

ODLAGANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA

Ramljak Brkić, Ivana

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:502445>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-11**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Ivana Ramljak Brkić

**ODLAGANJE GRAĐEVINSKOG
OTPADA**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Ivana Ramljak Brkić

**THE DISPOSAL OF CONSTRUCTION
WASTE**

MASTER THESIS

Karlovac, 2024

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Ivana Brkić

**ODLAGANJE GRAĐEVINSKOG
OTPADA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Lidija Jakšić, mag. ing. cheming., pred.

Karlovac, 2024.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni prijediplomski / **stručni diplomski studij**: Sigurnost i zaštita
(označiti)

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2024.

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Student: Ivana Ramljak Brkić

Matični broj: 0422421020

Naslov: ODLAGANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA

Opis zadatka:

U radu će biti opisani načini kako se može odlagati građevinski otpad i objašnjene vrste otpada, ali i analiziran njegov utjecaj na okoliš. Osim toga, bit će navedene regulative, kao i izazovi povezani s gospodarenjem građevinskim otpadom u Republici Hrvatskoj. Bit će istaknuta važnost pravilnog zbrinjavanja građevinskog otpada te navedeni postupci odlaganja građevinskog otpada.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Srpanj, 2024.

Listopad, 2024.

Listopad, 2024.

Mentor:

Lidija Jakšić, mag. ing.cheming., pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr. sc. Zvonimir Matusinović, v. pred.

PREDGOVOR

Zahvaljujem se svojoj mentorici, Lidiji Jakšić, mag. ing. cheming., pred., na stručnoj podršci, savjetima i vodstvu tijekom cijelog procesa izrade ovog završnog rada. Njezina pomoć i strpljenje bili su od neprocjenjive važnosti.

Također, iskreno zahvaljujem svom suprugu Oliveru na neizmjerne podršci i razumijevanju, kao i svojoj majci, ocu i sestrama na njihovoj bezuvjetnoj ljubavi, ohrabrenju i pomoći tijekom studija i izrade ovog rada. Bez vaše podrške ništa od ovog ne bi bilo moguće. Hvala vam od srca!

SAŽETAK

Ovaj rad bavi se temom odlaganja građevinskog otpada, analizirajući njegov utjecaj na okoliš te prakse, regulative i izazove povezane s gospodarenjem građevinskim otpadom u Republici Hrvatskoj. U uvodnom dijelu rada objašnjena je važnost pravilnog zbrinjavanja građevinskog otpada kako bi se smanjili negativni utjecaji na okoliš, poput onečišćenja i emisija stakleničkih plinova. Drugi dio rada obuhvaća definiciju građevinskog otpada i analizu različitih vrsta otpada koji nastaju u građevinskom sektoru. Treći dio posvećen je postupcima odlaganja građevinskog otpada, uključujući zakonodavne okvire i strategije razvijene s ciljem poboljšanja sustava gospodarenja otpadom. Rad također raspravlja o problemima s kojima se Hrvatska suočava u ovom području, poput ograničenih kapaciteta za reciklažu i nedovoljne primjene kružne ekonomije. U četvrtom dijelu analiziraju se postojeće prakse u Hrvatskoj, izazovi u odlaganju građevinskog otpada te mogućnosti za poboljšanje recikliranja i optimizaciju sustava gospodarenja otpadom. Zaključak ističe potrebu za daljnjim razvojem infrastrukture, strožim propisima i povećanim ulaganjima u reciklažne tehnologije kako bi se postigla održivija budućnost.

Ključne riječi: građevinski otpad, odlaganje otpada, recikliranje, kružna ekonomija, zaštita okoliša.

ABSTRACT

This paper addresses the issue of construction waste disposal, analyzing its environmental impact as well as the practices, regulations, and challenges associated with construction waste management in the Republic of Croatia. The introduction explains the importance of proper disposal of construction waste to reduce negative environmental impacts, such as pollution and greenhouse gas emissions. The second section defines construction waste and analyzes the different types of waste generated in the construction sector. The third part is dedicated to construction waste disposal procedures, including the legislative frameworks and strategies developed to improve the waste management system. The paper also discusses the problems Croatia faces in this area, such as limited recycling capacity and insufficient application of the circular economy. The fourth section analyzes current practices in Croatia, the challenges of construction waste disposal, and opportunities for improving recycling and optimizing the waste management system. The conclusion highlights the need for further infrastructure development, stricter regulations, and increased investment in recycling technologies to achieve a more sustainable future.

Keywords: *construction waste, waste disposal, recycling, circular economy, environmental protection.*

SADRŽAJ	
ZADATAK DIPLOMSKOG RADA	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
ABSTRACT	IV
1. UVOD	1
2. GRAĐEVINSKI OTPAD I NJEGOV UTJECAJ NA OKOLIŠ	3
2.1. Građevinski otpad	3
2.2. Vrste građevinskog otpada.....	6
3. ODLAGANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA	12
3.1. Postupci odlaganja građevinskog otpada	12
3.2. Strategije, propisi i razvoj zakonodavstva za odlaganje otpada	16
3.3. Problemi pri odlaganju građevinskog otpada	18
4. ANALIZA ODLAGANJA GRAĐEVINSKOG OTPADA U HRVATSKOJ	21
4.1. Prakse odlaganja otpada u Hrvatskoj i kružna ekonomija	21
4.2. Odlaganje građevinskog otpada u Hrvatskoj	23
4.3. Izazovi kod odlaganja građevinskog otpada	26
4.4. Mogućnosti poboljšanja recikliranja u Republici Hrvatskoj	27
5. ZAKLJUČAK	29
6. LITERATURA	30
7. PRILOZI	33
7.1. Popis slika	33
7.2. Popis tablica.....	33

1. UVOD

Građevinski otpad predstavlja jedan od najznačajnijih izazova u suvremenom gospodarenju otpadom. Svake godine, diljem svijeta, sektor građevinarstva generira velike količine otpada koji može imati ozbiljan utjecaj na okoliš. Upravljanje tim otpadom zahtijeva sustavan pristup kako bi se smanjili negativni učinci na prirodu i ljudsko zdravlje te promoviralo održivo korištenje resursa. U ovom radu će se detaljno razmotriti problematika odlaganja građevinskog otpada s posebnim naglaskom na situaciju u Hrvatskoj.

Prvi dio rada, "Građevinski otpad i njegov utjecaj na okoliš", daje osnovni pregled definicije građevinskog otpada te njegove vrste. Razumijevanje sastava i karakteristika otpada ključno je za procjenu njegovog utjecaja na okoliš. Ovaj segment rada također će obuhvatiti analizu različitih vrsta građevinskog otpada, uključujući beton, metal, drvo, plastiku i miješani otpad, te njihove specifične učinke na okoliš. Detaljna razmatranja omogućit će dublje razumijevanje ekoloških izazova povezanih s građevinskim otpadom.

Drugi dio rada fokusira se na "Odlaganje građevinskog otpada". U ovom dijelu istražuju se različiti postupci odlaganja građevinskog otpada, uključujući reciklažu, ponovnu upotrebu, te skladištenje na odlagalištima. Također će se razmatrati strategije, propisi i razvoj zakonodavstva koji reguliraju odlaganje otpada, kako na globalnoj razini, tako i unutar Europske unije i Hrvatske. Poseban naglasak bit će stavljen na probleme koji se javljaju pri odlaganju građevinskog otpada, kao što su neadekvatna infrastruktura, nedostatak svijesti i financijski izazovi.

Treći dio rada, "Analiza odlaganja građevinskog otpada u Hrvatskoj", pružit će detaljan pregled praksi odlaganja otpada u Hrvatskoj u kontekstu kružne ekonomije. Analizirat će se trenutno stanje odlaganja građevinskog otpada, identificirati ključni izazovi s kojima se suočava hrvatski sustav gospodarenja građevinskim otpadom te predložiti mogućnosti za poboljšanje reciklažnih procesa. Posebna pažnja bit će posvećena strategijama koje mogu povećati učinkovitost recikliranja i smanjiti količinu otpada koji završava na odlagalištima.

Zaključno, rad će sumirati glavne nalaze i preporuke za poboljšanje sustava gospodarenja građevinskim otpadom. Cilj je pružiti sveobuhvatan pregled problematike te ponuditi konkretna rješenja koja mogu pridonijeti održivijem i ekološki prihvatljivijem pristupu u upravljanju građevinskim otpadom. Kroz temeljitu analizu i kritičko razmatranje, ovaj rad nastoji dati doprinos razvoju održivih praksi u sektoru građevinarstva, s posebnim naglaskom na hrvatski kontekst.

2. GRAĐEVINSKI OTPAD I NJEGOV UTJECAJ NA OKOLIŠ

Građevinski otpad postaje sve veći ekološki izazov u suvremenom društvu. U ovom poglavlju bit će prikazana problematika građevinskog otpada i njegov sveobuhvatan utjecaj na okoliš.

Prvo, objašnjava se pojam građevinskog otpada, njegovo porijeklo i izvori. Razmatraju se različite vrste otpada koje nastaju u građevinskom sektoru, uključujući beton, drvo, metal i plastiku. Kroz ovu analizu, čitatelju se pruža uvid u specifične karakteristike i izazove vezane uz svaku vrstu otpada.

Nadalje, istražuje se kako građevinski otpad utječe na okoliš. Posebna pažnja posvećena je posljedicama neadekvatnog odlaganja otpada, kao što su zagađenje tla, vode i zraka, te utjecaj na biološku raznolikost. Također, razmatraju se moguće mjere za smanjenje negativnog utjecaja i promicanje održivih praksi u građevinskoj industriji.

Cilj ovog poglavlja je pružiti sveobuhvatan pregled problema građevinskog otpada i njegovih ekoloških implikacija, te potaknuti na razmišljanje o važnosti odgovornog upravljanja ovim resursima radi zaštite okoliša.

2.1. Građevinski otpad

Građevinska se industrija smatra jednim od pokretača gospodarstva i izgradnje nacije. Njegov doprinos bruto nacionalnom proizvodu je značajan, a njegove pozitivne posljedice na lokalno i regionalno gospodarstvo mogu biti ogromne jer otvara mogućnosti zapošljavanja i poslovanja. Infrastrukturni projekti kao što su ceste, glavni mostovi, željeznice, luke/zračne luke i drugi veliki građevinski radovi putevi su za veliki priljev kapitala u područja na kojima će se radovi izvoditi. Utjecaj na nizvodno gospodarstvo može biti neposredan na početku izgradnje i može se nastaviti tijekom samih operacija. Iz tog razloga lokalni su stanovnici uzbuđeni kada se u njihovom mjestu uspostave nove velike infrastrukture. Zajedno s obećanim ekonomskim i financijskim koristima građevinske industrije, same aktivnosti stvaraju značajan otpadni materijal na radilištima, radničkim kampovima i pomoćnim objektima. Ovi

otpadni materijali, općenito nazvani građevinskim otpadom, dio su ambalaže građevinskog materijala, spremnika i istrošenih dijelova strojeva i opreme koji više nisu za upotrebu. Dakle, bez praktične uporabe ovih materijala u gradnji, nema razloga za njihovo zadržavanje te se stoga naknadno zbrinjavaju. Ako se tim materijalima nepravilno upravlja i odlaže, oni mogu uzrokovati nepopravljiv i nepovratan štetan utjecaj na okoliš. Posljedično, zdravlje i dobrobit ljudi mogu biti ugroženi; prije svega će biti radnici, a potom i sami stanovnici u blizini lokacija projekta. Može završiti u scenariju u kojem obećani razvoj bude zasjenjen ekološkom katastrofom [1].

Građevinski otpad nastaje u svim fazama izvedbe građevinskih projekata, kao i tijekom cijelog životnog vijeka građevina, uključujući gradnju, upotrebu, održavanje, rušenje te ponovnu izgradnju. Građevinski otpad je “otpad koji nastaje prilikom gradnje građevina, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina, kao i otpad od iskopanog materijala koji se ne može bez prethodne uporabe koristiti za gradnju građevine zbog koje je nastao” [2, str. 299.]. Zbog ovih razloga, građevinski otpad predstavlja ključan segment u definiranju i primjeni okolišnog aspekta društveno odgovornog poslovanja.

Otpad uzrokuje negativne eksternalije za okoliš, unatoč činjenici da većinu građevinskog otpada čine inertni materijali koji možda ne predstavljaju tako veliku prijetnju kao opasni otpad. Odlaganje građevinskog otpada na odlagališta iscrpljuje ograničene resurse odlagališta, doprinosi povećanju potrošnje energije, povećava emisije stakleničkih plinova (GHG), predstavlja probleme za javno zdravlje i na druge načine zagađuje okoliš [3].

Građevinski otpad općenito je glomazniji, teži i ponekad otrovniji od kućnog otpada. Njihovo odlaganje na lokalno sanitarno odlagalište ili odlagalište dugoročno se može pokazati manje rješenjem, već više pogoršanjem problema. U nekim slučajevima, izvođač pribjegava neprikladnoj ili čak nezakonitoj praksi [1]:

- nezakonito odlaganje otpada u napuštenim područjima;
- skrivanje smeća u šumovitim područjima;
- miješanje s kućnim otpadom;
- pokapanje na napuštenim mjestima;

- odlaganje u vodotokove; i
- spaljivanje.

S druge strane, dobar dio tog građevinskog otpada još uvijek se može iskoristiti uz pravilno planiranje i samo njegovo korištenje može biti rješenje za rastuće probleme s otpadom s kojima se suočavaju zajednice i građevinska industrija. Samo treba biti kreativan i domišljat u pronalaženju rješenja za ova pitanja [1].

Brojne industrije poznate su po rasipanju resursa, ali građevinska industrija jedna je od najrasipnijih. Otprilike 40 % krutog otpada koji se proizvede svake godine potječe od aktivnosti izgradnje i rušenja. Kako građevinska industrija raste, proizvodnja otpada se eksponencijalno povećava. Očekuje se da će godišnji građevinski otpad dosegnuti 2,2 milijarde tona na globalnoj razini do 2025. Europski građevinski sektor proizvede 820 milijuna tona građevinskog otpada i otpada od rušenja svake godine, što je oko 46 % ukupnog generiranog otpada, prema Eurostatu. Građevinski otpad uključuje otpad koji nastaje tijekom izgradnje, održavanja, rekonstrukcije, rušenja i elementarnih nepogoda. Građevinski otpad sastoji se od 64–75 % iskopanog materijala uključujući iskopanu zemlju, 15–25 % otpada od rušenja i građenja te 5–10 % betona, asfalta i katrana. Postotak otpada koji nastaje tijekom izgradnje niži je (10–30 %) nego tijekom rušenja, ali je iskoristiviji i reciklirajući. Za učinkovito upravljanje građevinskim i građevinskim otpadom bitno je kemijski karakterizirati njegov sastav. Ovo je izazovan zadatak zbog značajne heterogenosti građevinskog otpada i otpada od rušenja, budući da na njegov sastav utječe niz čimbenika, uključujući vrstu konstrukcije (od izgradnje cesta do zgrada s metalnim okvirom), tradiciju gradnje (npr. drvo u odnosu na armirano betonska konstrukcija, montažna konstrukcija itd.), lokalni resursi i nacionalni propisi [4].

Građevinski otpad obično je inertan, što znači da ne prolazi fizičke, kemijske ili biološke promjene. Primjeri takvog inertnog građevinskog otpada uključuju gips, beton, žbuku, keramiku, željezo, čelik, drvo, staklo i plastiku. Važno je napomenuti da su betonski materijali odbačeni na gradilištu uglavnom napravljeni od cementa, koji sadrži nekoliko opasnih spojeva za povećanje čvrstoće, trajnosti i odgovarajućeg vremena vezivanja u različitim vremenskim uvjetima. U Europskoj uniji proizvodi se

27 različitih vrsta cementa za građevinsku industriju, a najčešće se koristi portland cement. Betonski otpad iz gradnje može sadržavati živu, kadmij i gips, kao i arsen, cijanid, nikal, krom, olovo, sulfat i cink, koji mogu iscuriti u okoliš ako se njima ne upravlja na odgovarajući način. Iako se plastika ne koristi tako često u građevinskoj industriji kao što su beton, drvo i staklo, nalaze široku primjenu u raznim alatima, dijelovima i priboru, uključujući prozore, vrata, cijevi, završne radove u građevinarstvu i pakiranja građevinskih materijala poput plastičnih boca i spremnika koji se koriste za transport. Prema izvješćima, građevinska industrija troši približno 10 milijuna tona plastike godišnje za različite svrhe, s oko 50 000 tona plastike koja se svake godine odbaci u Ujedinjenom Kraljevstvu, od čega je većina polivinil klorid (PVC) [4].

Drvni otpad čini značajan udio u ukupnom nastalom otpadu. Drvo se često svrstava u ekološki prihvatljive materijale, određeno građevinsko drvo podvrgava se nizu kemijskih tretmana, poput dodavanja spojeva bakra i nanošenja lakova, boja ili otapala za zaštitu površinskog sloja. S druge strane, opasne građevinske otpatke treba identificirati i njima se na odgovarajući način postupati. Nepravilno rukovanje ovom vrstom otpada može predstavljati opasnost ne samo za one koji s njime rade, već i za širu javnost. Mnogo opasnog otpada nastaje u građevinskoj industriji, uključujući olovo, azbest, razrjeđivač, skidač boje, fluorescentne cijevi i aerosolne limenke. Upravljanje opasnim materijalima u građevinskom otpadu i otpadu od rušenja je ključno kako bi se izbjegle novčane kazne i odgovornosti za okoliš [4].

2.2. Vrste građevinskog otpada

Građevinski otpad sastoji se od različitih vrsta materijala, ovisno o vrsti građevinskog objekta, izvedenim radovima te fazi gradnje, rušenja ili rekonstrukcije. Vrste materijala koje se pojavljuju u građevinskom otpadu ovise o vrsti radova. Na primjer, tijekom zemljanih radova građevinski otpad obuhvaća zemlju, pijesak, šljunak, glinu, ilovaču i kamen. U niskogradnji se izdvaja bitumen (asfalt) ili cementom vezani materijal, pijesak, šljunak i drobljeni kamen, dok u visokogradnji otpad čine beton,

opeka, mort, gips, plinobeton i prirodni kamen. Miješani građevinski otpad uključuje drvo, plastiku, papir, karton, metal, kablove, boju, lak i šutu [2].

Vrste građevinskog otpada također variraju ovisno o tome je li riječ o rušenju postojeće građevine ili gradnji nove. Geografske specifičnosti RH utječu na sastav građevinskog otpada, pa tako u Dalmaciji i Primorju prevladava kamen, u sjeverozapadnom dijelu beton i opeka, a u istočnom dijelu opeka i miješani otpad (šuta). Građevinski otpad je posebna kategorija otpada i prema Pravilniku o katalogu otpada (NN 90/2015) [5] označava se ključnim brojem 17: Građevinski otpad i otpad nastao od rušenja objekata (uključujući otpad od iskapanja onečišćenog tla). Podjela grupe 17 i njezine podgrupe prikazane su u Tablici 1. Važno je napomenuti da je relativna količina građevinskog otpada po volumenu i masi najveća kod rušenja dotrajalih i/ili starih građevina. Tijekom tih aktivnosti ključno je pravilno i sustavno provođenje rušenja kako bi se otpad pravilno razdvojio na onaj koji se može ponovno iskoristiti i onaj koji ne može, jer u suprotnom gotovo 100% ruševnog materijala postaje otpad [2].

Tablica 1. Podjela otpada [5]

17 00	Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija)
17 01	beton, opeka, crijep / pločice i keramika
17 02	drvo, staklo i plastika
17 03	mješavine bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran
17 04	metali (uključujući i njihove legure)
17 05	zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih / kontaminiranih lokacija), kamenje i iskop od rada bagera
17 06	izolacijski materijali i građevinski materijal koji sadrži azbest
17 08	građevinski materijal na bazi gipsa
17 09	ostali građevinski otpad i otpad od rušenja

Za praćenje tokova građevinskog otpada i ostvarenje postavljenih ciljeva koriste se podaci prikupljeni u skladu s odredbama Zakona o gospodarenju otpadom (ZGO) (NN 84/21, 142/23), Pravilnika o gospodarenju otpadom (NN 106/2022) [6], Pravilnika o registru onečišćavanja okoliša (NN 3/2022) [7], te Pravilnika o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/2014) [8]. Podaci su dostupni u bazama podataka i

evidencijama Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (MINGOR): ROO, e-ONTO, Registar dozvola i potvrda za gospodarenje otpadom, evidencije o prekograničnom prometu otpada te evidencije o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada [9].

Građevinski otpad na gradilištu dijeli se na fizički otpad i nefizički otpad. Fizički otpad je definiran kao gubitak materijala, oštećen, koji se ne može popraviti, ne može se koristiti ili gubici tijekom građevinskih aktivnosti. Međutim, nefizički otpad povezan je s prekoračenjem troškova i kašnjenjem građevinskih projekata. To se može protumačiti kao gubitak novca i vremena, a ne fizički [10].

A. Betonski otpad

Betonski otpad može nastati zbog pogrešnog rukovanja građevinskim komponentama poput betonskog pilota kao što je prikazano na slici 1. Slika prikazuje slomljeni pilot bačen u zemlju [10].



Slika 1. Betonski otpad [10]

B. Drvni otpad

Drvo se koristi u tradicionalnoj gradnji posebno kao oplata. Obično se ova drvena oplata koristi najmanje tri puta prije nego što se odloži. Ovaj generirani otpad je lokacija kojom se treba pravilno upravljati jer bi stvorio negativan utjecaj na okoliš ako bi se drvo otvoreno spaljivalo. Slika 2. pokazuje da drvni otpad nije pravilno raspoređen na lokaciji [10].



Slika 2. Otpad drvne građe [10]

C. Čelični otpad

Čelična armaturna šipka jedan je od važnih elemenata u građevinarstvu. Otpad se obično pojavljuje na gradilištu zbog pogrešnog odrezivanja šipke od strane neiskusnih radnika na gradilištu. Slika 3. prikazuje prikupljeni zahrđali čelični otpad na lokaciji [10].



Slika 3. Otpad od čelične armature [10]

D. Otpad od opeke

Cigle i blokovi su najčešći materijali koji se koriste za zidove. Priroda opeke je krta. Stoga se ova vrsta otpada lako pronalazila na mjestima. Otpad koji obično nastaje zbog

nepravilnog rukovanja materijalima tijekom faze izgradnje. Slika 4 prikazuje otpad od opeke na promatranom mjestu [10].



Slika 4. Otpad od opeke [10]

E. Ambalažni otpad

Ambalažni otpad nastao na lokaciji tijekom procesa dostave. Mnogi dobavljači isporučuju građevinski materijal na gradilište s odgovarajućim postupkom pakiranja. Stoga, nakon upotrijebljenog ili isporučenog materijala, ambalažni otpad ostaje ili ostaje na lokaciji. Otpad koji se obično otkriva je ambalažna plastika i papir. Slika 5 prikazuje otpadnu ambalažu od cementa na gradilištu [10].



Slika 5. Ambalažni otpad od vreće cementa [10]

U Tablici 2. prikazane su neke mogućnosti ponovne upotrebe otpadnih materijala iz visokogradnje i niskogradnje nakon postupka recikliranja [11].

Tablica 2. Mogućnosti uporabe otpadnih materijala [11]

Vrsta materijala	Porijeklo	Primjena
Čisti lom opeke	Proizvodnja opeke	Dodatni materijal za proizvodnju zidnih elemenata, betona, laganog betona, stabiliziranje, drenažni slojevi, ispuna, nasipavanje
Miješani lom od rušenja u visokogradnji s lomom opeke (šuta miješana s opekom)	Stambena gradnja, visokogradnja	Dodatni materijal za proizvodnju zidnih elemenata, betona, laganog betona, stabiliziranje, ispuna, nasipavanje, završni slojevi podova
Miješani lom od rušenja u visokogradnji	Industrija, visokogradnja	Stabiliziranje nasipa, izgradnja sportskih terena
Mineralni otpad	Industrogradnja, visokogradnja	Nasipavanje, izgradnja sportskih terena – drenaža
Reciklirani pijesak	Industrogradnja, visokogradnja	Podloga za postavljanje cijevi pri uvođenju infrastrukture (plin, voda itd.)
Asfaltni lom	Cestogradnja	Nevezani gornji nosivi slojevi, nevezani donji nosivi slojevi, vezani nosivi slojevi, izgradnja poljoprivrednih putova, dodatni materijali za proizvodnju asfalta
Betonski lom	Cestogradnja, izgradnja mostova, industrogradnja	Nevezani gornji nosivi slojevi, nevezani donji nosivi slojevi, cementom vezani nosivi slojevi, izgradnja poljoprivrednih putova, dodatni materijali za proizvodnju betona, drenažni slojevi
Miješani asfaltni/betonski lom	Cestogradnja, parkirališta, izgradnja mostova	Nevezani gornji nosivi slojevi, nevezani donji nosivi slojevi, vezani nosivi slojevi, izgradnja poljoprivrednih putova

3. ODLAGANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA

Odlaganje građevinskog otpada predstavlja složen proces koji zahtijeva pažljivo planiranje i primjenu specifičnih postupaka kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš. Ovaj dio rada fokusira se na razne postupke koji se koriste pri odlaganju građevinskog otpada, od standardnih metoda do suvremenih pristupa koji uključuju reciklažu i ponovnu uporabu materijala. Također se razmatraju strategije, propisi i razvoj zakonodavstva koji reguliraju ovu oblast, s posebnim naglaskom na usklađivanje s europskim standardima. Kroz analizu se identificiraju ključni problemi i izazovi s kojima se susreću upravitelji otpada, uključujući tehničke, ekološke i logističke poteškoće.

3.1. Postupci odlaganja građevinskog otpada

Velik dio otpada koji nastaje u građevinskoj industriji inertan je i nerazgradiv. Nadalje, građevinski otpad je težak i gust, zahtijeva više prostora za skladištenje, a ne može se njime gospodariti prema tipičnim načelima gospodarenja otpadom, naime, „smanji, ponovno upotrijebi, recikliraj“, tj. koja vrijede u gospodarenju u građevinarstvu kao u bilo koji drugi sektor. Gospodarenje građevnim otpadom obuhvaća aktivnosti i mjere kao što su odvojeno prikupljanje, smanjenje količine otpada i njegovog štetnog djelovanja na okoliš te uporaba i/ili zbrinjavanje otpada. Gospodarenje građevinskim otpadom utječe na konačnu cijenu, kvalitetu, vrijeme i utjecaj projekta na okoliš i zdravlje ljudi. Pravilnim gospodarenjem građevinski otpad se minimizira na odlagalištima, čuvajući vrijedan odlagališni prostor, a reciklirani građevinski otpad se pretvara u visokovrijednu sekundarnu sirovinu koja može poslužiti u druge građevinske svrhe [4].

Na primjer, zamjena grubih prirodnih agregata grubim recikliranim agregatima iz C&D otpada u proizvodnji betona jedna je takva praksa koja smanjuje potrošnju prirodnih mineralnih resursa i pruža priliku za recikliranje građevinskog otpada i otpada od rušenja u sirovinu. Ipak, predstavnici industrije u većini zemalja oklijevaju koristiti reciklirane agregate u betonu. To je zbog percepcije da bi prirodni agregati mogli biti jeftiniji od recikliranih, skepticizma kupaca u pogledu pouzdanosti recikliranih agregata i nedostatka tržišta za reciklirane agregate prikladne za

proizvodnju betona u C&D postrojenjima za preradu otpada. Zabranjeno je odlagati građevinski otpad na mjestu nastanka ili bilo kojem drugom mjestu osim za to određenog mjesta. Kad god je to moguće, građevinski otpad treba odvojeno skupljati i reciklirati te izbjegavati trajno odlaganje u okoliš. Prerada, recikliranje i zbrinjavanje građevinskog otpada uvelike su određeni njegovim sastavom [4].

Prema Barbir i Dabić [4] hijerarhija gospodarenja građevinskim otpadom je sljedeća:

1. Sprečavanje stvaranja otpada - Najučinkovitiji pristup je izbjegavanje stvaranja otpada smanjenjem njegovog izvora. To se može postići, primjerice, očuvanjem postojećih zgrada umjesto gradnjom novih, korištenjem manje materijala u projektiranju i proizvodnji, usvajanjem metoda gradnje koje omogućuju dekonstrukciju i ponovnu uporabu materijala te korištenjem materijala koji su manje štetni za okoliš.
2. Priprema za ponovnu uporabu – Građevinski otpad i otpad od rušenja može se preusmjeriti i pretvoriti u resurs. To uključuje pregled, čišćenje, popravak ili zamjenu cijelih proizvoda ili potrošnog materijala. Vrijedni građevinski materijali koji više nisu potrebni mogu se ponovno upotrijebiti za stvaranje ušteda i očuvanje prirodnih resursa, poput šljunka, betona.
3. Recikliranje – Pretvaranje otpada u novi proizvod, uključujući kompostiranje, kada su ispunjeni protokoli kvalitete. Na primjer, reciklirano drvo može se koristiti za proizvodnju proizvoda na bazi drva kao što je namještaj, dok je recikliranje metala kao što su čelik, bakar i mesing također poželjno.
4. Ostali procesi oporabe – Dodatni procesi oporabe uključuju anaerobnu digestiju, spaljivanje s oporabom energije, rasplinjavanje i pirolizu za proizvodnju energije (električne energije, topline i goriva), kao i ponovnu upotrebu materijala iz otpada i određeno odlaganje.
5. Odlaganje – Ovo je preferirana opcija zakupa koja uključuje odlaganje ili spaljivanje bez oporabe energije.

U nastavku je primjer rušenja i ponovnog korištenja građevinskog otpada. Struktura je srušena korištenjem specijalne opreme (Slika 6.) i zatim zdrobljena na licu mjesta (Slika 7.). Poteškoće nastaju prilikom odvajanja konstrukcijskog betona od žbuke i

zidova, pri čemu dobiveni ispunni materijal sadrži značajan postotak nečistoća (Slika 8.). Materijal dobiven drobljenjem konstrukcijskog otpada morao se sortirati nakon drobljenja, ali prije upotrebe za infrastrukturu podova s velikim opterećenjem, što je uključivalo dodatni rad i troškove. Sve ove komplikacije mogle su se izbjeći primjenom odgovarajućeg tehnološkog procesa rušenja i pažnjom na veličinu recikliranih agregata. U prikazanom slučaju, zbog pretjerano velikih veličina recikliranih agregata, interlard sloja za punjenje je gotovo nemoguće dobiti [12].

Korištenje recikliranih agregata na lokalnoj razini moglo bi predstavljati odgovarajuće rješenje za ceste ili teško opterećene industrijske podne konstrukcije, usporedivo s prirodnim agregatima te također po cijeni i dobivenom modulu deformacije, također rješavajući problem značajnih količina građevinskog otpada i otpada od rušenja. Nedostatak odredbi koda za ponovnu upotrebu agregata još uvijek izaziva sumnje u ispravnost rješenja. Rješavanje problema građevinskog otpada odgovornost je svih subjekata uključenih u građevinsku industriju [12].



Slika 6. Oprema za rušenje na licu mjesta [12]



Slika 7. Drobljenje konstrukcijskog betona na licu mjesta [12]



Slika 8. Materijal s nečistoćama dobiven nakon drobljenja [12]

Trošak dobivanja zdrobljenih recikliranih agregata je usporediv s cijenom balasta ako se uspostavi optimalni tehnološki proces za dobivanje recikliranih agregata koji se ponovno koriste lokalno. Kada reciklirani agregati ne sadrže nečistoće kao rezultat odgovarajućeg tehnološkog procesa i veličina recikliranih agregata je optimalna, cijena recikliranih agregata je opravdana i nalazi se između cijene balasta i drobljenog kamena. Kako bi se zamijenili balast i stabilizirani sloj balasta, cijelo punjenje je izvedeno korištenjem recikliranih agregata (Slika 9.). Zbog odstupanja u veličini recikliranih agregata, faza zbijanja traje dulje u usporedbi s balastom ili drobljenim kamenom. U fazi zbijanja, ako su reciklirani agregati pravilno navlaženi, prašina i sitni dijelovi recikliranih agregata djeluju kao vezivo, stvarajući gotovo kompaktni sloj. Rezultati dobiveni za modul deformacije podkonstrukcije industrijskog poda bili su iznenađujuće dobri, pokazujući više od 10% veće vrijednosti nego u slučaju korištenja prirodnih agregata [12].



Slika 9. Korištenje recikliranim agregatima [12]

3.2. Strategije, propisi i razvoj zakonodavstva za odlaganje otpada

U Republici Hrvatskoj gospodarenje otpadom definirano je Zakonom o gospodarenju otpadom (NN 84/21, 142/23) [13] kao sustav aktivnosti koji obuhvaća sakupljanje, prijevoz, uporabu i zbrinjavanje otpada, uključujući nadzor tih aktivnosti te brigu o odlagalištima otpada nakon njihova zatvaranja. Osnovna načela zakona uključuju prevenciju nastanka otpada, smanjenje količine otpada na izvoru, promicanje recikliranja i ponovne uporabe, te ekološki prihvatljivo zbrinjavanje otpada. Zakon također propisuje obveze svih sudionika u procesu gospodarenja otpadom, od proizvođača do krajnjih korisnika, te uspostavlja mehanizme nadzora i kaznene odredbe za nepoštivanje propisa.

Neodgovarajuće gospodarenje otpadom prepoznato je kao glavni problem u zaštiti okoliša u Republici Hrvatskoj, kako u Nacionalnoj strategiji zaštite okoliša, tako i u Nacionalnom akcijskom planu za zaštitu okoliša. Oni su predvidjeli krizu u gospodarenju otpadom zbog sve većih količina otpada i nedovoljne infrastrukture, osim ako se uskoro ne uvedu značajne promjene. Neadekvatan sustav gospodarenja otpadom negativno utječe na okoliš, posebno na podzemne vode koje su glavni izvor pitke vode i osnovni nacionalni resurs [14].

Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine nalaže da tijekom izvođenja radova na gradilištu, izvođač mora upravljati građevinskim otpadom koji nastaje te ga reciklirati i/ili zbrinuti u skladu s propisima o gospodarenju otpadom. Na gradilištu se mora voditi odgovarajuća dokumentacija o upravljanju tim otpadom, sukladno važećim propisima [15].

Na temelju obujma, otpad iz građevinarstva zauzima najveći udio u otpadu u EU. Zato Europska komisija uvodi novi protokol o gradnji i rušenju. Pravilno upravljanje građevnim otpadom i recikliranim materijalima – uključujući ispravno rukovanje opasnim otpadom – može imati velike prednosti u smislu održivosti i kvalitete života. Ali također može pružiti velike koristi za građevinsku i reciklažnu industriju u EU-u, jer potiče potražnju za recikliranim materijalima [2].

Strategija gospodarenja otpadom temelji se na općim načelima Europske unije o gospodarenju otpadom i nudi realističan okvir za uspostavu održivog razvoja gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj. Plan gospodarenja otpadom, koji služi kao njezin provedbeni dokument, dio je stalnog procesa planiranja gospodarenja otpadom na svim razinama, od nacionalne do lokalne. Također se pojavljuje kao segment u drugim sektorima, uključujući vodno gospodarstvo, rudarstvo, zdravstvo, prostorno planiranje, građevinarstvo i dr. [16].

Posljednji dostupni plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske [17] izdan je za razdoblje 2023. – 2028. godine. Što se tiče prevencije građevinskog otpada i otpada od rušenja, potrebni su značajni naponi kako bi se prikladnim tehnikama planiranja i korištenjem odgovarajućih tehnologija smanjila upotreba materijala te izbjegavali oni s velikim utjecajem na okoliš. Prema ovom planu, cilj je produžiti životni vijek objekata kroz odgovarajuće mjere održavanja i olakšati ponovnu uporabu materijala identificiranjem mogućnosti odvajanja i prepoznavanja otpada tijekom izgradnje, obnove i rušenja.

Izgradnja zgrada koje su resursno i energetske učinkovite tijekom cijelog životnog ciklusa predstavlja poseban izazov. Inicijative koje su se pokazale učinkovitima treba širiti kroz razmjenu znanja i primjere iz prakse. Također je potrebno stvoriti tržište i poticaje za korištenje recikliranog građevinskog otpada. Razvoj inovativnih tehnologija i tehnika ima za cilj očuvanje resursa, postizanje visoke materijalne učinkovitosti i niske razine otpada, te visoke energetske učinkovitosti. Javni sektor može igrati važnu ulogu u postizanju ovih ciljeva kroz kontinuiranu edukaciju o prevenciji korištenja građevinskih materijala koji sadrže štetne tvari i o ponovnoj uporabi građevinskog otpada, putem obrazovnih institucija i stručnog usavršavanja [17].

Napušteni ili nekorišteni objekti često su prvi korak ka rušenju. Prenamjenom objekata i razvojem novih modela korištenja zgrada može se produžiti njihov životni vijek. Javni sektor ima važnu ulogu u tome s obzirom na veliki broj objekata u javnom vlasništvu. Sprječavanje nastajanja otpada i potencijal ponovne uporabe u građevinskom sektoru uvelike su određeni u fazi projektiranja. Stoga je važno uključiti

načela prevencije i ponovne uporabe otpada u stručno i sveučilišno obrazovanje. Osim sprječavanja nastanka otpada, primjenom predviđenih mjera nastoji se poboljšati kvaliteta građevnog otpada i otpada od rušenja, čime se olakšava njegova ponovna uporaba ili reciklaža. Krajem 2021. godine pokrenut je projekt izrade Akcijskog plana za kružno gospodarstvo u sektoru gospodarenja građevnim otpadom u Republici Hrvatskoj, s ciljem značajnih pomaka u upravljanju građevnim otpadom i sprječavanju njegovog nastanka. Planira se uvođenje poticajne naknade za ponovno korištenje materijala od rušenja i drugih građevinskih aktivnosti kako bi se potaknulo korištenje građevnog materijala prije nego postane otpad [17].

3.3. Problemi pri odlaganju građevinskog otpada

Postoji nekoliko izazova koje trebaju riješiti praktičari, posebno tijekom faze pripreme gradnje. Dizajneri moraju uzeti u obzir tehničke informacije o građevinskom procesu tijekom faze projektiranja kako bi izbjegli građevinski otpad. To može pomoći u sprječavanju građevinskog otpada, budući da istraživanja pokazuju da su pogreške i česte promjene u dizajnu uvijek faktori koji generiraju otpad [18].

Butković, Stanišić i Omazić [2] identificiraju sljedeće ključne probleme u upravljanju građevinskim otpadom:

- Nedostatak kvalitetne i transparentne komunikacije među svim dionicima u procesu upravljanja građevinskim otpadom.
- Nepostojanje pouzdane evidencije o izvorima, količinama i tokovima građevinskog otpada, iako je zakonski okvir za to predviđen, no nažalost se ne primjenjuje.
- Velika količina građevinskog otpada koja se često neadekvatno odlaže na nelegalnim odlagalištima.
- Nedostatak sustava za odvajanje građevinskog otpada na mjestu nastanka.
- Neodvojeno zbrinjavanje opasnog otpada i otpada kontaminiranog opasnim tvarima iz građevinskog otpada.

- Nepostojanje ekonomskih poticaja za upotrebu ekološki prihvatljivih materijala.
- Marginalizacija problema građevinskog otpada u svim fazama gradnje objekata.
- Neprisutnost razrađenog sustava za poticanje korištenja i standardizacije recikliranih materijala.
- Nedostatak jedinstvenih provedbenih propisa koji bi uredili upravljanje građevinskim otpadom i jasno definirali prava i obveze svih sudionika u sustavu.

Također, iako postoje službena odlagališta na razini gradova, županija i države, građevinski otpad se često nelegalno odlaže na raznim lokacijama. Tzv. divlja odlagališta predstavljaju male, neuređene prostore koji nisu predviđeni za odlaganje otpada, a formirali su ih najčešće građani bez prethodnog odobrenja lokalnih vlasti. Ova odlagališta nemaju odgovarajuće dokumente za svoje djelovanje, a otpad se većinom individualno dovozi [2].

Građevinska industrija smatra se jednim od najvećih proizvođača čvrstog otpada na globalnoj razini. Velike količine građevinskog otpada stvaraju se zbog sve većeg broja novih građevinskih objekata, obnove, rekonstrukcije, popravaka, rušenja te infrastrukturnih projekata. Ove velike količine otpada mogu imati štetne učinke na okoliš ako se ne upravlja njima na odgovarajući način. Stoga je nužno pravilno upravljanje tim otpadom. Važno je dati prioritet okolišu, uz uobičajene ciljeve projekata kao što su trošak, trajanje, kvaliteta i sigurnost. Ograničen pristup upravljanju otpadom donosi ekonomske probleme, jer se velika sredstva troše na odlaganje otpada na deponije i ublažavanje njegovih posljedica po okoliš [19].

Glavni okolišni problemi prema Marzouk i Azab [19] uključuju:

1. smanjenje prostora za deponije zbog sve većih količina otpada;
2. iscrpljenje građevinskih materijala;
3. povećano zagađenje iz deponija koje može uzrokovati ozbiljne negativne zdravstvene učinke;
4. štetu za okoliš;

5. povećanje potrošnje energije za transport i proizvodnju novih materijala umjesto onih odloženih.

Posljednji problem odnosi se na gubitak ugrađene energije u otpadu, koja bi se mogla iskoristiti za proizvodnju novih građevinskih materijala. Recikliranje građevinskog otpada štedi ugrađenu energiju zamjenom novih sirovina recikliranim materijalima, čime se često ostvaruju i uštede u emisijama okoliš [19].

4. ANALIZA ODLAGANJA GRAĐEVINSKOG OTPADA U HRVATSKOJ

Analiza odlaganja građevinskog otpada u Hrvatskoj predstavlja važan aspekt u razumijevanju trenutnih praksi i njihovog utjecaja na okoliš i društvo. U ovom poglavlju se razmatraju postojeće prakse odlaganja otpada u kontekstu kružne ekonomije, s posebnim fokusom na odlaganje građevinskog otpada. Također se istražuju izazovi s kojima se Hrvatska suočava u procesu odlaganja otpada, uključujući nedostatke u infrastrukturi, zakonodavnom okviru i svijesti o održivom upravljanju otpadom. Na kraju, posebna pažnja posvećuje se mogućnostima za poboljšanje sustava recikliranja u Republici Hrvatskoj, s ciljem smanjenja otpada i povećanja ponovne uporabe građevinskih materijala.

4.1. Prakse odlaganja otpada u Hrvatskoj i kružna ekonomija

U Hrvatskoj su sljedeće najčešće korištene prakse zbrinjavanja otpada [20]:

- Recikliranje je proces izdvajanja resursa ili vrijednosti iz otpada, općenito poznat kao recikliranje, što znači ponovno korištenje ili uporabu materijala. Postoji mnogo načina za recikliranje otpadnih materijala: sirovine se mogu izdvojiti i ponovno preraditi ili se kalorijska vrijednost otpada može pretvoriti u električnu energiju. Ova metoda je široko korištena u Hrvatskoj, ali još uvijek postoji potreba za modernizacijom postrojenja i implementacijom novih tehnologija kako bi se povećala učinkovitost ove metode, jer bi proizvodnja energije mogla biti veća i čišća. Statistike pokazuju da se 45 % komunalnog otpada može ponovno iskoristiti/reciklirati, zbog čega bi Hrvatska trebala biti još aktivnija u recikliranju.
- Fizička prerada odnosi se na široko rasprostranjeno prikupljanje i ponovnu uporabu svakodnevnih otpadnih materijala, poput praznih spremnika za piće. Ti se materijali prikupljaju i razvrstavaju prema uobičajenim vrstama, kako bi se sirovine od kojih su predmeti izrađeni mogle ponovno preraditi u nove proizvode. Materijali za recikliranje mogu se prikupljati odvojeno od općeg

otpada pomoću namjenskih kanti za otpad i vozila za prikupljanje ili se mogu sortirati izravno iz mješovitih tokova otpada.

- Kompostiranje: Otpadni materijali koji su organskog porijekla, poput biljnog materijala, ostataka hrane i papirnih proizvoda, mogu se reciklirati korištenjem bioloških procesa kompostiranja i razgradnje kako bi se organska tvar dekomponirala. Dobiveni organski materijal se zatim reciklira koliko god je to moguće ili kompostira za poljoprivredne ili krajobrazne svrhe. Osim toga, otpadni plin iz procesa (poput metana) može se prikupiti i koristiti za proizvodnju električne energije.
- Oporaba energije: Energetski sadržaj otpadnih proizvoda može se iskoristiti izravno koristeći ih kao gorivo za izgaranje ili neizravno preradom u drugu vrstu goriva.
- Spaljivanje: Spaljivanje je metoda zbrinjavanja koja uključuje izgaranje otpadnog materijala. Spaljivanje i drugi sustavi za obradu otpada pri visokim temperaturama ponekad se opisuju kao “termička obrada”. Spalionice pretvaraju otpadne materijale u toplinu, plin, paru i pepeo.
- Odlagalište: Zbrinjavanje otpada na odlagalištu uključuje zakopavanje otpada, i to ostaje uobičajena praksa u većini zemalja. Pravilno dizajnirano i dobro vođeno odlagalište može biti higijenska i relativno jeftina metoda zbrinjavanja otpada.

U Hrvatskoj se godišnje proizvede oko 6 milijuna tona otpada (oko 1,5 tona po osobi godišnje). Hrvatska ekonomija je samo 2,7% kružna. Većina ovog otpada dolazi iz građevinskog sektora i kućanstava. Sustav gospodarenja otpadom u Hrvatskoj uglavnom se oslanja na odlaganje otpada na odlagališta. Oko 58% komunalnog otpada proizvedenog u Hrvatskoj završava na jednom od 80 aktivnih odlagališta u zemlji. Međutim, ilegalna odlagališta i dalje predstavljaju dugotrajan problem. Praksa gospodarenja otpadom razlikuje se od grada do grada. Dok su neki gradovi i općine dio Europske mreže gradova bez otpada, mnogi gradovi i općine zaostaju u ovom pogledu. Na primjer, glavni grad Zagreb, koji čini 21% hrvatskog otpada, i dalje je uvelike ovisan o odlagalištima. Tek su se u posljednjih nekoliko godina intenzivirali naponi za recikliranje. Sada je pokrenut novi krug konzultacija o problemima vezanim

za postrojenja, tehnologiju i lokacije za gospodarenje otpadom, s idejom izgradnje centra za gospodarenje otpadom koji bi uključivao i energanu. Osim toga, Zagrebu je potrebna sortirnica, kompostana, reciklažno dvorište i centar za ponovnu upotrebu [21].

4.2. Odlaganje građevinskog otpada u Hrvatskoj

Ogromna količina građevinskog otpada čini čak jednu trećinu ukupnog otpada koji nastaje u EU. U 2020. godini u Hrvatskoj je nastalo oko 1,4 milijuna tona građevinskog otpada, od čega je samo 7 % reciklirano ili zbrinuto na prihvatljiv način, dok je 11 % izdvojeno kao sekundarna sirovina. U usporedbi s razvijenijim europskim zemljama, poput Danske, Nizozemske i Belgije, koje recikliraju i do 80 posto svog građevinskog materijala, Hrvatska uvelike zaostaje. To je prvenstveno zbog činjenice da ekonomski sustav gospodarenja otpadom još nije u potpunosti razvijen. Pravilna praksa gospodarenja otpadom, kakva se vidi u nekim razvijenim europskim zemljama, može značajno poboljšati kvalitetu života. Kako bi ulila povjerenje u reciklirane materijale, Europska komisija uspostavila je protokol. Ovaj protokol, koji je izradio tim stručnjaka iz različitih područja gospodarenja otpadom, naglašava važnost dobrog planiranja izgradnje i odgovarajućih praksi gospodarenja otpadom na licu mjesta kako bi se postigle veće stope recikliranja i bolja kvaliteta recikliranih proizvoda. Recikliranje se može odvijati na licu mjesta ili u postrojenju za recikliranje izvan mjesta, ovisno o protokolu [4].

Razumijevanje trenutne situacije na području Republike Hrvatske bitno je za izradu strategije i iznalaženje boljih rješenja. Prema dostupnim podacima, u Tablici 3 prikazana je količina karakteriziranog građevinskog otpada u Hrvatskoj za 2020. godinu [4].

Tablica 3. Količina karakteriziranog građevinskog otpada u Hrvatskoj [4]

Ključni broj	Otpad	Količina/tone
17 01	beton, opeka, crijep / pločice i keramika	243,306
17 02	drvo, staklo i plastika	21,966
17 03	mješavine bitumena, ugljeni katran i proizvodi koji sadrže katran	129,287
17 04	metali (uključujući i njihove legure)	222,248
17 05	zemlja (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih / kontaminiranih lokacija), kamenje i iskop od rada bagera	528,123
17 06	izolacijski materijali i građevinski materijal koji sadrži azbest	5,764
17 08	građevinski materijal na bazi gipsa	1,384
17 09	ostali građevinski otpad i otpad od rušenja	247,116
UKUPNO:		1,399,194

Tijekom 2021. godine, na odlagališta je upućeno 1.029.725 tona komunalnog otpada. Promatrajući razdoblje od 2015. do 2021. godine, vidljiv je trend smanjenja količine odloženog otpada, što se dijelom može pripisati provedenim mjerama za sprječavanje nastanka otpada. U ovom planskom razdoblju, građanima će biti omogućeno "pravo na popravak" putem centara za popravak raznih proizvoda s ciljem produljenja njihova vijeka trajanja, kao i razvoj centara za ponovnu uporabu. Ova nova infrastruktura bit će ključna u sprječavanju stvaranja komunalnog otpada [17].

U nastavku su prikazani podaci o građevinskom otpadu koji su obrađeni kod ovlaštenih obrađivača, pri čemu u izračun udjela nije uključena preostala procijenjena količina građevinskog otpada (razlika do ukupne količine nastalog otpada, koja iznosi 13 %, odnosno 225.455,1 t). Ukupno pet županija nije prijavilo odlaganje građevinskog otpada na odlagalištima, dok dvije županije nemaju prijavljen postupak R5, koji se koristi za obradu mineralnog otpada. Najveće količine građevinskog otpada obrađene su na području Zadarske županije (33,2 %, odnosno 500.977,0 t), gdje je gotovo sav otpad, uglavnom mineralni, zbrinut odlaganjem na odlagalištima postupkom D1. Po količini obrađenog otpada slijedi Grad Zagreb (14,3 %, odnosno 215.282,1 t), gdje nije prijavljeno odlaganje niti zbrinjavanje drugim postupcima. Gotovo sav otpad je oporabljen konačnim postupcima oporabe, uključujući postupak R5 u postrojenjima za drobljenje mineralnog otpada, postupak R4 za oporabu metala te nasipavanje [9].

Tablica 4. Količine preuzetog, uskladištenog i obrađenog otpada u 2022. godini, po županiji (t) [9]

Br	Županija lokacije obrade	Broj lokacija	Preuzeto s područja Hrvatske (t)	Preuzeto iz uvoda (t)	Skladište obrađivača 1.1. (t)	Skladište obrađivača 31.12. (t)	Obrađeno (t)	Udio (%)
1	Zagrebačka	18	28.709,2	151,3	32.317,0	27.323,6	33.853,9	2,2
2	Krapinsko- zagorska	11	42.976,1	0,0	20.538,9	22.234,9	42.384,3	2,8
3	Sisačko- moslavačka	11	26.798,0	73.742,1	12.265,1	14.218,1	98.587,4	6,5
4	Karlovačka	9	15.347,3	0,0	69,9	7.125,2	8.349,9	0,6
5	Varaždinska	16	109.865,1	0,0	73.288,6	123.835,3	59.325,3	3,9
6	Koprivničko- križevačka	5	10.218,9	0,0	0,0	0,0	10.218,9	0,7
7	Bjelovarsko- bilogorska	10	7.319,9	2.425,7	140,0	300,0	9.585,5	0,6
8	Primorsko- goranska	7	60.475,1	0,0	17.486,7	22.336,4	55.625,9	3,7
9	Ličko-senjska	2	14.699,4	0,0	60,0	7.480,0	7.279,4	0,5
10	Virovitičko- podravska	3	9.020,1	0,0	183,9	203,6	9.361,6	0,6
11	Požeško- slavonska	3	1.853,6	614,0	0,0	10,1	2.457,5	0,2
12	Brodsko- posavska	6	7.154,5	0,0	17.115,2	16.079,5	10.191,0	0,7
13	Zadarska	7	501.161,3	0,0	4.525,1	4.709,3	500.977,0	33,2
14	Osječko- baranjska	14	81.903,2	16,5	1.072,8	794,5	82.198,1	5,4
15	Šibensko- kninska	10	28.069,7	0,0	16.239,4	13.538,8	31.111,6	2,1
16	Vukovarsko- srijemska	6	11.021,0	0,0	30.700,0	23.700,0	18.063,6	1,2
17	Splitsko- dalmatinska	22	142.783,5	2.933,7	4.400,4	21.277,7	134.906,9	8,9
18	Istarska	13	140.461,1	15,1	6.930,4	9.613,8	138.663,7	9,2
19	Dubrovačko- neretvanska	4	1.997,7	0,0	753,7	273,7	2.477,8	0,2
20	Međimurska	7	35.986,7	1.898,8	4.161,7	2.822,6	39.224,5	2,6
21	Grad Zagreb	26	180.247,0	1.354,1	64.456,0	30.831,7	215.282,1	14,3
	Ukupno	210	1.458.068,2	83.151,1	308.704,8	348.753,6	1.510.125,9	100,0

Istarska županija slijedi po količini obrađenog otpada, s naglaskom na oporabu mineralnog otpada. Također, Splitsko-dalmatinska županija značajno je povećala količinu obrađenog mineralnog otpada postupkom R5 tijekom 2022. godine, dok Sisačko-moslavačka županija prednjači u reciklaži otpadnih metala. U Tablici 4 prikazani su podaci o količinama i postupcima obrade otpada po županijama, kako su ih prijavili obrađivači u Registar onečišćavanja okoliša (ROO) [9].

4.3. Izazovi kod odlaganja građevinskog otpada

Izazovi s kojima se Hrvatska suočava u uspostavljanju učinkovitog sustava gospodarenja otpadom traju već desetljećima, no sustav odlaganja otpada i dalje prevladava. Iako su ciljevi prikupljanja otpada ispunjeni, problemi se javljaju u razdvajanju i obradi komunalnog otpada. Hrvatska nije uspjela ostvariti cilj od 50% postavljen Direktivom o otpadu do 2021. godine, kao ni ciljeve smanjenja odlaganja otpada prema Direktivi EU-a o odlagalištima [21].

- Izgradnja centara za gospodarenje otpadom kasni.
- Ponovna uporaba i oporaba otpada su nedovoljno razvijene. U cijeloj Hrvatskoj izgrađen je samo jedan centar za oporabu i jedan za ponovnu uporabu otpada.
- Gradovi se bore s odlaganjem mulja iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Biorazgradivi otpad završava na odlagalištima. Samo 10 kompostana je aktivno, reciklirajući samo oko 76 tona biootpada [21].

Hrvatska zaostaje za drugim državama članicama Europske unije (EU) u prijelazu prema kružnom gospodarstvu (KG). U kružnom gospodarstvu, proizvodi i materijali ostaju u uporabi što je dulje moguće kroz strategije koje se mogu sažeti kao “ponovna uporaba, smanjenje i reciklaža”. Time se smanjuje potražnja za prirodnim resursima i minimizira otpad, što je povezano sa značajnim ekološkim štetama i ekonomskim troškovima. Međutim, 2021. godine hrvatsko gospodarstvo bilo je samo 5,7 posto kružno. To znači da je samo 5,7 posto materijalnih resursa u Hrvatskoj dolazilo iz recikliranih otpadnih materijala, u usporedbi s prosjekom od 11,7 posto u cijelom EU. Sustav gospodarenja otpadom u Hrvatskoj uglavnom se oslanja na odlaganje otpada

na odlagališta. Većina otpada dolazi iz građevinskog sektora i kućanstava. Unatoč napretku postignutom u proteklih pet godina, 58 posto komunalnog otpada proizvedenog u Hrvatskoj 2021. godine završilo je na jednom od 80 aktivnih odlagališta u zemlji. Vlada Hrvatske posvećena je ispunjavanju direktiva Europske unije u sektoru otpada, koje zahtijevaju da Hrvatska smanji odlaganje otpada s 58 na 10 posto i poveća recikliranje s 31 na 65 posto do 2035. godine [22].

4.4. Mogućnosti poboljšanja recikliranja u Republici Hrvatskoj

Hrvatska bi trenutno trebala iskoristiti građevinski otpad za stvaranje novih sirovina, slijedeći principe kružne ekonomije, za obnovu zgrada u područjima pogođenim razaranjima. To također može unaprijediti napore u recikliranju građevinskog otpada. Nakon potresa, Sisačko-moslavačka županija i Grad Zagreb generirali su velike količine građevinskog otpada koje je trebalo pravilno sortirati. Sortiranje je obavljeno ručno, što je, osim što je bilo skupo i vremenski zahtjevno, predstavljalo značajne izazove, uključujući potencijalne zdravstvene rizike za radnike. Radnici u takvim postrojenjima moraju proći visoku razinu obuke, imati pristup zaštitnoj opremi te dobiti upute o sigurnosti na radu. Automatizacija postupka sortiranja pomoću moderne tehnologije može spriječiti takve probleme u budućnosti. Suvremene metode sortiranja otpada uključuju korištenje optičkih senzora u procesu sortiranja. Ova metoda omogućava brzo i troškovno učinkovito razdvajanje željenih frakcija otpada. Senzor je uređaj koji pretvara fizičke pojave u električne signale. Posljedično, senzori djeluju kao sučelja između fizičkih dijelova i elektroničkih dijelova, poput računalnih dijelova [4].

Optički sustavi sortiranja uglavnom se temelje na NIR ili VIS sensorima [4]:

1. Infracrveni senzori (Near-Infra Red senzori) koriste infracrveno zračenje, područje elektromagnetskog spektra između 700 i 2500 nm. Na temelju njihovog kemijskog sastava, detektiraju različite materijale poput staklenog otpada, papira i kartona, polimera, elektroničkog otpada i građevinskog otpada. Kada infracrvene zrake obasjaju objekte na pokretnoj traci, one se reflektiraju

u sustave koji obrađuju podatke i identificiraju vrstu otpada. Mlazom komprimiranog zraka određeni materijal se usmjerava u specifičan spremnik.

2. VIS senzor – Senzor vidljivog svjetla koristi se za sortiranje otpada po boji. NIR senzori i kamere najčešće se koriste u kombinaciji s ovim senzorom. Ovaj senzor radi tako da uzorak komunicira s elektromagnetskim zračenjem vidljivog spektra (400–780 nm). Senzor šalje valne duljine različitih boja na otpad, a na temelju primljenih zraka sustav određuje boju i vrstu otpada. Danas se, uz optičke senzore, roboti sve češće koriste za sortiranje građevinskog otpada, kao i drugih vrsta otpada.

5. ZAKLJUČAK

Odlaganje građevinskog otpada predstavlja značajan izazov u suvremenom društvu, kako u Hrvatskoj, tako i globalno. Unatoč tome što građevinski otpad, u najvećem dijelu, ne spada u kategoriju opasnog otpada, njegov utjecaj na okoliš je neporeciv. Neadekvatno upravljanje ovim otpadom dovodi do iscrpljivanja ograničenih resursa na deponijama, povećane potrošnje energije, emisija stakleničkih plinova te onečišćenja tla, vode i zraka. Nadalje, neadekvatno odlaganje otpada može imati ozbiljne posljedice po javno zdravlje, s obzirom na zagađenje koje dolazi iz nepropisno odloženog građevinskog materijala.

Kao što je prikazano u radu, Hrvatska se suočava s brojnim izazovima u pogledu odlaganja građevinskog otpada. Iako su u proteklim godinama napravljeni određeni koraci prema usklađivanju s europskim direktivama i ciljevima kružne ekonomije, i dalje postoji značajan prostor za napredak. Jedan od ključnih problema leži u prevlasti sustava odlaganja otpada na deponije, dok je recikliranje i ponovna uporaba građevinskog otpada još uvijek na niskoj razini. Kao rezultat toga, Hrvatska nije ispunila ciljeve postavljene direktivama EU, što dodatno naglašava potrebu za modernizacijom sustava gospodarenja otpadom. Posebno je važno napomenuti kako bi učinkovita implementacija načela kružne ekonomije mogla biti ključna za postizanje održivijeg gospodarenja građevinskim otpadom. Korištenje recikliranih materijala u novim građevinskim projektima, posebno u kontekstu obnove potresom pogođenih područja, može smanjiti pritisak na deponije, smanjiti emisije stakleničkih plinova te očuvati prirodne resurse.

Kako bi se smanjili rizici za okoliš i zdravlje, potrebno je uvesti strože regulative i poticaje za reciklažu, kao i razviti bolje mehanizme za praćenje i kontrolu odlaganja građevinskog otpada. U konačnici, rješavanje problema odlaganja građevinskog otpada zahtijeva sveobuhvatan pristup koji uključuje suradnju vlade, industrije i građana. Samo kombinacijom odgovarajućih strategija, zakonskih okvira i inovativnih tehnoloških rješenja, Hrvatska može postići održivo gospodarenje građevinskim otpadom te smanjiti njegov negativan utjecaj na okoliš i društvo.

6. LITERATURA

- [1] Sapuay S. E.: „Construction Waste – Potentials and Constraints”, *Procedia Environmental Sciences*, 35 (2016.), 1, 714-722.
- [2] Butković L. L., Stanišić A. R., Omazić M. A.: „Građevni otpad kao važan element društveno odgovornog poslovanja manjih građevinskih poduzeća”, *Socijalna ekologija*, 29 (2020.), 2, 293-314.
- [3] Mah C. M., Fujiwara T., Ho C. S.: „Environmental Impacts of Construction and Demolition Waste Management Alternatives”, *Chemical Engineering Transaction*, 63(2018.), 1, 343-348.
- [4] Barbir D., Dabić P.: „Construction Waste Management in Croatia”, *Kemija u industriji*, 73 (2004.), 1/2, 57-64.
- [5] Pravilnik o katalogu otpada, NN 90/15.
- [6] Pravilnik o gospodarenju otpadom NN 81/2020, 106/2022
- [7] Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša, NN 3/22
- [8] Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada, NN 117/14).
- [9] Kufrin J.: „Izvešće o gospodarenju građevnim otpadom u 2022. godini”, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Zagreb, (2023.)
- [10] Foo L. C., Rahman I. A., Asmi A., Nagapan S., Khalid K. I.: „Classification and Quantification of Construction Waste at Housing Project Site”, *International Journal of Zero Waste Generation*, 1(2013.), 1, 1-4.
- [11] Štirmer N.: „Utjecaj građevinskog materijala na okoliš”, *Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi*, 1 (2012.), 1, 293-311.
- [12] Puskás A., Corbu O., Szilágyi H., Moga L. M.: „Construction waste disposal practices: the recycling and recovery of waste”, *The Sustainable City*, 9 (2014.), 2, 1313-1321.

- [13] Zakon o gospodarenju otpadom, 142/23., https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_11_142_1953.html, pristupljeno: 15.07.2024.
- [14] Bedeković G., Kovačević Z. B., Sobota I.: „Construction and demolition waste management in Croatia with recycling overview”, *Detritus: Multidisciplinary Journal for Waste Resources & Residues*, 4 (2018.), 1, 122-128.
- [15] MPGI: „Recikliranje i gospodarenje otpadom”, (2024.), <https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/8189>, pristupljeno: 15.07.2024.
- [16] Mladineo V.: „Zbrinjavanje građevinskog otpada koji sadržava azbest u Republici Hrvatskoj”, *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 60(2009.), 1, 11-13.
- [17] Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2023. – 2028. godine, NN 84/23., https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_07_84_1334.html, pristupljeno: 05.08.2024.
- [18] Nagapan S., Rahman I. A., Asmi A., Memon A. H., Latif I.: „Issues on Construction Waste: The Need for Sustainable Waste Management”, *IEEE Colloquium on Humanities, Science & Engineering Research*, Sabah, Malaysia, (2012.), 329-334.
- [19] Marzouk M., Azab S.: „Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics”, *Resources, Conservation and Recycling*, 82(2014.), 1, 41-49. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092134491300222X>, pristupljeno: 16.07.2024.
- [20] Matković L.: „*Waste and Water Management in Croatia*”, Embassy of Belgium, Commercial Section, Zagreb, (2015.)
- [21] Ministry of Foreign Affairs: “*Circular Economy and Waste Management in Croatia*”, Ministerie van Buitenlandse Zaken, Zagreb, (2023.)
- [22] World Bank (2023). *From Raw Material to Waste and Back - Integrating Circular Economy Principles in Croatia's Construction Waste Management*, (2024.),

<https://www.worldbank.org/en/results/2023/06/26/from-raw-material-to-waste-and-back-integrating-circular-economy-principles-in-croatia-s-construction-waste-management>, pristupljeno: 17.07.2024.

7. PRILOZI

7.1. Popis slika

Slika 1. Betonski otpad	8
Slika 2. Otpad drvene građe	9
Slika 3. Otpad od čelične armature	9
Slika 4. Otpad od opeke	10
Slika 5. Ambalažni otpad od vreće cementa	10
Slika 6. Oprema za rušenje na licu mjesta	14
Slika 7. Drobljenje konstrukcijskog betona na licu mjesta	14
Slika 8. Materijal s nečistoćama dobiven nakon drobljenja	15
Slika 9. Korištenje recikliranim agregatima	15

7.2. Popis tablica

Tablica 1. Podjela otpada	7
Tablica 2. Mogućnosti uporabe otpadnih materijala	11
Tablica 3. Količina karakteriziranog građevinskog otpada u Hrvatskoj	24
Tablica 4. Količine preuzetog, uskladištenog i obrađenog otpada u 2022. godini, po županiji (t)	25