

**VRSTE I KOLIČINE DOSTUPNOG PEPELA IZ DRVNE BIOMASE**

Doc.dr.sc. BOJAN MILOVANOVIĆ  
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

1. RADIONICA „Transformacija pepela iz drvene biomase u građevne kompozite dodavanjem vještinskoj”, Hrvatska gospodarska komora, 20. listopada 2017.

1

## TAREC<sup>2</sup>

### Uvod

- CILJ:**
  - dobiti uvid u razmjer problema koji se očituje u postojanju samog PDB-a.
- Utvrđivanjem **količina, vrsta i ovisnosti karakteristika PDB-a o tehnologiji energana na biomasu**

2

## TAREC<sup>2</sup>

### Uvod

- Promocija prednosti i mogućnosti proizvodnje energije (električne i/ili toplinske) u RH i EU
  - značajni porast broja energana na biomasu.**
- Postljedica
  - došlo je i do porasta količine pepela nastalog sagorijevanjem drvene biomase (PDB-a).**

3

## TAREC<sup>2</sup>

### Biomasa

- Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 100/15) i Direktiva o OIE **definiraju biomasu kao:**
  - biorazgradivi dio proizvoda, otpada i ostataka bioškog podrijetla** iz poljoprivrede (uključujući tvari biljnoga i životinjskoga podrijetla), **šumarstva i srodnih proizvodnih djelatnosti**, uključujući ribarstvo i akvakulturu, kao i biorazgradivi dio industrijskoga i komunalnoga otpada.

4

## TAREC<sup>2</sup>

### Podjela biomase

- Šumska biomasa i otpadno drvo
  - ostaci **od gospodarenja šumama** (drvni isječci, granje, lišće, kora, panjevi) i ostake **industrijske prerade drveta** (piljevinu, blanjevinu, drvena prašina), te oboljela stabla i devastirana šumska masa
- Poljoprivredna biomasa i ostaci
  - uključuje biljke i otpad životinjskog podrijetla (otpad nastao nakon žetve uroda)
- Energetski nasadi
  - namjenski uzgajanja drvena biomasa** namijenjena isključivo za dobivanje energije
    - biljke kratke ophodnje
      - topola, vrba

% ukupne biomase koja se koristi za proizvodnju energije  
Izvor: Grau et al. 2015.

5

## TAREC<sup>2</sup>

### Korištenje energije od biomase

- energane na krutu i plinovitu biomasu **predstavljaju najznačajniji obnovljivi izvor energije u EU**
  - Bez obzira na raspravu oko njihove stvarne održivosti
  - U 2014., energija iz biomase (107,212 ktoe) zaslужna za **61 % od sveukupno proizvedene energije iz OIE** - 10 % od konačne bruto potrošnje energije u EU
  - U 2015. udio biomase u ukupnoj proizvodnji energije iz OIE **63,5 %!**

Udio energije iz OIE u konačnoj bruto potrošnji energije 2014. (% ktoe)  
Izvor: Calderón 2016

Udio energije iz OIE u konačnoj bruto potrošnji za grijanje i hlađenje u 2015.  
Izvor: Calderón 2016

6

## TAREC<sup>2</sup>

### Korištenje energije od biomase

- u EU bilježi značajni rast od 2005.
  - za proizvodnju toplinske energije i električne energije
- Prema predviđanjima NAPOIE (Nacionalnih akcijskih planova zemalja članica za OIE)
  - predviđa se da će se rast nastaviti sa 86,5 Mtoe u 2012. godini do 110,5 Mtoe u 2020.

**U svijetu:**

- 8 – 15 % u ukupnoj potrošenoj energiji za grijanje i hlađenje, proizvodnju el. energije i transport

**Predviđanje:**

- do 2050. će 33 - 50 % ukupno proizvedene primarne energije u svijetu biti proizvedeno od biomase

Godina	Toplinska energija	Električna energija	Transport	Ukupno
2005	~65	~5	~0	~70
2012	~95	~10	~5	~110
2015	~105	~15	~10	~130
2020	~115	~20	~20	~155

Potrošnja biomase u zemljama EU za proizvodnju električne energije, toplinske energije i transport  
Izvor: European Commission 2014

7

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno društvo za znanost

## TAREC<sup>2</sup>

### Energane na drvnu biomasu

- TAREC<sup>2</sup> se bavi drvnim biomasom
  - **Drvna biomasa:** biomasa dobivena iz drveća, grmlja i žbunja (HRN EN 14588:2014)
  - o energani koja koristi izgaranje krute biomase i to samostalno izgaranje.

Postrojenje Hrast d.o.o. – Sestrinjana

Primer energetskog postrojenja na gorivo od biomase  
Izvor: Stulac, M.; Šaban, A. 2015

8

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno društvo za znanost

## TAREC<sup>2</sup>

### Osnovne vrste ložišta na biomasu

- Izgaranje na rešetku (Grate combustor)**
  - suvremena rješenja sustava izgaranja uključuju kontinuirano pomičnu i vodom hlađenu rešetku - provodi se vlažno otoprepljivanje s dna peći.
- Izgaranje u fluidiziranom sloju (Fluidised bed combustors)**
  - ložišta s izgaranjem u mješuričastom fluidiziranom sloju (bubbling fluidised bed – BFB)
  - ložišta s izgaranjem u cirkulirajućem fluidiziranom sloju (circulating fluidised bed – CFB)
  - **biomasa izgar u mješavini plina i sloju silikatnog pijeska (frakcija < 1 mm)**
- Izgaranje u letu (raspršujućem sloju) (Pulverised fuel combustors)**
  - koriste se za velika postrojenja i komunalne namjene, također i u sustavima gdje se biomasa suspenzuje s ugljenom

Primeri ložišta s flisnim rešetkom, izgaranjem u mješuričastom fluidiziranom sloju (engl. bubbling fluidised bed - BFB) te izgaranjem u cirkulirajućem fluidiziranom sloju (engl. circulating fluidised bed - CFB)  
Izvor: Wellens Fei Corp, Lončar et al. 2009.

9

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno društvo za znanost

## TAREC<sup>2</sup>

### Broj energana na biomasu

- Projekt „Basis BioEnergy“ utvrdio postojanje
  - sveukupno **4079 energana na biomasu** u EU28 zemljama
  - do kraja ožujka 2016. godine

Snaga postrojenja (MW)	Broj postrojenja
1-5MW	307
5-10MW	544
10-20MW	342
20MW+	364

Lokacije energana na biomasu u EU  
Izvor: Basis Bioenergy Project 2016

Elektrane	Toplane	Koprogeneracijska postrojenja
~300	~300	~300

Broj energana na drvnu biomasu (sjeku) u EU  
Izvor: Basis Bioenergy Project 2016

10

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno društvo za znanost

## TAREC<sup>2</sup>

### Broj energana na biomasu

- najveći broj energana nalazi se u Francuskoj, Austriji, Finskoj, Njemačkoj i Švedskoj
- u Hrvatskoj je gradnja i uspostavljanje energana na biomasu tek u začetku

Zemlja	Broj postrojenja
Francija	~550
Austrija	~150
Finska	~150
Njemačka	~150
Švedska	~150
Italija	~100
Češka	~100
Španija	~100
Irsko	~100
Poljska	~100
Portugalska	~100
Grčka	~50
Švicarska	~50
Malta	~50
Letonija	~50
Hrvatska	~10
Švedska	~10
Slovenija	~10
Švedska	~10

Broj energana u EU koje koriste drvnu biomasu (sjeku) kao gorivo po državama  
Izvor: Basis Bioenergy Project 2016

11

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno društvo za znanost

## TAREC<sup>2</sup>

### Broj energana na biomasu u RH

- Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05)
  - procijenjena količina šumarskog otpada 400.000 t/god,
  - dodatnih 300.000 t otpada/god. nastane u drvnoj industriji.
- Strategija energetskog razvoja RH (NN 130/09)
  - postavljen je cilj da će se do 2020. god. koristiti **oko 26 PJ** energije iz biomase, a dio te biomase upotrebljavat će se u elektranama na biomasu **ukupne snage 85 Mwe**
- Prijedlog strategije niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje do 2030. s pogledom na 2050. god (lipanj 2017.)

Godina	Instalirana snaga elektrana (MW)
2015.	25
2030.	140 - 150
2050.	170 - 280

Elektrane na krutu biomasu

12

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno društvo za znanost

## TAREC<sup>2</sup>

### Broj energana na biomasu u RH

- Dostupni podaci HROTE-a o povlaštenim proizvođačima električne energije (obnovljen 25.8.2017.)
  - postrojenja u radu koji koriste biomasu kao gorivo, imaju ukupnu instaliranu snagu od **28,955 MWe** (ukupno 14 postrojenja)
  - porast od 6 postrojenja snage 16,895 MWe u odnosu na 31.12.2014. godine
- U Registr OIEKPP uvedeno ukupno 126 postrojenja** na drvnu biomasu.
  - <https://oie-aplikacije.mzoe.hr/Pregledi/>

13

## TAREC<sup>2</sup>

### Pregled postojećih postrojenja na biomasu u HR

R. br.	Nositelj projekta	Postrojenje	Lokacija	Instalirana snaga [MW <sub>e</sub> ]	Instalirana snaga [MW <sub>t</sub> ]
1.	STRIZIVOJNA HRAST d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na bazi izgaranja drvene biomase "Strizivojna Hrast"	Strizivojna	3,000	13,460
2.	Univerzal d.o.o.	Energana Varaždin	Varaždin	2,740	14,950
3.	LIKA ENERGO EKO d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na biomasu LIKA ENERGO EKO	Udbina	1,000	4,100
4.	PELET GRUPA d.o.o.	Proizvodnja električne energije i kućnog peleta iz biomase	Novska	1,000	4,100
5.	UNI VIRIDAS d.o.o.	"VIRIDAS BIOMASS" 9,99 MW	Babina Greda	8,600	16,000
6.	Vrbovsko eko energija d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na biomasu Vrbovsko eko energija 1300 kwe	Vrbovsko	1,900	8,260
7.	BE-TO GLINA d.o.o.	Bioelektrana - toplana Glina	Glina	1,000	3,500
8.	PANA ENERGY d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje PANA I	Turopolje	1,000	4,600
9.	SLAVONIJA OIE d.o.o.	Kogeneracijsko postrojenje na bazi izgaranja drvene biomase SLAVONIJA OIE	Slavonski Brod	4,660	7,990
10.	SPIN VALIS INTERNACIONAL d.o.o.	Projekt SPIN VALIS 1525 kW <sub>e</sub>	Požega	1,525	4,000
11.	SERVICE and ENGINEERING INDUSTRY	Kogeneracijsko postrojenje 60 kW <sub>e</sub>	Bjelovar	0,060	0,160
12.	BENDIX d.o.o.	Izgradnja elektrane na biomasu-MARINA	Nijemci	0,300	0,576

Hrvatske električne mreže za potrošnju

## TAREC<sup>2</sup>

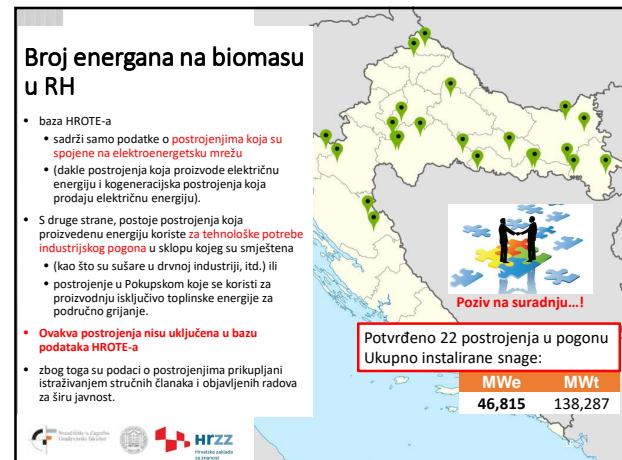
### Pregled postojećih postrojenja na biomasu u HR

R. br.	Nositelj projekta	Postrojenje	Lokacija	Instalirana snaga [MW <sub>e</sub> ]	Instalirana snaga [MW <sub>t</sub> ]
13.	SENSE ESCO BEČIĆE d.o.o.	Plinifikacijsko kogeneracijsko postrojenje na biomasu Bečiće 1	Bečiće	1,070	1,637
14.	DD Elektromont d.d.	DD-Elektro-500	Slavonski Brod	0,400	1,350
15.	HEP d.d.	Kogeneracijska elektrana na biomasu BE-TD Sisak	Sisak	3,000	10,000
16.	HEP d.d.	Kogeneracijska elektrana na biomasu BE-TD Osijek	Osijek	3,000	10,000
17.	Renetech Ogulin d.o.o.	Kogeneracija Ogulin	Ogulin	4,900	12,400
18.	Pana stolarija d.o.o.	Sušare	Cakovec	-	2,500
19.	Opcina Pokupsko	Područno grijanje na biomasu – Općina Pokupsko	Pokupsko	-	1,000
20.	SAVA d.o.o.	Izgradnja kogeneracijskog postrojenja na bazi izgaranja drvene biomase	Stara Gradiška	2,000	4,200
21.	Whitefield energy d.o.o.	Kogeneracijsko energetsko postrojenje na biomasu Bjelopolje	Bjelopolje (Korenica)	1,000	1,504
22.	Drvni Centar Glina d.o.o.	BE-TO Drvni Centar	Glina	4,660	12,000

**UKUPNO: 46,815 138,287**

15



## TAREC<sup>2</sup>

### Broj energana na biomasu u RH

- HROTE sklopio ugovor o otkupu električne energije, a postrojenja još nisu puštena u pogon, (s danom 25.8.2017.)
  - ukupna predviđena snaga **pd 85,823 MWe**
  - ukupno **53 postrojenja**
- 
- Procjena**
  - za postrojenja za koje je HROTE sklopio ugovor o otkupu električne energije, a još nisu puštena u pogon, (85,823 MWe)
  - biti će potrebno **osigurati oko 900.000 t** drvene biomase godišnje.

17

## TAREC<sup>2</sup>

### Godišnja potrošnja drvne sječke

Vrsta postrojenja	Snaga postrojenja	Vrsta biomase	Potrošnja biomase	Pretpostavka
Kondenzacijsko postrojenje s izgaranjem na rešetki,	20 MW <sub>e</sub>	Drvna sječka	<b>170.000 t</b>	Pogon u trajanju 8.000 sati godišnje te prosječna vlažnost sječke od 35 %. Prosječna iskoristivost proizvodnje električne energije 32 %
Kogeneracijsko postrojenje	5,6 MW <sub>e</sub> /10 MW <sub>th</sub>	Drvna sječka	<b>&gt; 55.000 t</b>	Tijekom godine dana
Kogeneracijsko postrojenje	1 MW <sub>e</sub> / 5 MW <sub>th</sub>	Drvna sječka ili piljevinu	<b>&gt; 15.000 t</b>	Tijekom godine dana
Kogeneracijsko postrojenje s rasplinjavanjem	0,9 MW <sub>e</sub> / 1,6 MW <sub>th</sub>	Drvna sječka	<b>&lt; 8.000 t</b>	7500 sati kontinuiranog pogona na nazivnoj snazi Ivor Lončar et al. 2009

Godišnja potrošnja drvne sječke ovisno o vrsti i snazi postrojenja

Ivor Lončar et al. 2009

Količina potrebne drvne sječke ovisi i o ogrjevnoj vrijednosti drvne sječke.

18

## Raspoložive količine drvne biomase u EU

**TAREC<sup>2</sup>**

- 103,3 Mtoe (od čega je **95,7 Mtoe** proizvedeno na teritoriju EU)
  - ukupna zaliha biomase za proizvodnju električne i toplinske energije u EU27 2012. godine
- Prema predviđanjima NAPOIE zemalja članica
  - predviđa se **porast proizvodnje** biomase za gotovo **37%**
  - do 2020. godine ona biti jednaka **132 Mtoe**

Godina	Mtoe
2012	~95,7
2015	~103,3
2020	~132

Količina raspoložive biomase u zemljama EU za proizvodnju električne energije i toplinske energije  
Izvor: European Commission, 2014

Sumarstvo Poljoprivreda Otpad

19

**HRZZ** Hrvatsko založilo za znanost

## Raspoložive količine drvne biomase u RH

**TAREC<sup>2</sup>**

- ukupna površina šuma i šumskih zemljišta u RH iznosi 2.688.687 ha što je **47 % kopnene površine države**
- RH **ima veliki potencijal iskorištenja** drvne biomase nastale prilikom procesa gospodarenja šumama kao i ostataka industrijske prerade drva

Izvor	tona/god
Hrvatske šume d.o.o.	830.000
Drvna industrija	500.000
Privatne šume	200.000
<b>UKUPNO:</b>	<b>1.530.000</b>

Procijenjeni potencijal tržišta drvene biomase u Hrvatskoj 2013. godine  
Izvor: Pavelić, Kurč 2013

20

**HRZZ** Hrvatsko založilo za znanost

## Raspoložive količine drvne biomase u RH

**TAREC<sup>2</sup>**

- većina godišnjeg etata **koncentrirana na 5 vrsta drveća**
  - ukazuje na relativno **ujednačenu drvnu biomasu** u energetama
  - Posledično: **ujednačen kemijski sastav PDB-a** s obzirom na vrste koje se spaljuju
  - Etat je količina drvne zalihe ili površina šume predviđena za sječu.

Vrsta drveća	Postotak
Bukva	36%
Luznjak	20%
Kritjak	12%
Obljni grab	10%
Jela	9%
Pojski jelen	8%
Smreka	5%
Ostalo	2%

Drvna zaliha prema vrstama u Hrvatskoj  
Izvor: Hrvatske šume, "Šume u Hrvatskoj," 2017.

Vrsta drveća	Postotak
Bukva	36%
Luznjak	27%
Kritjak	13%
Obljni grab	9%
Jela	9%
Ostalo	6%

Godišnji etat u šumama kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o.  
Izvor: Hrvatske šume, "Šume u Hrvatskoj," 2017.

21

**HRZZ** Hrvatsko založilo za znanost

## Pepeo od drvne biomase (PDB)

**TAREC<sup>2</sup>**

- neizgorivi kruti **ostatak** koji nastaje nakon potpunog izgaranja drvne biomase i koji sadrži najveći dio mineralnih frakcija koje potječe iz biomase.
- PDB je **kompleksna mješavina anorganskog i organskog sastava**
  - veliki broj spojeva,
  - sastav može znatno varirati
- **Sadržaj pepela može ovisiti o:**
  - vrsti biomase
  - načinu prikupljanja biomase
  - temperaturi toplinske obrade
  - vrsti i hidrodinamici kotla

22

**HRZZ** Hrvatsko založilo za znanost

## Pepeo od drvne biomase (PDB)

**TAREC<sup>2</sup>**

- može se podijeliti na
  - **pepeo s dna peći** (ložišni pepeo) i
  - **leteći pepeo**
    - Leteći pepeo krupnije frakcije (veličine nekoliko  $\mu\text{m}$ )
    - Leteći pepeo finih frakcija (tzv. aerosola) (veličine  $< 1 \mu\text{m}$ )

Shematski prikaz mjesto prikupljanja pepela na primjeru postrojenja s izgarajem na rešetki  
Izvor: Biedermann, Obernberger 2005

23

**HRZZ** Hrvatsko založilo za znanost

## Pepeo od drvne biomase (PDB)

**TAREC<sup>2</sup>**

- Specifično je za **ložišta s izgaranjem u fluidiziranom sloju (BFB i CFB)** da se pepeo s dna peći sastoji od dvije frakcije, fine i krupne.
  - fini pepeo s dna peći (koji prolazi kroz sita) se sastoji od **značajne količine kvarcnog pjeska**,
  - pepeo krupe frakcije koji ostane na situ često se sastoji od velike količine **nečistoća koje karakteriziraju biomasu**, poput kamenja
- Za ilustraciju:
  - u Studiji utjecaja na okoliš izgradnje TE na biomasu snage 20 MWel u Koprivničkom Ivancu **predviđena je potrošnja kvarcnog pjeska od približno 40 t/tjedno**.

24

**HRZZ** Hrvatsko založilo za znanost

## Kemijski sastav PDB-a

**TAREC<sup>2</sup>**

Skupina utjecaja	Proces formiranja	Mjesto formiranja	Vrijeme formiranja
Primarna	Prirodni	Biomasa	Prije i tijekom rasta biljke te nakon sjče
Sekundarna	Antropogeni (tehnogeni)	Tehnologija izgaranja	Tijekom izgaranja
Terciarna	Prirodni	Postrojenje za transport i deponija pepela	Tijekom transporta i skladištenja pepela

Skupine utjecaja koje doprinose kemijskom sastavu pepela od biomase  
Izvor: Vassilev et al. 2013

- iz terciarne skupine utjecaja vidljivo da pepelo iz biomase prolazi određene kemijske procese i tijekom njegovog prikupljanja te deponiranja

25

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno za mjerodavstvo

## Kemijski sastav PDB-a

**TAREC<sup>2</sup>**

- udio pojedinih kemijskih spojeva različit ovisno o tehnologiji ložišta

Na primjer:

- Ca** veći za PDB iz ložišta s izgaranjem na rešetki
- SiO<sub>2</sub>** veći za PDB iz ložišta s izgaranjem na CFB-u

Izvor: Vassilev et al. 2013

26

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno za mjerodavstvo

## Količina PDB-a koji se generira u energanama na biomasu

**TAREC<sup>2</sup>**

- Najveći utjecaj na količinu PDB-a ima **vrsta drvne biomase** koja se koristi, vlažnost i dijelovi drveta (kora, stablo, grane,...)
- Uobičajeno se kod izgaranja **1t** drvne biomase proizvede se oko 5 MWh energije,
- ali i **20–50 kg pepela s dna peći i letećeg pepela**

	Vrsta biomase	Udio pepela [maseni %]
Grab	Suha piljevinica, sitni drveni ostatak	0,28
Joha	Zračno suha sjekla, srednje veliki čip	0,79
	Zračno suha kora, srednje krupne pločice	6,1
Topola	Zračno suha piljevinica, fin prah	0,79
	Zračno suha blanjevinica, krupni čip	1,51
	Suha piljevinica, srednje veliki komadi	1,81
Bukva	Zračno suha sjekla, krupni čip	1,81
	Suha piljevinica od preraze, sitnije pločice	0,80
Breza	Zračno suha kora, sitnije pločice	6,94
	Zračno suha kora, sitnije pločice	4,94
Topola-joha-lipa	Biomasa za kotao, nehomogena	1,85
Rast	Friška sjekla/Suha sjekla/Friška piljevinica	0,43

Izvor: Raguzin, 2011

27

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno za mjerodavstvo

## Količina PDB-a koji se generira u energanama na biomasu

**TAREC<sup>2</sup>**

Vrsta pepela	Vrsta biomase		
	Kora (% mase suhe tvari)	Drvna sjekla (% mase suhe tvari)	Slama (% mase suhe tvari)
Pepeo s dna peći	65 – 85	60 – 90	80 – 90
Leteći pepeo krupnije frakcije	10 – 25	10 – 30	2 – 5
Leteći pepeo finije frakcije	2 – 10	2 – 10	5 – 15

Prosječna distribucija mase proizvedenog pepela od biomase u postrojenjima s izgaranjem na ložištu s rešetkom - prema vrstama pepela i vrsti biomase

Izvor: Obernberger, Supanic 2009

28

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno za mjerodavstvo

## Količina PDB-a u svijetu

**TAREC<sup>2</sup>**

### PDB u EU

- $5,6 \times 10^6$  tona (2005. godine)
- $15,5 \times 10^6$  tona godišnje (do 2020. godine)

Zemlja	Pepeo dobiven spaljivanjem drvenog otpada ( $\times 10^6$ t/god)	Pepeo dobiven spaljivanjem drvenog otpada ( $\times 10^6$ t/god)
Kina	1,20 – 2,40	9,50 – 19,10
Brazil	1,10 – 2,20	1,40 – 2,70
SAD	1,04 – 2,10	0,99 – 2,00
Rusija	0,63 – 1,30	1,99 – 4,00
Francuska	0,61 – 1,20	0,28 – 0,57
<b>UKUPNO</b>	<b>350</b>	<b>&gt;32</b>
Austrija	100	422,5
Danska	1,41	26
Finska	82,83	252,5
Njemačka		
Irска		
Nizozemska		
Norveška		
Švedska		

Indikativne vrijednosti o količinama PDB-a proizvedenog u odabranim zemljama Europe  $\times 10^6$  t/god

Izvor: Van Eijk et al. 2012

29

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno za mjerodavstvo

## Količina PDB-a u RH - Procjena

**TAREC<sup>2</sup>**

Procjena godišnje potrošnje drvene biomase	Procjnjena godišnja količina PDB-a		
	Optimistični scenarij 1% udjela pepela	Realni scenarij 3% udjela pepela	Pesimistični scenarij 5% udjela pepela
400.000 t/god (s obzirom na instaliranu snagu postrojenja od 46,815 MW <sub>n</sub> u srpanju 2017.)	4.000 t/god	12.000 t/god	20.000 t/god
900.000 t/god (s obzirom na instaliranu snagu postrojenja s kojima je HROTE sklopio ugovor o cekupu električne energije do veljače 2016. od 85.823 MW <sub>n</sub> )	9.000 t/god	27.000 t/god	45.000 t/god
830.000 t/god Ukupni potencijal drvene mase Hrvatskih šuma d.d.	8.300 t/god	24.900 t/god	41.500 t/god
1.530.000 t/god Ukupni potencijal drvene biomase u Hrvatskoj	15.300 t/god	45.900 t/god	76.500 t/god

30

**HRZZ** Hrvatsko znanstveno založno za mjerodavstvo

## Katalog otpada

**TAREC<sup>2</sup>**

- Pravilnik o katalogu otpada (NN 90/15),
  - klučni broj 10 definira „Otpad iz termičkih procesa“,
  - 10 01 - otpad iz termoelektrana i ostalih postrojenja u kojima se odvija sagorijevanje (osim 19)
- PDB se može klasificirati kao otpad** pod sljedećim klučnim brojevima
  - s obzirom na kemijski sastav PDB-a,
  - tehnologiju izgaranja (u ložištima s rešetkom ili u fluidiziranom sloju (BFB ili CFB)) te vrstu PDB-a koji se promatra (pepeo s dno peći ili leteći pepeo),

Klučni broj	Opis
10 01 01	Taložni pepeo, šljaka i prašina iz kotla (osim prašine iz kotla navedene pod 10 01 04*)
10 01 03	Lebdeći pepeo od izgaranja treseta i neobradenog drva.
10 01 14*	Šljaka s rešetki ložišta, šljaka i prašina iz kotla od suspaljivanja, koje sadrže opasne tvari
10 01 15	Pepeo s rešetki ložišta, talog i prašina iz kotla od suspaljivanja, koji nisu navedeni pod 10 01 14*
10 01 24	Pijesak nastao pri transportu krutih materijala pomoću tekućine.

**HRZZ** Hrvatska zadržava za znanost

31

## Registar onečišćavanja okoliša (ROO)

**TAREC<sup>2</sup>**

- Proizvedene količine pepela prijavljene u ROO
- Ivor: obrasci PL-PPD 2014, PL-PPD 2015, PL-PPD 2016, ROO 2017, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu

Klučni broj	2014 (t)	2015 (t)	2016 (t)
Ukupno	~1300	~1850	~1200
10 01 01	~1250	~1700	~850
10 01 03	~50	~50	~50
10 01 15	~100	~200	~250

**HRZZ** Hrvatska zadržava za znanost

32

## Potencijalne opasnosti za okoliš i zdravlje ljudi vezani uz PDB

**TAREC<sup>2</sup>**

Vrsta PDB-a	Element	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	
Pepeo s dna peći	Pepeo s dna peći	0,2-3	0,4-0,7	0-7	>60	15-300	<0,4	2500-	5500	250	60	120	1000
Leteći pepeo	Pepeo s dna peći	1-60	6-40	3-200	40-250	~200	0-1	6000-	9000	100	1000	30	700

Udio teških metala u pepelu s dna peći i letećem pepelu  
Ivor: Pitman 2006

- povećan rizik za zdravlje i sigurnost ljudi [tijekom prijevoza i rukovanja letećim pepelom](#) iz drvene biomase zbog mogućeg [udisanja](#) sitnih čestica letećeg PDB-a

Potrebitno osigurati strogo kontrolirano:

- priklupljanje biomase kao goriva za proizvodnju električne i toplinske energije
- odlaganje ili uporabu proizvedenog PDB-a

**HRZZ** Hrvatska zadržava za znanost

33

## Odlaganje PDB-a

**TAREC<sup>2</sup>**

- Austrija 2007. godine
  - gotovo **50 % (170.000 t)** PDB-a bilo odloženo na odlagališta.
- EU
  - 70 % PDB-a odlaze**,
  - 20 % se nastoji primijeniti kao dodatak tlu u poljoprivredi i 10 % za ostale namjene.
- Trenutna praksa odlaganja PDB-a u Europi uzrokuje finansijske i materijalne gubitke** kao i dodatno opterećenje za okoliš
  - Troškovi upravljanja PDB-om su između 200 i 500 EUR/t
  - U Hrvatskoj se PDB zbrinjava po cijeni od cca 350 kn/t (Komunalac d.o.o. Vukovar) na više...
    - otpad s klučnim brojevima 10 01 01 i 10 01 03

**HRZZ** Hrvatska zadržava za znanost

34

## Zaključak

**TAREC<sup>2</sup>**

- Velike količine PDB-a
- Odlaze se na odlagališta
- Trošak za postrojenja
- Moguće koristiti u poljoprivredi, ali postoje problemi
- Nužan pronalazak načina i metoda za korištenje potencijala PDB-a koji su ekološki prihvatljivi i ekonomski opravданi.**
- Kemijski sastav promjenjiv – potrebna istraživanja za primjenu u graditeljstvu

**HRZZ** Hrvatska zadržava za znanost

35

## HVALA NA POZORNOSTI!

**TAREC<sup>2</sup>**

email: [bmilovanovic@grad.hr](mailto:bmilovanovic@grad.hr)  
[www.grad.hr/tarec](http://www.grad.hr/tarec)

Projekt „Transformacija pepela iz drvene biomase u građevne kompozite s dodanom vrijednošću - TAREC<sup>2</sup>“ (IP-06-2016) je finansiran od strane Hrvatske zadržave za znanost.

**HRZZ** Hrvatska zadržava za znanost

36