Recikliranje građevinskog otpada na stacionarnom postrojenju Prudinec

Buti, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:950815

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

Recikliranje građevinskog otpada na stacionarnom postrojenju Prudinec

Diplomski rad

Lucija Buti
R-186

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

RECIKLIRANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA NA STACIONARNOM POSTROJENJU PRUDINEC

LUCIJA BUTI

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

Građevinska industrija je najveći proizvođač građevinskog otpada. Procjenjuje se da u Hrvatskoj nastaje oko 2,5 milijuna tona građevinskog otpada i samo se 7% od toga reciklira. Postrojenje Prudinec koje se nalazi na Jakuševcu je jedino stacionarno postrojenje za recikliranje građevinskog otpada u RH. Europske direktive nalažu da se do 2020. godine oporabi do 70% građevinskog otpada. U ovom diplomskom radu su provedena laboratorijska istraživanja koja su provedena na otpadu uzorkovanom na postrojenju za obradu građevinskog otpada Prudinec. Otpad koji je ispitan bio je asfalt i beton klase -63 mm. Ispitivanje je pokazalo da je najzastupljenija klasa 63/32 mm s masenim udjelom od 43,13%, te da nema značajne razlike u gustoći lake i teške frakcije dobivene gravitacijskom koncentracijom.

Ključne riječi: građevinski otpad, stacionarno postrojenje, recikliranje, laboratorijska istraživanja, postrojenje Prudinec

Diplomski rad sadrži: 35 stranica, 4 tablice, 14 slika, 72 reference

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc. Gordan Bedeković, red. profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Gordan Bedeković, red. profesor RGNF
Dr.sc. Biljana Kovačević Zelić, red. profesor RGNF
Dr.sc. Tomislav Korman, docent RGNF

Datum obrane: 28.09.2018., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

RECYCLING CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE ON STATIONARY PLANT PRUDINEC

LUCIJA BUTI

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Institute of Mining and Geotehnical engineering
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

Construction industry is the biggest producer of construction and demolition waste. In Croatia, it is estimated that around 2.5 million tonnes of construction waste is produced yearly and only 7% is recycled. Plant Prudinec, placed on Jakuševac, is the only one stationary plant for recycling construction and demolition waste in Croatia. European directives require that the construction and demolition waste must be recycled up to 70% by the year 2020. In this master's thesis laboratory tests were made on waste material from stationary plant Prudinec. Material consisted of asphalt and concrete, grain size of -63 mm. Test results showed that dominant grain size was 63/32 mm with mass fraction of 43,13% and that there is no significant difference in density between light and heavy fraction obtained with gravity separation.

Keywords: construction waste and demolition waste, stationary plant, recycling, laboratory tests, plant Prudinec

Thesis contains: 35 pages, 4 tables, 14 figures, and 72 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Gordan Bedeković, Full Professor

Reviewers: PhD Gordan Bedeković, Full Professor
PhD Biljana Kovačević Zelić, Full Professor
PhD Tomislav Korman, Assistant Professor

Date of defense: September 28, 2018., Faculty of minig, geology and petroleum engineering, University in Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PROBLEMATIKA OTPADNOG GRAĐEVINSKOG MATERIJALA 2
2.1. GRAĐEVINSKI OTPAD 2
2.2. PODJELA GRAĐEVINSKOG OTPADA 3
2.3. NAČINI OBRADE GRAĐEVINSKOG OTPADA 5
2.3.1. OBRADA GRAĐEVINSKOG OTPADA PREMA EUROPSKOJ UNIJI 5
2.3.2. SUVREMENI SUSTAV RAZVRSTAVANJA GRAĐEVINSKOG OTPADA 6
2.3.3.RECILKIRANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA 7
2.3.4. POSTROJENJA ZA OBRADU GRAĐEVINSKOG OTPADA 8
3. OBRADA GRAĐEVINSKOG OTPADA PRUDINEC 9
3.1. RADNA JEDINICA RECIKLIRANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA (RGO) 9
3.2. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA OBRADE GRAĐEVINSKOG OTPADA NA RGO 10
3.3. MJERE ZAŠTITE NA POSTROJENJU PRUDINEC 13
4. PROVEDBA I REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA 15
4.1. PRIPREMA I GRANULOMETRIJSKA ANALIZA UZORKA 15
4.1.1. PRIPREMA UZORKA 15
4.1.2. GRANULOMETRIJSKA ANALIZA 15
4.1.3. DISKUSIJA REZULTATA 16
4.2. JEDINIČNI PROCESI ODABRANI S OBZIROM NA DOBIVENE KLASE 17
4.2.1. DROBLJENJE U UDARNOJ DROBILICI 17
4.2.1.1. Opis uređaja 17
4.2.1.2. Opis postupka 18
4.2.1.3. DISKUSIJA REZULTATA 20
4.2.2. GRAVITACIJSKA KONCENTRACIJA – SPIRALNI ŽLIJEB 21
4.2.2.1. Uređaj i postupak 22
4.2.2.2. Rezultati 24
4.2.2.3. DISKUSIJA REZULTATA 24
4.2.3. ODREĐIVANJE GUSTOĆE ČESTICA UZORKA PIKNOMETRIRANJEM 25
4.2.3.1. Aparatura 25
4.2.3.2. Opis postupka 25
4.2.3.3 Priprema uzorka 26

4.2.3.4. Proračun 27
5. ZAKLJUČAK 28
6. LITERATURA 29

POPIS SLIKA:

Slika 2-1.Podjela građevinskog otpada u RH.....10

Slika 2-2.Hijerarhija gospodarenja otpadom.....11

Slika 2-3.Suvremeni sustav razvrstavanja građevinskog otpada.....12

Slika 3-1.Segregacijska shema tehnološkog procesa obrade građevinskog otpada.....17

Slika 3-2.Prihvatni bunker i čeljusna drobilica.....18

Slika 3-3. Bubnjasti magnetski separator za izdvajanje magnetične komponente.....18

Slika 3-4.Udarna drobilica.....19

Slika 4-1.Dijagram granulometrijskog sastava ulaznog uzorka.....22

Slika 4-2.Laboratorijska udarna drobilica IZ-0.....24

Slika 4-3.Dijagram granulometrijskog sastava izdrobljenog materijala.....27

Slika 4-4.Spiralni žlijeb:raspored zrna u poprečnom presjeku žlijeba.....28

Slika 4-5.Humpreysova spirala.....29

Slika 4-6.Piknometar.....31

Slika 4-7.Postupak piknometriranja.....32

POPIS TABLICA:

Tablica 4-1.Rezultati granulometrijske analize ulaznog materijala.....22

Tablica 4-2.Rezultati granulometrijske analize izdrobljenog materijala.....25

Tablica 4-3.Rezultati koncentracije u Humprehsovoj spirali.....30

Tablica 4-4.Mase „lake“ i „teške“ frakcije spiralnog žlijeba.....32

Tablica 4-5 Mase klasa (+0,5 i -0,5) dobivene sijanjem nakon mljevenja.....32

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA:

$\rho_č$-gustoća uzorka (g/m^3)

m-masa uzorka (g)

p-masa piknometra s vodom (g)

z-masa piknometra s uzorkom i vodom (g)

m_1-masa praznog piknometra (g)

m_2-masa piknometra s uzorkom (g)

m_3-masa piknometra s uzorkom i vodom (g)

m_4-masa piknometra s vodom (g)

I-maseno iskorištenje (%)

m-masa „lake“ frakcije (g)

m_{ul}-masa ulaznog uzorka (g)

1. UVOD

Građevinska industrija je najveći proizvođač građevinskog otpada. U Hrvatskoj se procjenjuje da nastaje oko 2,5 milijuna tona građevinskog otpada, od čega se reciklira samo oko 7% (Bjegović, 2008). Recikliranjem se smanjuje eksploatacija primarnih sirovina, energija potrebna za preradu sirovina i količina otpada za odlaganje na odlagalištu. Na taj način se i smanjuje utjecaj na okoliš, odnosno na tlo, zrak i vodu, te na biljni i životinjski svijet, utjecaj na ljudsko zdravlje i utjecaj na zalihe pitke vode koje se nalaze u podzemnim vodama.

Od ukupne količine građevinskog otpada u Hrvatskoj, najveći dio nastaje u gradu Zagrebu gdje se nalazi jedino stacionarno postrojenje za obradu građevinskog otpada u RH, dok se u ostalim dijelovima RH građevinski otpad obrađuje mobilnim postrojenjima. Građevinski otpad u Zagrebu se sastoji se od zemlje i kamenja (93 %), te metala (6%), nešto miješanog građevinskog otpada i otpada od rušenja (1%), te betona, cigle, pločica i materijala na bazi gipsa (do 0,1%) (Bjegović, 2008).

S obzirom na sastav građevinskog otpada postavljen je i tehnološki proces njegovog recikliranja stacionarnim postrojenjem. Prije same obrade građevinskog otpada potrebno je što točnije odrediti sastav, količinu, vrstu i tok građevinskog otpada.

U ovom diplomskom radu obrađen je način recikliranja građevinskog otpada na stacionarnom postrojenju Prudinec koje se nalazi na Jakuševcu. Pojasniti će se shema tehnološkog procesa obrade građevinskog otpada, laboratorijski će se ispitati otpad koji se obrađuje na postrojenju Jakuševac te će se na osnovu dobivenih rezultata donijeti zaključak.

Utvrdit će se radi li postrojenje dovoljno učinkovito po pitanju propisanih vrijednosti recikliranog materijala koje su donešene uredbama i pravilnicima EU.

Očekivanja su da postrojenje radi dovoljno učinkovito i da će se s vremenom postignuti što veći udio recikliranog građevinskog otpada kojem se teži u budućnosti kako bi bilo što manjeg utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi.

2. PROBLEMATIKA OTPADNOG GRAĐEVINSKOG MATERIJALA

2.1. GRAĐEVINSKI OTPAD

Građevinski otpad, odnosno njegove količine nastaju ovisno o broju stanovnika, u procesima izgradnje novih objekata i rušenja starih, zatim pri rekonstrukciji cesta, mostova i slično. Količina građevinskog otpada na nekom području može se procijeniti prema nizu značajki kao što su: porast stanovnika, dozvoljeni trend izgradnje novih objekata i rušenja starih objekata, vrsti objekata za građenje odnosno rušenje, procjene vezane za odlaganje otpada, prošli, sadašnji i budući trendovi, planiranje za sadašnji odnosno budući maksimalni broj stanovnika.

Građevinski otpad se sastoji od 75% iskopanog materijala zajedno sa zemljom s onečišćenih/kontaminiranih lokacija, 15-25% je otpad od rušenja i gradnje objekata i 5-10% su asfalt, beton i katran. Najveći dio građevinskog otpada je inertan (95%), odnosno ne podliježe fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama, što znači da se ne otapa, kemijski ne reagira, nije zapaljiv, te se ne razgrađuje biološkim putem. To je uglavnom otpad od keramike, rušenja zgrada, žbuka, gips, razbijeni beton, željezo, čelik, ostale kovine, drvo, plastika, papir i dr. Međutim, prema *Strategiji gospodarenja otpadom Republike Hrvatske* (NN 130/2005) građevinski otpad može se sastojati i od opasnih tvari kao što su asfaltno vezivo ili otpad koji sadrži azbest, što traži posebnu kontrolu i obradu.

Polovica građevinskog otpada završi na odlagalištima komunalnog otpada, što rezultira povećanjem troškova sanacije odlagališta, zauzima se veći volumen odlagališta, zauzimaju se nove površine za odlaganje te se stvara potreba za povećanjem eksploatacije primarnih mineralnih materijala, iako se može ponovno upotrijebiti 80% građevinskog otpada. Prema *Planu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015.* (NN 85/2007) reciklira se ukupno 7% građevinskog otpada, a 11% se izdvoji kao sekundarna sirovina (Narodne Novine, 2007).

Prema Europskoj direktivi 2008/98/EC, sve države članice EU dužne su poduzeti potrebne mjere koje se odnose na ponovnu upotrebu, recikliranje minimalno 70% građevinskog otpada do 2020.godine, izuzevši zemlju i kamenje pod ključnim brojem 17 05 04 (European Commission Enviroment, 2018).

Europska komisija donijela je 2016. godine Protokol gospodarenja građevinskog otpada i otpada od rušenja, kako bi se olakšalo javnim vlastima, certificiranim upravnim tijelima u gospodarenju građevinskog otpada na pravilan način. To se odnosi na hijerarhiju gospodarenja otpadom, s prioritetom prevencije odnosno sprečavanja nastanka otpada, zatim ponovne upotrebe, kao najbolje opcije, a potom dolaze procesi recikliranja i oporabe, kako bi se povećala učinkovitost pravilnog gospodarenja građevinskog otpada, odnosno otpada općenito sa što manjim utjecajem na okoliš i ljude (European Commission Enviroment, 2018).

Također, EU donosi i tzv., vodiče za provjeru prije rušenja zgrada gdje se prije samog postupka rušenja ili renovacije provodi inspekcija, odnosno provjera postoje li materijali koji bi se mogli ponovno upotrijebiti ili materijali koji sadrže opasne tvari. Na taj način se osigurava siguran postupak rušenja ili renovacije, te se osigurava zaštita radnika i pravilan način zbrinjavanja građevinskog otpada (European Commission Enviroment, 2018).

2.2. PODJELA GRAĐEVINSKOG OTPADA

Građevinski otpad se može podijeliti s obzirom na mjesto nastanka ili prema vrsti najzastupljenije komponente.

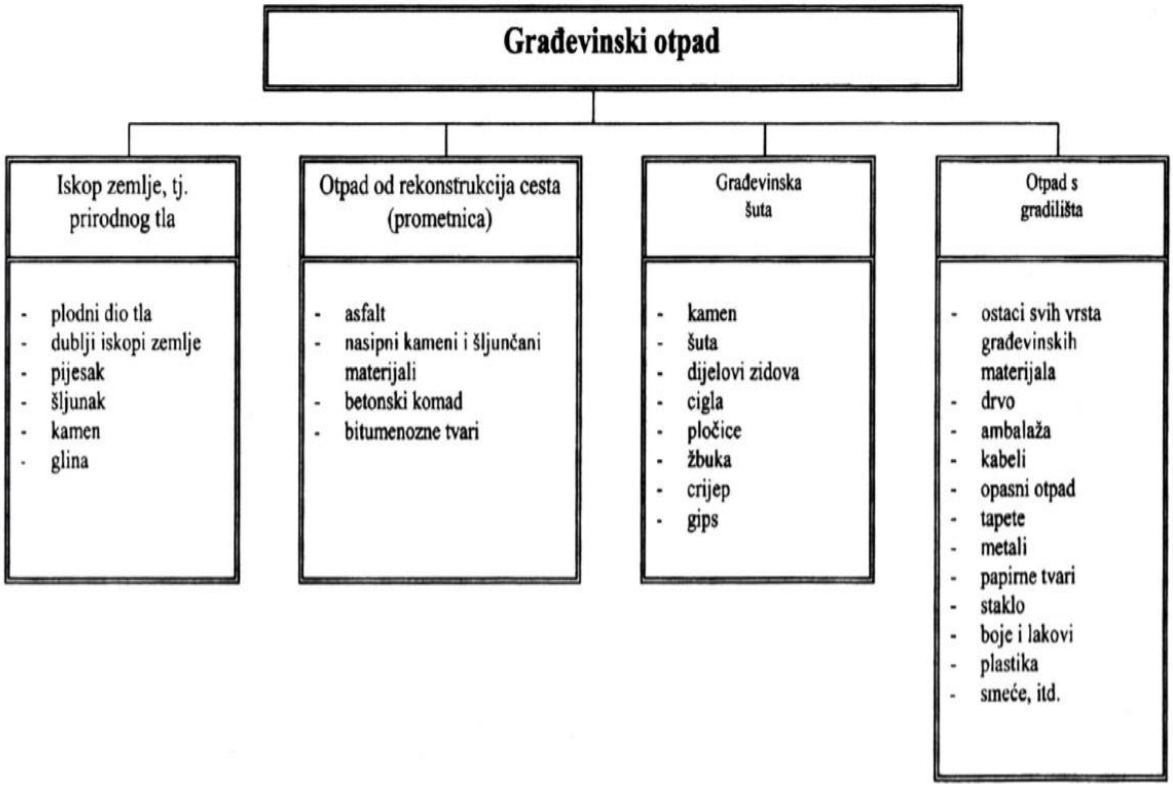
Vrste građevinskog otpada definirane su Uredbom o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada pod ključnim brojem 17 prema *Planu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015.* (NN 85/2007).

Vrste materijala koje se mogu javiti u građevinskom otpadu:

- Zemljani radovi/iskop tla – zemlja, šljunak, pijesak, glina, ilovača, kamen,
- Niskogradnja – bitumen (asfalt) ili cementom vezani materijal, pijesak, šljunak, drobljeni kamen,
- Visokogradnja – beton, opeka, mort, gips, plinobeton, prirodni kamen,
- Miješani građevinski otpad – drvo, plastika, papir, karton, metal, kablovi, boja, lak, šuta.

Prema *Planu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015.* (NN 85/2007) vrste građevinskog otpada se razlikuju i po tome ruši li se postojeća ili se gradi

nova građevina. S obzirom na geografske različitosti u RH, u Dalmaciji i Primorju kao građevinski otpad prevladava kamen, u sjeverozapadnom dijelu beton i opeka, a u istočnom dijelu opeka, odnosno miješani otpad (šuta).



Slika 2-1. Podjela građevinskog otpada u RH (Bedeković, 2018).

2.3. NAČINI OBRADE GRAĐEVINSKOG OTPADA

2.3.1. OBRADA GRAĐEVINSKOG OTPADA PREMA EUROPSKOJ UNIJI

Prema Europskoj uniji predlažu se četiri načina postupanja s otpadom prema projektu „Upravljačka praksa konstrukcijskim i ruševinskim otpadom i njihov ekonomski značaj“. Ta četiri načina prate hijerarhiju gospodarenja otpadom koja je prikazana u obliku piramide gdje je na vrhu najpovoljnija opcija, a pri dnu piramide najnepovoljnija opcija (Slika 2-2.).



Slika 2-2. Hijerarhija gospodarenja otpadom (Perišić, 2016).

Ta četiri načina postupanja su:

a) Ponovna upotreba
   -na mjestu građenja za istu namjenu,
   -ponovna upotreba izvan mjesta građenja za istu namjenu.

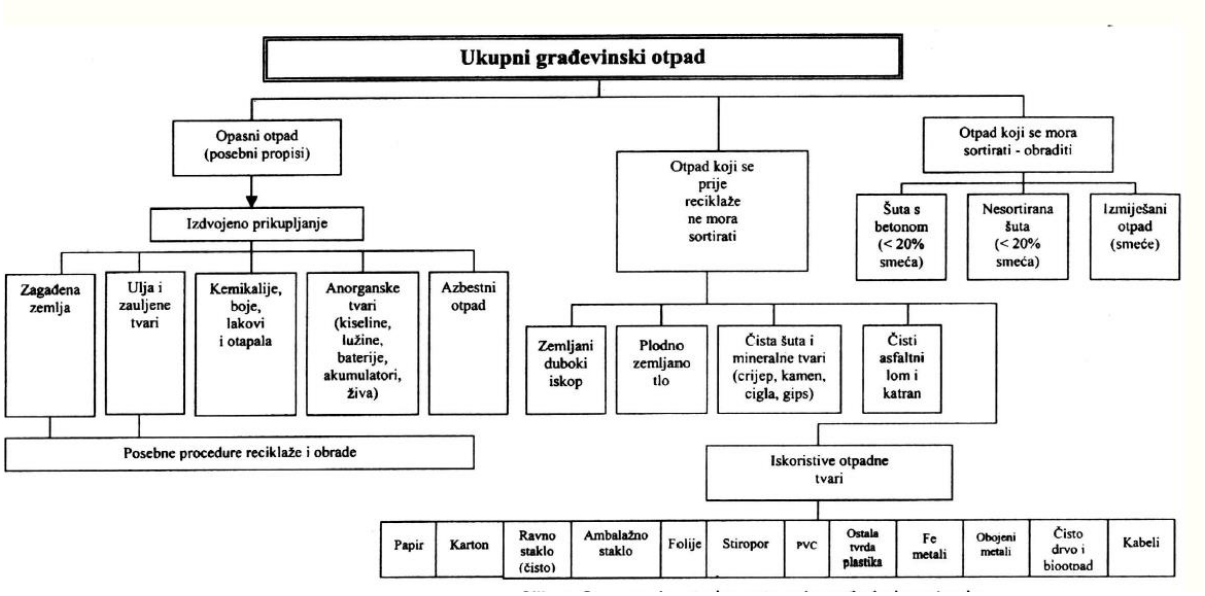
b) Recikliranje
   -na mjestu dobivanja materijala s izdvajanjem i prodajom kvalitetnih proizvoda,
   -izvan mjesta dobivanja materijala s izdvajanjem i prodajom kvalitetnih proizvoda,
   -na mjestu dobivanja materijala s izdvajanjem manje vrijednih proizvoda,
   -izvan mjesta dobivanja materijala s izdvajanjem manje vrijednih proizvoda.

c) Spaljivanje
   -izvan mjesta građenja s proizvodnjom energije,
   -izvan mjesta građenja bez proizvodnje energije.

d) Odlaganje
   -izvan mjesta građenja s razvrstavanjem materijala,
   -izvan mjesta građenja bez razvrstavanja materijala (Bedeković, 2018).

2.3.2. SUVREMENI SUSTAV RAZVRSTAVANJA GRAĐEVINSKOG OTPADA

Prije samog recikliranja građevinskog otpada i njegove obrade potrebno je prethodno razvrstati otpad na pojedine komponente od kojih se otpad sastoji. Suvremeni sustav razvrstavanja građevinskog otpada prema ZGOS-u prikazan je na slici 2-3.



Slika 2-3. Suvremeni sustav razvrstavanja građevinskog otpada (Bedeković, 2018).

2.3.3.RECIKLIRANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA

a) Otpad iz iskopa

Recikliranje materijala iz iskopa provodi se na postrojenjima koja se koriste u oplemenjivačkim postupcima za obradu tehničkog kamena, šljunka i pijeska, što znači da se materijal drobi u drobilici kako bi se taj dobiveni izdrobljeni materijal klasirao u klase koje se koriste u građevinarstvu. Način obrade materijala ovisi o uporabnoj funkciji materijala. Ako će se koristiti za tvorbu betona onda će proći sve faze oplemenjivanja kao i tehnički kamen, što uključuje izdvajanje primjesa na vibracijskoj rešetki, zatim drobljenje u jednom ili dva stupnja ovisno o veličini zrna i klasiranje na standardne klase.

Ako će se materijal koristiti kao materijal za donji postroj ceste tada je postupak obrade samo sitnjenje materijala na potrebnu veličinu zrna koja je pogodna za ugradnju.

Materijal koji sadrži primjese gline i zemlje, potrebno je obraditi mokrim postupkom kako bi se dobio što kvalitetniji proizvod. Budući da mokri postupak obrade povećava troškove zbog čišćenja otpadnih voda i odlaganja otpadnog mulja, takav se materijal direktno ugrađuje bez prerade u donji postroj ceste, tamponske slojeve i slično.

b) Otpad od građenja

Recikliranje otpada od građenja, ako takva vrsta otpada sadrži organske komponente, potrebno je prije obrade krupnije komade izdvojiti kako bi se materijal što lakše drobio i kako bi se opteretila mehanizacija. U izdrobljenom otpadu zaostali materijal, nakon izdvajanja željeza i klasiranja uklanjaju se u zračnom klasifikatoru. Zatim se dobiveni materijal klasira na standardne građevinske klase.

2.3.4. POSTROJENJA ZA OBRADU GRAĐEVINSKOG OTPADA

Postrojenja za preradu građevinskog otpada mogu biti stacionarna i mobilna.

- Stacionarna postrojenja su postrojenja koja zauzimaju velike prostore i sastoje se od stacionarnih uređaja kojima se vrši obrada materijala. To su uglavnom transportne trake i drobilice za usitnjavanje. Stacionarna postrojenja su skuplja nego mobilna, jer je oprema skuplja te izgradnja infrastrukture dodatno povećava troškove. Potrebno je investirati i u zaštitu od buke i prašine.
- Mobilna postrojenja su postrojenja koja se nalaze na području rušenja, odnosno nalaze se samo u periodu rušenja i sastoje se od jednakih dijelova kao i stacionarno postrojenje.

Aktivnosti koje je potrebno provoditi na postrojenju za obradu građevinskog otpada i otpadu od rušenja su: prikladno prostorno planiranje pogona, lokacijsku, građevinsku i uporabnu dozvolu, studiju utjecaja na okoliš. Posebnu pozornost treba obratiti na prašinu, buku, vibraciju, vodu, skladištenje materijala, promet, savjetovanje s zajednicom, vođenje dokumentacije, radno vrijeme, ograde i sigurnost za zdravlje i sigurnost ljudi.

U Hrvatskoj se jedino stacionarno postrojenje, Prudinec, nalazi u sklopu odlagališta otpada Jakuševac, koje se koristi isključivo za preradu građevinskog otpada. No, osim tog stacionarnog postrojenja, neke građevinske tvrtke i kamenolomi imaju vlastita postrojenja za obradu dijela građevinskog otpada koji nastaje u njihovom području, te ga kao takvog ponovno koriste. Asfalt, koji se dobije rekonstrukcijom habajućeg sloja, reciklira se u asfaltnim bazama. Sakupljanje i prijevoz građevinskog otpada provode manjim dijelom ovlašteni sakupljači i komunalna poduzeća, a veći dio organiziraju i provode izvođači radova sa svojim kooperantima gdje pritom koriste svoju mehanizaciju i opremu.

Osim postrojenja za direktnu obradu građevinskog otpada, prema *Planu gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015.* (NN 85/2007) postoje i pogoni za sortiranje i obnovu građevinskog otpada i otpada od rušenja. U takvim pogonima se mješoviti građevinski otpad i otpad od rušenja istovaruje i uklanjaju se veliki komadi koje nije moguće obraditi u postrojenju za obradu građevinskog otpada zbog njegove veličine, kao na primjer veliki komadi drvene građe koji se izdvajanjem mogu ponovno upotrijebiti.

3. OBRADA GRAĐEVINSKOG OTPADA PRUDINEC

3.1. RADNA JEDINICA RECIKLIRANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA (RGO)

Na odlagalištu otpada Prudinec u Jakuševcu nalazi se postrojenje za obradu i reciklažu građevinskog otpada-Radna jedinica Recikliranje građevinskog otpada (RGO), gdje se obradom betona, asfalta i ostalog građevinskog otpadnog materijala dolazi do vrijedne sirovine i tamponskih materijala koji se koriste isključivo u cestogradnji (Zagrebačke ceste, 2011.).

Na postrojenju se obrađuje otpad koji u svom sastavu nema opasnih tvari, poput azbesta i ne obrađuje se otpad na bazi gipsa. Obrađuje se isključivo otpad koji nastaje tijekom izgradnje, rekonstrukcije, te tijekom rušenja građevina. Kvaliteta dobivenog obrađenog materijala koja se ispituje od strane ovlaštene certifikacijske kuće potvrđuje analizama da je materijal zadovoljavajući za ugradnju u cestogradnji. Postrojenje posjeduje sve potrebne dozvole koje doprinose očuvanju okoliša i smanjivanju uporabe prirodnih resursa.

Postrojenje se sastoji od prilazne rampe, usipnog koša, primarne čeljusne drobilice, dijela za ručno probiranje, sekundarne udarne drobilice, sita za separaciju frakcija -4 mm, 8/4 mm, 16/8 mm i 32/16 mm i povratnih traka za vraćanje zrna većih od 32 mm, jasno uz mogućnost grupiranja pojedinih frakcija u jedan izlaz. Tijekom radnog procesa zasebno se odvajaju lake frakcije (plastika, papir itd.), drvo, metali itd. U sklopu postrojenja je i bager s košarom i hidrauličkim čekićem, utovarivač te kamion-damper (Zagrebačke ceste, 2011).

Primarna čeljusna drobilica može prihvatiti pojedinačne komade čije dvije najveće dimenzije ne prelaze 80x100 cm. Veći komadi građevinskog otpada se trebaju usitniti pomoću hidrauličkog čekića montiranog na bageru. Efektivni kapacitet postrojenja: 50 tona/sat (Zagrebačke ceste, 2011).

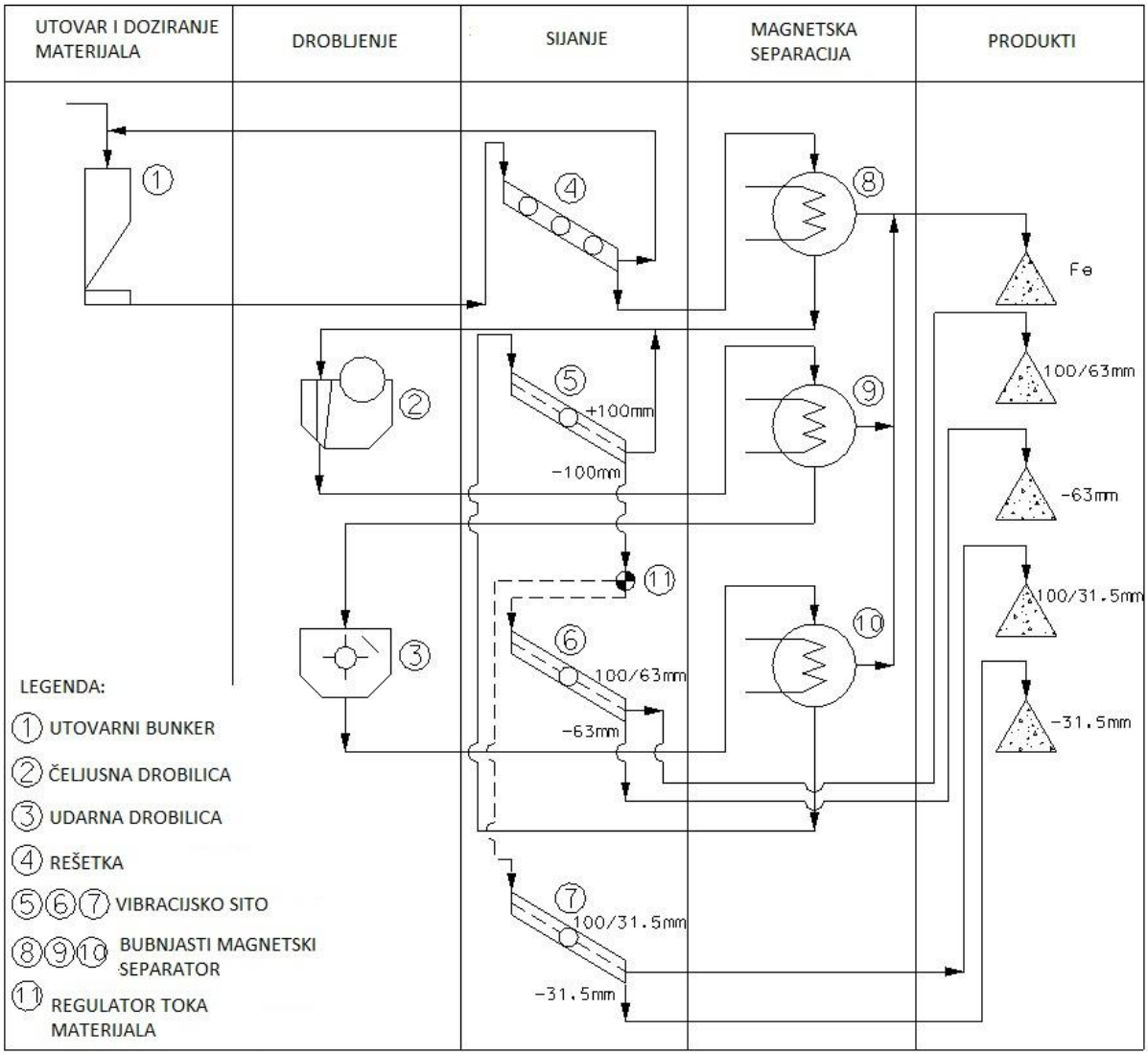
Proces obrade građevinskog otpada započinje prikupljanjem otpada. Nakon građevinskih radova, kao što je rušenje objekata, prilikom izgradnje prometnica. Nastali otpad se predaje u reciklažno dvorište, te se razvrstava prema odgovarajućim ključnim brojevima, npr., odvajanje zemlje od tampona. Tada se materijal kamionima doprema na lokaciju za obradu građevinskog otpada. Nakon dopremanja građevinskog otpada na lokaciju za obradu, nadzornik istovara utvrđuje podudara li se dopremljeni materijal s navedenim podacima na pratećim listovima i je li materijal dovoljno dobre kvalitete da bi uopće ušao u proces obrade

pri kojem se dobivaju reciklirani agregati. Provodi se vizualni pregled dopremljenog otpada, na osnovu kojeg se utvrđuje daljnji postupak obrade materijala, prema vrsti i svojstvima i kvaliteti i zahtjevnosti tržišta. Nakon toga slijedi obrada ili skladištenje otpada. Provjera se provodi vaganjem otpada, vizualnim pregledom, provjerom dokumentacije i pregledom zaprimljenog otpada. Otpad se prije obrade skladišti na platou koji se nalazi na vodoneprospusnoj podlozi od miješanog glinenog materijala sa posebnim vezivom. U proces obrade ulazi dopremljeni otpad i skladišteni otpad.

3.2. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA OBRADE GRAĐEVINSKOG OTPADA NA RGO

Tehnološki proces sastoji se od dva dijela, primarni i sekundarni. Transport otpada se vrši kamionima do platoa gdje se nalazi postrojenje. Otpad se doprema do usipnog bunkera gdje započinje obrada. Ispod usipnog bunkera nalazi se transportna traka kojom se otpad doprema do rešetke veličine otvora 400 mm. Odsjev rešetke veličine + 400 mm se usitnjava hidrauličkim čekićem, dok prosjev, veličine zrna -400 mm, ide dalje na obradu prvog magnetskog separatora gdje se željezo separira kao finalni produkt. Ostatak otpada ide na prvi stupanj drobljenja u čeljusnu drobilicu. Nakon primarnog drobljenja, otpad ide na drugi magnetski separator gdje se izdvaja željezo, dok ostatak otpada ide na drugi stupanj drobljenja u udarnoj drobilici. Nakon sekundarnog drobljenja, otpad ide dalje na treći magnetski separator gdje se izdvaja željezo. Preostali otpad ide na sijanje koje se sastoji od dvije faze. U prvoj fazi otpad ide na vibracijsko sito, s veličinom otvora 100x100 mm. Ovo primarno vibracijsko sito radi u zatvorenom krugu sa čeljusnom drobilicom, gdje odsjev veličine zrna +100 mm, ponovno ide na drobljenje u čeljusnoj drobilici, dok prosjev, zrna veličine -100 mm ide dalje na drugu fazu sijanja koja se sastoji od sijanja na dva vibracijska sita. Pomoću regulatora toka materijala, moguće je koristiti dva različita vibracijska sita. U drugoj fazi sijanja, regulatorom toka materijala moguće je preusmjeriti otpad na prvo vibracijsko sito s veličinom otvora od 63 mm: odsjev tog sita je klasa 100/63 mm a prosjev klasa-63 mm i to su ujedno i finalni produkti koji se odlažu ili se koriste kao reciklirani materijal. Ako se regulatorom toka otpad preusmjeri na drugo vibracijsko sito s veličinom otvora od 31,5 mm, dobivaju se odsjev klase 100/31,5 mm i prosjev klase -31,5 mm kao finalni produkti koji se odlažu ili se koriste kao reciklirani proizvod. Cijelo postrojenje je natkriveno kako bi se spriječilo širenje prašine u okolni prostor. Udarna drobilica i sva vibracijska sita, također imaju potrebnu zaštitu od širenja prašine. Prašina koja nastaje u procesima drobljenja i sijanja

se izdvaja u vrećastom filtru. Učinkovitost vrećastog filtra veća je od 99% i pročišćeni zrak se otpušta u atmosferu dimnjakom. Čestice prašine koje su zaostale na vrećama filtra skupljaju se u kolektoru prašine koji se nalazi ispod vrećastog filtra.



Slika 3-1. Segregacijska shema tehnološkog procesa obrade građevinskog otpad (Bedeković i dr., 2018).



Slika 3-2. Prihvatni bunker i čeljusna drobilica.



Slika 3-3.Bubnjasti magnetski separator za izdvajanje magnetične komponente



Slika 3-4. Udarna drobilica.

3.3. MJERE ZAŠTITE NA POSTROJENJU PRUDINEC

Mjere zaštite koje se provode na stacionarom postrojenju za obradu građevinskog otpada odnose se na spriječavanje otjecanja oborinske vode koja je bila u doticaju s otpadom, u površinske i podzemne vode. To je regulirano na način da se otpad taloži na vodonepropusnoj podlozi od miješanog glinenog materijala sa posebnim vezivom. Istjecanje oborinskih voda sa platoa spriječeno je površinskom odvodnjom oborinskih voda prema separatorima, a pročišćena voda se dalje pušta u oborinsku kanalizaciju.

Dizanje prašine skladištenog materijala u okoliš se regulira vlaženjem materijala.

Neovlaštenim osobama je onemogućen pristup otpadu, jer je postrojenje ograđeno ogradom i postoji 24-satni nadzor zaštitarske službe. Također, postrojenje je opremljeno sa ispravnim aparatima za gašenje požara prema propisu, te je priključen na vanjsku hidrantsku mrežu i omogućen je pristup vatrogasnim vozilima u slučaju požara.

Na području gdje se odvija tehnološki proces obrade otpada na vidljivom mjestu su naznačene upute za rad kako bi izvedba bila što sigurnija i sukladne su uputama određene zaštitom na radu.

Mora biti omogućen pristup vozilima do postrojenja, odnosno za dovoz i prihvat materijala. To je izvedeno sa tri strane postrojenja internim prometnicama. Ulaz za vozila izveden je sa sjeverne prometnice, dok je izlaz izveden sa južne strane platoa. Unutar samog postrojenja osiguran je manipulativni prostor za vozila.

Skladište u kojem se skladišti otpad opremljen je spremnicima koji su izrađeni od materijala otpornog na djelovanje uskladištenog otpada, te da osiguravaju sigurno punjenje, pražnjenje, odzračivanje, uzimanje uzorka te po potrebi osigurati nepropusno zatvaranje. Označeni su čitljivom oznakom koja sadrži podatke o nazivu posjednika otpada, ključni broj i naziv otpada, datum početka skladištenja, naziv proizvođača otpada, te ako se radi o opasnom otpadu i oznaku odgovarajućeg opasnog svojstva. Zaostali otpad kao što je drvo, plastika, papir, karton, kablovi, skladište se u zasebnim i otvorenim kontejnerima zapremine 5 m^3 ili u kante za otpad. Skladište se nalazi na otvorenom pa nema potrebe za ventilacijom jer ima prirodnu ventilaciju (Fundurulja, 2016).

4. PROVEDBA I REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA

4.1. PRIPREMA I GRANULOMETRIJSKA ANALIZA UZORKA

U laboratoriju je izvedena priprema reprezentativnog uzorka, skraćivanjem i homogeniziranjem i određivanjem granulometrijskog sastava uzorka.

4.1.1. PRIPREMA UZORKA

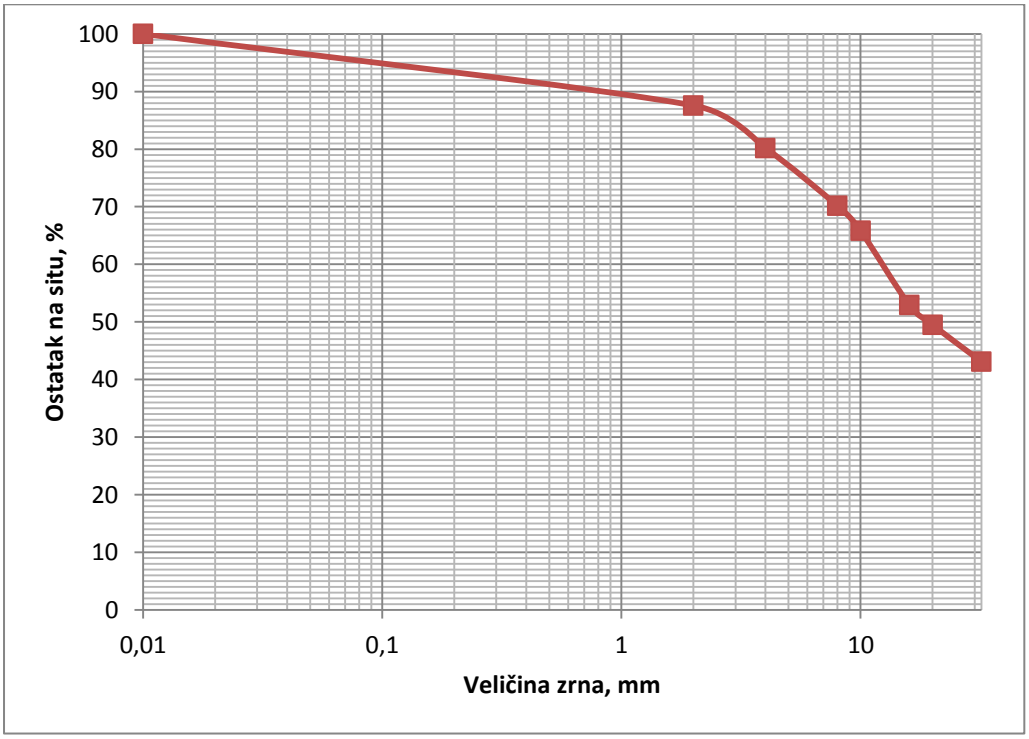
Pripremljeni uzorak je građevinski otpad prikupljen na postrojenju za obradu građevinskog otpada Jakuševac; otpad se sastoji od asfalta i betona klase -63 mm. Uzorak je pripremljen homogeniziranjem i skraćivanjem na Jones-ovom djelitelju te je provedena i granulometrijska analiza uzorka.

4.1.2. GRANULOMETRIJSKA ANALIZA

Granulometrijska analiza provedena je postupkom sijanja na ručnim laboratorijskim sitima veličine otvora 32 mm; 20 mm; 16 mm; 10 mm; 8 mm; 4 mm i 2 mm. U procesu sijanja treba očekivati gubitke od 0,5 do 1%. Ti gubici (prašina) obično se dodaju masi posljednjeg prosjeva, tj. najsitnijoj klasi. Klasama izdvojenim na sitima određena je masa vaganjem na laboratorijskoj vagi, a udio tih masa prikazan je u tablici 4-1.

Tablica 4-1.Rezultati granulometrijske analize ulaznog materijala

Klasa (mm)	Maseni udio		Σ (%)
	(g)	(%)	
63/32	1239,00	43,13	43,13
32/20	183,00	6,37	49,50
20/16	98,00	3,41	52,91
16/10	371,00	12,91	65,83
10/8	124,00	4,32	70,15
8/4	288,00	10,03	80,17
4/2	212,50	7,41	87,57
-2	357,00	12,43	100,00
Σ	2872,50	100,00	



Slika 4-1.Dijagram granulometrijskog sastava ulaznog uzorka

4.1.3. DISKUSIJA REZULTATA

Nakon provedene granulometrijske analize ulaznog uzorka (tablica 4-1., slika 4-1.) vidljivo je da najkrupniju klasu 63/32 mm čini 43,13% materijala. Ta klasa predstavlja batudu i ona ne ulazi u daljnje postupke recikliranja. Uzorak sadrži i 6,37% masenog udjela klase

32/20 mm te 3,41% masenog udijela klase 20/16 mm. Zrna tih klasa su prevelika za daljnje laboratorijske postupke recikliranja, stoga je potrebno te klase usitniti drobilicom.

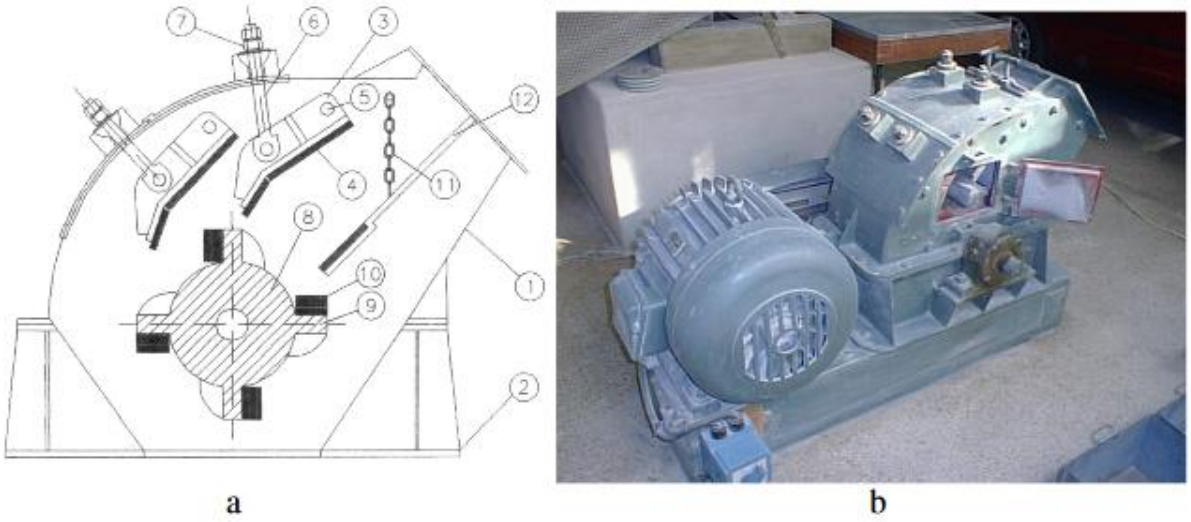
4.2. JEDINIČNI PROCESI ODABRANI S OBZIROM NA DOBIVENE KLASE

4.2.1. DROBLJENJE U UDARNOJ DROBILICI

Drobljenje je prvi stupanj u procesu sitnjenja čvrstih čestica, pri čemu postižemo određeni granulometrijski sastav, odvajanje korisne od jalove komponente, te oblik zrna. Drobljenjem postižemo sitnjenje čvrstog materijala pod djelovanjem vanjskih sila, a ono se događa kada deformacija u materijalu naraste toliko da dolazi do kidanja veza u strukturi čvrstog materijala (Bedeković i Salopek, 2008).

4.2.1.1. Opis uređaja

Laboratorijska udarna drobilica spada u grupu horizontalnih udarnih drobilica. Iz shematskog prikaza (slika 4-2.) vidi se da je kućište drobilice (1) podijeljeno na gornji i donji dio. Donji dio kućišta ima okvir (2) u obliku stopala koji je sidrenjem pričvršćen na betonsko postolje. Kućište i odbojne ploče (3) obložene su pločama (4) koje su pričvršćene vijcima. Odbojne ploče slobodno vise na osovinama (5) pričvršćenim na bočnim stranama kućišta, dok je drugi kraj pričvršćen za kućište pomoću zgloba (6) i vijka (7), pri čemu vijak prolazi kroz kućište. Razmak između odbojnih ploča i unutarnjih greda bubnja, tj. veličina izlaznog ili granulacijskog otvora regulira se zatezanjem i otpuštanjem glavnih vijaka koji se nalaze izvan kućišta. Glavni dio drobilice predstavlja rotor (8) od ljevanog željeza. Po obodu rotora smješteni su ispusti (9) na koje su vijcima pričvršćene udarne grede (10). Na ulaznoj strani ugrađena je zavjesa od lanaca (11) koja spriječava izbacivanje materijala iz drobilice, a također i ulaz prevelikih količina materijala u drobilicu odjednom. Neposredno ispod lančane zavjese nalazi se i rešetka (12) kroz koju prolaze sitna zrna prije nego što uđu u prostor drobljenja (Bedeković i Salopek, 2008).



Slika 4-2. Laboratorijska udarna drobilica IZ-0 (Bedeković i Salopek, 2008.).

Tehnički podaci laboratorijske udarne drobilice IZ-0:

Proizvođač: STT

Zemlja proizvodnje: Slovenija

Veličina ulaznog otvora drobilice: 270 x 110 mm

Veličina granulacijskog (izlaznog) otvora: od 10 do 30 mm

Broj okretaja rotora: 961,1288,1644 o/min.

Podaci o elektromotoru:

Tip	„Sever Subotica“
Snaga	P=7,5 kW
Broj okretaja	n = 736 o/min
Frekvencija	f=50 Hz
Napon priključka	U=380 V
Nazivna struja	I= 16 A

4.2.1.2. Opis postupka

Ulazni materijal u udarnu drobilicu su spojene klase 32/20 mm i 20/16 mm. Zrna tih dviju klasa su prevelika za daljnje laboratorijske postupke recikliranja zbog čega ih je potrebno usitniti. Masa ulaznog materijala iznosi 281 g uz dodatak sitnijih zrna klase 63/32

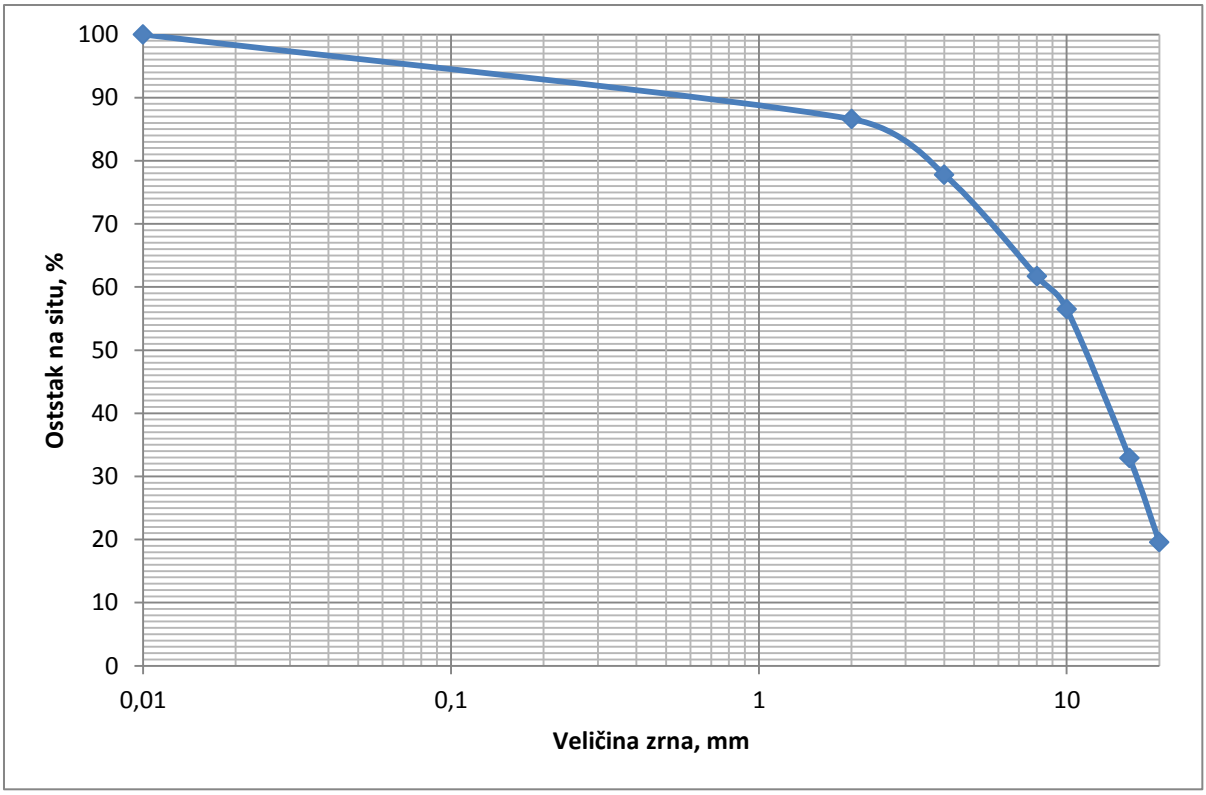
mm. Veličina izlaznog otvora udarne drobilice podešena je na 4 cm pomoću vijaka za regulaciju.

Prilikom puštanja drobilice u rad, u njoj ne smije biti materijala. Nakon što drobilica postigne puni broj okretaja, jedan po jedan komad ubacuje se kroz ulazni otvor tako da prođe kroz lančanu zavjesu i dospije u prostor drobljenja. Izdrobljeni materijal pada u posudu za sakupljanje izdrobljenog materijala.

Nakon drobljenja uzorak je potrebno homogenizirati i četvrtanjem podijeliti na četiri jednaka dijela, a dvije suprotne strane uzeti za određivanje granulometrijskog sastava. Uzorak je potrebno prosijati na ručnim laboratorijskim sitima veličine otvora od 32 mm; 20 mm; 16 mm; 10 mm; 8 mm; 4 mm i 2 mm. Po završetku sijanja dobivene klase se izvažu na laboratorijskoj vagi, dobivene vrijednosti upisuju se u tablicu granulometrijskog sastava, te se izrađuje dijagram granulometrijskog sastava.

Tablica 4-2.Rezultati granulometrijske analize izdrobljenog materijala

Klasa (mm)	Maseni udio		Σ (%)
	(g)	(%)	
32/20	142,00	19,59	19,59
20/16	96,50	13,31	32,91
16/10	171,00	23,59	56,48
10/8	37,50	5,17	61,65
8/4	117,00	16,14	77,79
4/2	64,00	8,83	86,62
-2	97,00	13,38	100,00
Σ	725,00	100,00	



Slika 4-3.Dijagram granulometrijskog sastava izdrobljenog materijala

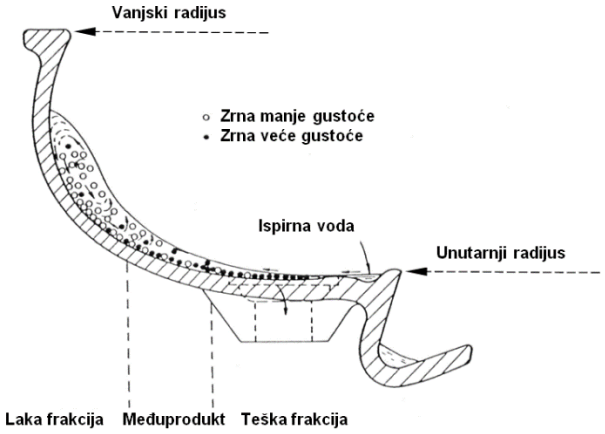
4.2.1.3. DISKUSIJA REZULTATA

Ulaz u drobilicu predstavlja klasa 32/20 mm i 20/16 mm, te su pridodana sitnija zrna klase 63/32 mm. Materijal se nije dovoljno usitnio koliko smo teoretski pretpostavili, pa se na klasama 63/16 mm nije provodila daljnja obrada, već su se koristile kao batuda, a na preostalim klasama, 16/2 mm, provodili smo daljnje postupke recikliranja.

4.2.2. GRAVITACIJSKA KONCENTRACIJA – SPIRALNI ŽLIJEB

Gravitacijska koncentracija je postupak koji se primjenjuje pri izdvajanju komponenti materijala na temelju razlike u njihovoj gustoći. Za taj postupak mogu se koristiti plakalice, koncentracijski stolovi ili žljebovi. Za potrebe diplomskog rada je primjenjen žlijeb (*Humphreys*-ova spirala). Spiralni žljebovi pokazali su se posebno učinkovitim za uklanjanje "teških minerala" iz kvarcnog pijeska. Izdvajanjem teških minerala, moguće je znatno smanjiti udio nepoželjnih komponenti kao što su Fe-, Ti- i Cr-oksidi. U praksi se također primjenjuju posebno oblikovani spiralni žljebovi za izdvajanje nepoželjne "lake" mineralne frakcije iz kvarcnog pijeska (npr. minerala nositelja aluminija).

Spiralni žljeb je zavojiti žljeb u formi spirale, s određenim brojem zavoja (ovisno o vrsti mineralne sirovine za koju se koristi) polukružnog poprečnog presjeka. Suspenzija s masenim udjelom čvrstih čestica 15 do 45%, čija se veličina može kretati od 75 μm do 3 mm, ulazi na vrhu žlijeba, i kako spiralno teče prema dolje, čestice se raslojavaju uslijed kombiniranog djelovanja centrifugalne sile, različite brzine taloženja čestica i efekta pornog strujanja (sitnije čestice prolaze kroz međuprostore krupnijih čestica). Ovi mehanizmi su složeni i znatno ovise o gustoći suspenzije i veličini zrna. Najkrupnije i čestice najveće gustoće formiraju sloj bliže unutrašnjem rubu žljeba te predstavljaju "tešku frakciju", dok su čestice manje gustoće ("laka frakcija"), pod djelovanjem slabe centrifugalne sile, potisnute prema vanjskom rubu žlijeba (slika 4-4.). U središnjem dijelu poprečnog presjeka toka miješaju se čestice veće i manje gustoće formirajući sloj koji predstavlja međuproizvod. Kvaliteta koncentrata se može povećati ponovnom preradom nedovoljno pročišćenog materijala.



Slika 4-4. Spiralni žlijeb: raspored zrna u poprečnom presjeku žlijeba (Sobota, 2015).

Usprkos složenom principu izdvajanja, spiralni žljebovi su vrlo jednostavni za rad (potreban 1 ili 2 radnika) s obzirom da su jedini mehanički dijelovi centrifugalna pumpa za doziranje, te sustav za raspodjelu i doziranje pulpe. Do danas su razvijeni mnogi različiti tipovi spiralnih žljebova. Spiralni žljebovi se proizvode s različitim nagibima: žljebovi većeg nagiba primjenjuju se obično za izdvajanje teških minerala iz kvarcnog pijeska, a manjeg nagiba za izdvajanje lakših komponenti. Kapacitet se općenito povećava povećanjem broja žljebova. Kapaciteti spiralnih žljebova za izdvajanje lakših komponenti kreću se obično od 1 do 2,9 t/h, a žljebova za izdvajanje teških minerala od 2 do 6 t/h. Spiralnim žljebovima je moguće ukloniti 60-80% teških minerala iz ulazne pulpe, ovisno o njihovom udjelu i granulometrijskom sastavu pijeska. U usporedbi s drugim postupcima oplemenjivanja kao što su flotacija i magnetska separacija, primjena žljebova relativno je jeftina.

4.2.2.1. Uređaj i postupak

Spiralni žlijeb Humphreys (slika 4-5) sastoji se od 18 jednakih segmenata (6 zavoja) spojenih u žlijeb širine 17 cm (tri segmenta čine jedan okret), 18 izlaza za tešku frakciju i bunkera za doziranje suspenzije (1), volumena 7 dm^3. Dužina spiralnog žlijeba iznosi 9 m. Žlijeb (2), je izrađen od tvrde plastike, a obložen je gumom. Promjer spirale iznosi 0,55 m, a visina 2,8 m.



Slika 4-5. Humphreys-ova spirala (Bedeković i Salopek, 2010).

Opis postupka:

1. Podesiti otvore za izlaz "teške" frakcije (prva tri potpuno zatvoriti, a ostale postupno otvarati prema dnu žlijeba). Podesiti protok vode.
2. Pripremljeni uzorak dodavati na vrhu spirale, pri čemu se mjeri vrijeme doziranja.
3. Nakon izdvajanja grubog koncentrata ("lake" frakcije), provodi se po potrebi 1 ili 2 čišćenja,
4. Izdvojena "laka" i "teška" frakcija se osuše i izvažu.

Testiranje se provodi na uzorku klase 4/2 mase 673 g.

4.2.2.2. Rezultati

Tablica 4-3. Rezultati koncentracije u Humphreysovoj spirali:

Proizvod	Grubo čišćenje	
	(g)	(%)
"laka" frakcija	133	20,52
"teška" frakcija	515	79,48
∑	648	100,0

Maseno iskorištenje:

$$I = \frac{m}{m_{ul}} \cdot 100 \ (\%)$$

gdje je: m – masa "lake" frakcije (g)

m_{ul} – masa ulaznog uzorka (g)

Maseno iskorištenje nakon grubog čišćenja:

$$I = \frac{133}{673} \cdot 100 = 19{,}76\%$$

4.2.2.3. DISKUSIJA REZULTATA

Postupak gravitacijske koncentracije korišten je u ovom laboratorijskom ispitivanju zato što se separacija odvija na osnovu razlike u gustoći materijala, i koristi se za zrna veličine do 3 mm, pa se i ispitivala klasa 4/2 mm tim postupkom i zato što se radilo o uzorku mješavine asfalta i betona. Prema rezultatima provedenog pokusa (tablica 4-3.) u ispust za „laku“ frakciju izdvojilo se 20,52% materijala, a ispust za „tešku“ frakciju 79,48% materijala od ulazne mase uzorka koja je iznosila 673 g. Tijekom izvođenja pokusa došlo je do gubitka materijala od 3,7% što se nalazi u granicama dopuštenja. Preko izraza za maseno iskorištenje

određeno je da je 19,76% materijala maseno iskorišteno kao laka frakcija nakon grubog čišćenja.

4.2.3. ODREĐIVANJE GUSTOĆE ČESTICA UZORKA PIKNOMETRIRANJEM

Gustoća tvari, pri određenoj temperaturi definirana je kao omjer mase tvari u jedinici volumena. U SI sustavu ona se izražava u kilogramima po metru kubičnom (kg/m^3). Gustoća tvari ovisi o temperaturi, tako da svaki podatak za gustoću mora sadržavati još i napomenu pri kojoj temperaturi je ta gustoća izmjerena. Općenito, gustoća tvari se smanjuje kada se temperatura povisi, a raste kada se ona snižava. Izuzetak je voda koja ima najveću gustoću pri 3,98°C. Na toj temperaturi njezina gustoća iznosi 1 g/cm^3. Iznad i ispod te temperature gustoća vode je manja od 1 g/cm^3 (Bedeković i Salopek, 2008).

4.2.3.1. Uređaj

Piknometar koji je prikazan na slici 4-6., je posebna staklena tikvica koja služi za indirektno određivanje gustoće tvari. Piknometri imaju točno određen volumen (na određenim temperaturama), te se iz volumena tvari u piknometru i njene mase (razlika mase punog i praznog piknometra) može izračunati gustoća pojedine tvari.

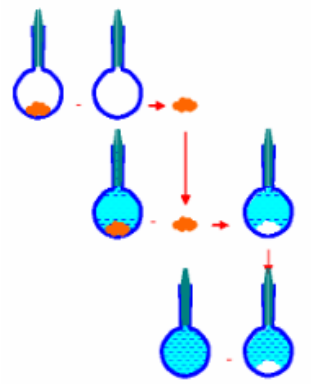


Slika 4-6. Piknometar (Bedeković i Salopek, 2008.)

4.2.3.2. Opis postupka

Sva mjerenja treba izvoditi pri istoj temperaturi. Čist i suh piknometar se izvaže na analitičkoj vazi (m_1). U piknometar se stavlja uzorak te se važe piknometar s uzorkom (m_2). Zatim se u piknometar s uzorkom ulije destilirana voda. Potrebno je obratiti pozornost na kapilarni dio čepa koji u potpunosti mora biti ispunjen vodom. Pri tome u piknometru ne smiju zaostati mjehurići zraka. Da bi izašli mjehurići zraka piknometar se protrese, a ako još uvijek ima zraka stavi se kuhati da izađu preostali mjehurići, te ostaviti da se ohladi na sobnoj

temperaturi. Ako je piknometar izvana vlažan, treba ga pažljivo obrisati. Suvišak vode na čepu pokupiti filter papirom. Potom se vaganjem određuje masa piknometra s uzorkom i vodom (m_3). Isprazni se piknometar i ponovno se napuni destiliranom vodom i odredi se masa (m4). Postupak piknometriranja prikazan je na slici 4-7.



Slika 4-7. Postupak piknometriranja (Bedeković i Salopek, 2008).

4.2.3.3 Priprema uzorka

Uzorak za piknometriranje čine „teška“ i „laka“ frakcija dobivene postupkom separacije na spiralnom žljebu.

Uzorak je samljeven u mlinu sa štapovima u trajanju od 5 minuta. Iznosi masa prije i nakon mljevenja prikazani su u tablici 4-4. Priprema uzorka zahtijeva i sijanje samljevenog materijala na situ otvora 0,5 mm. U tablici 4-5. pikazane su mase prosijanog materijala. Pri određivanju gustoće uzorka koristio se materijal klase -0,5.

Tablica 4-4. Mase „lake“ i „teške“ frakcije spiralnog žljeba.

Frakcije	Spiralni žlijeb	
	prije mljevenja	nakon mljevenja
"laka" frakcija (g)	133	130
"teška"frakcija (g)	515	506

Tablica 4-5. Granulometrijski sastav nakon mljevenja:

Veličina zrna (mm)	Spiralni žlijeb	
	masa "laka" frakcije (g)	masa "teška" frakcije (g)
+0,5	67	338
-0,5	63	168

4.2.3.4. Proračun gustoće uzorka

Gustoća uzorka odredi se preko sljedećeg izraza:

$$\rho_{č} = \frac{m}{m+p-z} \ (g/cm^3)$$

Gdje je:

m- masa uzorka → $m = m_1 - m_2$,

p- masa piknometra s vodom (m_4),

z- masa piknometra s uzorkom i vodom (m_3).

m_1-prazan piknometar (g),

m_2- piknometar s uzorkom (g),

m_3-piknometar s uzorkom i vodom (g),

m_4- piknometar s vodom (g).

1. „laka“ frakcija spiralnog žljeba:

m_1=27,5852 g
m_2= 46,8527 g
m_3=85,2623 g
m_4= 78,1385 g

m= 27,5852 + 46,8527 = 74,4379 g

$$\rho_{č} = \frac{m}{m+p-z} = \frac{74,4379}{74,4379+78,1385-85,2623} = \frac{74,4379}{67,3141} = 1,1058 \ \text{g/cm}^3$$

2. „teška“ frakcija spiralnog žljeba:

m_1=28,5046 g
m_2= 50,3089 g
m_3=90,0641 g
m_4= 78,8059g

m= 28,5046 + 50,3089= 78,8135g

$$\rho_{č} = \frac{m}{m+p-z} = \frac{78,8135}{78,8135+78,8059-90,0641} = \frac{78,8135}{67,5553} = 1,1667 \ \text{g/cm}$$

5. ZAKLJUČAK

Jedan od najvećih problema na svijetu je otpad. Nastoje se naći brojna rješenja koja bi mogla imati značajan utjecaj u smanjenju utjecaja otpada na okoliš.

U Europi najveći problem zadaje građevinski otpad, kojeg ima 25-30% u ukupnom otpadu. Europska unija nastoji raznim uredbama poticati zemlje članice u riješavanju problema neadekvatnog gospodarenja građevinskim otpadom kao i ostalim vrstama otpada. U Hrvatskoj se reciklira samo 7% građevinskog otpada, iako se može iskoristiti čak do 80% otpada u procesima obrade.

U diplomskom radu su provedena laboratorijska istraživanja materijala preuzetog sa postrojenja za obradu građevinskog otpada Prudinec. Materijal je bio asfalt i beton, klase -63 mm. Određena je granulometrijska analiza na laboratorijskim sitima kako bi se izdvojile klase na osnovu kojih se određuje daljnji postupak. U uzorku, 43,13% materijala je činila klasa 63/32 mm koja nije išla u daljnje postupke obrade jer se koristila kao batuda, klase 32/20 mm i 20/16 mm su išle na postupak drobljenja jer su bile prevelike za daljnje postupke obrade. Tim klasama su pridodana i sitna zrna klase 63/32 mm; no, materijal se nije dovoljno usitnio pa se na klasama 63/16 mm nije provodila daljnja obrada, već su se koristile kao batuda, a na preostalim klasama 16/2 mm provodili su se daljnji postupci recikliranja. Postupkom gravitacijske koncentracije u ispustu za „laku“ frakciju izdvojilo se 20,52% materijala, a u ispustu za „tešku“ frakciju 79,48% materijala od ulazne mase uzorka koja je iznosila 673 g. Izrazom za maseno iskorištenje određeno je da je 19,76% materijala maseno iskorišteno kao „laka“ frakcija nakon grubog čišćenja. Na dobivenim frakcijma određena je njihova gustoća piknometrom.

Budući da se svijest o očuvanju okoliša sve više povećava, tako se sve više pristupa rješenjima koja će očuvati okoliš u kojem živimo. Jedan od tih pristupa je i recikliranje, odnosno obrada građevinskog otpada koja u Hrvatskoj nije još toliko trazvijena da bi se vidio pomak, ali se sve više ide u tom smjeru, jer se određenim europskim direktivama i samim načinom gospodarenja otpada malim koracima napreduje u tom smjeru.

6. LITERATURA

1. BEDEKOVIĆ, G., KOVAČEVIĆ-ZELIĆ, B., SOBOTA I. 2018. Construction and demolition waste (C&D) waste managment in Croatia with recycling overview, SUM2018 / 4TH symposium on urban mining and circular economy / 21-23 May 2018 / Bergamo, Italy.
2. BEDEKOVIĆ, G. 2018. Recikliranje i obrada otpada. Predavanja iz predmeta recikliranje i obrada otpada. Zagreb:RGN fakultet. (neobjavljeno)
3. BEDEKOVIĆ, G., SALOPEK, B. 2008. Upute i podloge za laboratorijske vježbe iz predmeta oplemenjivanje mineralnih sirovina 1. Zagreb:RGN fakultet.
4. BJEGOVIĆ, D. 2008. Plan gospodarenja građevnim otpadom. URL: http://www.igh.hr/CONWAS/www/Plan_gospodarenja.pdf(14.8.2018.)
5. EUROPEAN COMMISSION ENVIROMENT. 2018. Waste. URL: http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm(14.8.2018).
6. FUNDURULJA, D. 2016. Elaborat gospodarenja otpadom.
7. NARODNE NOVINE br. 85/2007. *Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015*. Zagreb. Narodne Novine d.d. URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_08_85_2652.html(14.8.2018.)
8. NARODNE NOVINE br. 130/2005. *Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske.* Zagreb. Narodne Novine d.d. URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_11_130_2398.html (14.8.2018.)
9. PERIŠIĆ, H. 2016. Gospodarenje otpadom u Splitsko-Dalmatinskoj županiji-od linearnog prema konceptu kružne ekonomije. URL: https://repozitorij.efst.unist.hr/islandora/object/efst:819/preview(31.8.2018.)
10. SOBOTA, I. 2015/2016. Čišćenje tla. Materijali s predavanja. Zagreb:RGN fakultet (neobjavljeno).
11. ZAGREBAČKE CESTE. 2011. RJ Recikliranje građevinskog otpada (RGO). URL:http://www.zgceste.hr/default.aspx?id=659 (20.7.2018.)