, a izračun ide prema sljedećem izrazu:

$$A = (B \cdot Hd) / 1000, \text{ GJ/god} \quad (11)$$

gdje je:

B – količina u procesu potrošenoga goriva (t/god za kruta i tekuća goriva)

Hd – donja ogrjevna vrijednost korištenoga goriva (kJ/kg za kruta i tekuća goriva.)

Donje ogrjevne vrijednosti drva prema podacima Priručnika za vođenje ROO navedene su za ogrjevno drvo (7380-9000 kJ/kg) i otpadno drvo: 9400-18700 kJ/kg.

U tablici 6. navedene su vrste krutih goriva s donjim ogrjevnim vrijednostima, a prikazane su u kJ/kg.

Tablica 6. Popis krutih vrsta goriva i približnih donjih ogrjevnih vrijednosti, izvor: Priručnik za vođenje ROO

| Šifra | Naziv goriva | Donja ogrjevna vrijednost | Jedinica |
|-------|---|---------------------------|-------------------|
| 100 | Kruta goriva | | |
| 101 | Kameni ugljen, za koksiranja | 29 310 | kJ/kg |
| 102 | Kameni ugljen, za proizvodnju pare | 24 500 | kJ/kg |
| 103 | Izostavljeno za buduću uporabu | - | n.p. |
| 104 | Izostavljeno za buduću uporabu | - | n.p. |
| 105 | Mrki ugljen | 18 500 | kJ/kg |
| 106 | Lignit | 12 250 | kJ/kg |
| 107 | Koks iz kamenoga ugljena | 29 310 | kJ/kg |
| 108 | Koks iz mrkoga ugljena | 29 310 | kJ/kg |
| 109 | Koks iz plina | 18 000 | kJ/m ³ |
| 110 | Naftni koks (petrol-koks) | 31.000 | kJ/kg |
| 111 | Ogrjevno drvo | 7 380 - 9000 | kJ/kg |
| 112 | Drveni ugljen | 33 000 | kJ/kg |
| 113 | Treset | 6 500 | kJ/kg |
| 114 | Komunalni kruti otpad | 9 300 | kJ/kg |
| 115 | Industrijski kruti otpad | 16 000 | kJ/kg |
| 116 | Otpadno drvo | 9 400 – 18 700 | kJ/kg |
| 117 | Poljoprivredni ostaci | 5 800 – 16 700 | kJ/kg |
| 118 | Muljevi iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda | - | kJ/kg |
| 119 | Gorivo iz otpada (solid waste) | 12 000 | kJ/kg |
| 120 | Izostavljeno za buduću uporabu | - | kJ/kg |
| 121 | Ostala kruta goriva | 33 490 – 40 190 | kJ/kg |

Rasponi ogrjevnih vrijednosti ovise o vrsti drva, njegovom stanju te sadržaju vlage. Najnižu donju ogrjevnu vrijednost od svih navedenih krutih goriva ima treset, a najvišu drveni ugljen te ostala kruta goriva. Drugačije vrijednosti za pojedine vrste drva navedene su za npr. prosušeno drvo (Šumarska enciklopedija), a prikazane su u sljedećoj tablici - tablici 7.

Tablica 7. Ogrjevne vrijednosti nekih vrsta drva, izvor: Šumarska enciklopedija

| Ogrjevna vrijednost | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Vrsta drva | H₁₅ kJ/kg |
| Grab | 13 310 |
| Bukva | 14 840 |
| Hrast | 14 440 |
| Smreka | 15 600 |
| Topola | 13 520 |

Prema navedenim podacima, vidljivo je da najveću ogrjevnu vrijednost od navedenih vrsta prosušenog drva ima smreka, a najmanju grab.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Uzorak

Rezultati empirijskog dijela diplomskog rada temelje se na podacima dobivenim od tri hrvatske tvrtke koje će, zbog zaštite podataka, u radu biti označene s Tvrtka 1, Tvrtka 2 i Tvrtka 3.

4.1.1. Tvrtka 1

Relevantni podaci prikupljeni za Tvrtku 1 nalaze se u tablici 8.

Tablica 8. Podaci prikupljeni za Tvrtku 1, izvor: interni podaci tvrtke

| | |
|--|---|
| Naziv tvrtke | <i>Tvrtka 1</i> |
| Adresa, lokacije tvrtke | <i>Lokve, Gorski Kotar</i> |
| Kontakt osoba | <i>M.</i> |
| Kapacitet tvrtke | <i>16000 m³ jela i smreka; 4000m³ bukva</i> |
| Broj zaposlenih | <i>150 u dvije smjene</i> |
| Kratki popis djelatnosti tvrtke i procesi koji se odvijaju: | <i>a) prozora b) vrata</i> |

Karakterizacija postrojenja i opis procesa koji se koriste u postrojenju

| Naziv tehnološke jedinice | Predviđeni kapacitet, | Tehnički opis, kratki opis procesa |
|----------------------------------|--|--|
| Stovarište | 1100 m ³ BU 12000 m ³ J/S 16000 m ³ J/S | Skladištenje trupaca prema vrsti i kvaliteti, te transportiranje u pilanu pomoću utovarivača. Piljenje trupaca na TPT, te prikrajčivanje na kružnoj pili. |
| Pilana | 4000 m ³ BU | Pomoću transporter a piljenicu se transportiraju u sušionice. |
| Sušare | 6 x 50 - 60 m ³ | U sušionicama se odvija proces sušenja elemenata na 12 % vlage. Sušare koriste i za tretiranje peleta. Nakon sušenja odvija se daljnja obrada elemenata kao što je brušenje, izrada profila, okvirnica, sklapanje i lakiranje. |
| Kotlovnica | 2 MW | Punjenje ložišta tijekom 24 sata; cca 15-20 pm/dan; 40-50 % iskorištenja kotla. |
| Lakirnica | | Lakiranje se vrši akrilnim lakovima, sve više se počinju koristiti vodeni lakovi. |

| Prostori za skladištenje, privremeno skladištenje, rukovanje sirovinama, proizvodima i otpadom | Predviđeni kapacitet | Tehnički opis Popis uskladištenih sirovina i ostalih tvari s količinama |
|---|-----------------------------------|--|
| Stovarište, te razna međuskladišta u pilanama. Skladištenje piljevine | 33400 m ³ 30-50 pmm | Sirovina bukva, jela i smreka. Silosi, piljevinu i sječku koriste za loženje a dio prodaju. |
| Skladištenje ostatka lakova od lakiranja | 35,81 m ³ | Sustav kanala odvodnjavanja. Pročišćivač metodom aktivnog mulja. |

Popis sirovina, pomoćnih materijala i drugih tvari po postrojenjima

| Br | Postrojenje | Sirovine, pomoćne tvari, druge tvari | Opis i karakteristike s posebnim naglašavanjem na opasne tvari | Jesu li raspoložive alternativne sirovine koje nemaju štetan učinak na okoliš? | Godišnja potrošnja (t) Iskoristivost |
|-----------|-----------------------------|---|--|---|---|
| 1. | Stovarište; pilana; sušare; | Bukva, jela, smreka | Drvena sirovina je ekološki materijal, jedini problem je drvena prašina koja je znanstveno dokazana karcinogena. | | 16000 m ³ jela i smreka; 4000m ³ bukva |
| 2. | Lakirnica | Akrilni lakovi; i vodeni lakovi | Sve više se počinje lakirati vodenim lakovima upravo iz razloga ekologije. | Vodeni lakovi, koji su prihvatljiviji za okoliš. | |

Potrošnja fosilnih goriva i pomoćnih sredstava za rad motora, vozila i prenosila

| Br. | Postrojenje | Naziv i opis transportnog sredstva | Vrsta pogonskog goriva ili pomoćnog sredstva | Godišnja potrošnja (t) Iskoristivost |
|------------|--------------------|---|---|---|
| 1. | Pilana | Utovarivač Caterpillar | Nafta / dizel Ulje (HIDROL 46, ATF, EPOL 150) | 1750 3075 |
| 2. | Stolarija | Viličari, Radna brusilica | Nafta / dizel Ulje (POLAR 68, TURBO SAE 10) | 1588, 36 255 |

Proizvodi i poluproizvodi proizvedeni u postrojenju

| Br. | Postrojenje | Proizvod i poluproizvod | Opis proizvoda i poluproizvoda | Proizvodnja (t·god. ⁻¹) |
|-----|-------------|---|--------------------------------|--|
| 1. | Pilana | piljenice krupni pilanski ostatak (koristi se za kotlovnice) | neokrajčene piljenice | 1700,75 bukva 7642,35 jela i smreka |
| 2. | Parionica | parenje drvene građe | parena drvena građa | |
| 3. | Lakirnica | lakiranje poluproizvoda | lakirani prozori i vrata. | |

Energija utrošena ili proizvedena u postrojenju

| | |
|---|--|
| Ukupna kupljena i proizvedena energija u GJ ; Wh | 4000 Kw proizvedena u njihovom kotlu 2 MW |
|---|--|

Onečišćenje zraka (neposrednog i radnog okoliša)

| Izvor emisije | Onečišćujuće tvari | Način smanjenja emisija | Podaci o emisijama – koncentracije (jedinice u kojima se izražavaju rezultati mjerenja, npr. mg/m ³ , itd.) Količine onečišćenja (t/god) |
|--------------------------------------|--|--|--|
| Radni strojevi (doradna pilana) | Piljevina, prašina | Postavljen je odsisni ušća, dio strojeva koje vrše piljenje zatvoriti tako da piljevina što manje odlazi u ranu okolinu. | 1,28 mg/m ³ (fotometrijska metoda) 1,32 mg/m ³ (fotometrijska metoda) |
| Vozila i prenosila | Nafta | Korištenje vozila koji za energiju koriste električnu energiju. | |
| Dimnjak kotlovnice (vidi u nastavku) | | | |
| Lakirnica | Otpadne vode | Pročišćavanje otpadnih voda. | |
| Br. | Opis metoda za smanjenje emisija, njihova učinkovitost i utjecaj na okoliš | | |
| 1. | Pročišćivač otpadnih voda: sabirnim kanalima vrši se sakupljanje tehnološke vode iz lakirnice, koja sadrži pigmente (teške metale) i smole. U taložnicama se tretira otpadna voda kiselinom (aluminij poliklorid), nakon tretiranja kiselinom voda se transportira u drugu | | |

| |
|---|
| taložnicu gdje se dodaje lužina (Na OH), tada voda dostiže PH 6,5 – 8,2. Otpadna voda je neutralizirana i tako odlazi do sabirnice s fekalnim vodama gdje se krupni otpad taloži na dno, a voda ide u aeracijski bazen. U prvom djelu mikroorganizmi (aktivni biološki mulj) se hrane onečišćenjem uz dovod kisika. U drugom djelu se talože teški metali kao sedra. A očišćena voda filtrira u otpadne vode. |
|---|

Naziv i količine proizvedenog otpada

| Naziv otpada | Postupci uporabe i /ili zbrinjavanja otpada | Godišnja količina proizvedenog otpada (t) | Godišnja količina oporabljenog ili zbrinutog otpada (t) | Lokacija zbrinjavanja ili načini uporabe otpada | Skladištenje otpada |
|---------------------|--|--|--|---|----------------------------|
| Drvni otpad | Proizvodnja sječke, i piljevina | Bukva 574 t/god. J/S 1709 t/god. | | Dio sječke se prodaje, a dio se spaljuje u kotlu za toplinsku energiju. | |

Buka

| Br. | Izvori buke | Opis izvora buke | Razina akustične buke na izvoru L_{WA} dB(A) |
|------------|------------------------------------|---|--|
| 1 | Brusilica | Brušenje elemenata Ne brusi Brusi | 88 89 |
| 2. | Dvostrani profiler | Vrši profiliranje rubova | 89 |
| 3. | Elektromotor sa zračnim konvejerom | Odvođenje piljevine | 85 |
| 4. | TPT | Piljenje trupaca | 94 |

Postojeći sustav mjera i tehničke opreme za nadzor postrojenja i emisija u okoliš

| | |
|--|--|
| Nadzirana emisija | Dolazi inspekcija jedanput do dvaput godišnje. |
| Mjesto emisije | Buka prašina, dimni plinovi, lakirnica, zbrinjavanje otpada. |
| Učestalost mjerenja/uzorkovanja | Barem jednom godišnje. |

Tvrtka 1 nalazi se u Gorskom Kotaru u Lokvama. Zapošljava 150 ljudi u dvije smjene, a kapacitet tvrtke je 16 000 m³ za jelu i smreku i 4 000m³ bukve. Tehnološke jedinice počinju sa stovarištem trupaca razvrstanih po vrsti i kvaliteti. Trupci se utovarivačem prevoze u pilanu. Nakon obrade u pilani, piljenice se dalje prevoze viličarima u sušare u kojima se odvija proces sušenja do 12% vlažnosti. Drvni ostatak spaljuje se u kotlovnici, a gotovi proizvodi (prozori i vrata) prevoze se u lakirnicu.

Ova tvrtka a svoj rad koristi sirovinu bukve, jele i smreke. Dio se koristi za prodaju, a dio (silosi, piljevina i sječka) se koristi za loženje. Unutar tvrtke nalazi se sustav kanala za odvodnju otpadnih voda, a proces pročišćavanja odvija se metodom aktivnog mulja. Nadalje, što se tiče opasnih tvari, javlja se problem drvne prašine koja može biti kancerogena, a štetni lakovi sve se više zamjenjuju vodenim lakovima koji su, prema svom sastavu, prihvatljiviji za okoliš i radnika koji njime rukuje.

Unutar tvrtke za vanjski transport nalaze se i transportna sredstva (utovarivač Caterpillar i viličar). Kao pogonsko gorivo koriste naftu i mineralna ulja za podmazivanje.

Gotovi proizvodi pojedinih postrojenja su neokrajčene piljenice, prozori i vrata. Neokrajčenih piljenica godišnje se proizvede 1700,75 tona iz bukovine i 7642,35 tona iz jelovine i smrekovine.

Nadalje, dostupni su i određeni podaci o onečišćenju i proizvedenom drvnom ostatku. Izvor emisije onečišćenja mogu biti radni strojevi, vozila i prenosila, dimnjak kotlovnice te lakirnica. Pri proizvodnji od rada radnih strojeva, uglavnom nastaju piljevina i drvna prašina. Da bi se smanjile emisije drvne prašine u radni okoliš, potrebno je postavljati kvalitetne prijarnike čestica (haube) iznad alata kako bi se što manje onečišćujućih tvari ispuštalo u radnu okolinu. Vozila i prenosila onečišćuju zrak ispuštanjem ispušnih plinova od izgaranja nafte. Da bi se smanjile emisije u okoliš, potrebno je koristiti vozila koja za pokretanje i rad koriste električnu energiju. Lakirnica svojim otpadom onečišćuje vodu te je za buduću prevenciju potrebno redovitije pročišćavanje otpadnih voda.

U proizvodnom pogonu velika je koncentracija buke. Izvori buke su: brusilice, dvostrani profiler, elektromotor i TPT. Brusilica proizvodi buku jačine između 88 i 89 dB. Dvostrani profiler također proizvodi buku jačine 89 dB, a izvor najveće buke je TPT koji

prilikom piljenja trupaca proizvodi buku jačine 94 dB. Najmanja razina akustične buke je prilikom rada elektromotora, a iznosi 85 dB.

Naposljetku, u postojećem sustavu mjera i tehničke opreme za nadzor definirana je nadzirana emisija, mjesto emisije te učestalost mjerenja. U tvrtki 1 mjerenja se odvijaju u lakirnici, na dimnjaku kotlovnice, na dijelovima postrojenja u kojima je velika buka ili emisija drvene prašine te dio proizvodnje u kojoj se zbrinjava otpad. U ovoj tvrtki emisiju štetnih tvari nadzire nadležna inspekcija koja na teren izlazi jednom ili dva puta godišnje.

Glavni segment za smanjivanje onečišćenja ove tvrtke i njenog okoliša je uređaj za pročišćavanje otpadnih voda koji u svojim sabirnim kanalima vrši prikupljanje tehnološke vode iz lakirnice u čijem se sadržaju nalaze teški metali i smola. Faze pročišćavanja su: mehanička, kemijska i biološka.

4.1.2. Tvrtka 2

Relevantni podaci prikupljeni za Tvrtku 2 nalaze se u tablici 9.

Tablica 9. Podaci prikupljeni za Tvrtku 2, izvor: interni podaci tvrtke

| | |
|--|--|
| Naziv tvrtke | <i>Tvrtka 2</i> |
| Adresa, lokacije tvrtke | <i>Ravna gora, Gorski Kotar</i> |
| Kontakt osoba | <i>M.F.</i> |
| Kapacitet tvrtke | <i>250 000 stolica/god, 60 000 stolova/god; 180 ostalih proizvoda/god</i> |
| Broj zaposlenih | <i>177</i> |
| Kratki popis djelatnosti tvrtke i procesi koji se odvijaju: | <i>a) poluproizvodi b) stolice c) stolovi d) lakiranje (probna faza)</i> |

Karakterizacija postrojenja i opis procesa koji se koriste u postrojenju

| Naziv tehnološke jedinice | Predviđeni kapacitet, m³ | Tehnički opis, kratki opis procesa |
|----------------------------------|--|---|
| Pilana | Nekad i do 25 000 m ³ , 1. i 3. klasa | |

| | | |
|-------------------------|--|--|
| | Danas korišteni kapacitet 13000 m ³ , FL, 1.i 2. klasa | Iskorištenje je 60 do 65%, nakon piljenja neokrajčane piljenice se formatiraju na potrebne dimenzije i to se vrši kružnom pilom. |
| Kotlovnica | 2 kotla po 5,5 kW | |
| Tapetarija Lakirnica | | Lakirnica radi u probnoj fazi |

Popis sirovina, pomoćnih materijala i drugih tvari po postrojenjima

| Br | Postrojenje | Sirovine, pomoćne tvari, druge tvari | Opis i karakteristike s posebnim naglašavanjem na opasne tvari | Jesu li raspoložive alternativne sirovine koje nemaju štetan učinak na okoliš? | Godišnja potrošnja (t) Iskoristivost |
|-----------|-------------------------|---|---|---|--|
| 1) | Pilana | Bukva (95%), ostalo hrast i orah | Drvena prašina koja je karcinogena. | | 13000m ³ godišnje, a iskorištenje je 60-65 %. |
| 2) | Kotlovnica | KPO, drvena prašina | | | |
| 3) | Tapetarija Lakirnica | | | | |

Potrošnja fosilnih goriva i pomoćnih sredstava za rad motora, vozila i prenosila

| Br. | Postrojenje | Naziv i opis transportnog sredstva | Vrsta pogonskog goriva ili pomoćnog sredstva | Godišnja potrošnja (t) Iskoristivost |
|------------|--------------------|---|---|---|
| 1.) | Pilana | Dva viličara, nosivost 3 t. Jedan bez vodenog filtera (proizvodnja 1998.) | Dizel (20 L/dan i 15 L/dan) | 5500 L/god 4125 L/god |
| 2) | Skladište i dorada | 4 motorna viličara, 2 jača, nosivost 4 t 2 slabija, nosivost 3 t. | Punjenje baterija noću. | |

Proizvodi i poluproizvodi proizvedeni u postrojenju

| Br. | Postrojenje | Proizvod i poluproizvod | Opis proizvoda i poluproizvoda | Proizvodnja (t/god. ⁻¹) |
|------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1.) | Pilana | Piljenice | Neokrajčene piljenice | 156 000m ³ u godini |
| 2) | Skladište i dorada | | | |

| | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|--|
| | | Piljenice, gotovi poluproizvodi | Osušene piljenice te gotovi poluproizvodi spremni za daljnji transport | |
|--|--|---------------------------------|--|--|

Onečišćenje zraka (neposrednog i radnog okoliša)

| Izvor emisije | Onečišćujuće tvari | Način smanjenja emisija | Podaci o emisijama – koncentracije (jedinice u kojima se izražavaju rezultati mjerenja, npr. mg/m³, itd.) Količine onečišćenja (t/god) |
|----------------------|---------------------------|--|--|
| Pilana (TPT) | Drvena prašina | Postavljanje više odsisnih sustava, pravilno čišćenje i održavanje prostorije. | |
| Brusilice | Drvena prašina | Postavljanje više odsisnih sustava | |

| Br. | Opis metoda za smanjenje emisija, njihova učinkovitost i utjecaj na okoliš |
|------------|---|
| 1. | unutar pogona električni viličari a u pilani se ispušni plinovi viličara filtriraju vodenim filtrom. Zamjena vode svakih 40 dana. |
| 2. | Separatori za slovne vode, masnoće i nečistoće. |
| 3. | Poboljšavanjem izgaranja drvnih plinova mjerenja pokazala minimalna prekoračenja onečišćujućih tvari u ispušnim plinovima. Krupni drveni otpad i piljevina se spaljuju u pravilnom omjeru radi boljeg izgaranja i postizanja viših temperatura. |
| 4. | Vodi se prateći list i očevidnik za otpadna ulja. |

Naziv i količine proizvedenog otpada

| Naziv otpada | Postupci uporabe i /ili zbrinjavanja otpada | Godišnja količina proizvedenog otpada (t) | Godišnja količina oporabljenog ili zbrinutog otpada (t) | Lokacija zbrinjavanja ili načini uporabe otpada | Skladištenje otpada |
|---------------------|--|--|--|--|----------------------------|
| Drvni otpad | Dio drvnog otpada se prodaje a dio loži. | 2 548 t/god | | | |
| Otpadno ulje | | | | | |
| | | | | | |

Postojeći sustav mjera i tehničke opreme za nadzor postrojenja i emisija u okoliš

| | |
|--|---|
| Nadzirana emisija | Buka; koncentracija prašine; ispušni plinovi kotlovnice |
| Mjesto emisije | Radna mjesta uz stroj; dimnjaci kotlovnica |
| Učestalost mjerenja/uzorkovanja | 1 godišnje |
| Subjekt koji obavlja uzorkovanje ili mjerenje | Inspektori iz firme BILPROMET |

Tvrtka 2 nalazi se u Ravnoj Gori (Gorski Kotar) i ima 177 zaposlena radnika. Bavi se izradom poluproizvoda, stolica i stolova, a sklopu tvrtke radi lakirnica koji vrše poslove vezane uz probnu fazu. Kapacitet tvrtke (za razliku od prethodno opisanog proizvodnog pogona) izražen je u količini gotovih proizvoda. Kapacitet proizvodnje je 25 000 stolica godišnje, 6 000 stolova godišnje te 180 ostalih proizvoda i poluproizvoda godišnje.

Od postrojenja djeluju pilana, kotlovnica, tapetarija i lakirnica (koja radi u probnoj fazi). U pilani se neokrajčene piljenice formatiraju kružnom pilom na potrebne dimenzije. Kapacitet kotlovnice odnosi se na dva kotla po 5,5 kW vršne snage. Raniji kapacitet pilane nekada iznosio je 25 000 m³ i to za I. i III. klasu. Današnje stanje odnosi se na iskorištenje kapaciteta koji iznosi 13 000 m³ za I. i II. klasu.

S obzirom na to da za ovu tvrtku nisu navedeni podaci za postrojenja proizvodnje stolica i stolova nego samo za pilanu i kotlovnicu, tako su od onečišćujućih tvari navedeni drvena prašina i onečišćenje od izgaranja goriva u kotlovnici i goriva za pogon vozila i prenosila.

Na pilani se koriste dva transportna sredstva, a to su dva viličara nosivosti tri tone s time da jedan od njih nema vodeni filter. Pogonsko gorivo koje koriste je dizel, a koriste ga između 15 i 20 litara dnevno. Suprotna situacija je u skladištu i u doradi gdje se koriste četiri motorna viličara koji rade na baterije. Baterije se pune noću i, za razliku od dizelskih viličara, nema emisije štetnih plinova u radni prostor.

Godišnje se u pilani proizvede 156 000 m³ neokrajčenih piljenica, a u doradi se iz osušenih paljenica proizvode gotovi poluproizvodi spremni za daljnji transport.

Navedena su onečišćenja zraka u pilani i kasnije prilikom brušenja drvnih segmenata. U oba slučaja, dolazi do raspršenja već spomenute, kancerogene drvene prašine. Da bi se ovaj način onečišćenja smanjio ili u potpunosti izbjegao, potrebno je postaviti više odsisnih sustava te redovito i pravilno čistiti strojeve i radni prostor isključivo radioničkim usisavačima. Osim drvene prašine, unutar pogona dolazi do emisije ispušnih plinova od viličara. Zbog toga se koristi vodeni filter, a vodu u njemu potrebno je zamijeniti svakih 40 dana. Još jedna od metoda za smanjenje štetnih emisija i njihov štetni utjecaj na okoliš je i postavljanje separatora za slivne vode, masnoće i nečistoće. Također, radnici odgovorni za taj dio posla u postrojenju, vode i prateći list i očevidnik za otpadna ulja.

U proizvodnom pogonu nastaje drveni otpad, 2 548 tona godišnje koji se koristi za loženje ili se prodaje.

Tvrtka 2 nadzire emisiju buke, koncentracije prašine te ispušne plinove kotlovnice. Mjesto emisije uglavnom su ona područja uz radne strojeve te dimnjaci i sama kotlovnica. Nadzor, uzorkovanje i ostala mjerenja obavlja inspektorski nadzor iz tvrtke Bilpromet, jednom godišnje.

4.1.3. Tvrtka 3

Relevantni podaci prikupljeni za Tvrtku 3 nalaze se u tablici 10.

Tablica 10. Podaci prikupljeni za Tvrtku 3, izvor: interni podaci tvrtke

| | |
|--|---|
| Naziv tvrtke | <i>Tvrtka 3</i> |
| Adresa, lokacije tvrtke | <i>Gerovo, Gorski Kotar</i> |
| Kontakt osoba | <i>L. upravitelj</i> |
| Kapacitet tvrtke | <i>57 000-60 000 m³</i> |
| Broj zaposlenih | |
| Kratki popis djelatnosti tvrtke i procesi koji se odvijaju: | <i>a) Lamelirani nosači b) pelete c) drvni elementi</i> |

Karakterizacija postrojenja i opis procesa koji se koriste u postrojenju

| Naziv tehnološke jedinice | Predviđeni kapacitet, | Tehnički opis, kratki opis procesa |
|---|---|--|
| Stovarište | JE 11 000 m ³ Neokorana BU 3000 m ³ i BU 1200 m ³ | |
| Pilana | 60 000 m ³ /god, 70 – 85 m ³ /dan | |
| Proizvodnja sječke | dio u pilani | |
| Proizvodnja laminiranih greda | | |
| Proizvodnja peleta | | Sastav sirovine za pelete 25 % BU 75% J/S |
| Kotlovnica Stara 2,5 KW Nova 6 MW | punjenje kotla smjesom kore i piljevine 100-300 pm/dan | |
| Sušare | 10 sušara | |
| Prostori za skladištenje, privremeno skladištenje, rukovanje sirovinama, proizvodima i otpadom | Predviđeni kapacitet | Tehnički opis Popis uskladištenih sirovina i ostalih tvari s količinama |
| | | |
| Ostale tehnički povezane aktivnosti | Opis aktivnosti | Povezanost aktivnosti s određenim tehnološkim jedinicama i skladištem |
| | | |

Popis sirovina, pomoćnih materijala i drugih tvari po postrojenjima

| Br | Postrojenje | Sirovine, pomoćne tvari, druge tvari | Opis i karakteristike s posebnim naglašavanjem na opasne tvari | Jesu li raspoložive alternativne sirovine koje nemaju štetan učinak na okoliš? | Godišnja potrošnja (t) Iskoristivost |
|-----------|--------------------|---|---|---|--|
| 1. | Pilana | Jela bukva | | | 80-100m ³ /dan jela 70-85m ³ /dan bukva |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--------------------------------|
| | | | | | 64%-primarna 48-52% doradna |
|--|--|--|--|--|--------------------------------|

Potrošnja fosilnih goriva i pomoćnih sredstava za rad motora, vozila i prenosila

| Br. | Postrojenje | Naziv i opis transportnog sredstva | Vrsta pogonskog goriva ili pomoćnog sredstva | Godišnja potrošnja (t) Iskoristivost |
|------------|--------------------|--|---|---|
| 1. | Stovarište | Utovarivač Volvo 120 Volvo 90 Volvo4400 | Nafta / dizel | 90 L/smj-49 500L/god/2smj 50 L/smj-27 500L/god/2smj 70 L/smj-19 250L/god/1smj |
| 2. | Među skladište | 3x bočni viličar 3x čeonni viličar | Nafta /dizel | 20L/smj-27500L/god 15L/smj-16500L/god |
| 3. | Promet | 2 Volvo kamiona 2 Mercedes kamiona | Nafta / dizel | 300 L/dan-82 000 L/god (odnosi se na 2 kamiona) |
| 4. | Radnički autobus | 45 L/dan 12 375 L/god | Nafta / dizel | |
| 5. | Stovarište | 2 motorne lančane pila | Nafta / dizel | Prosječno 3 sata dnevno svaka pila |

Proizvodi i poluproizvodi proizvedeni u postrojenju

| Br. | Postrojenje | Proizvod i poluproizvod | Opis proizvoda i poluproizvoda | Proizvodnja (t·god. ⁻¹) |
|------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---|
| | | | | |

Energija utrošena ili proizvedena u postrojenju

| | |
|---|--|
| Ukupna kupljena i proizvedena energija u GJ ; Wh | |
| Ukupna potrošnja energije u GJ | |
| Ukupna potrošnja energije za grijanje i toplu vodu iz sustava za grijanje u GJ | |
| Ukupna potrošnja energije za tehnološke i druge procese u GJ | |

Onečišćenje zraka (neposrednog i radnog okoliša)

| <i>Izvor emisije</i> | <i>Onečišćujuće tvari</i> | <i>Način smanjenja emisija</i> | <i>Podaci o emisijama – koncentracije (jedinice u kojima se izražavaju rezultati mjerenja, npr. mg/m³, itd.)</i> <i>Količine onečišćenja (t/god)</i> |
|----------------------|--|--------------------------------|--|
| Motorna pila | Drvena prašina, CO ₂ , CO, SO ₂ , CH ₄ , aromatski ugljikovodici i mineralna ulja. | | |
| Kotlovnica | Ispušni plinovi i čestice | | |
| Radni strojevi | | | |
| Iverač | Drvena prašina | | 3637,36 mg/m ³ (fotometrijska metoda) Respirabilna frakcija 2,759 mg/m (gravimetrijska metoda) Ukupna prašina 5,969 mg/m ³ (gravimetrijska metoda) Inhalabilna frakcija 6,258 mg/m ³ (gravimetrijska metoda) |
| Metoda tračna pila | Drvena prašina | | 1,18 mg/m ³ (fotometrijska metoda) 1,37 mg/m ³ (fotometrijska metoda) |
| <i>Br.</i> | <i>Opis metoda za smanjenje emisija, njihova učinkovitost i utjecaj na okoliš</i> | | |
| 1.) | <p>U parnom kotlu proizvodi se para koja se u pred grijačima pare pregrijava na 462-549 °C, pod tlakom od 90-100 bara. Pregrijava para prolazi kroz parni stroj i expandira. Tu se toplinska energija pretvara u kinetičku, a ona pokreće rotor generatora. Para koja izlazi iz turbine dolazi u kondenzator, hladi se i pretvara u vodu. Tako nastala voda dovodi se u kotao i ponovo se pretvara u paru. Plinovi iz ložišta kotla idu u filtere koji su smješteni ispod dimnjaka i kroz njih odlaze u atmosferu. Novi kotao je poboljšán jer se toplina ne gubi nego se iskorištava puno više nego sa starim kotlom.</p> | | |

Onečišćenje tla i /ili vode

| Oznaka mjesta emisije u tlo | Mjesta nastanka emisija u tlo | Onečišćujuće tvari i njihove karakteristike | Ukupne dnevne količine kg^3 i protok kg/h | Prije pročišćavanja | Nakon pročišćavanja |
|-----------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|
| | | | | Koncentracija u tlu (jedinica) ili godišnje emisije (t) u tlo | Koncentracija u tlu (jedinica) ili godišnje emisije (t) u tlo |
| | | | | | |

Naziv i količine proizvedenog otpada

| Naziv otpada | Postupci uporabe i /ili zbrinjavanja otpada | Godišnja količina proizvedenog otpada (t) | Godišnja količina oporabljenog ili zbrinutog otpada (t) | Lokacija zbrinjavanja ili načini uporabe otpada | Skladištenje otpada |
|--------------|---|---|---|---|---------------------|
| Drvni otpad | Pelete isječka | 23 800 m^3 | | | |

Buka

| Br. | Izvori buke | Opis izvora buke | Razina akustične buke na izvoru L_{WA} (dB) |
|-----|-------------|------------------|---|
| | TPT | | Tijekom reza 103 dB; prosjek 40dB |
| | Iverač | | Tanji trupci 94dB; deblji 104dB |
| | Jarmača | | 92 dB |

Postojeći sustav mjera i tehničke opreme za nadzor postrojenja i emisija u okoliš

| | |
|--------------------------------------|--|
| Nadzirana emisija | |
| Mjesto emisije | |
| Mjesto mjerenja / mjesto uzorkovanja | |
| Metode mjerenja/uzorkovanja | |

| | |
|--|------------------------------|
| Učestalost mjerenja/uzorkovanja | jednom godišnje |
| Analitičke metode | |
| Tehničke karakteristike mjera | |
| Subjekt koji obavlja uzorkovanje ili mjerenje | Inspekcija i ovlaštena firma |
| Organizacija koja obavlja analize/laboratorij | |

Tvrtka 3 iz Gerova nalazi se, kao i prethodne dvije tvrtke, u Gorskom Kotaru. Kao i kod prve tvrtke, kapacitet je izražen u kubnim metrima godišnje, a iznosi između 57 000 m³/god i 60 000 m³/god. Tvrtka 3 bavi se proizvodnjom peleta, drvnih elemenata i lameliranih nosača. Tehnološke jedinice su stovarište, pilana, dio za proizvodnju sječke, postrojenje za proizvodnju lameliranih greda, postrojenje za proizvodnju peleta te kotlovnice i sušare. Postoje dvije kotlovnice i čak deset sušara.

U proizvodnom procesu koristi se više vrsta transportnih sredstava. U stovarištu se koriste tri utovarivača (Volvo 90, Volvo 120 i Volvo 4400) koji kao pogonsko gorivo koriste naftu odnosno dizel. Transportna sredstva u međuskladištu su tri bočna i tri čeona viličara koji kao pogonsko gorivo koriste naftu. Za promet se koriste dva Volvo kamiona i dva Mercedes kamiona koji također koriste naftu. U eko bilancu proizvodnje ove tvrtke ulazi i korištenje radioničkog autobusa. Osim svega navedenog, u postrojenju se koriste i dvije motorne lančane pile i to prosječno u trajanju od tri sata dnevno po svakoj pili.

Pored iverača celuloznog drva zapažena je povećana emisija drvne prašine. Gravimetrijskom metodom određivane su masene koncentracije respirabilne, inhalabilne i ukupne drvne prašine i one iznose redom 2,759 mg/m³, 6,25 mg/m³ i 5,969 mg/m³. Izloženost radnika pored iverača prekoračuje graničnu vrijednost izloženosti inhalabilnoj drvnoj prašini koja iznosi 3 mg/m³ prema novoj *Europskoj direktivi 2017/2398 o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i mutagenim tvarima na radu*.

Izvori buke u postrojenju su strojevi; tračna pila trupčara, iverač i jarmača. Najveću buku stvara iverač prilikom rada s debljim trupcima pri čemu nastaje buka jačine 104

dB. Za tanje trupce razina akustične buke je 94 dB. Slijedi tračna pila trupčara koji u procesu rezanja proizvodu buku jačine 103 dB, a inače mu je prosjek razine akustične buke 40 dB. Razina buke za jarmaču je 92 dB.

Za nadzor postrojenja zadužena je nadležna inspekcija i ovlaštena tvrtka, a isti se obavlja jednom godišnje.

4.2. Rezultati izračunavanja količine akumuliranog ugljika u proizvodu i drvnom ostatku

U tablici 11. prikazan je izračun akumuliranja ugljika u drvnj masi odnosno akumulirani ugljik u gotovom proizvodu te u drvnom ostatku za tvrtke T1, T2 i T3.

Tablica 11. Izračun količine akumuliranog ugljika, izvor: tvrtke koje su ustupile interne podatke

| VRSTE DRVA | GODIŠNJA POTROŠNJA DRVNE SIROVINE (m ³) | | | AKUMULIRANI UGLJIK U GOTOVOM PROIZVODU, tC | | | AKUMULIRANI UGLJIK U DRVNOM OSTATKU, tC | | |
|---------------|---|--------------|-------------|--|-------------|--------------|---|-------------|---------------|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 |
| J/S | 13109,33 | - | 36 000 | 1738,28 | - | 7560 | 1121,77 | - | 3024 |
| BU | 2897,33 | 13 000 | 18 000 | 500,4 | 2262 | 2088 | 339,83 | 1508 | 530,7 |
| HR | - | - | 6000 | - | - | 1740 | - | - | 696 |
| UKUPNO | 16006,66 | 13000 | 6000 | 2238,68 | 2262 | 11388 | 1461,6 | 1508 | 4250,7 |

Iz tablice je vidljivo kako je najveći potrošač drvne sirovine na godišnjoj razini tvrtka 3. Sukladno tome, ista je tvrtka najveći „proizvođač“ akumuliranog ugljika u drvnom proizvodu, ali i u drvnom ostatku. Zanimljiva je razlika akumuliranog ugljika u gotovom proizvodu za tvrtke 2 i 3 kada je riječ o bukvi. Usprkos većoj godišnjoj potrošnji drvne sirovine kod tvrtke 3., veća je količina akumuliranog ugljika u gotovom proizvodu i drvnom ostatku zabilježena za tvrtku 2.

4.3. Rezultati izračunavanja emisije ugljičnog dioksida od izgaranja fosilnih goriva

U tablici 12 prikazani su rezultati izračunavanja emisije ugljičnog dioksida od izgaranja fosilnih goriv za pogon vozila i prenosila u sve tri tvrtke. Riječ je o godišnjoj masi onečišćujuće tvari koju proizvode transportna vozila i prenosila koja se koriste za rad u proizvodnim pogonima analiziranih tvrtki. U svim tvrtkama za promatrana se vozila i prenosila koristi dizelsko gorivo. Što se tiče ukupne količine onečišćenja, najveći zagađivač okoliša je tvrtka 3. S obzirom na to da korištenje utovarivača u tvrtkama 1 i 3 može se napraviti usporedba količine onečišćenja i prema tome su podaci za tvrtku 3 značajnije veći. U prilog tome ide i činjenica da koriste tri utovarivača za razliku od tvrtke 1 koja koristi samo jedan, ali i taj jedan proizvodi manje onečišćenja od najslabijeg u tvrtki 3.

Tablica 12. Rezultati izračunavanja emisije ugljičnog dioksida, izvor: tvrtke koje su ustupile interne podatke

| NAZIV VOZILA (PRENOSILA) | POTROŠNJA FOSILNOG GORIVA | | | VRSTA GORIVA | ONEČIŠĆENJE tCO ₂ /god | | |
|-----------------------------|---|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------|
| | T1 | T2 | T3 | | T1,T2,T3 | T1 | T2 |
| Viličar | 1985,45 *10 ³ L/godišnje | 15 l/dan 20 l/dan | - | dizel | 50,18 | 10,41 13,87 | - |
| utovarivač | 60l/dan | - | 180 l/dan 100 l/dan 70 /dan | dizel | 41,62 | - | 124,88 108,39 48,56 |
| viličar bočni | - | - | 3x20 l/smjena | dizel | - | - | 108,39 |
| viličar čeonni | - | - | 3x15 l/smjena | dizel | - | - | 41,26 |
| Radnički autobus | - | - | 45 l/dan | dizel | - | - | 31,22 |
| kamion | - | - | 2x150l/dan | dizel | - | - | 325,19 |
| UKUPNO | | | | | 91,07 | 24,28 | 787,89 |

Najveću količinu emisije ugljičnog dioksida u razdoblju od jedne godine proizvedu kamioni Tvrtke 3. Između svih tvrtki i svih vozila ili prenosila, najmanju emisiju na

godišnjoj razini imaju viličari Tvrtke 2, Riječ je o emisiji 10,41 i 13,87 tCO₂/god što je zajedno u prosjeku gotovo deset puta manje od kamiona Tvrtke 3.

4.4. Rezultati izračunavanja onečišćenja spaljivanjem drvene tvari

Podaci prikazani u tablici 13 odnose se na izračunavanje onečišćenja spaljivanjem drvene tvari pri čemu su prikazane zasebne vrijednosti za svaku onečišćujuću tvar.

Tablica 13. Rezultati izračunavanja onečišćenja spaljivanjem drvene tvari, izvor: tvrtke koje su ustupile interne podatke

| | TVRTKA 1 | TVRTKA 2 | TVRTKA 3 |
|---|-------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Potrošeno drvnog otpada za ogrjev, t/god | BU 574 J/S 1 709 | BU 2 548 | J/S 4 608 BU 3 528 HR 936 |
| Vrste drva | BU,J/S | BU | BU, J/S, HR |
| Ogrjevna vrijednost, kJ/kg | BU 14 840 J/S 15 600 | 14 848 | Hr 14440 |
| Snaga kotla | 2 MW | 2x5,5MW | 2,5 MW+6MW |
| ISPUŠTANJA, kg/god | | | |
| <u>CO₂</u> | 3778458,24 | 4048594,19 | 14796113,63 |
| <u>SO₂</u> | 456,6 | 509,6 | 1814,4 |
| <u>No_x</u> | 3517,86 | 3781,23 | 13775,61 |
| <u>CO</u> | 70357,12 | 75624,64 | 275512,32 |
| <u>Dioksin i furan</u> | 0,000136 | 0,0001528 | 0,0003564 |
| <u>PAU</u> | 0,0002169 | 0,0002421 | 0,0008618 |
| <u>PM10</u> | 1407,14 | 1512,49 | 5510,246 |

Iz tablice 13. vidljivo je da je emisija svih navedenih štetnih tvari najveća kod Tvrtke 3 što je očekivani rezultat s obzirom da je ista tvrtka najveći potrošač drvnog otpada za ogrjev. Kod Tvrtke 3 vidljiv je i podatak o tome da je upravo snaga kotla (kotlova) te tvrtke najveća. Iako su prema podacima Tvrtke 1 i 2 u tom smislu manji zagađivači, treba uzeti u obzir da bi eventualno izjednačavanje potrošnje drvnog otpada za ogrjev u konačnici dalo drugačije rezultate kada bi se promatralo krajnje ispuštanje štetnih tvari u okoliš.

Ukupna godišnja bilanca za Tvrtku 1 iz podataka u tablicama 11, 12 i 13 pokazuje da se iz 16 000 m³ drvene sirovine proizvelo gotovih proizvoda (prozora i vrata) u kojima je akumulirano 2 238 tona ugljika pri čemu se u okoliš ispustilo 5 055 tona CO₂ izgaranjem fosilnog goriva i 3 779 kt CO₂ izgaranjem drvnog ostatka u ložištu.

U Tvrtci 2 se iz 13 000 m³ drvene sirovine proizvelo gotovih proizvoda (poluproizvoda za stolice i stolove) u kojima je akumulirano 2 262 tona ugljika pri čemu se u okoliš ispustilo 24 tona CO₂ izgaranjem fosilnog goriva i 4 049 kt CO₂ izgaranjem drvnog ostatka u ložištu.

U Tvrtci 3 se iz 6 000 m³ drvene sirovine proizvelo gotovih proizvoda (lameliranih nosača, peleta i pilanskih elemenata) s 11 388 tona akumuliranog ugljika pri čemu se u okoliš ispustilo 788 tona CO₂ izgaranjem fosilnog goriva i 14 796 kt CO₂ izgaranjem drvnog ostatka u ložištu.

4.5. Preporuke poboljšanja

Kako bi se moglo govoriti o budućim perspektivama i preporukama za poboljšanje, važno je utvrditi početno stanje i mogućnosti za daljnji rad.

Izvori emisije prašine u proizvodnim postrojenjima mogući su iz:

- skladištenja i rukovanja sipkim materijalom;
- materijala koji prijanja na vozila, prenosila i prometnice;
- nepravilnog brtvljenja.

Da bi se smanjila emisija prašine i onečišćenja u proizvodnim pogonima općenito, važno je poznavanje utvrđenih zaključaka o NRT (najboljim raspoloživim tehnikama) i mjere rukovanja krutim materijalima za smanjenje emisija prašine. Promatrane kategorije su: organizacijske, građevinske i tehničke.

Organizacijske:

- praćenje;
- plan razmještaja skladišnih prostora i rad unutar istih (zaposlenici zaduženi za planiranje i pogon; smanjenje prijevozne udaljenosti, prilagodba brzine kretanja

vozila, tvrde ceste, smanjenje područja izloženog udarima vjetra, planiranje postupaka prijenosa, punjenja i ispusta sipkog materijala);

- održavanje (tehnike sprječavanja/smanjenja);
- smanjenje područja izloženog udarima vjetra;
- čišćenje kontaminiranih površina (stara skladišta koja nisu u uporabi i sl.)

Građevinske:

- Silosi većeg volumena;
- Nadstrešnica ili krov;
- Kupole;
- Pokrovi koji se sami podižu;
- Silosi i spremnici;
- Zaštitni nasipi protiv vjetra, ograde ili posađena vegetacija.

Tehničke:

- Primjena zaštite protiv vjetra;
- Pokrivanje otvorenih skladišnih prostora, zatvaranje tračnih transportera pokretnih traka;
- Vlaženje materijala skladištenog na otvorenom.

U tablici 14 prikazane su različite mjere prevencije od izloženosti drvnoj prašini u proizvodnim postrojenjima. Riječ je o organizacijskim, tehničkim, administrativnim i higijenskim mjerama prevencije.

Tablica 14. Organizacijske, tehničke, administrativne i higijenske mjere prevencije od izloženosti drvnoj prašini

| ORGANIZACIJSKE MJERE |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • organiziranje planova provedbe mjera smanjenja izlaganja |
| <ul style="list-style-type: none"> • osiguravanje što manjeg broja izloženih radnika |
| <ul style="list-style-type: none"> • rotiranje radnika po radnim mjestima s ciljem izbjegavanja radnog mjesta gdje izloženost prekoračuje GV |
| <ul style="list-style-type: none"> • da rad nije normiran, ne traje više od 40 sati tjedno i ne sadrži prekovremene sate |
| <ul style="list-style-type: none"> • osiguravanje nadzora djelotvornosti odsisnih sustava jednom godišnje |
| TEHNIČKE MJERE |
| <ul style="list-style-type: none"> • uklanjanje drvene prašine lokalnim odsisom ili sustavom za odsis na mjestu nastajanja |
| <ul style="list-style-type: none"> • interna inženjerska kontrola izloženosti određivanjem masene koncentracije čestica na kriznim radnim mjestima |
| <ul style="list-style-type: none"> • primjena načina sigurnog skupljanja, skladištenja, rukovanja i transporta drvnom prašinom |
| <ul style="list-style-type: none"> • zatvoreni sustavi prerade i odsisavanja |
| <ul style="list-style-type: none"> • poštivanje zabrane metenja i provjetravanja zaprašenih prostorija ("čišćenja" komprimiranim zrakom) |
| ADMINISTRATIVNE MJERE |
| <ul style="list-style-type: none"> • informiranje nadležnih vlasti u slučaju incidenata i prekoračenja izloženosti |
| <ul style="list-style-type: none"> • osiguravanje određivanja izloženosti radnika karcinogenoj tvari na radnom mjestu |
| <ul style="list-style-type: none"> • educiranje radnika o štetnosti i upozorenja na opasnost |
| <ul style="list-style-type: none"> • zdravstveni nadzor radnika, preventivni pregledi prije početka rada i usmjereni pregledi jednom godišnje |
| <ul style="list-style-type: none"> • individualna evidencija mora se čuvati 40 godina nakon prestanka izlaganja radnika |
| HIGIJENSKE MJERE |
| <ul style="list-style-type: none"> • zabranjeno pušenje, držanje i konzumiranje hrane i pića u području gdje su radnici izloženi drvnoj prašini |
| <ul style="list-style-type: none"> • osiguravanje korištenja zaštitne odjeće i osobne zaštitne opreme |
| <ul style="list-style-type: none"> • osiguravanje adekvatne prostorije za pranje ili tuširanje |
| <ul style="list-style-type: none"> • postojanje prostorije za odlaganje zaštitne odjeće odvojeno od civilne odjeće |
| <ul style="list-style-type: none"> • osiguravanje popravljivanja i zamjene neispravne zaštitne opreme |
| <ul style="list-style-type: none"> • radnici ne smiju snositi troškove zaštitnih mjera |
| <ul style="list-style-type: none"> • redovito čišćenje radnih prostorija i prostora. |

Zaštitu na radu potrebno je definirati procjenom rizika i procjenom potrebe korištenja sredstava osobne zaštite na radu za pojedina radna mjesta.

5. ZAKLJUČAK

Predmet diplomskog rada vezan je uz eko bilancu procesa proizvodnje drvnog proizvoda. Riječ je o vrlo važnom, ako ne i ključnom procesu na kojem se temelji održivost i daljnji napredak u poslovanju drvne industrije u Republici Hrvatskoj. Proizvodnja drvnih proizvoda posebice je rasprostranjena na području gorske Hrvatske u kojoj se nalaze mnogobrojne tvrtke, a tri među njima ustupile su podatke vezane uz svoje poslovanje za potrebe izrade ovog diplomskog rada.

U teorijskom dijelu rada definirani su objedinjeni uvjeti zaštite okoliša kao i pojam eko bilance drvnog proizvoda uz nadopunu emisija štetnih tvari u okoliš. Empirijski dio rada temelji se na rezultatima dobivenim od prethodno spomenute tri tvrtke. Cilj rada je bio prikupiti podatke o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša i provesti izračune vezane uz akumulaciju ugljika u drvanoj masi, ispuštanje ugljičnog dioksida i monoksida u atmosferu te ostale onečišćujuće tvari iz ložišta na drvni ostatak.

Prema rezultatima istraživanjima vidljivo je kako svakodnevno dolazi do emisije štetnih tvari u radni okoliš, ali i u okoliš općenito. S druge strane, vidljivo je i kako se drvna industrija sve više pokušava prilagoditi zakonitostima koje pred njih stavlja provođenje politike održivog razvoja. Sve se više koristi tehnologija pomoću koje dolazi do smanjenja štetnih emisija u radni okoliš. No, i dalje je vidljivo kako se za pogon vozila i prenosila uglavnom koriste neobnovljivi izvori energije. Tek jedna tvrtka koristi se obnovljivim izvorima energije i tako smanjuje emisiju štetnih tvari u okoliš.

Iako je, u promatranom pogledu vidljiv napredak u proizvodnim pogonima drvne industrije, važno je reći da prostora za napredak još uvijek ima. Prijedlozi i mjere za poboljšanje to potvrđuju.

6. LITERATURA

1. Čavlović, A.O., 2018: Interna skripta iz kolegija Zaštita industrijskog okoliša, Šumarski fakultet, Zagreb.
2. Ivanović, Z., 2011: Metodologija znanstvenog istraživanja, Knjižara Um, Zagreb.
3. Kos, A., Horvat, D., Čavlović, J., Risović S., 2004: 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). Drvna industrija, Vol 55 (3); 129 – 137.
4. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08)
5. Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu (NN 155/08)
6. Uredba o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/2008)
7. Uredba o uključivanju organizacija u sustav upravljanja okolišem i neovisnog ocjenjivanja (NN 114/2008)
8. Uredba o okolišnoj dozvoli (NN 8/14; 5/18)
9. Pravilnik o registru onečišćenja okoliša (NN 35/2008, 87/2015)
10. Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 64/2008)
11. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12)
12. Uredba o GV emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 21/2007; NN 150/08)
13. Uredba o GV emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 171/2012, 87/2017)
14. Zakon o zaštiti na radu (NN 59/96; 100/04; 116/08; 75/09; 71/14)
15. Zakon o zaštiti na radu (NN 59/96; 100/04; 116/08; 75/09; 71/14)
16. Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07)

17. Zakon o zaštiti zraka (NN 178/04, 60/08) (NN 130/11)
18. Zakon o otpadu (NN 178/04, NN 111/06)
19. Priručnika za vođenje ROO, Agencija za zaštitu okoliša i prirode
20. Šumarska enciklopedija II. izdanje, 1980-1987, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb.
21. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike: URL: <https://mzoe.gov.hr/propisi-i-medjunarodni-ugovori-2393/2393> (13.9.2019)
22. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (Integrated Pollution Prevention and Control) Official Journal of the European Union L 334/17, 17/12/2010
23. Council Directive 2004/37/EC of 29 April 2004 on the protection of workers from the risk related to exposure to carcinogens or mutagens at work (sixth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Council Directive 89/391/EEC). Official Journal of the European Union L 158, 30/04/ 2004
24. Direktiva (EU) 2017/2398 Europskog parlamenta i vijeća od 12.12.2017. o izmjeni Direktive 2004/37/EZ o zaštiti radnika od izloženosti karcinogenim ili mutagenim tvarima na radu