

# UNAPRJEĐENJE GOSPODARENJA KOMUNALNIM OTPADOM PRIMJENOM KONCEPTA PAMETNOG GRADA

## IMPROVEMENT OF MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT BY APPLYING THE SMART CITY CONCEPT

**Koraljka Vahtar-Jurković\*, Stipe Tokić\*\***

### Sažetak

*U radu se daje pregled mogućnosti unaprjeđenja gospodarenja komunalnim otpadom primjenom koncepta pametnog grada, odnosno modernih tehnologija koje omogućuju učinkovitu organizaciju sakupljanja otpada i naplatu usluge po količini. Opisana unaprjeđenja bila bi posebno važna za veće urbane centre ili naselja u priobalju zbog problema koji proizlaze iz opterećenja sustava za gospodarenje otpadom tijekom turističke sezone.*

**Ključne riječi:** *gospodarenje otpadom, komunalni otpad, sakupljanje otpada, pametni grad*

### Abstract

*This paper provides an overview of the possibility of improving municipal waste management by applying the concept of a smart city, i.e., modern technologies that enable efficient organization of waste collection and charging for services by quantity. The described improvements would be particularly important for larger urban centers or smaller towns in coastal areas due to problems arising from the waste management system burden during the tourist season.*

**Key words:** *waste management, municipal waste, waste collection, smart city*

---

\* Primorsko-goranska županija, Riva 10, 51000 Rijeka

E-mail: [koraljka.vahtar-jurkovic@pgz.hr](mailto:koraljka.vahtar-jurkovic@pgz.hr)

\*\* EOL-EKOS d.o.o., Permani 13a, 51213 Permani

E-mail: [stipe.tokic@hotmail.com](mailto:stipe.tokic@hotmail.com)

## 1. Uvod

Gospodarenje otpadom jedno je od temeljnih pitanja zaštite okoliša i komunalnog gospodarstva. Uz buku, otpad se smatra jednim od najvećih pritisaka na okoliš pa je glavni cilj taj pritisak u što većoj mjeri smanjiti. Radi toga je prije svega potrebno nastojati izbjeći stvaranje otpada, zatim nastali otpad u što većoj mjeri iskoristiti kao vrijednu sirovinu, a zbrinjavati samo manji dio otpada koji se više ne može iskoristiti ili bi to bilo ekonomski neracionalno. Kako bi se to postiglo, a s obzirom da najveći udio u ukupnoj količini proizvedenog otpada ima komunalni otpad [1], suvremeno organizirano komunalno gospodarstvo mora omogućiti učinkovito sakupljanje komunalnog otpada odvojenog po vrstama, a ta se javna usluga mora, sukladno zakonskoj regulativi, naplaćivati prema količini [2]. Svim vrstama otpada, pa tako i komunalnim otpadom, mora se gospodariti tako da se ne ugrožava zdravlje ljudi, biljni i životinjski svijet, kulturno-povijesne, estetske i prirodne vrijednosti prostora, te tako da se spriječi rizik onečišćenja sastavnica okoliša (voda, more, tlo i zrak) i rizik od pojave buke, neugodnih mirisa, požara ili eksplozija.

Tijekom procesa pristupanja Europskoj uniji, Republika Hrvatska se obvezala na uspostavu sustava gospodarenja otpadom u skladu s njezinom pravnom stečevinom pa se gospodarenje otpadom od 1995. godine, kada je donesen prvi Zakon o otpadu, do danas u značajnoj mjeri unaprijedilo – kako u pogledu pravne regulative, tako i njezine provedbe na temelju planova gospodarenja otpadom.

U Republici Hrvatskoj sustav gospodarenja komunalnim otpadom zasniva se na centrima za gospodarenje otpadom, pretovarnim stanicama i reciklažnim dvorištima kao osnovnim građevinama za gospodarenje otpadom. Za sada su izgrađena i u funkciji su samo dva centra u Primorsko-goranskoj i Istarskoj županiji, u izgradnji su oni u Šibensko-kninskoj i Zadarskoj županiji, četiri su odobrena za EU financiranje, a za tri se priprema dokumentacija za prijavu na EU financiranje [3]. Izgrađene su brojne pretovarne stanice i reciklažna dvorišta, sanirana su ili su u nekoj fazi sanacije nekadašnja službena odlagališta kao i lokacije otpadom onečišćenog tla (tzv. „divlja odlagališta“), čemu je pridonio i sustav naknada za ambalažni otpad, otpadna vozila, gume, elektroničke uređaje i dr. U značajnoj je mjeri unaprijeđeno i odvojeno prikupljanje otpada. Posebno se u tome ističu sve jedinice lokalne samouprave otoka Krka u Primorsko-goranskoj županiji te Grad Prelog u Međimurskoj županiji. Za velike gradove, posebno Zagreb, i sve ostale s pretežitom višestambenom izgradnjom i dalje je izazov osigurati korisnicima javne usluge naplatu prema količini predanoga otpada. Priobalno područje suočava se s posebnim problemima gospodarenja komunalnim otpadom ljeti, tijekom

turističke sezone, kada se broj ljudi koji tamo borave, pa posljedično i količina otpada koju oni generiraju, višestruko poveća. Na takve je uvjete koji traju kraći dio godine teško dimenzionirati sustav, a posebno je otežano osigurati odgovarajuće sakupljanje i prijevoz otpada ionako prometom preopterećenim prometnicama ili plovilima s manjih otoka udaljenijih od većih urbanih centara i kopna.

Dio navedenih problema mogao bi se riješiti primjenom koncepta pametnoga grada. Pojam Pametni grad (*Smart City*) podrazumijeva viziju urbanog razvoja korištenjem povezanih informacijsko-komunikacijskih tehnologija (ICT - *Information Communication Technology*) i IoT rješenja (IoT - *Internet of Things*) radi učinkovite organizacije pružanja javnih i komunalnih usluga te upravljanja gradskom imovinom, s konačnim ciljem unaprjeđenja života građana i osiguranja održivoga gospodarskog rasta [4]. Brojni su gradovi u svijetu i u Europi koji su već primijenili ovaj koncept, primjerice Dubai, Southampton, Amsterdam, Barcelona, Madrid, Stockholm i dr. Prema dostupnim podacima, u Hrvatskoj više od trećine gradova primjenjuje neka tehnološka rješenja i sustave radi unaprjeđenja upravljanja gradom i osiguranja kvalitetnijeg života, u čemu pomažu i sredstva europskih fondova koje je Europska komisija osigurala u sklopu programa Horizon 2020. Koncept Pametnoga grada razvio se kao odgovor na probleme koji su proizašli iz porasta stanovništva u gradovima, kao što su: pritisak na gradske resurse i infrastrukturu, posebice u pogledu opterećenja prometnica, opskrba vodom i energijom, odvodnje otpadnih voda, gospodarenje otpadom i dr. Rješenja koja će se primjenjivati ovise o konkretnim okolnostima i problemima s kojima se pojedini grad suočava pa ih svaki grad treba razvijati zasebno, u sklopu cjelovite razvojne strategije, kao potporu ostvarenju svojih razvojnih potreba i ciljeva. U središtu vizije Pametnoga grada su stanovnici gradova sa svojim potrebama i mogućnostima, pa je jedan od glavnih elemenata toga koncepta interakcija s građanima uz pomoć inovativnih informacijskih tehnologija i programa [4].

Svrha je ovoga rada dati pregled modernih tehnologija koje pružateljima javne usluge omogućuju učinkovitu organizaciju sakupljanja otpada putem sensorima opremljenih spremnika i GPS-om povezanog voznog parka, reciklažnih centara, sortirnica i kompostana. Mobilne aplikacije omogućuju korisnicima javne usluge informacije o pravilnom odvajanju otpada, kalendaru prikupljanja pojedinih vrsta otpada, lokacijama javnih spremnika i reciklažnih dvorišta, predaji zahtjeva za skupljanje glomaznog otpada, prijavi neovlašteno odloženog otpada, uvid u podatke o količinama otpada predanog pružatelju javne usluge te o plaćanju računa. Primjena navedenih tehnologija kao primjera dobre prakse na području pretežitog broja gradova i općina, prema mišljenju

autora ovoga rada, značajno bi pridonijela unaprjeđenju cjelovitog gospodarenja komunalnim otpadom na području Republike Hrvatske.

## 2. Gospodarenje komunalnim otpadom

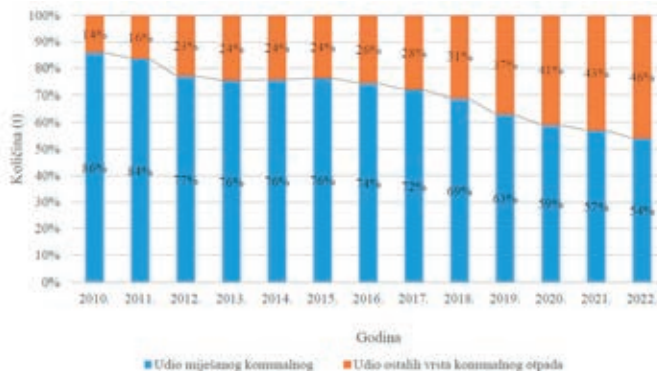
Prema definiciji iz Zakona o gospodarenju otpadom [2], komunalni otpad je miješani komunalni otpad i odvojeno sakupljeni otpad iz kućanstava, uključujući papir i karton, staklo, metal, plastiku, biootpad, drvo, tekstil, ambalažu, otpadnu električnu i elektroničku opremu, otpadne baterije i akumulatore te glomazni otpad (uključujući madrace i namještaj). Pod komunalnim otpadom podrazumijevamo i sličan takav otpad iz drugih izvora, ali ne i onaj iz proizvodnje, poljoprivrede, šumarstva, ribarstva i akvakulture; septičkih jama, kanalizacije i uređaja za obradu otpadnih voda.

Gospodarenje komunalnim otpadom je složeni skup aktivnosti i mjera koji uključuje skupljanje, prijevoz, uporabu, zbrinjavanje i druge djelatnosti u vezi s otpadom te nadzor nad obavljanjem tih djelatnosti, kao i skrb za zatvorena odlagališta.

U skladu s osnovnim načelima u gospodarenju otpadom [2], proizvođač komunalnog otpada plaća njegovo zbrinjavanje, pri čemu se primjenjuje načelo blizine, što znači da se otpad mora obrađivati u najbližoj građevini ili uređaju uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš [2]. Države Europske unije moraju otpadom gospodariti u skladu s načelom samodostatnosti, što znači da same moraju osigurati ostvarivanje prihvaćenih ciljeva uzimajući u obzir svoje zemljopisne značajke [2]. Radi ostvarenja načela sljedivosti [2], jedan od glavnih ciljeva suvremenog gospodarenja komunalnim otpadom jest sprječavanje nenadziranog postupanja s otpadom i praćenje tokova otpada.

Zakonom propisani red prvenstva gospodarenja otpadom [2] stoga prije svega predviđa sprječavanje nastanka otpada, odnosno provedbu mjera kojima se smanjuju količine otpada, a to uključuje ponovnu uporabu proizvoda ili produženje životnog vijeka proizvoda. Slijedi priprema za ponovnu uporabu postupcima uporabe kojima se proizvodi ili dijelovi proizvoda koji su postali otpad čišćenjem ili popravkom pripremaju za ponovnu uporabu bez dodatne prethodne obrade. Recikliranjem se otpadni materijali prerađuju u proizvode, materijale ili tvari za izvornu ili drugu svrhu. Ukoliko otpad ne bi bio prikladan za ponovnu uporabu ili recikliranje, može se upotrijebiti ili preraditi u materijal koji se koristi kao gorivo ili materijal za zatrpavanje. Na posljednjem mjestu u redu prvenstva je konačno zbrinjavanje otpada kao najmanje poželjna aktivnost.

Donedavno važećim Planom gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2017. – 2022. godine te recentno donesenim Planom gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2023. – 2028. godine [5] postavljeni su ciljevi ukupnog smanjenja količine proizvedenog komunalnog otpada i količine takvog otpada koji će se odložiti na odlagališta, povećanja postotka odvojeno prikupljenoga papira, plastike, metala, stakla i drugih vrsta otpada koji se može reciklirati te količine biootpada izdvojenog iz miješanoga komunalnog otpada. Provedba tih planova prati se redovitim godišnjim izvješćima koja se izrađuju na razini jedinica lokalne samouprave, županija i na državnoj razini. Prema Izvješću o komunalnom otpadu za 2022. godinu [1] koje je izradilo Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, u 2022. godini ukupno je u Republici Hrvatskoj nastalo 1.844.382 t komunalnog otpada – najviše od početka praćenja podataka o komunalnom otpadu 1995. godine. U odnosu na prethodnu godinu, radi se o povećanju od 4 %, a uzrok tomu je jačanje gospodarstva, posebno turističkog prometa, koji je generirao 181.642 t – gotovo 10% ukupne količine komunalnog otpada [1]. Odvojeno je sakupljeno 46% komunalnog otpada, 3% više nego prethodne godine, što dokazuje nastavak trenda porasta stope odvojenog sakupljanja (Slika 1).



**Slika 1.** Udio odvojeno sakupljenog komunalnog otpada i miješanog komunalnog otpada u RH, 2010. – 2022. godine [1]

Kontinuirani porast odvojeno prikupljenog otpada rezultat je ulaganja u infrastrukturu – spremnike, vozila, reciklažna dvorišta i sortirnice. Odvojeno prikupljanje komunalnog otpada uspostavljeno je u 528 jedinica lokalne samouprave, što je 95 % ukupnog broja [1]. Reciklirano je ili oporabljeno 34% komunalnog otpada [1]. U našoj je zemlji evidentirano ukupno 417 reciklažnih dvorišta, od čega 246 stacionarnih i 171 mobilnih, a ona se nalaze na području 397 (71 %) jedinica lokalne samouprave [1].

Na 80 aktivnih odlagališta otpada odloženo je 1.024.808 t, odnosno 56 %, što je 2 % manje nego prethodne godine [1]. S obzirom da ciljane vrijednosti na koje se Republika Hrvatska obvezala još nisu postignute, u Planu gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2023. – 2028. ističe se da su potrebna dodatna značajna ulaganja u informativno-obrazovne aktivnosti usmjerene na poticanje odvojenog sakupljanja otpada u okviru javne usluge te u izgradnju i opremanje dodatnih reciklažnih dvorišta i nabave opreme i vozila za prijevoz otpada, uključujući i plovila [5].

### **3. Obveze jedinica lokalne samouprave u gospodarenju komunalnim otpadom**

U skladu s odredbama Zakona i Uredbe o gospodarenju komunalnim otpadom, jedinice lokalne samouprave imaju obvezu na svom području putem komunalnih društava osigurati javnu uslugu prikupljanja miješanog komunalnog otpada i biorazgradivog komunalnog otpada. Komunalna društva kao davatelji usluga dužna su korisnicima usluge obračunavati cijenu javne usluge razmjerno količini predanog otpada u obračunskom razdoblju, a na temelju mase predanog otpada ili volumena spremnika otpada i broja pražnjenja spremnika [6].

Bez naplate pružaju se i usluge odvojenog prikupljanja otpadnog papira, metala, stakla, plastike i tekstila te problematičnog otpada koji sadrži i primjese opasnih tvari, a potječe iz kućanstava (primjerice, ambalaža kozmetičkih proizvoda u dozama pod pritiskom, ambalaža boja i lakova, lijekovi kojima je istekao rok trajanja, fluorescentne cijevi, baterije, akumulatori i sl.).

Kako bi se osiguralo kvalitetno pružanje ovih usluga, treba na javnim površinama postaviti odgovarajući broj i vrstu spremnika za odvojeno sakupljanje navedenih vrsta otpada te organizirati njihovo pražnjenje i odvoz posebnim vozilima. Ovisno o broju stanovnika, gradovi i općine trebaju osigurati rad jednog ili više reciklažnih dvorišta, odnosno mobilnih reciklažnih dvorišta namijenjenih odvojenom prikupljanju i privremenom skladištenju manjih količina opasnog i reciklabilnog komunalnog otpada, o čijim lokacijama i radnom vremenu trebaju na prikladan način obavijestiti građane. Na zahtjev korisnika usluge, komunalna društva moraju osigurati preuzimanje i prijevoz krupnog (glomaznog) komunalnog otpada.

Gradovi i općine imaju obvezu provedbe državnoga Plana gospodarenja otpadom na svome području, ponajprije u pogledu ispunjavanja ciljeva za smanjenje ukupne količine miješanoga komunalnog

otpada te povećanje količine odvojeno prikupljenog biootpada i reciklabilnog komunalnog otpada.

U domeni je jedinica lokalne samouprave i uklanjanje nepropisno odbačenog otpada i sanacija tzv. „divljih odlagališta“. Smanjenju njihova ukupnog broja i količine odbačenog otpada pomogle su i gore spomenute poticajne naknade.

Uspješnoj provedbi svih navedenih aktivnosti u velikoj mjeri doprinose izobrazno-informativne aktivnosti, čiji su nositelji na svome području upravo gradovi i općine, najčešće putem svojih komunalnih društava. Takva edukacija obuhvaća objavu informativnih sadržaja na njihovim web-stranicama, predavanja, publikacije, radijske i televizijske emisije te napise u lokalnim medijima, kao i organizaciju i provedbu akcija prikupljanja otpada i/ili čišćenja okoliša, osobito uz obilježavanje prigodnih datuma kao što su Dan planeta Zemlje i Dan zaštite okoliša.

## **4. Mogućnosti korištenja modernih tehnologija od strane komunalnih društava**

Unaprjeđenja u gospodarenju komunalnim otpadom korištenjem modernih tehnologija moguća su u mnogim elementima sustava počevši od odabira i rasporeda spremnika za odvojeno prikupljanje otpada, građevina za gospodarenje otpadom, odabira i optimizacije tehnologije prijevoza otpada pa do provedbe izobrazno-informativnih aktivnosti.

### ***4.1 Odabir i raspored spremnika za odvojeno prikupljanje otpada***

Kvalitetno odvajanje i kasnije sakupljanje otpada temelji se na odabiru i rasporedu spremnika odgovarajućih vrsta i dimenzija. U sredinama gdje je to moguće, najbolje je organizirati prikupljanje otpada „od vrata do vrata“. Za to, osim zakonskih, postoje brojni ekološki i financijski razlozi. Prvenstveno je to povećanje količine odvojeno prikupljenog otpada, što za posljedicu ima smanjeni pritisak na javne površine i centre za gospodarenje otpadom, a u turističkim mjestima ima dodatno značenje jer su turistima privlačne ekološki osviještene sredine u kojima se podrazumijevaju visoki standardi čistoće.

U sustavu „od vrata do vrata“, na temelju praktičnih iskustava, preporučljivo je podijeliti spremnike za miješani otpad volumena 120 l; za papir, karton, plastiku i metal volumena 240 l i za biootpad 20 – 40 l, uz napomenu da je tamo gdje je to moguće umjesto spremnika za biootpad bolje podijeliti kućne kompostere volumena minimalno 400 l. Spremnike

za miješani komunalni otpad trebalo bi prazniti jednom tjedno, za reciklabilne vrste otpada dva puta mjesečno, a one za biorazgradivi otpad dva puta tjedno. Spremnici moraju biti izrađeni od kvalitetnog HDPE (*high-density polyethylene* – polietilena visoke gustoće) materijala s predviđenim ležištem za postavljanje RFID čipa (*radio-frequency identification* - bežična i beskontaktna tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između prijenosnih uređaja/memorija i host računala) ili moraju biti opskrbljeni utisnutim kodom za mogućnost uspostave naplate po količini predanog otpada. Spremnike je potrebno označiti piktogramima, uz navođenje vrste otpada (u turističkim mjestima poželjno je to dopuniti i prijevodom na strani jezik), te je idealno unutar poklopca spremnika postaviti kalendar odvoza otpada. Za napomenuti je da postoje i mogućnosti postave posebnih umetaka kako bi i slabovidne osobe mogle razlikovati vrste spremnika. U urbanim centrima preporučuje se umjesto klasičnih nadzemnih spremnika postaviti polupodzemne ili podzemne spremnike, što zahtijeva izradu zasebnih projekata za pojedina naselja ili čak ulice, pri čemu se koriste GIS modeli (modeli izrađeni na bazi geografsko-informacijskih sustava) na temelju čijih se podataka određuje potreban broj spremnika i njihov optimalni prostorni raspored ovisno o broju stanovnika i drugih korisnika, mogućnosti pristupa komunalnih vozila i drugim uvjetima, kako je to napravljeno primjerice za Grad Bakar (Slika 2).



**Slika 2.** Prikaz lokacija polupodzemnih spremnika u Bakru [7]

Za postavljanje polupodzemnih ili podzemnih spremnika potrebno je, u skladu s Pravilnikom o jednostavnim i drugim građevinama i radovima [8], izraditi glavni projekt za koji treba pribaviti potrebne posebne uvjete, primjerice, konzervatorske uvjete ukoliko se radi o postavi spremnika u



zaštićenim kulturno-povijesnim cjelinama te prometne i protupožarne uvjete. Prilikom izrade projekta potrebno je uzeti u obzir i stanje podzemnih instalacija. Površina na kojoj su postavljeni spremnici treba biti dobro osvijetljena i uredno završno obrađena kako bi se mogla jednostavno održavati čistom (Slika 3). Polupodzemni spremnici izrađuju se u modularnim volumenima od 1.300, 3.000 i 5.000 l, s mogućnošću različitih dubina postavljanja, ali najviše do 1,50 m. Osim velikog volumena, što smanjuje potreban broj pražnjenja, njihove su prednosti u odnosu na nekadašnje kontejnere sprječavanje raznošenja otpada i širenja neugodnih mirisa, vodonepropusnost, relativno jednostavna ugradnja i pražnjenje te prihvatljiv estetski izgled, zbog čega se dobro uklapaju i u zaštićene povijesne jezgre (Slika 4). Prednosti polupodzemnih u odnosu na podzemne spremnike su: jeftinija oprema i ugradnja, manja potrebna dubina ukapanja, lakše pražnjenje pomoću dizalica, čime se smanjuje broj potrebnih radnika, te smanjena buka pri pražnjenju. Polupodzemni spremnici se idealno uklapaju u koncept pametnoga grada jer se, uz sve navedene prednosti, mogu opremiti i senzorima popunjenosti i vatrodjave. To davatelju javne usluge omogućuje racionalizaciju broja odvoza njihova sadržaja i učinkovitiju zaštitu od požara. Dodatno, na njihove poklopce se mogu ugraditi otpadomjeri, što omogućuje naplatu javne usluge prema količini. Otpadomjer (Slika 5) je uređaj koji radi na principu očitavanja barkoda ili RFID čipa postavljenog na spremnike. Prilikom njihova pražnjenja, očitavaju ih RFID antene postavljene na podizaču komunalnog vozila. U sustavu se prilikom svakog podizanja spremnika pomoću GPS-a evidentira njegova lokacija, a podaci se u realnom vremenu prenose u programsku aplikaciju u kojoj su sve lokacije spremnika vidljive na karti izrađenoj u GIS-u. Osim količine otpada, ovakvi sustavi omogućavaju dojavu kvarova, primjerice neispravnih čipova.



**Slika 3.** Uređena lokacija s polupodzemnim spremnikom od 5.000 litara za miješani komunalni otpad u Kninu [7]



**Slika 4.** Polupodzemni spremnici u kulturno-povijesnoj jezgri Zadra [7]



**Slika 5.** Otpadomjer postavljen na polupodzemni spremnik u Kninu [7]

## **4.2. Građevine za gospodarenje otpadom**

### **4.2.1. Reciklažna dvorišta**

Reciklažna dvorišta, kao građevine za odvojeno sakupljanje i privremeno skladištenje manjih količina posebnih vrsta otpada, važan su dio suvremenih sustava za gospodarenje komunalnim otpadom. Stoga već prilikom njihova planiranja treba koristiti suvremene mogućnosti GIS sustava radi određivanja optimalnih lokacija koje bi bile pristupačne svim stanovnicima određenog područja. Zakonom o gospodarenju otpadom [2] propisano je da mjesta s manje od 3.000 stanovnika trebaju izgraditi jedno reciklažno dvorište ili osigurati jednu mobilnu jedinicu, ona s više od 3.000 stanovnika jedno i još po jedno na svakih sljedećih 25.000 stanovnika, gradovi s 100.000 stanovnika najmanje četiri reciklažna dvorišta, a Grad Zagreb po jedno u svakoj gradskoj četvrti. Reciklažna dvorišta moraju biti propisno označena, ograđena, opremljena odgovarajućom vagom, rasvjetom, video-nadzorom, sustavom oborinske odvodnje, hidrantskom mrežom i odgovarajućim spremnicima za glomazni, reciklabilni i opasni otpad [9]. Obavezna je kontrola ulaza/izlaza korisnika i isplata povratne naknade. Primjeri dobre prakse ukazuju na korištenje RFID kartica koje omogućavaju uvid u status korisnika i plaćanje javne usluge. Za kontrolu preuzetih količina otpada i onih predanih ovlaštenim obrađivačima idealno bi bilo postaviti senzore kontrole količina otpada i automatsku vagu, što bi ujedno ubrzalo izvođenje radnih procesa.

#### *4.2.2. Sortirnice*

Što uspješnijem odvajanju otpada doprinose i sortirnice. One u kojima su otpad razvrstavali radnici zastarjele su i predstavljaju loš model gospodarenja otpadom, prvenstveno zbog loših radnih uvjeta opterećenih prašinom, neugodnim mirisima i mogućnošću zaraze. Danas se u moderne sortirnice postavljaju automatizirane linije za sortiranje plastike i drugog korisnog otpada, koje koriste inovativne tehnologije kao što su optičko sortiranje, infracrvena tehnologija i komprimirani zrak. Optičko sortiranje provodi se pomoću kamera i/ili lasera kojima se prepoznaje boja, veličina, oblik, strukturna svojstva i kemijski sastav predmeta, čime se poboljšava sastav određene frakcije otpada i maksimizira propusnost. Smanjuju se i troškovi rada jer se takvom sortirnicom upravlja automatizirano, iz nadzorne sobe, a radnici sudjeluju samo u fazi dopreme i odvoza otpada.

#### *4.2.3. Pretovarne stanice*

Pretovarne stanice su građevine koje doprinose racionalizaciji cjelovitoga sustava za gospodarenje otpadom jer se u njima otpad sakupljen manjim komunalnim vozilima kompaktira i priprema za prijevoz većim vozilima do centara za gospodarenje otpadom, čime se smanjuju troškovi prijevoza, opterećenje prometnica i negativan utjecaj prijevoza na okoliš. Pretovarne stanice se mogu povezati s ostalim elementima cjelovitoga sustava za gospodarenje otpadom na nekom području čijem unaprjeđenju mogu doprinijeti na temelju praćenja podataka o kompaktiranim količinama otpada, odnosno o broju i volumenu dolaznih i odlaznih vozila.

#### *4.2.4. Centri za gospodarenje otpadom*

Centri za gospodarenje otpadom su najsloženiji dijelovi sustava. U njima je postupanje s otpadom u cijelosti automatizirano, a upravljanje i nadzor se obavlja putem kompjutera. Od samog dolaska komunalnih vozila na ulaznu vagu omogućeno je praćenje količina preuzetog otpada. I ostali procesi, kao što je obrada otpadnih voda ili odlagališnog plina, automatizirani su i kompjutorski praćeni.

### **4.3 Odabir i optimizacija tehnologije prijevoza otpada**

Sustav sakupljanja otpada može se optimizirati na tri razine: strateškoj – odabirom tehnologije zbrinjavanja otpada, taktičkoj – odabirom pozicija pretovarnih stanica i operativnoj – primjerice, odabirom ruta prikupljanja i daljinskog prijevoza otpada [10].

Odabir tehnologije prijevoza otpada ovisi:

- o predmetu prijevoza,
- o lokacijama korisnika javne usluge i lokacijama pretovarnih stanica ili mjesta obrade, odnosno preuzimanja odvojeno prikupljenog reciklabilnog otpada od strane ovlaštenih obrađivača, te međusobnih udaljenosti tih lokacija,
- o postojećem voznom parku te mogućnostima obnavljanja i modernizacije voznog parka,
- o geografskim značajkama i osobitostima područja na kojemu treba organizirati prijevoz otpada, a posebno o broju, veličini i tipu naselja,
- o postojećim i planiranim prometnicama te
- o posebnostima, kao što su godišnje oscilacije u količinama otpada u turističkim mjestima.

Radi naplate javne usluge po količini, najučinkovitiji je sustav sakupljanja otpada „od vrata do vrata“ za koji je potrebno pažljivo razraditi raspored odvoza otpada. On ovisi o broju i tipu korisnika javne usluge, očekivanim količinama otpada, sezoni (ljetno, zima) i drugim navedenim faktorima o kojima se informacije mogu prikupiti i obraditi korištenjem suvremenih informatičkih sustava, a i sam izrađeni raspored odvoza otpada može se učiniti dostupnim korisnicima i putem mrežnih stranica pružatelja javne usluge.

Optimizacije prijevoza moguće su pravilnim odabirom vozila i planiranjem štedljivih ruta njihova kretanja. Za sakupljanje otpada „od vrata do vrata“ nisu prikladna vozila velikih volumena, osim za veće urbane centre ili za skupljanje povećanih količina otpada tijekom turističke sezone, kao i za prijevoz kompaktiranog otpada od pretovarnih stanica do centara za gospodarenje otpadom. Bolja su vozila manje nosivosti i manjih dimenzija, prvenstveno zbog lakšeg pristupa korisnicima. Takva su vozila učinkovitija i u pogledu potrošnje goriva te emitiraju manje buke, što je vrlo bitno kad se otpad skuplja u večernjim ili noćnim satima [7].

Preporuka bi bila također koristiti vozila na električni pogon. Ona su manjih dimenzija pa su idealna za prikupljanje otpada u priobalju, gdje je važno i da su manje bučna, te su energetske učinkovite. Moderne litij-ion baterije omogućuju domet takvih vozila i do 150 km pa ih svakako treba postupno uvoditi u sustav gospodarenja otpadom.

Za udaljenije lokacije i prikupljanje tzv. suhih frakcija (papir, plastika, staklo) preporučuje se korištenje vozila s dvokomornim ili višekomornim

nadgradnjama kako bi se povećala efikasnost prikupljanjem više frakcija otpada tijekom iste prijevozne rute, a korisnicima takve usluge smanjio broj odvoza s kućnog praga.

Moderna specijalizirana vozila za prijevoz otpada opremljena su danas automatskim sustavima podizanja i prepoznavanja spremnika, što smanjuje potrebu za brojem radnika, a to dovodi do racionalizacije troškova pružatelju javne usluge te omogućuje bežični prijenos svih podataka u realnom vremenu i pristup podacima s udaljene lokacije. Kamere na vozilima, osim povećanja sigurnosti, mogu služiti i za kontrolu pravilne primopredaje spremnika, a mogu se i identificirati spremnici koji su premješteni, otuđeni ili zahtijevaju servisiranje.

Optimizacija ruta kretanja vozila provodi se korištenjem suvremenih GIS i GPS sustava, što, u kombinaciji s navedenim mogućnostima modernih vozila, omogućuje upravitelju voznog parka raspolaganje svim relevantnim informacijama koje omogućavaju poduzimanje korektivnih radnji te ujedno osiguravaju kvalitetan obračun troškova i naplate javne usluge.

#### ***4.4 Provedba izobrazno-informativnih aktivnosti***

Kako bi se cijeli opisani sustav gospodarenja komunalnim otpadom uspješno odvijao, nužna je osviještenost i suradnja stanovništva te gospodarskih i drugih subjekata – proizvođača otpada. Najvažniju ulogu u tome imaju izobrazno-informativne aktivnosti, odnosno ekološka edukacija u domeni gospodarenja otpadom koju su, kako je naprijed navedeno, dužne organizirati jedinice lokalne samouprave putem svojih komunalnih društava – pružatelja javne usluge. Uspješna se ekološka edukacija temelji na kvalitetnom Planu komunikacije s javnošću, u sklopu čije pripreme je potrebno napraviti procjenu okruženja, namjera i ideja, poruka osmišljenih za različite kategorije javnosti, definirati komunikacijske aktivnosti te predvidjeti rezultate i željene ishode. To su svakako kvalitetnija obaviještenost i osviještenost, promjena ponašanja, usvajanje novih navika i sl.

Zadatak je izobrazno-informativnih aktivnosti prije svega informirati sudionike o značajkama otpada, mogućnostima njegova korištenja i negativnim posljedicama neodgovarajućeg postupanja s otpadom, a kako bi ih se motiviralo na promjenu navika. Pri tome je potrebno uzeti u obzir različite dobne skupine i njima prilagoditi način prenošenja potrebnih informacija.

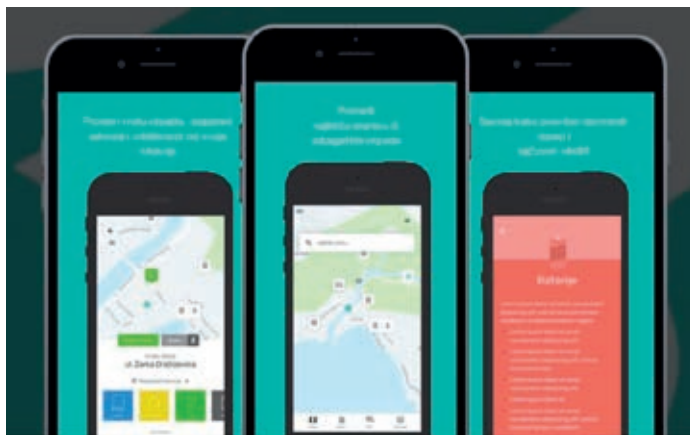
Mogućnosti korištenja suvremenih tehnologija i medija su brojne – od lokalnoga tiska, radija, televizije, mrežnih stranica gradova i općina te njihovih komunalnih društava, tiskanih informativnih brošura i letaka, do izravnih kontakata putem predavanja, izložbi i organiziranih akcija

čišćenja okoliša od otpada gdje se, osim jačanja zajedništva kod građana, stvara osjećaj da su i sami konkretno pridonijeli poboljšanju stanja. Nemjerljiva je pritom uloga društvenih mreža zbog njihove široke uporabe, brzine širenja informacija i potencijala mobilizacije većeg broja ljudi.

## 5. Mogućnosti primjene modernih tehnologija za korisnike javne usluge

Kao i u drugim sferama života, tako su mobilni uređaji postali nezaobilazni alat i u gospodarenju otpadom, a mobilne aplikacije idealne za objedinjavanje svih informacija potrebnih korisnicima javne usluge. To mogu biti standardne informacije o radu davatelja javne usluge, informacije i upute o pravilnom načinu razdvajanja otpada, podaci o lokacijama javnih spremnika koji su korisniku najbliži, informacije o lokacijama i radnom vremenu reciklažnih dvorišta te kalendaru odvoza pojedinih vrsta otpada.

Putem mobilnih aplikacija građani mogu predati zahtjev za skupljanje krupnog (glomaznog) otpada, ali i prijaviti slučajeve nepropisno odloženog otpada koje su uočili. Posebno je važan dio koji omogućuje uvid u vrste i količine otpada koje je korisnik predao davatelju javne usluge te u financijske obveze korisnika, s mogućnošću plaćanja računa putem aplikacija. Na Slici 6 prikazane su mogućnosti mobilne aplikacije Komunalnog društva Peovica d.o.o. iz Omiša pomoću koje korisnici mogu provjeriti raspored odvoza pojedinih vrsta otpada, pronaći najbližu lokaciju odlagališta ili saznati kako pravilno razvrstati otpad.



**Slika 6.** Mobilna aplikacija tvrtke Peovica d.o.o. iz Omiša [7]

## 6. Zaključak

Organizacija učinkovitoga gospodarenja komunalnim otpadom na način propisan složenom regulativom, od Zakona do brojnih podzakonskih propisa, jedan je od najvećih izazova koji se posljednjih desetljeća postavljaju pred jedinice lokalne samouprave jer na njima leži odgovornost za ispunjavanje ambicioznih ciljeva koje je Republika Hrvatska preuzela u procesu pristupanja Europskoj uniji poradi smanjenja količina ukupno proizvedenog otpada i povećanja količina odvojeno prikupljenog otpada. Osobito to vrijedi za velike urbane centre i turistička mjesta u kojima se tijekom sezone iznimno povećava koncentracija ljudi koji generiraju povećanu količinu komunalnog otpada.

Mogućnosti unaprjeđenja gospodarenja komunalnim otpadom na principima pametnoga grada su brojne: korištenje GIS sustava za planiranje optimalnog rasporeda spremnika za prikupljanje otpada, reciklažnih dvorišta, sortirnica, kompostana i pretovarnih stanica; korištenje barkodova i RFID čipova za praćenje količine otpada predanoga pružatelju javne usluge; korištenje GIS i GPS sustava radi optimizacije voznog parka i ruta kretanja komunalnih vozila; korištenje kompjutorskih programa za vođenje procesa u građevinama za gospodarenje otpadom; korištenje informatičkih podataka o svim elementima sustava, uključujući i informacije o kvarovima i neželjenim događajima prikupljenih u realnom vremenu radi poduzimanja korektivnih radnji, kao i korištenje suvremenih medija za edukaciju stanovništva te naplatu javne usluge po predanoj količini otpada.

U odnosu na situaciju u gospodarenju otpadom s kraja prošlog stoljeća u Republici Hrvatskoj su već učinjeni značajni i vrijedni pomaci, no s obzirom da će tehnologija gospodarenja otpadom biti i u budućnosti jedan od ključnih elemenata komunalnog gospodarstva i pokazatelja kvalitete života u urbanim sredinama, u ovome radu izneseni pregled mogućih unaprjeđenja i pozitivnih primjera implementacije tih rješenja u pojedinim gradovima, od kojih je više turističkih središta na Jadranu, može biti poticajem za ostvarenje dodatnih boljih rezultata.

## Literatura

- [1] Izvješće o komunalnom otpadu za 2022 (haop.hr) (8.7.2023.)
- [2] Zakon o gospodarenju otpadom (Narodne novine br. 84/21)
- [3] Centri za gospodarenje otpadom Centri za gospodarenje otpadom | Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (fzoeu.hr) (16.5.2023.)
- [4] Home - PAMETNI GRADOVI (pametni-gradovi.eu) (8.7.2023.)



- [5] Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2023.-2028. godine (Narodne novine br. 84/23)
- [6] Uredba o gospodarenju komunalnim otpadom (Narodne novine br. 50/17 i 84/19)
- [7] Tokić, Stipe (2021) Tehnologija i realizacija sustava gospodarenja otpadom primjenom koncepta razvoja pametnog grada, diplomski rad, mentorica izv.prof.dr.sc. Koraljka Vahtar-Jurković, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka
- [8] Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima (Narodne novine br. 112/17 i 34/18)
- [9] Pravilnik o gospodarenju otpadom (Narodne novine br. 106/22)
- [10] Erdelez, A. et al. (2007) Integralni pristup upravljanju sustavom prikupljanja komunalnog otpada. Građevinar, 59/2007/6, str. 505-516.