

Tehnologija i realizacija sustava gospodarenja otpadom primjenom koncepta razvoja pametnog grada

Tokić, Stipe

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

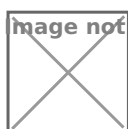
2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:477882>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Stipe Tokić

**Tehnologija i realizacija sustava gospodarenja otpadom primjenom
koncepta razvoja pametnog grada**

Diplomski rad

Rijeka, 2021.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni specijalistički diplomski studij
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi
Zbrinjavanje otpada**

**Tehnologija i realizacija sustava gospodarenja otpadom primjenom
koncepta razvoja pametnog grada**

**Stipe Tokić
JMBAG: 0083203013**

Diplomski rad

Rijeka, srpanj 2021.

Naziv studija: **Specijalistički diplomski stručni studij**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Arhitektura i urbanizam

Znanstvena grana: Urbanizam i prostorno planiranje

Tema diplomskog rada

**TEHNOLOGIJA I REALIZACIJA SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM PRIMJENOM KONCEPTA
RAZVOJA PAMETNOG GRADA**

**TECHNOLOGY AND IMPLEMENTATION OF THE WASTE MANAGEMENT SYSTEM APPLYING THE
CONCEPT OF SMART CITY DEVELOPMENT**

Kandidat: **STIPE TOKIĆ**

Kolegij: **ZBRINJAVANJE OTPADA**

Diplomski rad broj: **SPEC-2021-07**

Zadatak:

Kandidat u diplomskom radu treba obraditi tehnologiju i realizaciju sustava gospodarenja otpadom primjenom koncepta razvoja pametnog grada, a rad treba sadržavati:

- opći pregled problematike gospodarenja otpadom uz prikaz propisa i dokumenata koji to područje reguliraju, s posebnim osvrtom na obveze jedinica lokalne samouprave u ostvarenju ciljeva smanjenja količina komunalnog otpada i povećanju odvojeno prikupljenog otpada
- prikaz mogućnosti primjene modernih tehnologija za učinkovito gospodarenje otpadom
- prikaz elemenata uspostave sustava gospodarenja otpadom primjenom koncepta pametnog grada, posebno na primjeru modernog reciklažnog centra
- zaključak o rezultatima primjene modernih tehnologija u gospodarenju otpadom.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentorica

izr. prof. dr. sc. Korijka Wahtar-Jurković,
dipl.ing.građ.

IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Stipe Tokić

U Rijeci, 16. lipnja 2021.

SAŽETAK

U ovom radu prikazana su rješenja za učinkovito i tehnološki napredno gospodarenje otpadom u gradovima i urbanim sredinama. U prvom poglavlju se obrađuje tema uspostave sustava gospodarenja otpadom primjenom koncepta pametnog grada, s posebnim naglaskom na organizaciju voznog parka s navedenim primjerima tehnoloških rješenja. Naplata otpada po količini i organizacija prikupljanja otpada u urbanim centrima je obrađena kroz mnoge primjere i projekte u kojima sam sudjelovao. Drugi dio rada prikazuje princip modernog reciklažnog centara, s posebnim poglavljima koja obrađuju reciklažna dvorišta, sortirnice korisnog otpada i kompostane. U drugom poglavlju su prikazana tehnološka rješenja opreme koja se mogu implementirati i na manje reciklažne centre, s naglaskom na obradu biootpada na manjim kompostanama. U trećem poglavlju prikazane su moderne tehnologije za učinkovito gospodarenje otpadom na svim poljima, a to se posebno odnosi na nadzor količina otpada, mobilne aplikacije za građanstvo, mogućnosti energetske učinkovitosti obrade otpada i tehnologiju javne čistoće. Cilj ovog rada je bio prikazati tehnološka rješenja za učinkovito gospodarenje otpadom u urbanim cjelinama, jer smatram da je sustav gospodarenja otpadom u Hrvatskoj nedovoljno razvijen i tehnološki zastario. U radu sam prikazao najbitnije sektore za uspješno gospodarenje otpadom, te je prikazana oprema i moderni koncepti koju su razvijeni u svijetu za učinkovito gospodarenje otpadom, a koji se mogu primijeniti u Hrvatskoj s naglaskom na priobalje i probleme koji proizlaze iz opterećenja sustava za gospodarenje otpadom u turističkoj sezoni.

Ključne riječi: otpad, gospodarenje otpadom, oporaba, zeleni transport, reciklažni centar

SUMMARY

This paper presents solutions for efficient and technologically advanced waste management in cities and urban areas. The first chapter deals with the topic of establishing a waste management system using the concept of a smart city, with special emphasis on the organization of the vehicle fleet with the previous examples of technological solutions. The collection of waste by quantity and the organization of waste collection in urban centers has been processed through many examples and projects in which I have participated. The second part of the paper presents the principle of a modern recycling center, with special chapters dealing with recycling yards, useful waste sorting plants and composting plants. The second chapter presents the technological solution of equipment that can be implemented in smaller recycling centers, with an emphasis on biowaste treatment at smaller composting plants. The third chapter presents modern technologies for efficient waste management in all fields, and this especially refers to the control of waste quantities, mobile applications for citizens, energy efficiency options for waste treatment and public cleanliness technology. The goal of this paper was to show technological solutions for efficient waste management in urban areas, because I believe that the waste management system in Croatia is insufficiently developed and technologically outdated. In this paper, I have shown the most important sectors for successful waste management and presented the equipment and modern concepts developed in the world for efficient waste management, which can be applied in Croatia with emphasis on the coastline and the problems arising from the load of waste management systems in tourist season.

Keywords: waste, waste management, recycling, sustainable transport, recycling center

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	USPOSTAVA SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM PRIMJENOM KONCEPTA RAZVOJA PAMETNOG GRADA.....	3
2.1.	Organizacija voznog parka i sakupljanje otpada s naglaskom na zeleni transport.....	3
2.2.	Uspostava sustava spremnika za odvojeno prikupljanje otpada.....	11
2.3.	Organizacija prikupljanja otpada u urbanim centrima.....	16
2.4.	Naplata otpada po količini	22
2.6.	Edukacija stanovništva.....	28
3.	KONCEPT MODERNOG RECIKLAŽNOG CENTRA	33
3.1.	Reciklažno dvorište.....	33
3.2.	Sortirnica korisnog otpada.....	38
3.3.	Kompostana za biorazgradivi otpad.....	42
4.	PRIMJENA MODERNIH TEHNOLOGIJA ZA UČINKOVITO GOSPODARENJE OTPADOM .	46
4.1.	Sustav nadzora količina primjenom senzora.....	46
4.2.	Mobilne aplikacije	49
4.3.	Energetska učinkovitost obrade otpada	50
4.4.	Tehnologija javne čistoće	55
5.	ZAKLJUČAK.....	57
6.	LITERATURA.....	59

POPIS SLIKA

Slika 1. Grafički prikaz upravljanja sustavom gospodarenja otpadom prema razinama optimizacije sustava (izvor: časopis Građevinar - 2006)

Slika 2. Vozilo za sakupljanju otpada u komunalnoj tvrtki Peovica d.o.o. (izvor: snimio autor 2017 godina.)

Slika 3. Vozilo za sakupljanju otpada u komunalnoj tvrtki Peovica d.o.o. (izvor: snimio autor 2019 godina.)

Slika 4. Električno vozilo za sakupljanju otpada u komunalnoj tvrtki Goupil G4 (izvor: katalog proizvoda Goupil G4)

Slika 5. Električno vozilo za sakupljanju otpada u komunalnoj tvrtki Goupil G4 (izvor: katalog proizvoda Goupil G4)

Slika 6. Dvokomorna nadogradnja za prikupljanje otpada tvrtke NTM (izvor: katalog proizvoda NTM)

Slika 7. Spremnici od 120 litara za MKO i korisnu frakciju – papir i karton (izvor: snimio autor 2017. godina.)

Slika 8. Umetak za raspoznavanje spremnika za slabovidne osobe (izvor: snimio autor 2021 godina.)

Slika 9. Neodgovorno odlaganje glomaznog otpada uz spremnike na javnim površinama u Omišu (izvor: snimio autor 2016 godina.)

Slika 10. Uređena lokacija s polupodzemnim spremnikom od 5000 litara za miješani komunalni otpad u Kninu (izvor: snimio autor 2021 godina.)

Slika 11. Postavljanje polupodzemnog spremnika u Kninu (izvor: snimio autor 2020. godina)

Slika 12. Upotreba GIS modela za pravilno pozicioniranje novih lokacija polupodzemnih spremnika u Bakru (izvor: snimio autor 2021. godina)

Slika 13. Podzemni spremnici u Zadru (izvor: snimio autor 2021.godina)

Slika 14. Projektno rješenje polupodzemnih spremnika na poluotoku / staroj gradskoj jezgri Zadra (izvor: snimio autor 2021. godina)

Slika 15. Sustav prikupljanja i transfera otpada putem sustava vakumskog cjevovoda (izvor: <https://www.axios.com/garbage-underground-pneumatic-tube-ee1880c3-ed29-4eee-80a8-af9f53d815c9.html>, datum pristupa: 30.5.2021)

Slika 16. Otpadomjer postavljen na polupodzemni spremnik u Kninu(snimio autor 2021. godine)

Slika 17. Ležište za postavljenje RFID čipova na spremnike za odlaganje otpada(izvor: <https://www.eltegps.hr/ponuda/RFID-transponderi.html> datum: 29.5.2021)

Slika 18. Auto navlakač s roll spremnikom za miješani komunalni otpad(izvor: https://www.youtube.com/watch?v=G7qr8CA_hsw&ab_channel=Hiabglobal datum pristupa: 29.5.2021)

Slika 19. Pretovarna stanica u Omišu s press spremnicima za miješani komunalni otpad(izvor: snimio autor 2018. godine)

Slika 20. Sustav s prednabijanjem (gornja skica) sabija otpad u samom kompaktoru te ga potom gura u kontejner. S druge strane, standardni sustav (donja skica) sabija otpad unutar samog kontejnera (izvor: katalog proizvoda Husmann)

Slika 21. Reciklažno dvorište s sortirnicom za korisni otpad u Omiši (izvor: snimio autor 2021. godine)

Slika 22. Koncept reciklažnog dvorišta za velike spremnike s natkrivenim prostorom za odlaganje otpada (izvor: <https://www.archdaily.com/785900/smestad-recycling-centre-longva-arkitekter/57177185e58ece9e0b0000da-smestad-recycling-centre-longva-arkitekter-1st-floor-plan> datum pristupa: 3.6.2021)

Slika 23. Izbacivanje otpada van razine u velike spremnike u natkrivenom prostoru reciklažnom dvorišta s označenim frakcijama otpada (izvor: <https://www.archdaily.com/785900/smestad-recycling-centre-longva-arkitekter/57177185e58ece9e0b0000da-smestad-recycling-centre-longva-arkitekter-1st-floor-plan> datum pristupa: 3.6.2021)

Slika 24. Roll spremnik s mobilnom presom za papir i karton (izvor: <https://husmann-umwelt-technik.de/?lang=en> datum pristup: 3.6.2021)

Slika 25. Optički stroj za sortiranje više frakcija otpada koji pomaže u brzjoj i preciznoj reciklaži velikih količina korisnog otpada (izvor: <https://solarimpulse.com/efficient-solutions/pellenc-st> datum pristup: 4.6.2021)

Slika 26. Optički stroj za sortiranje s prilaznim transporterima za dopremu korisnog otpada (izvor: <https://www.linkedin.com/company/pellenc-selective-technologies/> datum pristup: 4.6.2021)

Slika 27. Spremnik za aerobno kompostiranje i stabilizaciju biorazgradivog otpada (izvor: https://www.youtube.com/watch?v=wBTvgTleaqY&ab_channel=CompostSystems/ datum pristup: 5.6.2021)

Slika 28. Postavljanje betonskih aeracijskih kanala za kompostne hrpe(izvor: <https://www.compost-systems.com/en/produkte/belueftungstechnik#belueftungstechnik-rohre> datum pristup: 5.6.2021)

Slika 29. Samohodni električni prevrtač kompostnih hrpi (izvor: <https://www.compost-systems.com/en/green/maschinentechnik/selbstfahrend> datum pristup: 5.6.2021)

Slika 30. Povezivanje vozila za prikupljanje otpada i programskog sustava za upravljanje informacijama popunjenosti, vatrodajave ili nekim drugim podatkom u realnom vremenu, značajno podiže efikasnost sakupljanja otpada (izvor: <https://www.3rdeyecam.com/refuse-fleet-management-systems/> datum pristup: 6.6.2021)

Slika 31. Senzori popunjenosti se postavljaju fiksno na vrhu spremnika kako bi što preciznije mogli očitati popunjenost navedenog (izvor: <https://www.terabee.com/level-sensing-for-smart-waste-management/> datum pristup: 6.6.2021)

Slika 32. Mobilna aplikacija tvrtke Peovica d.o.o. s prikazanim sučeljem i informacijama (izvor: snimio autor 2021.godine)

Slika 33. Shema postrojenja za pirolizu, i obradu otpada u anaerobnim uvjetima (izvor: <https://sbplus.hr/Data/Files/171206144847157/Tomislav%20Lukic%20Spaljivanje%20otpada.pdf> datum pristup: 7.6.2021)

Slika 34. Kombinirano postrojenje s rasplinjavanjem u fluidiziranom sloju (izvor: <https://www.powermag.com/igcc-update-are-we-there-yet/> datum pristup: 7.6.2021)

Slika 35. Električna čistilica City cat V20 Bucher Municipal AG (izvor: katalog tvrtke Bucher Municipal AG)

Slika 36. Električna autonomna čistilica Trombia free u pokusnom radu (izvor: <https://trombia.com/free/> datum pristupa 7.6.2021)

1. UVOD

Gospodarenje otpadom predstavlja važan dio pametnih gradova sa značajnim utjecajem na suvremena društva. Gospodarenje otpadom uključuje niz procesa koji se kreću od prikupljanja otpada do recikliranja prikupljenih materijala u reciklažnim centrima. Upotreba senzora i radio frekventnih čipova za identifikaciju, omogućava novu eru moderne tehnologije koja se može usvojiti u pametnim gradovima i pomoć u efikasnom gospodarenju otpadom. Novi pristupi koji uključuju modele modernog praćenja i obrade podataka u kombinaciji s raznim tehnološkim mogućnostima sakupljanja, transfera i recikliranja otpada, mogu pružiti rješenja koja nadmašuju postojeće zastarjele modele gospodarenja otpadom. U radu se fokusiram na primjenu raznih tehnoloških rješenja u načinu sakupljanja i obrade otpada sukladno konceptu pametnog grada. U ovome radu, kao primjer moderne tehnologije u pametnim gradovima prikazati će se uspostava efikasnog sakupljanja otpada, naplata otpada po količini (otpadomjeri), organizirani reciklažni centri i tehnologija javne čistoće.

Pametni grad je urbano područje koje za prikupljanje podataka koristi različite vrste elektroničkih metoda i senzora. Uvidi stečeni na temelju tih podataka koriste se za učinkovito upravljanje imovinom, resursima i uslugama; zauzvrat se ti podaci koriste za poboljšanje operacija u cijelom gradu. To uključuje podatke prikupljene od građana, uređaja, zgrada i imovine koji se zatim obrađuju i analiziraju radi praćenja i upravljanja prometnim i transportnim sustavima, elektranama, komunalnim službama, vodoopskrbnim mrežama, otpadom, otkrivanjem kriminala, informacijskim sustavima, školama, knjižnicama, bolnice i druge uslugama u zajednici. Koncept pametnog grada integrira informacijsku i komunikacijsku tehnologiju, i razne fizičke uređaje povezane s mrežom kako bi se optimizirala učinkovitost gradskih operacija i usluga i povežalo s građanima. Tehnologija pametnog grada omogućava gradskim službenicima izravnu interakciju s zajednicom i gradskom infrastrukturom te nadgledanje što se događa u gradu i kako se grad razvija.

U modernim društvima povećana populacija popraćena industrijskim razvojem dovodi do naglog poticaja i razvoja ekonomije. Naglo rastuće ekonomije, urbanizacija te porast

životnih standarda su uvelike ubrzali stopu proizvodnje otpada u zemljama u razvoju. Uzimajući u obzir svjetsko gospodarstvo i budući održivi razvoj, gospodarenje otpadom je kritično pitanje za svako moderno društvo i grad. Otpadom bi se trebalo učinkovito upravljati kako bi se negativni učinci na okoliš smanjili, te na taj način, povećali kvalitetu života i okoliša za građane. Lokalne vlasti ili privatne tvrtke mogu preuzeti odgovornost za pružanje visoke kvalitete pružanja usluga u gospodarenju otpadom.

Sustavi gospodarenja otpadom temelje se na funkcionalnosti i primjeni različitih mehanizama koji se učinkovito bave životnim ciklusima različitih vrsta korisnog otpada. Informacijske i komunikacijske tehnologije mogu ponuditi mnoge prednosti kada su implementirane u sustave gospodarenja otpadom, a to se naročito odnosi na obradu podataka i naplatu otpada po količini. Izrada inteligentnih aplikacija koje mogu kontrolirati cijeli sustav gospodarenja otpada na temelju senzora, čipova i geo-informacijskih sustava olakšava potrebne procese i maksimalizira performanse navedenog sustava. Pojavom pametnih gradova, informacijska i komunikacijska tehnologija sve više transformira način na koji se jedinice lokalne samouprave i stanovnici gradova organiziraju i primjenjuju moderna rješenja kao odgovor na urbani rast. Sustav gospodarenja otpadom morao bi imati informacije o otpadu ostvarene na terenu i, samim time, bi se mogle poduzet odgovarajuće odluke vezane za sakupljanje i obradu miješanog komunalnog i korisnog otpada. Također, moderan sustav gospodarenja otpadom može reagirati i na upozorenja i procese u stvarnom vremenu.

Urbanim gradskim cjelinama i modernim društvima potreban je inteligentan okvir koji dinamički reagira na promjene u proizvodnji otpad, posebno kada se otpad stvara u područjima koje su jaka turistička središta i podložna su velikim oscilacijama proizvedenih količina otpada kroz godinu.

2. USPOSTAVA SUSTAVA GOSPODARENJA OTPADOM PRIMJENOM KONCEPTA RAZVOJA PAMETNOG GRADA

2.1. Organizacija voznog parka i sakupljanje otpada s naglaskom na zeleni transport

Organizacija voznog parka u sektoru sakupljanja i prijevoza otpada je jedan od najbitnijih elemenata o kojem ovisi kvaliteta i financijska struktura sustava. Pravna ili fizička osoba – obrtnik može obavljati djelatnost prijevoza otpada ako je upisana u Očevidnik prijevoznika otpada. Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpada sakupljanje, prijevoz i obrada predmeta i/ili tvari koji se mogu smatrati otpadom u svrhu zaštite javnog interesa nužni su u svrhu zaštite javnog interesa (osim ako se isti otpad ne smatra ili koristi u određenu svrhu) te ako bi ne primjenjivanje istog moglo¹:

- ugroziti zdravlje ljudi ili izazvati neprihvatljivo uznemiravanje ljudi,
- izazvati rizik od onečišćenja voda, zraka, tla i/ili ugrožavanje životinja, biljaka ili narušavanje njihovih prirodnih životnih uvjeta,
- narušiti održivo korištenje voda ili tla,
- onečistiti okoliš u većoj mjeri od neophodnog,
- izazvati opasnosti od požara ili eksplozije,
- izazvati prekomjernu buku,
- pogodovati pojavi ili razmnožavanju uzročnika bolesti,
- narušiti javni red i sigurnost,
- značajno narušiti izgled mjesta, krajolika i/ili kulturnog dobra.

Osoba koja obavljanjem svoje djelatnosti i proizvodi otpad i osoba koja obavlja djelatnost gospodarenja otpadom dužna je voditi Očevidnik o nastanku i tijeku otpada za svaku vrstu otpada. Očevidnik o nastanku i tijeku otpada sastoji se od obrasca očevidnika i pratećih listova za pojedinu vrstu otpada. Osoba je dužna ažurno i potpuno unositi podatke u očevidnik o nastanku i tijeku otpada nakon svake nastale promjene stanja, te

¹ Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, pristup 29.5.2021

podatke iz očevidnika čuvati pet godina.² Očevidnik o nastanku i tijeku otpada u pisanom obliku, a može ga, na vlastiti zahtjev, voditi putem mrežne aplikacije (e-onto). Proizvođač/posjednik opasnog, neopasnog i inertnog otpada te skupljač komunalnog otpada obvezan je uz svaku pošiljku otpada koju predaje ovlaštenoj osobi, predati ispunjeni odgovarajući obrazac pratećeg lista³:

- Obrazac PL – O – Prateći list za opasni otpad,
- Obrazac PL – NO/IO – Prateći list za neopasni/inertni otpad,
- Obrazac PL – KO – Prateći list za komunalni otpad.

Prema redu prvenstva gospodarenja otpadom, prednost pred ostalim postupcima ima sprječavanje nastanka otpada, potom slijedi priprema za ponovnu uporabu, zatim recikliranje pa drugi postupci uporabe, dok je postupak zbrinjavanja otpada, koji uključuje i odlaganje otpada, najmanje poželjan postupak gospodarenja otpadom. Tako štedimo vrijedne sirovine i čuvamo okoliš.⁴

Odvojeno prikupljanje komunalnog otpada na lokaciji korisnika usluge provodi se u okviru javne usluge prikupljanja miješanog komunalnog i biorazgradivog otpada (javna usluga).

Na lokaciji obračunskog mjesta korisnika usluge u okviru javne usluge davatelj usluge (npr. komunalno poduzeće) dužan je osigurati:

- prikupljanje miješanog komunalnog otpada
- prikupljanje biorazgradivog komunalnog otpada
- sakupljanje reciklabilnog komunalnog otpada (otpadna plastika, otpadni metal i otpadno staklo, a kad je to prikladno i druge vrste otpada koje su namijenjene recikliranju (npr. otpadni tekstil, otpadno drvo i sl.).

Bez naknade za korisnika usluge pružaju se i sljedeće usluge:

- sakupljanje otpadnog papira, metala, plastike, stakla i tekstila putem spremnika postavljenih na javnoj površini

² Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, pristup 29.5.2021

³ Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, pristup 29.5.2021

⁴ Održivo gospodarenje otpadom, <https://gov.hr/hr/odvojeno-prikupljanje-otpada/1322>, pristup 29.5.2021

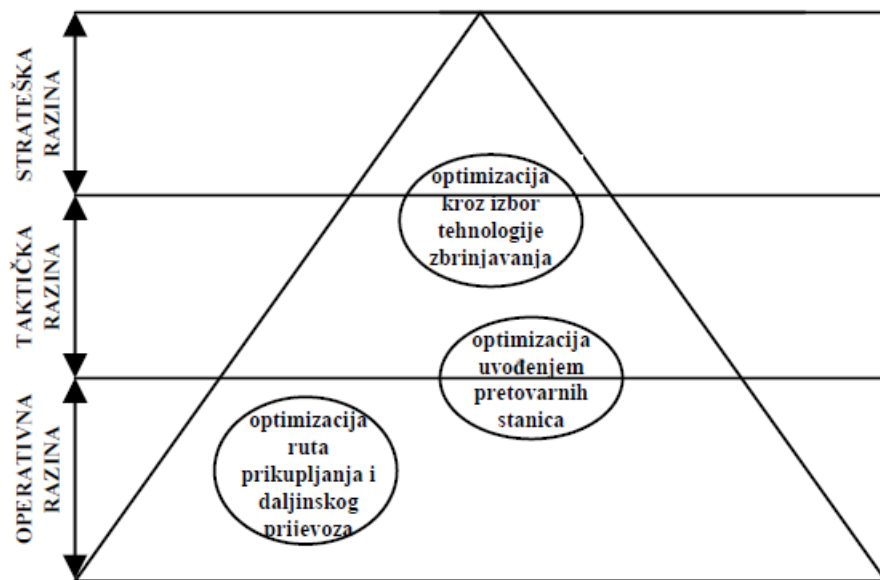
- sakupljanje glomaznog otpada u reciklažnom dvorištu, mobilnom reciklažnom dvorištu i jednom godišnje na lokaciji obračunskog mjesta korisnika usluge.

Problematični otpad je opasni otpad iz podgrupe 20 01 Kataloga otpada koji uobičajeno nastaje u kućanstvu te opasni otpad koji je po svojstvima, sastavu i količini usporediv s opasnim otpadom koji uobičajeno nastaje u kućanstvu pri čemu se problematičnim otpadom smatra sve dok se nalazi kod proizvođača tog otpada.

Odabir tehnologije odlaganja otpada može imati velikog utjecaja na organizaciju prijevoznikoga sustava, o čemu direktno ovise troškovi, te se posljedično tome utječe i na okoliš.

Sustav prikupljanja otpada možemo poboljšati, odnosno optimizirati, na način da ga podijelimo na tri razine upravljanja ili optimizacije:

1. strateška razina: vrši se optimizacija sustava odabirom tehnologije odlaganja otpada
2. taktička razina: vrši se optimizacija sustava odabirom pozicija pretovarnih stanica
3. operativna razina: vrši se optimizacija sustava odabirom „ruta“ zaprimanja i prijevoza otpada.



Slika 1. Grafički prikaz upravljanja sustavom gospodarenja otpadom prema razinama optimizacije sustava (izvor: časopis Građevinar - 2006)

Prilikom odabira tehnologija važno je voditi računa o predmetu prijevoza, mogućim lokacijama korisnika te međusobnim udaljenostima tih lokacija. Povećanjem broja različitih vrsta otpada koje je potrebno zasebno odlagati, postaje sve kompleksniji prijevoznčki sustav.

Optimiziranje sustava sakupljanja otpada odabirom tehnologije odlaganja otpada uključuje istovremeno biranje tehnologije odlaganja te sustava zaprimanja otpada, pri čemu se proučava utjecaj na tri podsustava upravljanja otpadom: (1) upravljački, (2) prirodni te (3) društveno-ekonomski.

Riječ je o sustavnom pristupu rješavanju problema budući da je samo takav pristup pretpostavka za rješavanje ovako složenoga inženjerskoga problema.⁵

Postojeći vozni park u većini jedinica lokalnih samouprava i komunalnih društava ne zadovoljavaju potrebe za efikasnim i modernim pristupom prikupljanja otpada u sustavu od vrata do vrata. Vozila za prikupljanje otpada su većinom starija s raznim podvozjima i velikim zapreminama nadogradnje za prikupljanje otpada (preko ili 16 m³). Takva vozila mogu iskoristiti svoj potencijal samo u uređenim urbanim naseljima ili u velikim količinskim opterećenjima sakupljanja otpadom u ljetnim sezonama.



Slika 2. Vozilo za sakupljanju otpada u komunalnoj tvrtki Peovica d.o.o. (izvor: snimio autor 2017 g.)

⁵ Anita Erdelez, J.M., S.K., Integralni pristup upravljanju sustavom prikupljanja komunalnog otpada, Građevinar, HSGI, Zagreb, 2006

Tehnološki proces prijevoza i sakupljanja otpada:

- sakupljanja miješanog komunalnog i korisnog otpada
- interventno sakupljanje glomaznog otpada
- transfer miješanog komunalnog otpada s pretovarnih stanica
- transfer korisnog otpada s reciklažnog centra

Vozila za sakupljanje komunalnog otpada, poglavito u priobalju se moraju bazirati na podvozja manje nosivosti i manjih dimenzija karoserije vozila zbog lakšeg pristupa korisnicima u sustavu odvoza od vrata do vrata. Također manja vozila su značajno energetski učinkovitija u potrošnji goriva te emitiraju manju buke, što je vrlo bitan element za sakupljanje otpada u noćnoj smjeni.



Slika 3. Vozilo za sakupljanju otpada u komunalnoj tvrtki Peovica d.o.o. (izvor: snimio autor 2019 godina.)

Skupljanje otpada važan je dio procesa gospodarenja otpadom, te pravovremen i učinkovit način sakupljanja otpada dovodi do boljeg zdravlja, higijene i odlaganja. U različitim zemljama usvajaju se različiti rasporedi i načini prikupljanja otpada. Primjerice, u Kanadi, SAD-u, Europi i mnogim drugim dijelovima svijeta sakupljači

otpada dolaze u određeno područje grada, određenog zakazanog dana kako bi sakupili određenu vrstu otpada. Vrlo bitno je da raspored odvoza otpada bude redovan, i pravilno raspoređen kako ne bi došlo do ugrožavanja higijene i javne čistoće. Kada se obavlja priprema za sakupljanje otpada, sakupljači mogu planirati bolju i štedljiviju rutu pomoću raznih GIS i GPS sustava, u skladu s uvjetima i kapacitetima spremnika za otpad na gradskom području. Na taj se način izbjegavaju nepotrebne odlasci na teren, te se povećava energetska učinkovitost voznog parka.

Odabir načina sakupljanja i prijevoza otpada zavisi o dostupnim odgovarajućim opcijama, izdatcima i udaljenosti do mjesta obrade otpada. Značajne fizičke odrednice kod prijevoza otpada su stišljivost otpada i njegova gustoća. Za vrste otpada kao što su plastika, papir i karton karakteristična je niska gustoća te su stišljiviji od vrsta otpada kao što su metal i građevinski otpad koji imaju veću gustoću. Samim time potrošnja goriva je veća za prijevoz vrsta otpada koje imaju nisku gustoću gledajući po toni prevezenog otpada.

U sustav sakupljanja i odvoza otpada treba maksimalno implementirati vozila na električni pogon, koja na manjim podvozzima i u urbanim centrima mogu iskoristiti svoj puni potencijal. Električna vozila su idealna za prikupljanje otpada u priobalju zbog svojih dimenzija i tišine rada samog vozila, također energetska učinkovitost vozila značajno nadmašuje postojeća vozila sličnih kapaciteta.



Slika 4. Električno vozilo za sakupljanje otpada u komunalnoj tvrtki Goupil G4 (izvor: katalog proizvoda Goupil G4)

Novija podvozja električnih vozila imaju ugrađene moderne litij-ion baterije koje omogućuju domet vozila za sakupljanje otpada i do 150 kilometara. Optimizacijom ruta putem programskih rješenja i implementacije GPS sustava u vozila, moguće je isplanirati rute za električna vozila, te predvidjeti moguće punionice na terenu. Električna vozila za prikupljanje otpada su idealna za sustav gospodarenja otpadom, te se svakako moraju postupno uvoditi u postojeći vozni park, što će sigurno smanjiti troškove tvrtkama za gospodarenje otpadom. Također moderni kamioni su danas opremljeni raznim automatskim sustavima podizanja i prepoznavanja spremnika, što za posljedicu ima i smanjivanje posade ili radnika na navedenim vozilima. Kamere na vozilima, osim sigurnosne uloge, mogu služiti i za evidenciju pravilne primopredaje spremnika ili kontrolu usluge javne čistoće. Automatizacija uobičajenih zadataka i funkcija uvelike će stvoriti učinkovitiju flotu vozila. Na primjer, RFID praćenje spremnika omogućuje stvarno vrijeme provjera usluge i mogućnost automatizacije 90 posto standardnih ruta. Pametni kamioni sada pružaju vidljivost u stvarnom vremenu na mjestu kamiona i aktivnosti, može se provjeriti točnost usluge i može se brzo identificirati oprema ili spremnik koji su premješteni ili ukradeni ili zahtijevaju servisiranje. Pojedinačni korisnik / upravitelj voznog parka ima sve informacije vezane za vozila i opremu - od oštećenih spremnika do nedovoljnog kapaciteta spremnika ili vozila na zadanoj ruti – što se lako da analizirati kroz centraliziranu bazu podataka. To nadalje osigurava neposrednu i točne informacije za obračun troškova i naplatu usluge od korisnika.



Slika 5. Električno vozilo za sakupljanju otpada u komunalnoj tvrtki Goupil G4 (izvor: katalog proizvoda Goupil G4)

S obzirom na uvođenje prikupljanja korisnog otpada na kućnom pragu, za udaljenije lokacije preporuka je korištenje vozila s dvokomornim ili višekomornim nadogradnjama, kako bi se povećala efikasnost i jednostavnost prikupljanja otpada više frakcija otpada. Korisnici kojima bi se prikupljao otpad dvokomornim vozilima, raspored i kalendar prikupljanja bi bio značajno jednostavniji, te bi se smanjio broj odvoza s kućnog praga. Prednost višekomornih nadogradnji za prikupljanje otpada u konceptu pametnog kamiona su višestruke, te se mogu kombinirati na razna podvozja i pogone (nadogradnja može biti na električni pogon). S navedenim vozilima i nadogradnjom pruža se mogućnost fleksibilnog pristupa organiziranja prikupljanja miješanog komunalnog otpada, i kombinacije prikupljanja korisnog otpada s naglaskom na suhe frakcije (papir, plastika, staklo).



Slika 6. Dvokomorna nadogradnja za prikupljanje otpada tvrtke NTM (izvor: katalog proizvoda NTM)

2.2. Uspostava sustava spremnika za odvojeno prikupljanje otpada

Kvalitetno prikupljanje otpada temeljni je element komunalnog sustava upravljanja otpadom. Glavni cilj strategije sakupljanja otpada je prikupiti otpad na vrijeme i ekonomično, kao izdvojenu frakciju, kako bi se olakšala kasnija faza razvrstavanja i / ili obrade otpada s ciljem maksimiziranja ponovne uporabe i recikliranja .

Za uspostavu sustava prikupljanja otpada treba planirati i provoditi strategiju sakupljanja otpada koja ovisi o karakteristikama zone sakupljanja (npr. gustoća naseljenosti, tipovi zgrada / kvartova) i javnoj prihvatljivosti različitih metoda sakupljanja. Također treba se uzeti u obzir optimalan broj odvojeno sakupljenih frakcija otpada sukladno ciljevima postavljenim u lokalnoj strategiji gospodarenja otpadom i postavljenim u nacionalnim ili europskim zakonodavstvom, stavove o okolišu i percepciju stanovnika kada je to potrebno. Posebnu pozornost prilikom uspostave sustava treba obratiti na sezonske varijacije količina otpada u turističkoj sezoni, gdje se moraju predvidjeti spremnici većih volumena i dodatna vozila za navedeno sakupljanje.

Najbolje prakse sakupljanja komunalnog otpada obično se provode putem kućanstva i tvrtki prikupljanjem od vrata do vrata, kada je to primjenjivo u sustavu plaćanja otpada po predanoj količini.

Tipična strategija prikupljanja otpada koja se može provoditi u sklopu koncepta pametno grada uključuje:

- odvojeno prikupljanje biorazgradivog otpada od vrata do vrata (minimalno dva puta tjedno, ili češće – ovisno o klimi). Ukoliko kućanstva imaju mogućnost kompostiranja u okućnicama, bolja varijanta je podjela kompostera i kvalitetna edukacija korisnika.
- rjeđe prikupljanje miješanog otpada (npr. jednom tjedno);
- prikupljanje korisnog od vrata do vrata (npr. papir, karton, limenke, plastika), pojedinačno odvojeno tamo gdje je to moguće ostvariti (smještaj spremnika na privatnim površinama), ili pomiješano i sortirano u postrojenju za oporabu materijala. Staklo praćeno papirom i kartonom se u pravilu skuplja odvojeno.

-prikladna mreža gradskih spremnika koji prihvaćaju sve frakcije otpada koji se ne skupljaju od vrata do vrata uključujući opasni otpad, tekstil ili staklo.



Slika 7. Spremnici od 120 litara za MKO i korisnu frakciju – papir i karton (izvor: snimio autor 2017. godina.)

Recikliranje je postupak izuzimanja materijala iz otpada te njihova ponovna materijalna uporaba. Ono obuhvaća prikupljanje, izdvajanje, obradu i proizvodnju novih tvorevina iz iskorištenih stvari ili materijala. Određeni materijali nisu pogodni za izravno ponovno korištenje, kao npr. nepovratna staklena ambalaža, slomljeno staklo i papir, ali ih možemo iznova upotrebljavati postupcima kompostiranja, odnosno recikliranja. Iz tog razloga su navedeni postupci izrazito značajni u sustavu gospodarenja otpadom.

Ovaj postupak ne možemo smatrati zamjenom za prva dva koraka (prevenciju stvaranja otpada i njegovu ponovnu upotrebu), ali je svakako važno ostvariti to da poticanje recikliranja ne utječe negativno na navedena prva dva koraka.

Uspostava kvalitetnog sustava prikupljanja otpada u priobalju ovisi o načinu podjele spremnika i kvaliteti javnih i nerazvrstanih cesta. Kao najbolji primjer dobre prakse

pokazao se sustav sakupljanja otpada od vrata do vrata, gdje se korisniku dodijele HDPE spremnici, zapremine od 80 – 360 litra, za miješani komunalni otpad, te posebno dodatni spremnici za korisni otpad.

Prednosti uvođenja sustava prikupljanja otpada OD vrata DO vrata⁶:

ZAKONSKI RAZLOZI

- aktualni Zakon o održivom gospodarenju otpadom propisuje odvojeno sakupljanje otpada
- EU zakonsko rješenje je također zasnovano na načelu odvojenog sakupljanja otpada

EKOLOŠKI RAZLOZI

- reduciranje bespotrebno zauzetog prostora za spremnike na ulicama čime bi se stvorila veća slobodna površina za pješačke staze, parkirališta ili nešto drugo.
- odstranjivanje miješanog i biootpada s ulica te reduciranje neugodnih mirisa
- reduciranje učestalosti prolaska kamiona te stvaranja buke zbog teških spremnika za vrijeme pražnjenja
- povećanje postotka odvojeno prikupljenoga otpada (sustav od vrata do vrata postiže velike rezultate u odvojeno prikupljenom otpadu)

TURISTIČKI RAZLOZI

- suvremeni turizam traži odvojeno sakupljanja otpada
- privlačnost ekološki osviještenim destinacija
- turistička orijentacija destinacije zahtijeva visoke standarde čistoće

FINANCIJSKI RAZLOZI

- reduciranje troškova prikupljanja otpada
- reduciranje količine miješanoga komunalnog otpada podrazumijeva i manje troškove odlaganja otpada na centralnom županijskom odlagalištu
- preveniranje nastanka troškova za odlaganje upotrebljivih sirovina (biootpad, plastika, papir, staklo i sl.)

⁶ Ponikve Krk d.o.o. Prednosti uvođenja sustava prikupljanja otpada od vrata do dvrata, <http://www.ekootokkrk.hr/prednosti-uvodenja-sustava-prikupljanja-otpada-od-vrata-do-vrata> pristup 29.5.2021

U sustavu od vrata do vrata kućanstvima se podjele spremnici za:

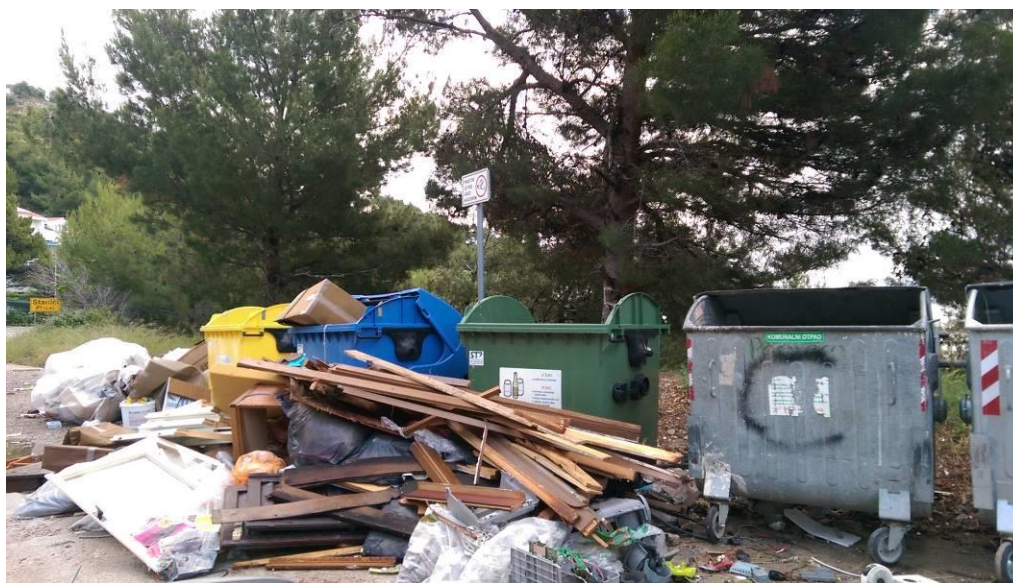
- miješani komunalni otpad (minimalni volumen od 120 litara za prosječnu obitelj s planiranim prikupljanjem otpada jedan put tjedno)
- papir i karton (preporučeni volumen od 240 litara zbog stišljivosti materijala i planiranog prikupljanja otpada dva puta mjesečno)
- korisni otpad (preporučeni volumen od 240 litara, te u tu frakciju spada plastika, metal, PET, MET i tetrapak, s planiranim prikupljanjem otpada dva puta mjesečno)
- biorazgradivi otpad (preporučeni volumen od 20 - 40 litara, s planiranim prikupljanjem otpada dva puta tjedno)
- komposter za biorazgradivi otpad (ukoliko se ne vrši odvoz biorazgradivog otpada preporučeni volumen je minimalno 400 litara)

Spremnici moraju biti izrađeni od kvalitetnog HDPE materijala, s predviđenim ležištem za postavljanje RFID čipa ili utisnutim bar kodom za mogućnost uspostave naplate po količini predanog otpada. Spremnike je potrebno označiti piktogramom gdje se mora navesti vrsta otpada (ukoliko se radi o turističkim mjestima, dodatno dopuniti stranim jezikom), te je idealno unutar poklopca spremnika postaviti kalendar prikupljanja. Za slabovidne osobe imaju posebni umeci koji se mogu postaviti na spremnike kako bi mogli razlikovati frakcije otpada.



Slika 8. Umetak za raspoznavanje spremnika za slabovidne osobe (izvor: snimio autor 2021 godina.)

Uspostavom sustava od vrata do vrata i podjelom individualni spremnika kućanstvima, potrebno je odmah ukloniti velike spremnike od 1100 litara s javnim površina. Naime korisnici se onda moguće odlaganja otpada u javne spremnike i izbjegavanja plaćanja predanog otpada po količini. Prednost uvođenja navedenog sustava je što će se sigurno smanjiti ilegalne deponije s javnih površina, ali će i zahtijevati veću prisutnost komunalnog redarstva i ulaganja u nadzor javnih površina.



Slika 9. Neodgovorno odlaganje glomaznog otpada uz spremnike na javnim površinama u Omišu (izvor: snimio autor 2016 godina.)

Komunalna društva koja upravljaju sakupljanjem i odvozom komunalnog otpada bi trebala u koordinaciji dogovoriti korištenje iste boje spremnika na području cijele Hrvatske, što trenutačno nije slučaj i često dolazi do individualnih rješenja ovisno o jedinici lokalne samouprave. Predložene boje spremnika treba uskladiti s ustaljenom europskom praksom, a odnosi se na sljedeće:

- miješani komunalni otpad – crna boja spremnika
- papir i karton – plava boja spremnika
- plastika – žuta boja spremnika
- staklo – zelena boja spremnika
- korisni / reciklabilni otpad – narančasta boja spremnika
- biorazgradivi otpad – smeđa boja spremnika

2.3. Organizacija prikupljanja otpada u urbanim centrima

Organizacija prikupljanja otpada u urbanim centrima poglavito u konceptu pametnog grada traži projektni pristup za svako naselje i ulicu. S obzirom da se individualno pristupa svakom korisniku zbog potrebe naplate otpada po predanoj količini, a to je putem klasičnih nadzemnih spremnika velikog volumena teško postići, nameću se moderna rješenja instaliranih polupodzemnih ili podzemnih spremnika.

Polupodzemni spremnici već su se dokazali kao dobro rješenje za učinkovito iskorištavanje prostora na mjestima gdje se skuplja otpad. Estetski su prihvatljiviji od kanti i bilo kojeg pokretnog spremnika, sprječavaju rasipanje otpada ili njegovo raznošenje vjetrom, curenje sadržaja te širenje neugodnih mirisa. S obzirom na rast stvaranja otpada i sve strože zahtjeve za njegovo saniranje i sortiranje za daljnju obradu i reciklažu, neophodno je postepeno povećavati kapacitete spremnika na mjestima predviđenim za prikupljanje otpada u urbanim centrima. Ona se često nalaze na lokacijama gdje je svaki kvadratni metar prostora bitan, pa se polupodzemni spremnici nameću kao idealno rješenje za učinkovito iskorištavanje tog prostora.



Slika 10. Uređena lokacija s polupodzemnim spremnikom od 5000 litara za miješani komunalni otpad u Kninu (izvor: snimio autor 2021 godina.)

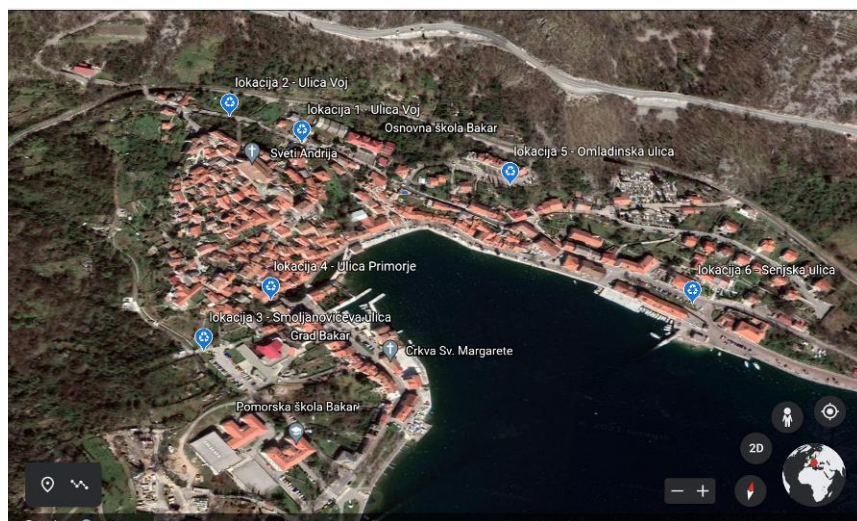
Istovremeno se poboljšava prostorna estetika i čistoća neposrednog okruženja mjesta. Polupodzemni spremnici se mogu koristiti i na udaljenim lokacijama van centra, jer njihov veliki kapacitet produžava intervale skupljanja otpada i smanjuje troškove odvoza.

Polupodzemni spremnici većinom dolaze u modularnim zapreminama od 1300, 3000 i 5000 litara, s mogućnošću različitih dubina postavljanja, a maksimalno do 1,50 metara. Spremnici su vodonepropusni i lagani za manipulaciju prilikom ugradnje. Polupodzemni spremnici se postavljaju na uređenu posteljicu u široki iskop dimenzija min 2,10x2,10 metara (za jedan modul spremnika od 5 m³) ili 1,75x1,75 metara (za jedan modul spremnika od 3 m³), dubine 1,50 metar. Posteljica se nabija vibronabijačima u sloju od 10cm, te se teren nivelira na jednaku zadanu kotu ($M_{\text{min.}} = 30 \text{ MN/m}^2$). Prije postavljanja spremnika, potrebno je postaviti sidrene leptire, te prema uputama proizvođača spustiti u široki iskop.



Slika 11. Postavljanje polupodzemnog spremnika u Kninu (izvor: snimio autor 2020. godina)

Nakon postavljanja spremnika, na sidrene leptire se postavljaju hrpe mršavog betona klase C 16/20, koji vrši stabilizaciju spremnika, te se oko oplošja spremnika polagano zasipa kameni tucanik. Nakon ugradbe tucanika, ostatak iskopa se zasipa kamenom frakcijom 0 – 32 mm (tip - tampon), te se vibronabijačima nabije ostatak iskopa. Zasuti materijal se ne smije nabijati blizu spremnika zbog opasnosti od oštećenja opne spremnika. Postavljanjem rubnjaka definira se granica zahvata, te se ugrađuje beton klase C25/30, u podnu ploču. Završno uređenje same lokacije polupodzemnog spremnika je vrlo bitno zbog održavanja javne čistoće i atraktivnosti same lokacije. Dokazano je da korisnici čine znatno manje neodgovornog odlaganja otpada na uređenim lokacijama koje su uredno osvijetljene i opremljene uređenim pješačkim površinama od betona ili kocke (zbog lakšeg održavanja u sustavu javne čistoće).



Slika 12. Upotreba GIS modela za pravilno pozicioniranje novih lokacija polupodzemnih spremnika u Bakru (izvor: snimio autor 2021 godina.)

Za postavljanje polupodzemnih spremnika je potrebno izraditi glavni projekt sukladno pravilniku o jednostavnim građevinama te implementirati podatke o:

- Potrebi konzervatorskih smjernica ukoliko se spremnici postavljaju u povijesnoj jezgri
- Stanje podzemnih instalacija
- Uređenje same lokacije potrebnim brojem spremnika
- Troškovnik građevinskih radova

- Procjenu troškova ugradnje
- Opisno rješenje svake lokacije za pristup komunalnom vozilu

Polupodzemni spremnici se idealno uklapaju u koncept pametnog grada jer se dodatno na sve prednosti mogu opremiti i senzorima popunjenosti i vatrodjave. To omogućuje davatelju javne usluge da maksimalno optimizira i smanji broj odvoza s lokacija gdje su postavljeni, te se dodatno zaštititi od neodgovornog paljenja spremnika (izvedba spremnika ne omogućuje laku zapaljivost). Dodatna prednost polupodzemnih spremnika je mogućnost postavljanja otpadomjera na tijelo poklopca, čime se omogućuje naplata otpada po količini.



Slika 13. Podzemni spremnici u Zadru (izvor: snimio autor 2021.godina)

Prednost polupodzemnog spremnika u odnosu na podzemni spremnik:

- Jeftinija oprema i ugradnja
- Potrebna manja dubina ukapanja spremnika u odnosu na podzemne
- Suha ugradnja – montaža

- Laka prilagodba voznog parka davatelja usluge – spremnici se prazne pomoću dizalice što može obavljati jedan djelatnik
- Smanjena buka pri pražnjenju

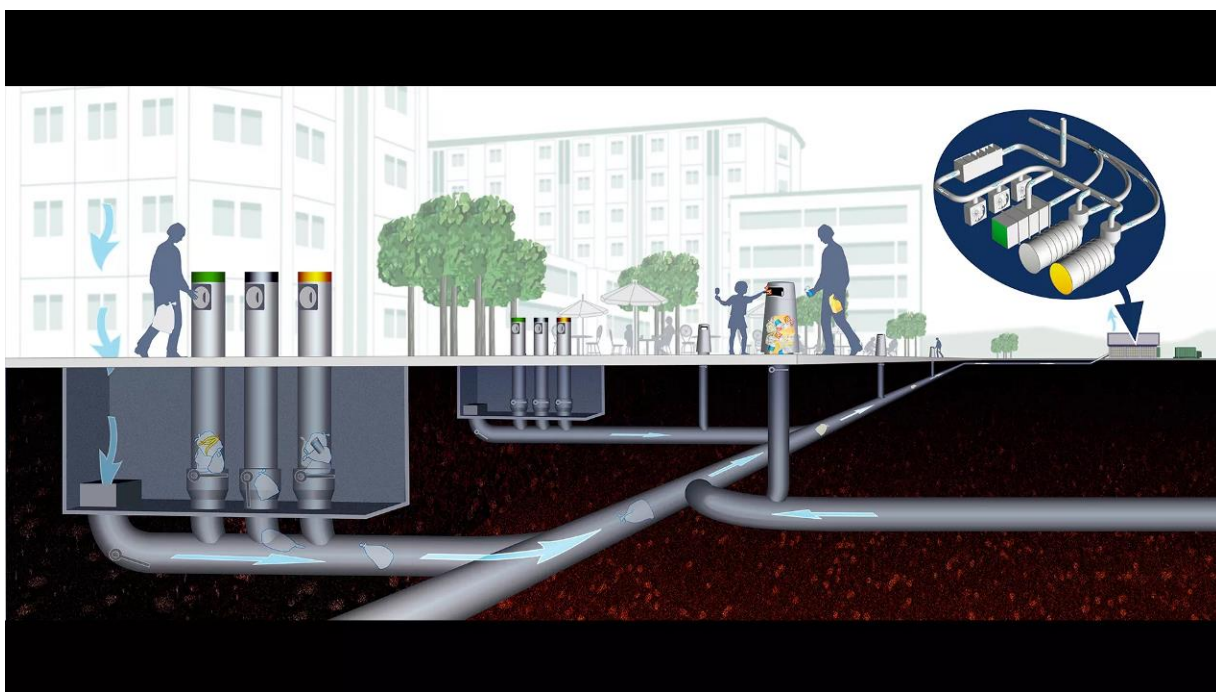
Polupodzemnim spremnicima se omogućuje kvalitetno i efikasno sakupljanje svih vrsta otpada u urbanim centrima, te se mogu estetski uklopiti i u najzahtjevnije povijesne jezgre sukladno konzervatorskim smjernicama.



Slika 14. Projektno rješenje polupodzemnih spremnika na poluotoku / staroj gradskoj jezgri Zadra (izvor: snimio autor 2021. godina)

Automatizirani sustav za sakupljanje otpada pomoću vakuma, poznat i kao pneumatsko sakupljanje otpada, velikom brzinom transportira otpad kroz podzemne pneumatske cijevi do sabirne stanice gdje se sabija i zatvara u velike spremnike. Kad se spremnik napuni, odvozi se i prazni pomoću specijaliziranog vozila. Sustav je projektiran da olakša odvajanje i recikliranje otpada pomoću zasebnih frakcija i cjevovoda.

Proces započinje odlaganjem smeća u usisna grotla, tj. primopredajna mjesta, koja mogu biti specijalizirane za miješani komunalni otpad, korisni ili biorazgradivi otpad. Primopredajna mjesta se nalaze na javnim mjestima ili na privatnom posjedu gdje se vlasnik odluči (većinom za višestambene objekte). Otpad se zatim izvlači kroz podzemni cjevovod razlikom tlaka zraka stvorenim od velikih industrijskih ventilatora, kao odgovor na senzore na otvorima za ubacivanje otpada, koji pokazuju kada treba isprazniti smeće i pomažu osigurati da istodobno kroz cijev putuje samo jedna vrsta otpadnog materijala. Cjevovodi se spajaju u središnjem postrojenju za preradu koje koristi automatizirani softver za usmjeravanje otpada u odgovarajući spremnik, odakle se vozi kamionom do konačnog mjesta, poput odlagališta otpada ili postrojenja za kompostiranje.



Slika 15. Sustav prikupljanja i transfera otpada putem sustava vakumskog cjevovoda (izvor: <https://www.axios.com/garbage-underground-pneumatic-tube-ee1880c3-ed29-4eee-80a8-af9f53d815c9.html>, datum pristupa: 30.5.2021)

2.4. Naplata otpada po količini

Organizacija i naplata otpada u urbanim centrima i višestambenim objektima može se vršiti pomoću otpadomjera koji se određenog volumena postavlja na spremnik za odlaganje miješanog komunalnog otpada. Novim Zakonom o održivom gospodarenju otpadom i sukladno Uredbi o komunalnom otpadu evidencija prikupljanja otpada postaje obvezna.

Naplata odvoza otpada prema njegovoj količini se može temeljiti na volumenu ili težini odloženog otpada. Takvim sustavima se građani dodatno motiviraju i potiču na odvojeno sakupljanje otpada. Građani teže tome da unutar zadanog intervala ne prikupe više od unaprijed definirane količine otpada jer im se, s volumenom ili količinom, povećava i trošak odvoza otpada. Ovako osmišljeni sustavi su veoma efikasni jer direktno motiviraju građane kako bi izdvajali sve vrste ambalažnog otpada te biootpad značajnijeg volumena (npr. lišće ili trava). Unatoč tome što su razvijene razne varijante sustava naplate prikupljanja otpada prema volumenu, i dalje su najefikasniji oni koji koriste jednostavnu tehnologiju (kao što su RFID čitači ili čipovi) kako bi evidentirali broj odvoza otpada za svako kućanstvo.⁷

Otpadomjer je proizvod osmišljen tako da primjenjuje modernu tehnologiju web i mobilnih aplikacija zajedno s industrijskom opremom koja je prikladna za korištenje u najtežim i najzahtjevnijim uvjetima i okruženjima.

Namijenjen je komunalnim tvrtkama i građanima kao element naplate predanog otpada. Otpadomjer je rješenje za višestambene objekte koji koriste zajedničke spremnike na način da se na spremnike većih zapremina (1100 l, 3 m³, 5 m³,...) postavi uređaj s mehaničkom bravom različitih zapremina (20 - 70 l) a korisniku dodjeli ključ s elektronskim zapisom koji evidentira svako otključavanje i ubacivanje određene zapremine otpada te ga vezuje za postojećeg korisnika⁸.

⁷ Zelena akcija, RAZUMIJETI OTPAD, Priručnik za podizanje svijesti, Sve5, Zagreb 2012

⁸ Tehnoeko, Otpadomjer – sustav evidencije otpada, <https://www.tehnoeko.com.hr/1963/OTPADOMJER-sustav-evidencije-otpada> pristup 29.5.2021



Slika 16. Otpadomjer postavljen na polupodzemni spremnik u Kninu(snimio autor 2021. godine)

Evidencija odvoza za individualne spremnike može se vršiti ručno gdje evidenciju vrše zaposlenici komunalnog poduzeća ili automatski gdje je evidencija izvedena integracijom s praćenjem kretanja (GPS) kamiona i vozila za odvoz otpada a radi na principu očitavanja barkoda ili RFID čipa koji je postavljen na spremnike za otpad korisnika.

Identifikacija individualnih spremnika u kućanstvima može biti u cijelosti automatizirana i kontrolirana. U ovakvim sustavima identifikacija nema utjecaja na svakodnevno aktivnosti te ne iziskuje nikakve dodatne radnje kod komunalnih radnika jer, u trenutku pražnjenja spremnika, sam sustav koristi RFID antene koje su ugrađene na podizaču komunalnog vozila da bi automatski očitao RFID čipove u spremnicima.

Oprema za signalizaciju koja se nalazi na vozilu može vrlo jednostavno obavijestiti djelatnike da je uspješno izvršeno praćenje i mjerenje putem antene na vozilu ili perifernih jedinica, kao i o mogućim nepravilnostima. Isto tako, obavještava i u slučaju da u spremniku ili kontejneru nije moguće očitati RFID čip (kad je čip neispravan ili nije u

spremniku) te kada je korisnik na kojeg je registriran RFID čip postavljen na crnu listu za kontrolu naplate.

Kako bi se izvršila identifikacija spremnika, uglavnom se koriste RFID transponderi. Osnovni su dio sustava za identifikaciju spremnika te mogu biti različitog oblika, veličine i radne frekvencije – LF, HF ili UHF. Vrsta transpondera koji će se primjenjivati ovisi o odabranoj RFID tehnologiji i korištenim spremnicima. Zahvaljujući korištenju ovakvih uređaja, vrlo jednostavno možemo voditi evidenciju o spremnicima, broju njihovih odvoza i lokacijama. Navedene informacije, zajedno s ostalim elementima sustava identifikacije i softverom, čine nadgledanje i nadziranje sakupljanja otpada značajno lakšim. U sustavu se evidentira GPS lokacija svaki puta kada dođe do podizanja spremnika te se u realnom vremenu podatci prenose u programsku aplikaciju u kojoj se sve lokacije podizanja vidljive na GIS karti⁹.



Slika 17. Ležište za postavljenje RFID čipova na spremnike za odlaganje otpada(izvor: <https://www.eltegps.hr/ponuda/RFID-transponderi.html> datum: 29.5.2021)

2.5. Pretovar i transfer otpada

Pretovarna stanica je objekt objašnjen i reguliran Zakonom o održivom gospodarenju otpadom, a koji se koristi za prekrcaj otpada iz manjih vozila i njegovu pripremu za prijevoz do mjesta odlaganja otpada, to jest obrade i/ili zbrinjavanja otpada. Kao uobičajeno rješenje za prijevoz otpada na velike udaljenosti koriste se posebna vozila većeg kapaciteta transporta – auto navlakači ili tegljači s prikolicama, a specijalizirana vozila za prikupljanje otpada unutar naselja koriste se samo za prikupljanje i lokalni transport otpada do objekta pretovarne stanice. U posebnim slučajevima je moguć

⁹ ELTEGROUP, Automatski sustavi za identifikaciju spremnika, <https://www.eltegps.hr/ponuda/automatski-identifikacijski-sustav-rfid.html> datum pristupa: 29.5.2021

prijevoz otpada direktno do mjesta odlaganja otpada ako je naselje u kojem se otpad skuplja relativno blizu CGO ili odlagališta.¹⁰



Slika 18. Auto navlakač s roll spremnikom za miješani komunalni otpad(izvor: https://www.youtube.com/watch?v=G7qr8CA_hsw&ab_channel=Hiabglobal datum pristupa: 29.5.2021)

Pretovarne stanice možemo pronaći i uz preostale elemente sustava zbrinjavanja otpada. Često ih možemo pronaći uz prostor za obradu glomaznog komunalnog ili građevinskog otpada te uz reciklažno dvorište, ali i u sklopu drugih elemenata kao što je sortirnica. Uz osnovnu namjenu prihvata otpada iz vozila manjeg kapaciteta te pretovar otpada u veća vozila, pretovarne stanica služe i kao prostor na kojem se vrši preuzimanje predobrađenog izdvojeno prikupljenog otpada te njegov prijevoz do lokacije obrade ili odlaganja otpada.

Najčešće se javljaju dva osnovna razloga za izgradnju pretovarnih stanica:

- Ekonomski: U slučajevima kada je odlagalište otpada udaljeno više od 30 km od lokacije prikupljanja, efikasnije je dopremiti otpad do vozila sa većim kapacitetom, nego ga voziti

¹⁰ IPZUNIPROJEKT, Pretovarne stanice kao sastavni dio budućeg CGO, <http://eko-go.hr/wp-content/uploads/2012/04/Pretovarne-stanice.pdf> datum pristupa: 30.5.2021

istim vozilima koja prikupljaju otpad na terenu. S obzirom da su u današnje vrijeme odlagališta sve udaljenija od naseljenih mjesta, ovakve situacije su sve češće.

- Uslužni: Na ruralnim područjima koja nemaju uslugu prikupljanja otpada, pretovarnoj stanici pristup mogu imati i građani kako ne bi morali otpad voziti daleko.



Slika 19. Pretovarna stanica u Omišu s press spremnicima za miješani komunalni otpad(izvor: snimio autor 2018. godine)

Na mjestu pretovarne stanice propisuje se smještaj elemenata te pokretne i nepokretne opreme. Od elemenata uključeni su sljedeći::

- betonska ili asfaltirana površina za manipulacije s otpadom
- rampa s prilaznom cestom i potporni zid
- zgrada (čelična konstrukcija, potporni zidovi, prostorije, krov s produžetkom iznad vozila i velika vrata)
- ograda s vratima
- ostalo

Odabir vrste pretovarne stanice i mobilne opreme vrši se uzimajući u obzir prostorne pokazatelje. Pretovarne stanice smještene na otocima, to jest one s kojih se prijevoz vrši i morskim putem, podrazumijevaju press-kontejnere i tegljače za njihov transport. Preostale stanice, odnosno one koje uključuju jedino kopneni prijevoz otpada do Centra

za zbrinjavanje otpada, upotrebljavaju prikolice s pokretnim podom za istovar otpada te pripadajuće tegljače.

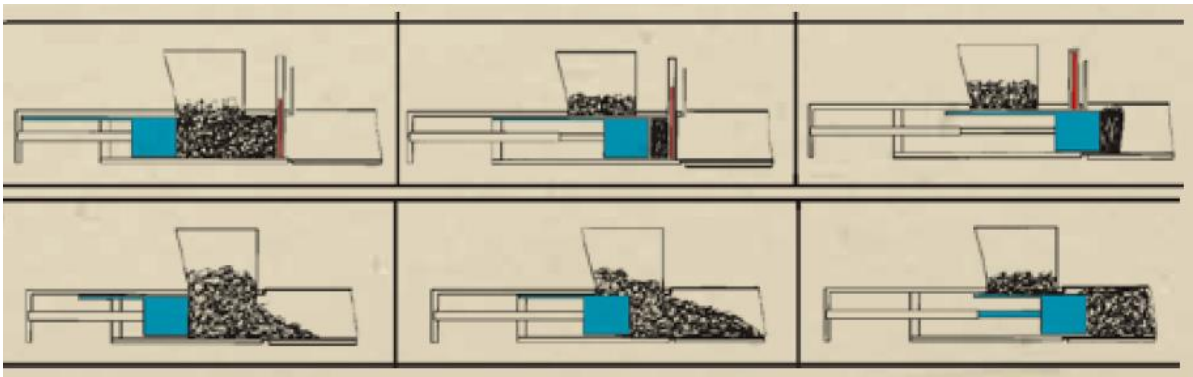
Primarni razlog korištenja transfer stanice je smanjenje troškova transporta otpada do odlagališta. Konsolidacija manjih tereta iz vozila za sakupljanje u veći prijenos vozila smanjuju troškove vuče omogućujući ekipama za prikupljanje da provode manje vremena do putovanja i s udaljenih odlagališta i više vremena prikupljanje otpada. Ovo također smanjuje potrošnju goriva i održavanje vozila za sakupljanje troškovi, plus proizvodi manje ukupnog prometa, zraka emisije i trošenje ceste.

Pored toga, transfer stanica omogućuje:

- Kontrolu otpada prije odlaganja ili obrade u CGO-u
- Fleksibilnost prikupljanja i odlaganja urbanih ili ruralnih područja manjim vozilima
- Mogućnost transfera velikog volumena otpada pomoću press/roll spremnika

Sustav pretovarnih stanica se razlikuje u dva sustava kompaktiranja otpada: standardni sustav kompaktacije te sustav sa prednabijanjem. Uz tu osnovnu podjelu sustava za kompaktaciju, postoje i razne izvedbe pretovarnih stanica te prateće opreme za manipulaciju, ovisno o količinama otpada i karakteristikama terena na kojem se planira izgradnja pretovarne stanice.

Spremnici u koje se otpad preša mogu biti veličine od 20 do 60 m³, pa čak i do 70m³, za sustave kamionskih poluprikolica. Prijevoz otpada do pretovarne stanice vrši se standardnim komunalnim kamionima za prikupljanje otpada, kamionima za prijevoz otvorenih kontejnera i/ili press kontejnera te ostalim komunalnim i specijaliziranim vozilima. Istovar otpada može biti direktno u usipni koš sustava za prešanje, na pokretne trake ili u spremnike za otpad u krugu pretovarne stanice. Manipulaciju takvim otpadom potom obavljaju radnici pretovarne stanice uz pomoć dizalica, utovarivača i slične opreme.



Slika 20. Sustav s prednabijanjem (gornja skica) sabija otpad u samom kompaktoru te ga potom gura u kontejner. S druge strane, standardni sustav (donja skica) sabija otpad unutar samog kontejnera (izvor: katalog proizvoda Husmann)

Prijevoz obrađenog otpada iz pretovarne stanice moguć je putem cestovnog prometa, željeznicom ili brodovima. Ovakvim načinom obrade i transporta otpada postižu se višekratne uštede i smanjuje se potencijalni rizik u prometu, jer se otpad prevozi rjeđe i posebno prilagođenim vozilima/strojovima. Prednost pretovarnih stanica za koncept pametnog grada je što se mogu implementirati unutar reciklažnih dvorišta i koristiti za transfer miješanog komunalnog otpada ili bilo kojeg korisnog otpada prema budućim CGO-ima, uz značajno smanjenje potrebnog voznog parka. Također pretovarna stanica omogućuje komunalnom društvu rad u svim smjenama i mogućnost zaprimanja velikih količina otpada u sezonsko opterećenju na relativno malom prostoru.

2.6. Edukacija stanovništva

Edukaciju stanovništva možemo opisati kao dugotrajan proces koji kreće od najranije starosne dobi te može trajati dokle god imamo želje i mogućnosti sudjelovati u onome što on podrazumijeva. Aktualni Plan gospodarenja otpadom definira mjere kojima je potrebno pripremiti programe obrazovno-informativnih projekata o učinkovitom zbrinjavanju otpada za period od 2017. do 2022. godine. Cilj navedenog programa je isticanje važnosti prevencije nastanka otpada i povećanja odvojenog sakupljanja otpada te u sebi treba sadržavati odrednice, interesne grupe i djelatnosti koje je potrebno izvoditi na nacionalnoj i lokalnoj razini. Kako bi se postigli navedeni dugoročni ciljevi i ostvarili konkretni rezultati, potrebno je razvijanje cjelovitog sustava gospodarenjem otpada što podrazumijeva detaljnu i efikasnu interakciju i razmjenu informacija među

svim sudionicima izgradnje takvog sustava – struka, nadležna tijela, lokalna samouprava, stanovnici, nevladine organizacije i drugi. Za ostvarivanje takve kvalitetne i efikasne komunikacije važno je ukazati svakom pojedincu na njegovu zadaću i odgovornost za gospodarenje otpadom. Sveobuhvatan pristup interakciji sa zajednicom za početak obuhvaća pripremu ciljanih ispitivanja stavova javnosti kako bi se odredilo prvobitno stanje, to jest količina educiranosti i razumijevanja određenih elemenata zbrinjavanja otpada, te izradu Plana komunikacije s javnošću unutar kojeg će se izvršiti procjena okruženja, namjera i ideja, poruka osmišljenih za različite kategorije javnosti, komunikacijske djelatnosti te definirati i vrednovati najavljene rezultate i ishode. Prilikom vrednovanja rezultata, ključno je raspoznati što su rezultati, a što ishodi – određeni edukacijski materijali služe samo kao pomagalo kako bi ostvarili željene ishode: kvalitetnija obaviještenost i osviještenost, izmjene ponašanja, implementiranje novih navika i druge.

Temeljna dokumentacija za gospodarenje otpadom može učestalo voditi do prijepora i konfliktnih situacija jer se kod javnosti javljaju različiti načini njenog shvaćanja i interpretiranja. Naročito je to izraženo pri poznavanju i razumijevanju hijerarhije otpada i ciljeva gospodarenja otpadom. Kako bi se što više izbjegle ovakve situacije, ključno je unaprijediti i produbiti praksu educiranja i podizanja svijesti javnosti. Poseban naglasak treba se treba staviti na moderne medije kao što su društvene mreže, na izravan oblik komunikacije s različitim skupinama građana te provesti analizu učinkovitosti korištenih kanala i oblika komunikacije s obzirom da definirane ciljeve. 2014. godine provedena je rasprava među stručnjacima koji su iz širih zaključaka došli do već navedenih tvrdnji prema kojima je današnje stanje s aspekta komunikacije još uvijek u nepovoljnom položaju. Značajna je i činjenica da jedan od najznačajnijih obrazovnih i odgojnih modela za okoliš danas više nije u fokusu kao što je to bio u devedesetim godinama prošlog stoljeća kada je pokrenut. Motiviranje građana za izbjegavanje otpada čini osnovi element funkcionalnog sustava gospodarenja otpadom, a ono započinje s edukacijom i osvješćivanjem o značajkama otpada i posljedicama njegovog neodgovarajućeg odlaganja. Kvalitetna razina educiranosti vodi građane tome da reduciraju količine otpada koje oni stvaraju.

Ekološka edukacija i eko-kultura direktno su povezane uzročno-posljedičnim vezama. Edukacija vodi do stjecanja ekoloških znanja te razvijanja vještina kojima se uvećava razina svijesti svakog građanina za njegovu pojedinačnu ulogu u sustavu gospodarenja otpadom. Ovakav oblik edukacije u području zaštite okoliša i gospodarenja otpadom predstavlja disciplinu obrazovanja koja bi poticala nove generacije da steknu nove navike poštujući koncepte održivog razvoja. Razvijanjem svijesti o zaštiti okoliša pravilnim zbrinjavanjem otpada kod novih i mladih generacija, uvelike djelujemo i na ponašanje odraslih. Poznato je kako se navike i obrasci ponašanja razvijeni u djetinjstvu, odnosno najranijoj životnoj fazi djeteta, zadržavaju kroz cijeli život pa je ključno u toj dobi uz edukativne igre i kroz program predškolskih ustanova kod djeteta razviti navike kojima će odvajanje otpada postati njegovi uvriježeni obrasci ponašanja. Kurikulum odgoja i obrazovanja za okoliš u području gospodarenja otpadom treba obuhvaćati primjerena znanja, vještine, stavove i vrijednosti. Uz to, fokus se postavlja i na pedagoško-didaktičke tehnike i otvorene oblike prenošenja znanja koji su okrenuti prema studentu/učeniku te se ne prenosi samo znanje, već se razvija i kritičko promišljanje kako bi ih što bolje motivirali na odgovoran i savjestan odnos prema okolišu.¹¹

Kako bi edukativne aktivnosti u gospodarenju otpadom bile uključene u sve društvene sektore one trebaju biti široko zastupljene u:

- medijima,
- predškolskim, školskim i visokoškolskim obrazovnim programima,
- sklopu stručnih skupova s temama o gospodarenju otpadom i stručnim časopisima,
- radu udruga,
- izobrazbi upravnih struktura, stručnjaka i pravnih osoba koje se bave djelatnosti gospodarenja otpadom,
- odgovornih osoba i zaposlenika u tvrtkama koje proizvode otpad.

U edukaciji u sektoru gospodarenja otpada nužno je primijeniti mobilnu tehnologiju i aplikacije kao i pametne digitalne panele uz zajedničke spremnike u urbanim centrima.

¹¹ Kalambura, Sanja; Jovičić, Nives; Kiš, Darko Zašto nam je potrebna edukacija o otpadu i znamo li stvarno sve? // *Zbornik sažetaka Tehno eko* / Zlatko Milanović (ur.). Zagreb: Tehno eko, 2017. str. 11-12

Učinkovita komunikacija između komunalnih tvrtki za gospodarenje otpadom i građana ključna je za učinkovito funkcioniranje usluga gospodarenja otpadom. Građani moraju znati koje su im usluge dostupne te raspored i zahtjeve te usluge kako bi se te gospodarenje otpadom moglo učinkovito primjenjivati. Također je vjerojatnije da će građani poduzeti aktivnosti razvrstavanja i recikliranja otpada ako znaju što se događa s otpadom koji se šalje na reciklažu i s tim povezane ekološke i gospodarske koristi.

Učinkovit način za poboljšanje stava prema ponovnoj upotrebi i recikliranju jest integriranje obrazovanja o gospodarenju otpadom u školski program, a posebno podučavanje djece o uzrocima i posljedicama odlaganja otpada te naglašavanje važnosti prevencije, ponovne upotrebe i recikliranja otpada. Lokalne vlasti i / ili komunalne tvrtke za gospodarenje otpadom mogu to olakšati poduzimanjem terenskih aktivnosti, slanjem predstavnika u lokalne škole ili pozivanjem školaraca na obilaske objekata ili dane otvorenih vrata, itd.

Najbolja praksa u podizanju svijesti je učinkovito poticanje prevencije, ponovne upotrebe i recikliranja otpada u području sakupljanja otpada. U konačnici, to bi se trebalo pretvoriti u kvalitetnije performanse ključnih pokazatelja stvaranja i odvajanja otpada. Poseban naglasak stavljen je na doseganje svih dionika, uključujući strane govornike putem višejezičnog ili slikovnog komunikacijskog oglasa putem školskih aktivnosti. Najbolje prakse za kampanje za podizanje svijesti trebaju:

- osigurati kontinuitet, dosljednost, komplementarnost i jasnoću svih komunikacija s dobro definiranim ciljevima prema gospodarenju otpadom
- stvoriti jasne poruke prikladne i usmjerene na dobro definiranu ciljnu publiku
- osigurati učinkovitu isporuku informacija integriranim aktivnostima i jasnim linijama odgovornosti

Dobro osmišljene i razvijene kampanje podizanja svijesti o gospodarenju otpadom mogu pridonijeti prevladavanju dviju glavnih prepreka recikliranju; nedostatak znanja gdje se građanima prenose informacije o pravilnoj segregaciji otpada, te mijenjaju stavove i percepcije kako poticati ljude da izbjegavaju i razvrstavaju otpad.

Kampanje podizanja svijesti za građane mogu izravno provoditi komunalne tvrtke za gospodarenje otpadom, profesionalne agencije u njihovo ime ili partnerske organizacije (uključujući dionike u drugim sektorima). Može se koristiti čitav niz komunikacijskih kanala, koji mogu uključivati oglašavanje, odnose s javnošću, izravni marketing, angažman u zajednici, mrežni angažman, društvene mreže i označavanje proizvoda. I na kraju, ali ne najmanje važno, poboljšanje prihvaćanja usluga gospodarenja otpadom rezultira i boljim ekonomskim performansama.

3. KONCEPT MODERNOG RECIKLAŽNOG CENTRA

3.1. Reciklažno dvorište

Reciklažno dvorište je kontrolirani zagrađeni prostor u kojem se vrši odvojeno sakupljanje otpada, kao i privremeno odlaganje malih količina specifičnih vrsta otpada. Kvalificirano je kao građevni objekt za gospodarenje otpadom, što znači da treba biti planirano u prostornom planu te podrazumijeva pripremu tehničke dokumentacije kako bi se pribavila nužna odobrenja prema Zakonu o gradnji i ostalim aktualnim propisima. Na području lokalnih jedinica, svaka uprava je dužna osigurati uspješno djelovanje barem jednog ili više reciklažnih dvorišta ili mobilnih jedinica kako bi svaka jedinica imala mogućnost odvojenog sakupljanja papira, stakla, metala, plastike, tekstila, problematičnog otpada te glomaznog komunalnog otpada. Prilikom biranja njihovih pozicija, jedinice lokalne samouprave su obvezne osigurati jednostavan pristup pozicijama reciklažnih dvorišta ili mobilnih jedinica te pristupačnost njihovom korištenju za sve stanovnike određenog lokalnog područja.¹²



Slika 21. Reciklažno dvorište s sortirnicom za korisni otpad u Omiši (izvor: snimio autor 2021. godine)

¹² FZOEU, Reciklažna dvorišta, <https://www.fzoeu.hr/hr/reciklazna-dvorista/7589> datum pristupa: 31.5.2021

Reciklažno dvorište, prema članku 13. pravilnika o gospodarenju otpadom, mora u svom radu zadovoljiti sljedeće kriterije:

1. treba biti označeno informacijskom tablom;
2. treba biti opremljeno odgovarajućom vagom,
3. treba biti opremljeno video nadzorom ukoliko se u reciklažnom dvorištu obavlja trgovanje otpadom

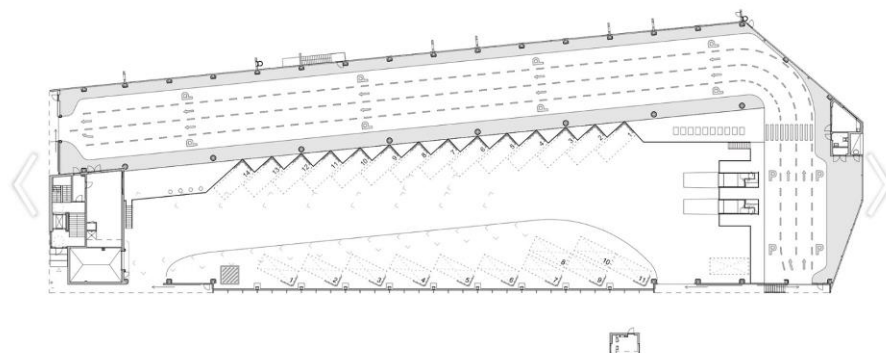
Kako bi se moglo projektirati reciklažno dvorište potrebno je poznavati količine komunalnog otpada koje se prikupljaju na terenu davatelja usluge. Što je ekonomija razvijenija i potrošačka moć veća, u pravilu se stvaraju veće količine otpada. Temeljna pretpostavka za praćenje tijeka komunalnog otpada te pripremu tablica je razumijevanje količina otpada od najniže organizacijske razine do najviše zbog višegodišnjeg zapostavljanja kontroliranja stanja na području gospodarenja otpadom, kao i praćenja kretanja njegovih količina.

Reciklažno dvorište mora biti smješteno u blizini grada ili naselja zbog dostupnosti lokacije samom korisniku. Pri projektiranju reciklažnog dvorišta potrebno ga je oblikovati funkcionalno i arhitektonski.

Građevinske karakteristike koje su bitne za reciklažno dvorište:

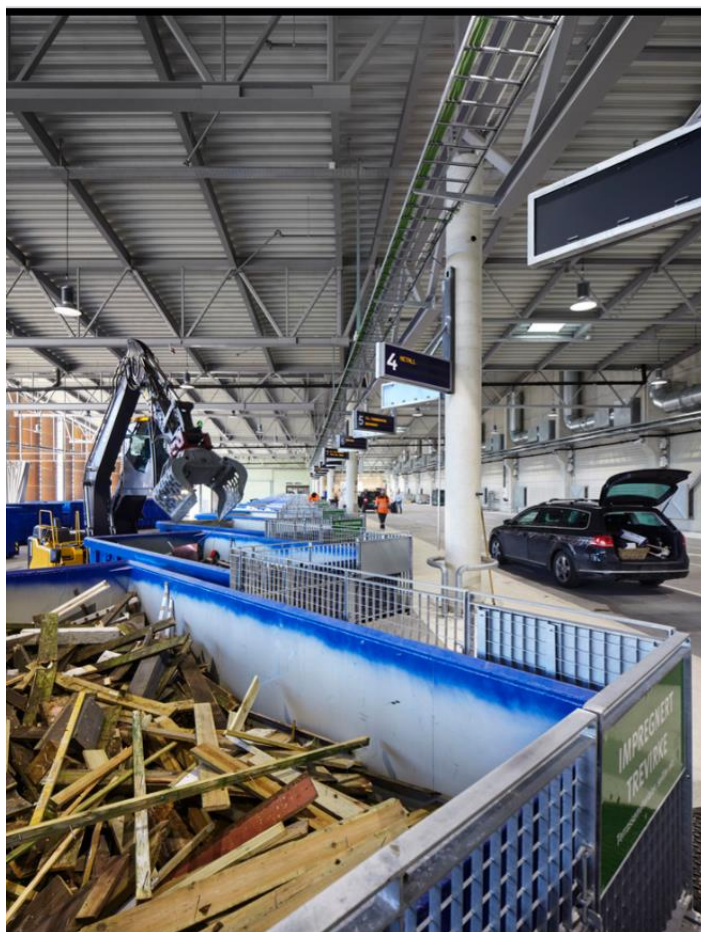
- podloga izvedena od zaglađenog armiranog betona (greška je upotreba asfalta zbog manipulacije s roll spremnicima i kratkog radijusa okretanja kamiona s više osovine – drobljenje površine),
- izvedena javna rasvjeta i videonadzor (na reciklažnim dvorištima se moraju spriječiti manipulacije pri iskrcaju ili nelegalnom deponiranju otpada, te zaštititi oprema),
- izvedba sustava oborinske odvodnje (kvalitetno izveden sustav oborinske odvodnje spriječit će neugodne mirise koji se mogu pojaviti iz procjedne vode iz spremnika ili manipulacijskih površina),
- izvedba hidrantske mreže zbog osiguranja lokacije od mogućeg požara,
- označavanje svih pozicija za odbacivanje otpada – horizontalnim i vertikalnim znakovima (reciklažno dvorište je najbolje podijeliti na tri sektora: za glomazni

otpad, korisni otpad – papir, metal, staklo, plastika, i opasni otpad – ee otpad, motorna ulja...),



Slika 22. Koncept reciklažnog dvorišta za velike spremnike s natkrivenim prostorom za odlaganje otpada (izvor: <https://www.archdaily.com/785900/smestad-recycling-centre-longva-arkitekter/57177185e58ece9e0b0000da-smestad-recycling-centre-longva-arkitekter-1st-floor-plan> datum pristupa: 3.6.2021)

- izvedba natkrivanih pozicija za izbacivanje otpada u velike spremnike (idealno je natkrivanje pristupnih površina i samih spremnika za otpad),
- izvedba izbacivanja otpada iz vozila korisnika van razine (reciklažno dvorište se može projektirati s sistemom riblje kosti za smještaj velikih spremnika, gdje se korisnik s rampom penje u razinu vrha spremnika i vrši olakšano odlaganje otpada),
- obavezna kontrola ulaza i izlaza korisnika koja se može organizirati programskim rješenjima koji su povezani s plaćanjem računa davatelju usluge – komunalnom poduzeću. Najbolji primjeri su usmjereni na podjelu RFID kartica pomoću kojih se brzo ima uvid u status korisnika i pregled odlaganja otpada na reciklažnom dvorištu,
- reciklažno dvorište se mora organizirati za pristup velikim teretnim vozilima, tegljačima i navlakačima.



Slika 23. Izbacivanje otpada van razine u velike spremnike u natkrivenom prostoru reciklažnom dvorišta s označenim frakcijama otpada (izvor: <https://www.archdaily.com/785900/smestad-recycling-centre-longva-arkitekter/57177185e58ece9e0b0000da-smestad-recycling-centre-longva-arkitekter-1st-floor-plan> datum pristupa: 3.6.2021)

Karakteristike opreme za prikupljanje otpada u reciklažnom dvorištu:

- korisni otpad koji ima veliki volumen tipa papir, plastika, ambalaža, stiropor je najpraktičnije prikupljati pomoću roll spremnika s presom (idealno stacionarnom presom, ali mobilna je finansijski prihvatljivija),
- korisni otpad malog volumena se može odlagati u spremnike za samopodizač ili klasične spremnike od 1100 litara gdje je lako kontrolirati čistoću frakcije,
- za glomazni otpad, drvo, građevinski otpad i metal je najpraktičnije koristiti otvorene roll spremnike kapaciteta većeg od 24 m³,
- za opasni otpad koristi spremnike s tankvanama i sistemom duplog dna,

- EE otpad pravilno slagati u roll spremnike bez ubacivanja u spremnike van razine (zbog mogućih eksplozija odbačenih uređaja i naknadne reciklaže),



Slika 24. Roll spremnik s mobilnom presom za papir i karton (izvor: <https://husmann-umwelt-technik.de/?lang=en> datum pristup: 3.6.2021)

- obvezna oprema za manipulaciju otpadom na reciklažnom dvorištu se mora sastojati od teretnog vozila s dizalicom i mogućnošću manipulacije s spremnicima, specijalnog vozila za prikupljanje otpada, viličara, i čistilice za održavanje čistoće pristupnih površina. Sva vozila i oprema se mogu koristiti u cjelokupnom sustavu javne čistoće.
- u sklopu reciklažnog dvorišta je dobro predvidjeti prostor za povremenu dopremu drobilice za građevinski ili glomazni otpad.

Kako bi se usavršio proces kontrole nad količinama i odlaganjem otpada na reciklažnom dvorištu, idealno bi bilo postaviti senzore kontrole količina otpada i automatsku vagu s sustavom prepoznavanja teretnih vozila, kako bi se maksimalno ubrzao rad na reciklažnom dvorištu.

3.2. Sortirnica korisnog otpada

Metode razvrstavanja i sortiranja otpada razlikuju se ovisno o prirodi materijala i vrsti sakupljanja. Kako bi smanjili količinu otpadnog materijala zakopanog na odlagalištima ili spaljenog u spalionicama, zakonodavci nameću sve ambicioznije ciljeve u pogledu recikliranja i uporabe otpada. Jedan od načina rješavanja navedenog problema je sortiranje korisnog otpada. U pravilu sakupljanje otpada u sustavu od vrata do vrata se sastoji od tri glavne frakcije (pretpostavka da se vrši vlastito kompostiranje otpada):

- Miješani komunalni otpad
- Papir i karton
- Korisni otpad – plastika, metal, tetrapak

Korisni otpad je potrebno sortirati na pojedine frakcije a to se posebno odnosi na plastiku koja se sastoji od više vrsta materijala i kompozita.

Vrste plastike:

1. PET ili PETE - engl. polyethylene terephthalate (polietilen tereftalat) – predstavlja najraširaniji oblik plastike koji je uglavnom namijenjen za jednokratnu upotrebu u obliku plastičnih ambalaža i boca za piće. Ne preporuča se ponovna uporaba navedenih predmeta iz razloga moguće bakterijske zaraze. Ovaj oblik plastike je moguće jednostavno reciklirati i na taj način dobiti materijale za PET ambalažu i boce te poliesterska vlakna koja se upotrebljavaju za proizvodnju tekstila.

2. HDPE- engl. high-density polyethylene (polietilen visoke gustoće) – Predstavlja najsigurniji oblik plastike koji je prikladan za višekratnu uporabu te se najčešće reciklira. Koristi se za izradu igračaka, pojedinih vrsta vreća te boca za deterdžent, sokove i ulje. Riječ je o vrlo izdržljivom obliku plastike pa je prikladan za masovnu proizvodnju predmeta široke uporabe gdje je naglasak na otpornosti na vanjske i vremenske uvjete te dugotrajnoj izdržljivosti (npr. spremnici za otpad).

3. PVC- engl. polyvinyl chloride ili često samo oznaka V- engl. vinyl (polivinil klorid) – oblik plastike koji u procesu proizvodnje stvara nusproizvod u obliku štetnih kemijskih spojeva – dioksida. Zbog navedenog se ovaj oblik iznimno rijetko reciklira. Koristi se za izradu ambalaža, automobilskih dijelova, igračaka, namještaja, medicinskih pomagala te

građevnih materijala. U slučaju pakiranja hrane u ambalažu od PVC plastike, važno je ne zagrijavati ju kako ne bi došlo do razvijanja navedenih štetnih spojeva.

4. LDPE- engl. low-density polyethylene (polietilen niske gustoće) – oblik plastike koji je moguće reciklirati, ali se to do sada vrlo rijetko vrši. Riječ je o relativno sigurnom obliku plastike za korištenje pa se od njega danas izrađuju vrećice, tkanine, plastične boce i namještaj.

5. PP- engl. polypropylene (polipropilen) – vrsta plastike sa jako kvalitetnim mehaničkim svojstvima koje je uglavnom čvrsta, lagana i otporna na toplinu. Zbog svojih karakteristika ima vrlo široku primjenu u proizvodnji kontejnera, kućišta, cijevi, laboratorijskog posuđa, armatura, jednokratnih pelena, slamki, vrećice za čips, ambalaže za margarin i jogurt. Unatoč tome što je ovu vrstu plastike moguće reciklirati, danas je evidentiran jako mali postotak njenog recikliranja.

6. PS- engl. polystyrene (polistiren) – riječ je o jednoj o najkorištenijih vrsta plastike koju je također moguće reciklirati, iako se to provodi samo u malom postotku. Koristi se za izradu plastičnog posuđa, kartona za jaja, kućišta za DVD i CD, izolaciju, tvrdih ambalaža itd. U slučaju pakiranja hrane u posudu ili ambalažu od polistirena, važno je ne zagrijavati ju u mikrovalnoj pećnici kako ne bi došlo do razvijanja navedenih štetnog stirena.

7. Ostalo (BPA, polikarbonat, LEXAN...) – skupina različitih vrsta plastika koje nisu pripale prethodno navedenih kategorijama. Također, obuhvaća i nove generacije lako razgradive plastike izrađene od bio-polimera (npr. škrob) koju označavamo oznakom „PLA“ ili natpisom „biorazgradivo“ pored simbola s brojem 7. U ovoj kategoriji nije određeno generalno pravilo o recikliranju.¹³

Sortirnice korisnog otpada koje su koristile ljude za razdvajanje otpada su zastarjeli i loš model upravljanja s korisnim otpadom. Također uvjeti rada na takvim sortirnicima su vrlo loši zbog velike razine prašine i neugodnih mirisa. Danas se u moderne sortirnice, postavljaju automatizirane linije za sortiranje plastike i korisnog otpada, koje se koriste inovativnom tehnologijom poput naprednog optičkog sortiranja, infracrvene tehnologije

¹³ KOMUNALNO PODUZEĆE d.o.o., Vrste plastike i kako se reciklira, <https://koprivnica.hr/wp-content/uploads/2019/02/Vrste-plastike-i-kako-se-reciklira.pdf> datum pristupa: 3.6.2021

i komprimiranog zraka. Sustavom i sortirnicom se upravlja automatski iz nadzorne sobe, a rad ljudi je uključen samo na dopremi i odvozu otpada.

Automatizirani postupak sortiranja korisnog otpada povećava količinu obnovljivog materijala i povećava sposobnost sortiranja. Nakon provjere, materijali se komprimiraju u bale, te se spremaju u privremena skladišta prije odvoza oporabitelju.

Optičko sortiranje (ponekad se naziva i digitalno sortiranje) automatizirani je postupak sortiranja čvrstih materijala ili otpada pomoću kamera i / ili lasera. Ovisno o vrstama korištenih senzora i softverskom inteligencijom sustava za obradu slike, optički razvrstavači mogu prepoznati boju, veličinu, oblik, strukturna svojstva i kemijski sastav predmeta. Razvrstavač uspoređuje predmete s korisnički definiranim kriterijima prihvaćanja / odbijanja kako bi se identificirali i uklonili neispravni proizvodi i strani materijali s transportne linije ili kako bi se odvojili otpadni materijali različitih boja ili vrsta materijala.



Slika 25. Optički stroj za sortiranje više frakcija otpada koji pomaže u brzom i preciznom reciklaži velikih količina korisnog otpada (izvor: <https://solarimpulse.com/efficient-solutions/pellenc-st> datum pristup: 4.6.2021)

Uređaji za optičko sortiranje otpada široko su rasprostranjeni u uporabi i recikliranju otpada kako u neovisnim sortirnicama, tako i u centrima za gospodarenje otpadom. U usporedbi s ručnim sortiranjem, koje je subjektivno i nedosljedno, optičko sortiranje pomaže u poboljšanju kvalitete čistoće otpadne frakcije, maksimiziranju propusnosti i povećanju prinosa uz smanjenje troškova rada.

Optički stroj za sortiranje za recikliranje prepoznaje i sortira organski materijal analizirajući reflektirane infracrvene zrake s površine materijala. Svaki organski spoj apsorbira svjetlost vlastite valne duljine, ovisno o molekularnoj prirodi materijala. U skladu s tim, stroj pruža funkciju prepoznavanja materijala optičkom analizom valne duljine reflektirajuće svjetlosti i pretvara vrijednost svjetlosti u električnu vrijednost korištenjem foto diode. Kamera otkriva svjetlost koja se odbija od otpada na transporteru na kojem svijetli halogena svjetiljka. Otkrivena svjetlost spektroskopom se pretvara u električni signal, a zatim u računalne podatke. Računalo analizira podatke kako bi identificiralo materijale u toku transporta otpada na traci. Računalo koristi komprimirani zrak ili magnete za premještanje otpada na definirana mjesta nakon preciznog identificiranja materijala u struji otpada. Optički stroj za sortiranje razvrstava drvene materijale, plastiku različitih vrsta, papir, karton, crne i obojene metale i može ih odvojiti u skladu s materijalom i bojom kroz naprednu optičku tehnologiju pomoću bliske infracrvene (NIR), srednje infracrvene (MIR) i vidljive svjetlosti. Jedna od prednosti optičkog stroja za sortiranje je prilagodba prepoznavanja materijala kada je otpad fizički sastavljen od različitih materijala (kompoziti) posebnom obradom upravljačkog programskog sustava.



Slika 26. Optički stroj za sortiranje s prilaznim transporterima za dopremu korisnog otpada (izvor: <https://www.linkedin.com/company/pellenc-selective-technologies/> datum pristup: 4.6.2021)

Optički stroj za sortiranje pruža optimalno rješenje za učenje i prepoznavanje vrsta i karakteristika materijala prema ponašanju potrošnje građanstva, te za sortiranje otpada u skladu s praksama i propisima o obradi otpada u lokalnim područjima ili zemljama. Optički stroj za sortiranje instalirana se na automatskim linijama za razdvajanje MRF, MBT, RDF i PET sortiranja za razvrstavanje i opskrbu otpadom po materijalu i boji kako bi igrao važnu ulogu u recikliranju i stvaranju goriva iz toka otpada.

3.3. Kompostana za biorazgradivi otpad

Kod uspostave sustava prikupljanja i obrade biorazgradivog otpada najbitnije je sagledati mogućnosti i financijske pokazatelje sakupljanja i prijevoza biorazgradivog otpada. Naime biorazgradivi otpad, poglavito u urbanim centrima traži redovno i često sakupljanje (minimalno dva puta tjedno), što značajno utječe na troškove davatelja usluge. Takav sustav zahtjeva male HDPE spremnike, biorazgradive vrećice, polupodzemne spremnike za biorazgradivi otpad s posebnim ulošcima, nehrđajuće nadogradnje na vozilima za sakupljanje otpada itd... Ukoliko je moguće, maksimalno treba poticati kućno kompostiranje i obradu biorazgradivog otpada na lokaciji samog korisnika, a to se može osigurati kvalitetnom edukacijom, podjelom kompostera i sredstava za učinkovitije kompostiranje.

Standardni oblik kompostiranja se danas sve rjeđe javlja te se najčešće vrši u domaćinstvima. Veliki gradovi umjesto njega primjenjuju druge metode zbrinjavanja organskog otpada kao što je anaerobna razgradnja kojom se stvara bioplina. Predvodnik u kompostiranju u Europskoj uniji je Austrija koja kompostira 40% ukupnog otpada. Uz nju, značajna je i Nizozemska u kojoj se kompostira 8% ukupnog otpada, Španjolska i Belgija sa po 4% te Italija koja kompostira 3% ukupnog otpada (najviše na sjevernom području).¹⁴

Kompostiranje je kontinuirani proces prirodnog razgrađivanja biomase koji se odvija svuda oko nas. Tim procesom reducira se količina otpada, prijevoz i njegovo zbrinjavanje, a kompostom vraćamo hranjive tvari i nutrijente tlu iz kojeg su potekle,

¹⁴ Zelena akcija, RAZUMIJETI OTPAD, Priručnik za podizanje svijesti, Sve5, Zagreb 2012

nakon čega se one postepeno pretvaraju u plodno tlo, odnosno humus. Kvalitetan kompost osigurava zadržavanje vode u tlu, čini tlo prozračnijim, potiče rast biljaka te ih hrani, stvara uvjete za život organizama u tlu te predstavlja mogući odgovor na rastući problem dezertifikacije. Razlikujemo nekoliko vrsta kompostiranja:

- u vlastitom vrtu ili dvorištu (samostalno),
- najpogodnijim lokacijama u naseljima (zajedničko kompostiranje)
- na velikim komunalnim kompostanama (centralno kompostiranje) uz prethodno razdvajanje biootpada u posebne spremnike i prijevoz na lokaciju kompostane.

Roll spremnik za kompostiranje otpada je fleksibilno primjenjiva oprema za male gradove i općine, koji je posebno razvijen za biološko (aerobno) prikupljanje i obradu otpada. Jednostavan prijevoz sa standardnim auto navlakačom i instaliranim GPS sustavom za praćenje omogućuju decentralizirano prikupljanje biorazgradivog otpada. U bilo kojem trenutku može se zatražiti lokacija spremnika i obraditi podatke putem internetske baze podataka.



Slika 27. Spremnik za aerobno kompostiranje i stabilizaciju biorazgradivog otpada (izvor: https://www.youtube.com/watch?v=wBTvgTleaQY&ab_channel=CompostSystems/ datum pristup: 5.6.2021)

Spremnik ima visoko razvijen sustav prozračivanja, za izbjegavanje mogućeg truljenje otpada. Umetnuta količina zraka idealno se kontrolira biološkim postupkom tj. mjerenjem temperature. Membranska tehnologija sprječava emisiju mirisa, tako da nema zapreke za postavljanje spremnika za kompostiranje unutar samih reciklažnih centara.

Nakon obrade biorazgradivog otpada u navedenim spremnicima koje može trajati od dva do četiri tjedna, spremnik se prazni i formiraju se standardne kompost hrpe za konačnu stabilizaciju. Tijekom obrade biorazgradivog otpada u spremniku, eliminira se većina neugodnih mirisa zbog specijalne membranske tehnologije, kao i procjedna tekućina iz spremnika koja se može ispustiti u upojni bunar unutar reciklažnog centra.

Veća postrojenja za obradu kompostnih hrpa mogu se opremiti aeracijskim kanalima i biofilterima s dvosmjernim kanalima za upuhivanje ili ispuhivanje zraka u navedene hrpe. Takva tehnologija omogućuje kvalitetniji kompost i eliminaciju preostalih neugodnih mirisa.



Slika 28. Postavljanje betonskih aeracijskih kanala za kompostne hrpe(izvor: <https://www.compost-systems.com/en/produkte/belueftungstechnik#belueftungstechnik-rohre> datum pristup: 5.6.2021)

Kompost je potrebno redovno okretati pomoću prevrtača kako bi se osigurala prozračnost i rahlost hrpa. Danas postoje samohodni električni prevrtači za manje kompostane koji su idealni za manja postrojenja, te se mogu opremiti mlaznicama za

dodatno dodavanje enzima ili vode za kvalitetniji kompost. Također njihova prednost je brzina rada, i mogućnost automatizacije procesa bez dodatnog angažmana ljudskih resursa.



Slika 29. Samohodni električni prevrtač kompostnih hrpi (izvor: <https://www.compost-systems.com/en/green/maschinentchnik/selbstfahrend> datum pristup: 5.6.2021)

4. PRIMJENA MODERNIH TEHNOLOGIJA ZA UČINKOVITO GOSPODARENJE OTPADOM

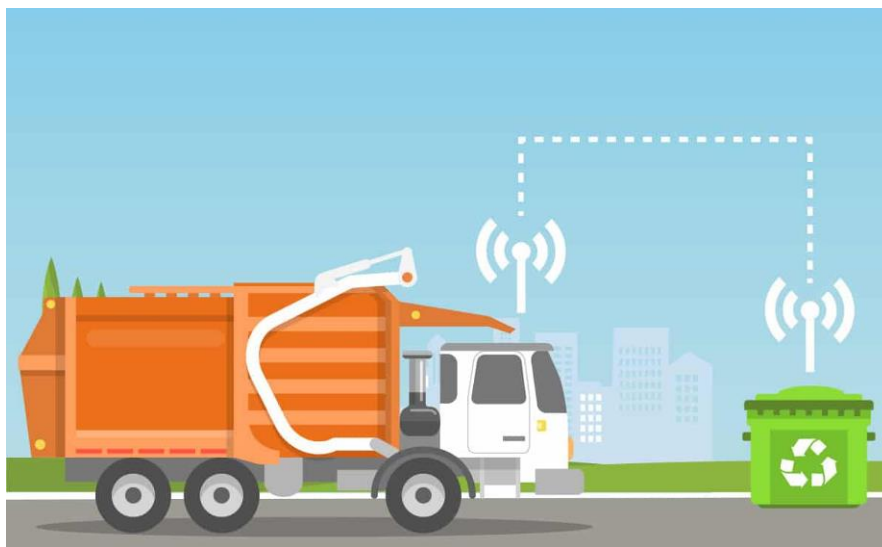
4.1. Sustav nadzora količina primjenom senzora

Pametni gradovi uključuju praćenje i kontrolu prometa, praćenje naših aktivnosti, optimizaciju parkinga, nadzor javne rasvjete i tako dalje. Jedan od ciljeva pametnih gradova je održavanje okoliša čistim i urednim. Ovaj cilj nije ispunjen bez sustava upravljanja otpadom. Stoga je razvijena pametna kanta za pametne gradove temeljena na modernoj tehnologiji i programskim rješenjima. Najnovija dostignuća u svijetu, sa svojim osnovnim tehnologijama, pametnim senzorima i komunikacijskim tehnologijama, pružaju mogućnost povezivanja strojeva, uređaja, softvera i predmeta koji komuniciraju među njima bez ljudske intervencije. U pametnim gradovima učinkovito upravljanje otpadom presudan je izazov za okoliš koji se nastoji riješiti. Gospodarenje otpadom obuhvaća sve aktivnosti potrebne za praćenje otpada koji nastaje u gradu, od njegovog početka, kada građani proizvode svoj otpad, sakupljanjem, prijevozom i dolaskom u njegov konačni smještaj, što može biti odlagalište otpada, spaljivanje ili recikliranje. Dakle, u nedostatku djelotvornog programa gospodarenja otpadom, otpad koji nastaje u gradskim aktivnostima, kako industrijskim tako i kućnim, može rezultirati zdravstvenim rizicima i štetom prema okolišu. Razumijevanje stvorenog otpada, dostupnost resursa i okolišni uvjeti određenog društva ključni su za razvoj odgovarajućeg sustava gospodarenja otpadom.

Pametni senzori koji se postavljaju u spremnike za prikupljanje otpada mogu pomoći da se upravlja sustavom gospodarenja otpada pomoću podataka. Pametni senzori za otpad omogućuju potpunu transparentnost postupaka s otpadom i dubinske uvide u podatke koji vam mogu pomoći da se poboljša javna usluga.

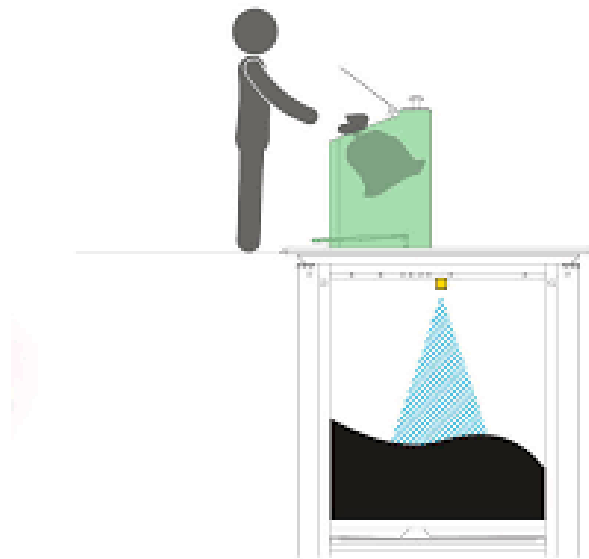
Senzori za pametne spremnike za prikupljanje otpada bilježe razinu punjenja, lokaciju i temperaturu svakih 15 minuta. Izvještavanje se događa svaki put kada se spremnik napuni, isprazni ili svaka 24 sata.

GPS igra ključnu ulogu u sustavu pametnih kanti. Obavještava vozače ili posadu za odvoz otpada gdje je spremnik dosegnuo razinu popunjenosti. Također djeluje kao sredstvo odvraćanja od krađe jer može pratiti je li kanta ukradena. S druge strane, pohrana u oblaku koristi se za analizu i upravljanje podacima koju šalju navedeni senzori. Ona sadrži evidentirani sažetak planiranih ruta, prijeđenih putova flote vozila, broja prikupljenih spremnika i ukupnih troškova sakupljanja po ruti.



Slika 30. Povezivanje vozila za prikupljanje otpada i programskog sustava za upravljanje informacijama popunjenosti, vatrodjave ili nekim drugim podatkom u realnom vremenu, značajno podiže efikasnost sakupljanja otpada (izvor: <https://www.3rdeyecam.com/refuse-fleet-management-systems/> datum pristup: 6.6.2021)

Optički senzori mogu pomoći u učinkovitom gospodarenju otpadom u raznim situacijama, od polupodzemnih spremnika za otpad koji se koriste na većini urbanih lokacija do velikih pokretnih spremnika koji se često nalaze na parkiralištima maloprodajnih mjesta, do komercijalnih spremnika koje koriste pojedina poduzeća i instaliranih malih spremnika za otpad na javnim prostorima (parkirališta, mjesta, uredski kompleksi). Mogu se razviti i postaviti sustavi za praćenje i prikupljanje podataka većine otpadnih materijala: miješani komunalni otpad, korisni otpad(staklo, papir i karton, plastika, limenke), biorazgradivi otpad...



Slika 31. Senzori popunjenosti se postavljaju fiksno na vrhu spremnika kako bi što preciznije mogli očitati popunjenost navedenog (izvor: <https://www.terabee.com/level-sensing-for-smart-waste-management/> datum pristup: 6.6.2021)

Postavljanjem senzora za razinu popunjenosti ili vatrodojavu omogućuje se:

- Smanjenje troškova transporta otpada
- Smanjenje emisija ugljika
- Učinkovitije rute sakupljanja otpada
- Efikasnije korištenje ljudskih resursa na odvozu otpada
- Mogućnost mjerenja količina otpada i navika korisnika

Vrlo bitan element koji se može opremiti sensorima je i vozni park, tj. kamioni za sakupljanje otpada. Sustav praćenja kamiona za otpad omogućuje praćenje razine otpada u nadogradnji kamiona, praćenje mjesta utovara i istovara otpada, mjerenje mase otpada pomoću podataka o osovinskom opterećenju i GPS koordinata, također pomaže u otkrivanju i sprječavanju bilo kakvih pokušaja neovlaštenog istovara ili utovara otpada.

Uz to, programski sustav kamiona za otpad bilježi glavne parametre rada kamiona - put, brzinu, broj okretaja u minuti, potrošnju goriva i pravilan rad motora. Podaci se koriste

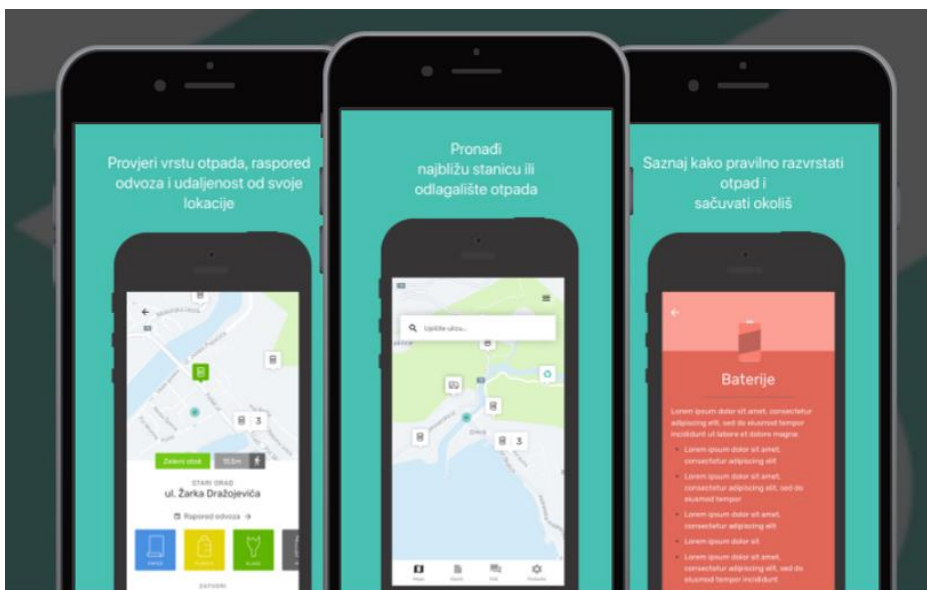
za otkrivanje neučinkovitog ili čak zlonamjernog rada kamiona, npr. preopterećenje, prazan hod, brzina, naglo kočenje, krađa goriva itd.

4.2. Mobilne aplikacije

Mobilni uređaji su značajno promijenili navike prosječnog korisnika, jer upotrebom raznih aplikacija moguće je provesti plaćanja, kupovinu ili jednostavan pregled informacija za bilo koji sektor usluga. S obzirom da je u sektoru gospodarenja otpadom informacija vrlo bitna, tj. od edukacije o pravilnom gospodarenju otpadom pa do kalendara sakupljanja otpada, mobilne aplikacije su idealne za objedinjavanje svega navedenog kao kvalitetnu platformu za prosječnog korisnika usluge. Mobilne aplikacije se mogu koristiti kao digitalne informacijske platforme za korisnike odvoza otpada, a kroz aplikaciju se može omogućiti:

- Plaćanje računa i uvid u stanje predanog otpada (mjesečni ili godišnji podaci svih vrsta otpada predanog davatelju usluge)
- Lokacije javnih spremnika (mogućnost uvida u lokacije javnih spremnika preko GPS navigacije, s odabirom najbliže rute, i pregledom vrsta spremnika na odabranim lokacijama)
- Informacije o razdvajanju otpada (sukladno svakoj vrsti otpada, upute o pravilnom razdvajanju i pravilnoj upotrebi spremnika)
- Kalendar sakupljanja svih vrsta otpada (jednostavan i pregledan kalendar sakupljanja svih vrsta otpada u mjesecu – mogućost prethodne obavijesti za korisnika, o potrebi postavljanja spremnika za pražnjenje davatelju usluge sukladno prijavljenoj lokaciji)
- Mogućnost predaje zahtjeva za sakupljanje glomaznog otpada
- Mogućnost prijave neovlašteno odloženog otpada putem kamere (aplikacija može imati mogućnost slanja fotografija neovlašteno odloženog otpada komunalnom redarstvu)
- Informacije o radu reciklažnih dvorišta (informacije o radnom vremenu, načinu predaje glomaznog otpada, uvjetima za zbrinjavanje većih količina otpada za privatne tvrtke..)

- Standardne obavijesti o radu davatelja usluge i podskupinu često postavljenih pitanja
- U priobalju gdje je gospodarski najrazvijeniji turistički sektor obavezno osigurati višejezičnost aplikacije



Slika 32. Mobilna aplikacija tvrtke Peovica d.o.o. s prikazanim sučeljem i informacijama (izvor: snimio autor 2021.godine)

4.3. Energetska učinkovitost obrade otpada

Hrvatska vlada je u siječnju 2017. godine prihvatila novi Plan gospodarenja otpadom za razdoblje od 2017. do 2022. koji se temelji na kružnom gospodarstvu, što znači da se otpad više ne tretira kao smeće koje će završiti na odlagalištu. Nastali otpad bi prema novome Planu trebao biti odvožen do centara za gospodarenje otpadom (CGO) u kojima bi trebao biti zbrinut na primjeren način i oporabljen. Osim već izgrađenih CGO-a (Kaštijun i Marišćina) i CGO-a koji su u provedbi (Biljane donje i Bikarac) nastavit će se s pripremom CGO-a definiranim Planom gospodarenja otpadom u RH za razdoblje 2007. – 2015. godine kao i s pripremom CGO-a na novo utvrđenim lokacijama. . S obzirom na činjenicu da postoji slabo razvijen sustav reciklažnih dvorišta i sortirnica, a CGO-ima je potreban dug proces uspostave rada te količine otpada na odlagalištima rastu iz dana u

dan i stvaraju sve veći pritisak na okoliš, energetska uporaba otpada se čini kao prikladno rješenje¹⁵.

Metode koje se mogu koristiti za energetska uporabu otpada:

1. Izgaranje je proces potpune termičke degradacije tvari s dovoljnom količinom kisika u svrhu potpune oksidacije goriva. Općenite karakteristike izgaranja otpadnih materijala su sljedeće:

- Višak zraka je potreban da bi se osiguralo potpuno izgaranje;
- Maksimalne temperature u procesu su obično iznad 1 000 °C;
- Gorivo u potpunosti oksidira u ugljikov dioksid (CO₂) i vodenu paru, ostavljajući samo mali dio ugljika u pepelu (manje od 3 % masenog udjela pepela);
- Pretvaranje kemijske energije sadržane u gorivu u toplinsku energiju, a u pepelu ostaje vrlo mali udio nekonvertirane kemijske energije.

Spaljivanje ukupnog miješanog otpada (nerazvrstanog) komunalnog otpada na pomičnoj rešetki danas je široko rasprostranjena i temeljito ispitana tehnologija. Ova tehnologija zadovoljava tehničke i tehnološke zahtjeve i može se koristiti kod otpada čije karakteristike, poput sastava i ogrjevnice moći, variraju u vrlo širokom opsegu. Spaljivanjem otpada smanjuje se njegov volumen i masa te se uništavaju potencijalno opasne tvari iz otpada. Ipak, dimni plinovi koji nastaju izgaranjem otpada su štetni i moraju proći postupak pročišćavanja, nakon čega se mogu ispustiti u atmosferu. Također, bilo kakvi negorivi materijali koji bi se mogli naći u otpadu (npr. metali, staklo), ostaju kao krutina u obliku pepela. Navedene dvije otpadne struje koje nastaju u procesu mogu predstavljati značajan problem za upotrebu ove metode energetske uporabe otpada, s okolišnog aspekta. Kako bi se nastali otpadni tokovi primjereno zbrinuli potrebne su napredne metode zbrinjavanja koje imaju visoke troškove ulaganja i održavanja, što znatno poskupljuje proces obrade te na kraju i dalje preostaje pepeo koji

¹⁵ Jelavić Branka, OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I UTJECAJ ENERGETSKE OPORABE OTPADA NA OKOLIŠ, HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE, Energetski institut Hrvoje Požar, Opatija, 2018

je potrebno zbrinuti. On se najčešće odlaže, no moguće ga je koristiti i kao građevinski materijal u određenim dijelovima građevinskog sektora.¹⁶

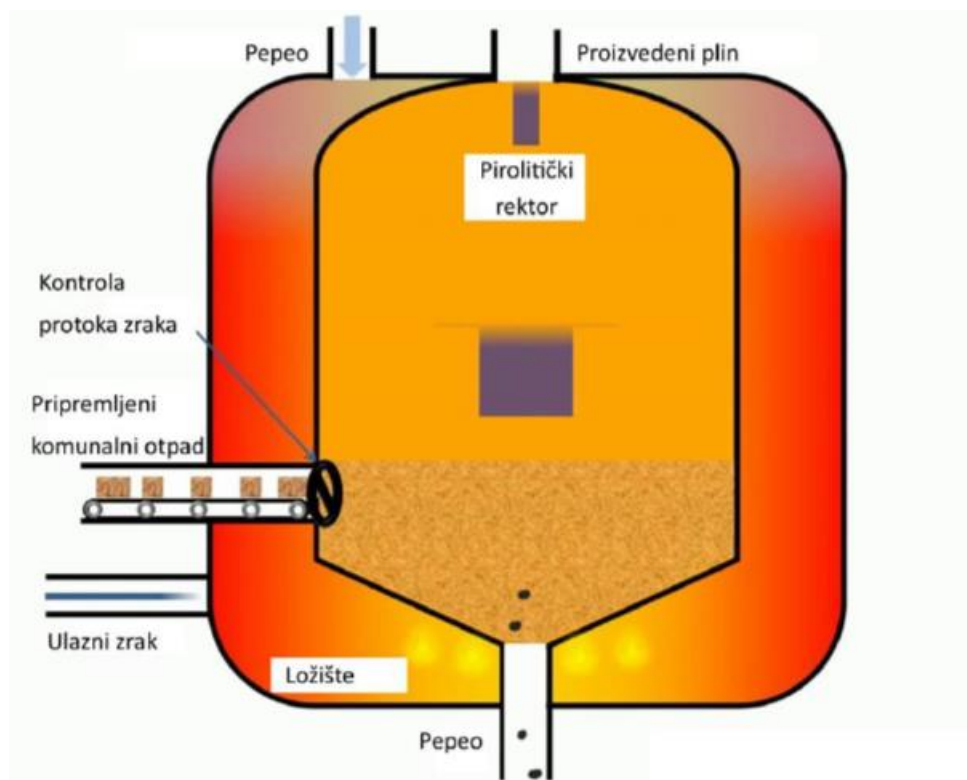
2. Piroliza je proces degradacije (raspadanja) kemijskih molekula pod utjecajem visokih temperatura (300-900°C) u anaerobnim uvjetima. Glavne grupe proizvoda koje nastaju tijekom pirolize otpadnog mulja su:

- Plinovita frakcija, koja uglavnom sadrži vodik (H₂), metan (CH₄), ugljikov dioksid (CO₂), nekim plinovima u tragovima, a kalorijska vrijednost pirolitičkog plina iznosi 10-20 MJ/m³.
- Kruta frakcija (biougljen, eng. biochar) koja također uključuje i inertne spojeve i prašinu sa značajnom količinom teških metala.
- Tekuća frakcija, koja sadrži uglavnom ulja, vodu, katran i organske spojeve

Omjer pirolitičkih komponenti ovisi prvenstveno o temperaturi i tlaku procesa te turbulencijama u reaktoru, ali i brojnim ostalim faktorima. Piroliza je proces koji ima prednosti prema konvencionalnom spaljivanju u pogledu ekonomije goriva, energetske rekuperacije i kontrole emisija teških metala. Međutim, učinkovitost procesa je ograničena sadržajem vlage u mulju, koja može biti maksimalno 20-25 % .U usporedbi sa spaljivanjem, piroliza je termalna degradacija tvari bez prisustva kisika. Proces zahtijeva vanjski izvor energije kako bi se zadržala temperatura potrebna za proces.

Piroliza također ima potencijal inovativnijeg korištenja pirolitičkog sintetskog plina nego što je to neposredno izgaranje radi proizvodnje topline. Piroliza se općenito odvija na nižim temperaturama nego što je to slučaj kod izgaranja i rasplinjavanja. Rezultat je manje isplinenog ugljika i određenih drugih onečišćivača u plinu, poput teških metala i prekursora za stvaranje dioksina. To znači da će dimni plinovi zahtijevati manje čišćenja da bi se postigle propisane granične vrijednosti emisija (GVE). Bilo koji onečišćivač koji nije isplinen biti će zadržan u krutim ostacima koji se trebaju zbrinuti na ekološki prihvatljiv način.

¹⁶ Jelavić Branka, OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I UTJECAJ ENERGETSKE OPORABE OTPADA NA OKOLIŠ, HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE, Energetski institut Hrvoje Požar, Opatija, 2018



Slika 33. Shema postrojenja za pirolizu, i obradu otpada u anaerobnim uvjetima (izvor: <https://sbplus.hr/Data/Files/171206144847157/Tomislav%20Lukic%20Spaljivanje%20otpad.a.pdf> datum pristup: 7.6.2021)

Kruti ostatak iz procesa pirolize može sadržavati do 40 % ugljika što predstavlja značajan udio ulazne energije otpada. Iskorištavanje te energije iz čađe je zbog toga važno za energetska učinkovitost, no nakon toga je ponovno potrebno zbrinuti teške metale i ostala onečišćenja koja se nalaze u novom nus-proizvodu.¹⁷

3. Rasplinjavanje je proces sličan pirolizi, ali dolazi do nastajanja samo jednog zapaljivog plina, koji se može upotrijebiti lokalno. Riječ je o procesu parcijalne termičke degradacije tvari u prisustvu kisika, ali s nedovoljnom količinom kisika da bi gorivo u potpunosti oksidiralo (tj. proces se odvija u pod-stehiometrijskim uvjetima). Kapitalni i operativni troškovi su slični kao i kod procesa pirolize te razlika između navedena dva procesa leži

¹⁷ Jelavić Branka, OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I UTJECAJ ENERGETSKE OPORABE OTPADA NA OKOLIŠ, HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE, Energetski institut Hrvoje Požar, Opatija, 2018

4.4. Tehnologija javne čistoće

Čistoća javnih površina, ulica i gradskih cesta u budućnosti će postat prioritet svakog modernog grada, poglavito u mjestima gdje je turizam glavna gospodarska grana. Danas postoje razna rješenja za održavanje čistoće javnih površina koje se mogu implementirati kroz pametna i učinkovita rješenja. Naglasak na podizanju kvalitete javne čistoće mora biti na zelenim tehnologijama i autonomiji rada.

Glavni element čistoće javnih površina su čistilice, koje mogu biti na električni pogon i samim time značajno smanjiti proizvodnju buke. Buka je inače najveći problem stanovništvu za rad strojeva u noćnim satima u urbanim centrima. Električne čistilice nude smanjenu emisiju buke, nisku potrošnju vode iz recirkulacijskog sustava i visoko potiskivanje prašine. Čišćenje grada i javnih površina je najučinkovitije u noćnim satima zbog smanjenog cestovnog i pješačkog prometa. Čistilice na električni pogon crpe energiju iz modernih litij-ionskih baterija i imaju dovoljno dometa za rad u cijeloj smjeni. Pregledavajući učinkovitost i učinke tehnologija čišćenja ulica, nova električna vozila pomažu smanjiti utjecaj na okoliš, kao i povećati produktivnost i isplativost.



Slika 35. Električna čistilica City cat V20 Bucher Municipal AG (izvor: katalog tvrtke Bucher Municipal AG)

Prva autonomna komunalna vozila koja će ljudi moći vidjeti na cestama će najvjerojatnije biti gradske čistilice. Tvrtka Trombia Technologies Oy proizvela je prvu autonomnu čistilicu za održavanje čistoće javnih površina. Čistilica je opremljena raznim sensorima i kamerama s kojima autonomno može održavati čistoću zadanih gradskih površina. Čistilica Trombia free je u pokusnom radu, te se planira početi proizvoditi u drugoj polovici 2021.godine.



Slika 36. Električna autonomna čistilica Trombia free u pokusnom radu (izvor: <https://trombia.com/free/> datum pristupa 7.6.2021)

Ukoliko se pokusni rad pokaže zadovoljavajućim, autonomna čistilica će postati najefikasniji dio sustava javne čistoće i gospodarenja otpadom na javnim površinama. Osim što će smanjiti potrebu za posadama, omogućiti će više sati rada na javnim površinama, te uz električni pogon smanjiti utrošak energije i raznih emisija.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana tehnologija i različiti sustavi prikupljanja otpada koji se mogu primjenjivati u urbanim i ruralnim cjelinama, s naglaskom na komunalne sustavu u priobalju. Cilj rada je bio obraditi teme tehnologije i realizacije sustava gospodarenja otpadom primjenom koncepta pametnog grada, što je i prikazano kroz teme koje su objasnile organizaciju i sakupljanje otpada, shemu reciklažnog centra s svim pratećim elementima te primjenu najmodernijih i tehnološki inovativnih autonomnih sustava za učinkovito gospodarenje otpadom. U radu sam primijenio iskustvo u projektima gospodarenja otpadom u kojima sam sudjelovao kao djelatnik i voditelj projekata u tvrtki Eol ekos d.o.o., u kojoj sam zaposlen. Smatram da je jedan od najvažnijih dijelova ovog rada uspostava kvalitetnog sustava gospodarenja otpadom, a to se posebno odnosi na zeleni transport i način sakupljanja otpada putem spremnika. Budućnost sakupljanja otpada će biti orijentirana na manja električna vozila za prikupljanje otpada (sateliti) s mogućnošću pretovara otpada u veća vozila. Primjena višekomornih vozila za sakupljanje otpada s mogućnošću postavljanja hibridnih nadogradnji je rješenje za velike urbane centre i ruralna područja kako bi se maksimalno iskoristila učinkovitost prijevoza otpada. Prijevoz i sakupljanje otpada treba planirati i organizirati u noćnim satima zbog lakšeg procesa rada uslijed manjih gužvi na prometnicama, što automatski pruža veću sigurnost rada djelatnicima u transportu otpada. Uspostava sustava spremnika za odvajanje otpada bi trebala biti usklađena na području cijele Hrvatske, s naglaskom na boju spremnika i sustav naplate po količini predanog otpada, kako bi korisnici usluga imali što pravedniju raspodjelu troškova. Kako bi se korisnici što lakše i kvalitetnije snašli u novom sustavu gospodarenja otpadom, važno je vršiti kontinuirane edukacije građanstva kroz razne sadržaje koje davatelj usluge može organizirati. Edukacija o otpadu mora biti prioritet kod mlađih dobnih skupina, te se mogu implementirati kroz osnovno obrazovanje, također za građanstvo se mogu pripremiti razni sadržaji kroz mobilne aplikacije i web platforme, koje bi obuhvatile sve važne informacije i zahtjeve u realnom vremenu.

Jedinice lokalne samouprave imaju velike mogućnosti sufinanciranja izgradnje reciklažnih centara kroz razne projekte i programe Europske unije. U radu su prikazana

suvremena rješenja i zahtjevi reciklažnih dvorišta, sortirnica korisnog otpada i kompostana za biorazgradivi otpad. Smatram da se građevine za gospodarenje otpadom moraju organizirano projektno pripremati, kako bi bile što jednostavnija i efikasnija u daljnjem radu. Također same investicije moraju biti realne u odnosu na količine otpada koje će se koristiti na reciklažnim centrima, kako bi se minimalizirali troškovi prema korisnicima sustava. Reciklažni centri se mogu opremiti raznom opremom koja je financijski i projektno prihvatljiva za manje jedinice lokalne samouprave, a to se posebno odnosi na manje kompostane i moderna pristupačna reciklažna dvorišta.

U većim gradovima je potrebno implementirati sustave nadzora količina otpada na zajedničkim spremnicima za sakupljanje otpada u realnom vremenu, kako bi se izbjegli mogući problemi s opterećenjem otpada na javnim površinama. Problemi turističkog otpada i opterećenja u sezoni su posebno vidljivi u priobalju, te se mogu eliminirati postavljanjem spremnika velikog kapaciteta u urbanim centrima, te kontrolom sensorima popunjenosti, vatrodajave ili čak kamerama nadzora za neodgovorno odbacivanje otpada. Vozni park davatelja usluge mora biti opremljen sustavima koji mogu pratiti stanje spremnika na terenu, te brzo realizirati pražnjenja na lokacijama koje to zahtijevaju, čime se dodatno podiže efikasnost transporta otpada, a uredno održava nivo javne čistoće.

Javna čistoća će biti jedan od prvih elemenata koji će se u budućnosti imati potpunu autonomiju s naglaskom na alternativne pogone. Autonomna komunalna vozila imat će mogućnost čišćenja i pranja ulica tijekom cijelog dana, a s time će se značajno podići nivo čistoće javnih površina urbanog centra, koji sad nažalost nije na nivou u većini jedinica lokalne samouprave.

Tehnologija gospodarenja otpadom u pametnim gradovima u budućnosti će biti jedan od ključnih elemenata javne komunalne infrastrukture i kvalitete samog života unutar zajednice, te smatram da sam uspio prikazati moguća rješenja i opremu koja mogu pridonijeti učinkovitom i održivom gospodarenju otpadom.

6. LITERATURA

- [1]Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, pristup 29.5.2021
- [2]Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, pristup 29.5.2021
- [3]Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, pristup 29.5.2021
- [4]Održivo gospodarenje otpadom, <https://gov.hr/hr/odvojeno-prikupljanje-otpada/1322>, pristup 29.5.2021
- [5]Anita Erdelez, J.M., S.K., Integralni pristup upravljanju sustavom prikupljanja komunalnog otpada, Građevinar, HSGI, Zagreb,2006
- [6]Ponikve Krk d.o.o. Prednosti uvođenja sustava prikupljanja otpada od vrata do dvrata, <http://www.ekootokkrk.hr/prednosti-uvodenja-sustava-prikupljanja-otpada-od-vrata-do-vrata> pristup 29.5.2021
- [7]Zelena akcija, RAZUMIJETI OTPAD, Priručnik za podizanje svijesti, Sve5, Zagreb 2012
- [8]Tehnoeko, Otpadomjer – sustav evidencije otpada, <https://www.tehnoeko.com.hr/1963/OTPADOMJER-sustav-evidencije-otpada> pristup 29.5.2021
- [9]ELTEGROUP, Automatski sustavi za identifikaciju spremika, <https://www.eltegps.hr/ponuda/automatski-identifikacijski-sustav-rfid.html> datum pristupa: 29.5.2021
- [10]IPZUNIPROJEKT, Pretovarne stanice kao sastavni dio budućeg CGO, <http://eko-go.hr/wp-content/uploads/2012/04/Pretovarne-stance.pdf> datum pristupa: 30.5.2021
- [11]Kalambura, Sanja; Jovičić, Nives; Kiš, Darko Zašto nam je potrebna edukacija o otpadu i znamo li stvarno sve? // *Zbornik sažetaka Tehno eko* / Zlatko Milanović (ur.). Zagreb: Tehno eko, 2017. str. 11-12

- [12]FZOEU, Reciklažna dvorišta, <https://www.fzoeu.hr/hr/reciklazna-dvorista/7589>
datum pristupa: 31.5.2021
- [13]KOMUNALNO PODUZEĆE d.o.o., Vrste plastike i kako se reciklira, <https://koprivnica.hr/wp-content/uploads/2019/02/Vrste-plastike-i-kako-se-reciklira.pdf> datum pristupa: 3.6.2021
- [14]Zelena akcija, RAZUMIJETI OTPAD, Priručnik za podizanje svijesti, Sve5, Zagreb 2012
- [15]Jelavić Branka, OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I UTJECAJ ENERGETSKE OPORABE OTPADA NA OKOLIŠ, HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE, Energetski institut Hrvoje Požar, Opatija, 2018
- [16]Jelavić Branka, OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I UTJECAJ ENERGETSKE OPORABE OTPADA NA OKOLIŠ, HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE, Energetski institut Hrvoje Požar, Opatija, 2018
- [17]Jelavić Branka, OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I UTJECAJ ENERGETSKE OPORABE OTPADA NA OKOLIŠ, HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE, Energetski institut Hrvoje Požar, Opatija, 2018
- [18]Jelavić Branka, OTPAD KAO IZVOR ENERGIJE I UTJECAJ ENERGETSKE OPORABE OTPADA NA OKOLIŠ, HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE, Energetski institut Hrvoje Požar, Opatija, 2018