

# 7

## UPORABA TEHNOLOŠKIH REŠITEV PRI RAVNANJU Z ODPADKI V JAVNIH SLUŽBAH V SLOVENIJI

Alenka Bezjak Mlakar

*Urbanizacija, industrializacija in potrošnja povečujejo količino odpadkov, zato poglavje predstavi tehnološke rešitve, ki podjetjem, ki delujejo na področju zbiranja in prevoza odpadkov, olajšajo poslovanje, obenem pa zmanjšajo vpliv odpadkov na okolje in povečujejo zadovoljstvo ljudi. Poglavje ravnanje z odpadki predstavi kot del pametnih mest in skupnosti, podprtih s tehnologijami interneta stvari. Na podlagi raziskave o uporabi tehnoloških rešitev pri ravnanju z odpadki v javnih službah v Sloveniji pokaže, da prevladuje tradicionalen način zbiranja odpadkov, kjer smetarska vozila potujejo od vrat do vrat, po vnaprej določenih poteh in ob vnaprej določenih terminih. Ob tem izpostavi, da obstaja veliko prostora za izboljšave, nove tehnologije in inovativne celostne ter tehnološko podprte rešitve. Raziskava je pokazala, da večina javnih služb želi nove funkcionalnosti pri zbiranju in prevozu odpadkov, ki bolje optimizirajo celoten proces zbiranja odpadkov, kar bi imelo pozitiven vpliv tako na poslovanje podjetij ter tudi na ljudi in okolje.*

**Ključne besede:** *ravnanje z odpadki, tehnološke rešitve, telematika, pametna mesta in skupnosti, internet stvari, javne službe*

*Urbanization, industrialization and consumption increase the amount of waste, so the chapter presents technological solutions that facilitate the operations of companies operating in the field of waste collection and transport, while reducing the impact of waste on the environment and increase human satisfaction. The chapter presents waste management as part of smart cities and communities supported by IoT technologies. Based on research in the use of technological solutions in waste management in public services in Slovenia, it shows that the traditional method of waste collection prevails, where garbage trucks travel door to door, on predetermined routes and at predetermined times. She points out that there is a lot*

*of room for improvement, new technologies and innovative integrated and technologically supported solutions. The research showed that most public services want new functionalities in waste collection and transportation that better optimize the entire waste collection process, which would have a positive impact on business operations as well as on people and the environment.*

**Key words:** *waste management, technological solutions, telematics, smart cities and communities, Internet of Things, public services*

UDK: 628.4:004(497.4)

## Uvod

Po podatkih Svetovne banke se bo količina odpadkov na svetovni ravni do leta 2050 povečala za 70 % (Kaza idr. 2018). Vedno večja urbanizacija, industrializacija in potrošnja povečujejo količino odpadkov in njihov vpliv na okolje, države in lokalne skupnosti pa se soočajo s številnimi izzivi na področju ravnanja z odpadki. Količino odpadkov lahko zmanjšamo na več načinov; preprečujemo lahko nastajanje odpadkov ali pa jih, ko že nastanejo, zbiramo, recikliramo in ponovno uporabimo ter tako preidemo iz linearnega razumevanja odpadkov (po načelu naredi – uporabi – zavrzi) v krožno gospodarstvo, kjer odpadke po uporabi recikliramo in ponovno uporabimo (po načelu naredi – uporabi – ponovno uporabi). Pri tem pa je ključen celoten proces ravnanja z odpadki, ki zajema zbiranje, prevažanje, predelavo in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorom tega ravnanja. Odpadki so pomemben del mestne infrastrukture, saj je uspešno ravnanje z odpadki korak k boljši kakovosti življenja v mestih in naseljih ter korak k manjšemu ogljičnemu odtisu mesta. Poleg tega pa lahko pametno ravnanje z odpadki prispeva k učinkoviti rabi virov, ki so bistveni za dolgoročno skrb za ljudi in okolje.

V tem poglavju se osredotočam pretežno na del procesa ravnanja z odpadki – natančneje javnih služb za zbiranje in prevoz odpadkov –, pri čemer me je zanimala predvsem uporaba naprednih tehnologij, ki javnim službam omogočajo spremljanje, optimizacijo in načrtovanje zbiranja in prevoza odpadkov. Na podlagi zbranih podatkov javnih služb, ki so registrirane v Republiki Sloveniji za ravnanje z odpadki, v prispevku predstavim stanje

uporabe tehnologij na tem področju ter pripravim predloge za možnosti nadaljnjega razvoja ter uporabe naprednih tehnoloških rešitev za ravnanje z odpadki.

## **Ravnanje z odpadki kot del interneta stvari ter pametnih mest in skupnosti**

V zadnjem desetletju smo priča razmahu tako imenovanega *interneta stvari* (angl. *Internet of Things*, s kratico IoT), ki ponuja številne možnosti povezovanja, razvoja in izboljšanja rešitev, ki vplivajo na življenja ljudi, gospodarstvo in okolje. Že leta 2012 so raziskovalci s Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani na dogodku o telekomunikacijah VITEL predstavili pregled možnih aplikacij IoT (Sedlar idr. 2012). Čeprav so bile tehnologije IoT takrat šele v vzponu, so kot eno ključnih področij izpostavili tudi aplikacije za pametnejša mesta.

Definicij pametnih mest je veliko, a če sledimo opredelitvi pobude Evropskega pametnega mesta (European Smart Cities 2014), je pametno mesto tisto, ki je napredno in »pametno« na šestih medsebojno povezanih področjih: upravljanje, gospodarstvo, okolje, bivanje, mobilnost in ljudje. Če pa sledimo opredelitvi raziskovalnega in svetovalnega podjetja McKinsey & Company (McKinsey Global Institute 2018), pametna mesta čim bolj smotrno digitalizirajo obstoječe sisteme, s katerimi ljudje bolje delajo in se odločajo. V svojem poročilu iz leta 2018 McKinsey Global Institute opredeli osem področij, na katerih delujejo pametne aplikacije v mestih, ki imajo velik vpliv na kakovost življenja njegovih prebivalcev: mobilnost, varnost, zdravje, energija, voda, odpadki, gospodarski razvoj in bivanje ter vključitev in skupnosti. Povezane aplikacije namreč v realnem času posredujejo informacije tistim, ki jih potrebujejo, zato lažje sprejemajo odločitve, s tem pa rešujejo življenja, preprečujejo kriminalna dejanja, privarčujejo čas, zmanjšajo odpadke ali celo povečajo povezanost med ljudmi in učinkovitost podjetij.

V zadnjem desetletju so v tujini in pri nas nastale številne pobude s področja pametnih mest in skupnosti, pri čemer vse vključujejo tudi ravnanje z odpadki. Ena izmed njih je pobuda

Pametno mesto Maribor, katere začetki segajo v leto 2013 in ki je bila ustanovljena za aktiviranje trajnostnega razvoja v urbani okolju in spodbujanje inovativnosti v Mariboru ter izvedbo pilotnih projektov, ki omogočajo aktivnosti pametnega mesta na področju vpeljave pametnih storitev, tehnologij in izdelkov (Smart City Maribor 2021). V okviru Slovenske strategije pametne specializacije Institut Jožef Stefan koordinira strateško razvojno-inovacijsko partnerstvo Pametna mesta in skupnosti (Pametna mesta in skupnosti 2021). V tem partnerstvu deležniki združujejo moči pri razvoju in prodaji rešitev za dvig kakovosti življenja v mestih prihodnosti. Tudi Mestna občina Novo mesto je septembra 2018 s podjetjema Telekom Slovenija in SAP Slovenija podpisala sporazum o sodelovanju v sistemu pametno mesto (Grkman in Richter 2019). Pilotni projekt pametnega ravnanja z odpadki so izvedli tudi v Komunali Brežice, kjer so v sodelovanju s podjetjem Agitavit Solutions vzpostavili celovit informacijski sistem za upravljanje omrežja zabojnikov na ekoloških otokih, kjer so zabojnike opremili s senzorji za polnost (Agitavit Solutions 2021). V okviru Univerze v Mariboru pa so leta 2019 ustanovili Center za pametna mesta in skupnosti, ki je zasnovan kot platforma, ki bo povezovala gospodarstvo, raziskovalne organizacije, mestne in občinske skupnosti ter druge deležnike, usmerjene v razvoj in aplikacijo visokotehnoloških rešitev za pametna mesta in skupnosti (Center za Pametna mesta in Skupnosti Univerze v Mariboru 2021).

V zadnjih treh letih številne aktivnosti tako na raziskovalnem kot poslovnem področju dokazujejo, da je področje pametnih mest in IoT v Sloveniji v vzponu, a vendar večjih premikov predvsem na področju ravnanja z odpadki (še) ni bilo. Telekomunikacijska podjetja, kot sta Telekom Slovenije in A1, so aktivna pri testiranju in pripravi demonstracijskih okolij za tehnologije IoT, pri čemer izpostavljajo tudi ravnanje z odpadki in zajemanje podatkov o polnosti zabojnikov in smetnjakov. Pojavljajo se tudi druga podjetja, denimo Telos, ki ponuja rešitve IoT, ki temeljijo na odprtem brezžičnem komunikacijskem standardu LoRa. Podjetje Telos ponuja platformo IoT za prikaz zbranih in analiziranih podatkov, ki jih zbirajo s pomočjo številnih senzorjev,

med katerimi ponujajo tudi ultrazvočni senzor merjenja polnosti smetnjakov podjetja Sensoneo (Telos 2021). Tudi podjetje EKO LUX je primer slovenskega podjetja, ki razvija (podzemne) zabojnike, ki omogočajo nadgradnjo tako s prepoznavanjem zabojnikov s pomočjo radiofrekvenčne identifikacije (s kratico RFID) kot tudi s senzorjem polnosti zabojnika (Ekolux 2021).

## **Tehnološke rešitve ravnanja z odpadki in njihove koristi**

Čeprav tehnologije niso edini način reševanja problematike odpadkov, pa ima njihova uporaba številne merljive učinke. Zato je smiselno, da poleg netehnoloških ali nizkotehnoloških načinov zmanjševanja količine odpadkov ali ravnanja z njimi uporabljamo napredne tehnološke rešitve. Po podatkih iz raziskave McKinsey Global Institute (2018) uporaba aplikacij pametnega mesta lahko zmanjša emisije za 10–15 % ter zmanjša količino odpadkov na prebivalca za 10–20 %. To pomeni, da vsak prebivalec proizvede od 30 do 130 kilogramov mešanih komunalnih odpadkov manj na leto.

Še pred šestimi leti so nekateri (npr. Medvedev idr. 2015) trdili, da še ni rešitev ravnanja z odpadki, ki bi poleg že dolgo obstoječih rešitev za optimizacijo voznih parkov vključevale tudi tehnologije IoT. Zdaj je stanje precej drugačno, saj obstajajo številne rešitve za ravnanje z odpadki, ki vključujejo tehnologije IoT, pri čemer tudi odpadke razumejo kot del IoT ter z različnimi senzorji, aktuatorji in s pomočjo obstoječe komunikacijske infrastrukture v realnem času zbirajo informacije o odpadkih, zabojnikih in vozilih v smiselno celoto, ki jo uporabijo za dinamično prilagajanje ter ravnanje z odpadki. Obenem pa z napredno analitiko omogočajo dinamično načrtovanje praznjenja odpadkov in informiranje uporabnikov o njihovem vedenju.

Podjetja, kot so slovaški Sensoneo, ameriški Enevo in južnokorejski Ecube Labs, vzpostavljajo napredne sisteme, ki tudi s pomočjo tehnologije IoT omogočajo nove storitve oziroma spreminjajo obstoječe storitve ravnanja z odpadki. Nov sistem zbiranja in prevoza odpadkov, ki mu pravijo Zbiranje odpadkov kot storitev, spreminja statični, tradicionalni način zbiranja

odpadkov in obračunavanja storitev ravnanja z odpadki. Tehnologije, ki v večini temeljijo na zajemu senzorskih podatkov z različnih naprav, ki preko komunikacijskih povezav (LoraWAN, Sigfox, NB-IoT, WIFI, GPRS) in ureditve podatkov prinašajo informacije v različne aplikacije za spremljanje odpadkov. Te so namenjene različnim deležnikom: lokalnim skupnostim ali občinam, ki so zadolžene za ravnanje z odpadki; podjetjem, ki zbirajo in odvažajo odpadke; in končnim uporabnikom, torej ljudem, ki pridobijo pregled nad svojim vedenjem, stroški in vplivi na okolje.

Na drugi strani pa poznamo veliko različnih pametnih smetnjakov, ki so v večini namenjeni uporabi na javnih površinah, a ne v gospodinjstvih. Pametni smetnjaki ameriškega podjetja BigBelly samodejno sporočajo svojo lokacijo, stiskajo smeti za manjši volumen, se polnijo s sončno energijo in merijo polnost smetnjaka ter njegov smrad. Tudi v raziskovalnem smislu so pametni smetnjaki in sistemi za pametno ravnanje z odpadki izjemno aktualna tema, predvsem v povezavi s tehnologijami IoT, saj je bilo doslej pripravljenih veliko pregledov in rešitev na to temo (Cavdar, Koroglu in Akyildiz 2016; Anagnostopoulos idr. 2017; Fedchenkov, Zaslavsky in Sosunova 2017; Srikantha idr. 2017; Hannan idr. 2018; Krishna idr. 2018; Pardini idr. 2020). Pri nas so pregled rešitev pametnih smetnjakov predstavili Burger idr. (2020), pri čemer so opisali tudi načrte za razvoj lastnega prototipa pametnega smetnjaka. Podoben primer zasledimo tudi pri Lundin, Ozkil in Schuldt-Jensen (2017), ki predstavijo lastno rešitev cenovno ugodnega pametnega smetnjaka, ki temelji na razvoju po meri ljudi in uporabi senzorjev na že obstoječih smetnjakih.

## **Koristi za ljudi**

S spremljanjem zabojnikov in vrsto odvrženih odpadkov uporabniki prejemajo račune, ki niso pavšalni zneski, enaki za vse uporabnike na določenem območju. Pri metodi obračunavanja po načelu »Plačaj, kolikor zavržeš« ljudje plačajo količino in vrsto odpadkov, ki so jih proizvedli, zato so tudi natančneje seznanjeni

s tem, koliko odpadkov je nastalo v določenem obdobju in na podlagi tega poskušajo izboljšati vedenje in zmanjšati račun za odpadke, kar pa vodi tudi v večjo ozaveščenost in posledično manjšo proizvodnjo odpadkov. Primer takega načina obračunavanja so uvedli v mestu Seul v Južni Koreji. Na podlagi tehnologije RFID obračunavajo uporabnike v večjih stanovanjskih blokkih, kjer jim pošiljajo tudi elektronska poročila o njihovi porabi in kjer ocenjujejo, da na ta način lahko zmanjšajo količino mešanih komunalnih odpadkov za 10–20 %.

Seveda ima sistem obračunavanja »Plačaj, kolikor zavržeš« tudi svoje omejitve. Tehten razmislek je potreben predvsem na področjih, kjer je cena storitve ključna (gospodinjstva z nizkimi prihodki), kot tudi tam, kjer je veliko divjih odlagališč, zato bi neprimerna vpeljava tega sistema lahko predstavljala še dodaten razlog za razcvet nelegalnih odlagališč. Po drugi strani pa so ti sistemi najbolj obetavni v velikih naseljih, kjer je količina odpadkov velika, obenem pa ni veliko divjih odlagališč ali drugih načinov odlaganja odpadkov.

Sistem obračunavanja po načelu »Plačaj, kolikor zavržeš« so v omejenem obsegu vpeljali tudi v Javnem podjetju Vodovod Kanalizacija Snaga. V središču Ljubljane so od leta 2008 postavili 69 podzemnih zbiralnic petih vrst odpadkov. Stanovalci, namreč gospodinjstva in pravne osebe, s pomočjo posebne identifikacijske kartice odlagajo zgolj mešane komunalne in biološke odpadke, sistem pa beleži število vnosov teh odpadkov. Ravno število vnosov je osnova za obračun, kjer uporabniki ne plačajo glede na težo oziroma količino odvrženih odpadkov, ampak glede na dejansko število vnosov mešanih in bioloških odpadkov. Obračunanih je minimalno šest vnosov mešanih odpadkov in osem vnosov bioloških odpadkov, pri čemer je obračunska količina za en vnos mešanih komunalnih odpadkov v podzemne zabojnike 30 litrov, za en vnos bioloških odpadkov pa 10 litrov.

Poleg manjših stroškov pa ljudje z uporabo mobilnih ali spletnih aplikacij za uporabnike spremljajo stanje zabojnikov v mestu, lahko poiščejo prazne ali primerne zabojnike glede na vrsto odpadkov, ki jih imajo, ali poročajo o potrebnih popravilih

ali reklamacijah. Z uporabo senzorjev v zabojnikih pa se poveča tudi zadovoljstvo uporabnikov, saj zabojniki niso nikoli preveč polni, smetnjaki ne smrdijo in odpadki ne ležijo okrog smetnjaka.

### **Koristi za podjetja, ki se ukvarjajo z odpadki**

Z uporabo tehnologij pri ravnanju z odpadki podjetja optimizirajo stroške. Podjetja načrtujejo poti smetarskih vozil, s tem pa zmanjšajo prevožene kilometre ter porabo goriva. S spremljanjem vozil lahko načrtujejo uporabo in vzdrževanje vozil. Z zbranimi podatki podjetja lažje načrtujejo tudi delo zaposlenih in obračunavajo plače mobilnim delavcem. Tehnologije omogočajo, da podjetja, ki se ukvarjajo z zbiranjem in prevozom odpadkov, načrtujejo tudi potrebno kapaciteto vozil, ki prevažajo odpadke. V skladu s tem se lahko odločajo tudi o morebitnih spremembah v floti vozil in se denimo odločijo za manjša vozila ali uporabo vozil na alternativne pogone.

Tehnologije za zbiranje in prevoz odpadkov omogočajo lažje spremljanje, načrtovanje in obračunavanje odpadkov, saj podjetja vedo, kdaj so zabojniki polni, zato ni nepotrebnih voženj, ter izračunajo količino odpadkov, kar predstavlja nov sistem obračunavanja glede na količino dejansko odvvrženih odpadkov (»Plačaj, kolikor zavržeš«), zato je poslovanje transparentnejše, obračuni pa dejansko prilagojeni posameznemu uporabniku.

S pomočjo zgodovine podatkov pa podjetja ne le načrtujejo svoje vire, temveč s pomočjo napredne analitike ter umetne inteligence lahko napovedujejo in predvidijo tudi polnost zabojnikov in potrebe po njihovih storitvah.

### **Vplivi na okolje**

Odpadki vplivajo na proizvodnjo toplogrednih plinov na dva načina. Po eni strani odpadki onesnažujejo okolje zaradi številnih odlagališč, po drugi strani pa z uporabo vozil za prevoz smeti povečujejo nastanek toplogrednih plinov. Zato ima implementacija in uporaba tehnoloških rešitev pri ravnanju z odpadki multiple



pozitivne vplive na okolje. Z uporabo senzorjev za polnost zabojnikov podjetja vedo, kdaj so zabojniki polni ali prazni, z opremljenimi vozili ter z zalednim analitičnim sistemom, ki te podatke zbira, pa podjetja načrtujejo, katere zabojnike je treba izprazniti. S takšnim načrtovanjem ne opravljajo nepotrebnih voženj in manj onesnažujejo okolje.

Z naprednimi tehnologijami, ki so povezane v celovite platforme pametnih mest pa lahko celo v celoti odpravijo uporabo smetarskih vozil. Takšen primer je na novo zgrajeno pametno mesto Songdo v Južni Koreji, nedaleč od Seula. Njihov sistem za ravnanje z odpadki je zgrajen pod zemljo, kjer smetarskih vozil ne potrebujejo, saj smeti iz domov ali pisarn potujejo po ceveh v podzemni center za sortiranje odpadkov, kjer jih bodisi reciklirajo za nadaljnjo uporabo, zakopljejo globoko pod zemljo bodisi skurijo za pridobivanje nove energije.

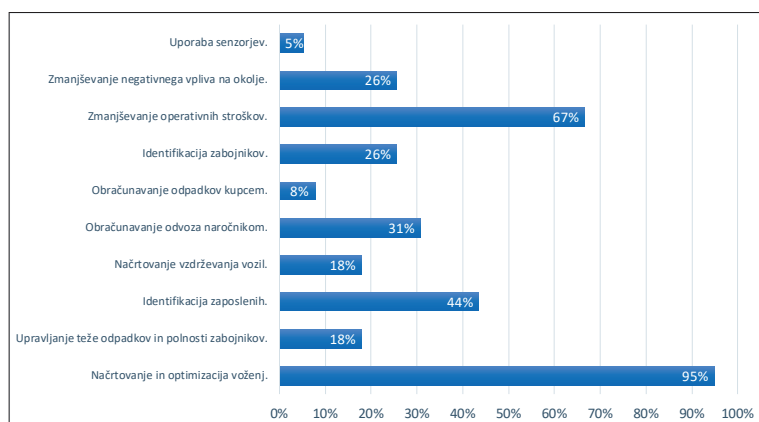
## **Uporaba tehnologij za zbiranje in prevoz odpadkov v javnih službah v Sloveniji**

Ravnanje s komunalnimi odpadki se v Republiki Sloveniji izvaja v obliki obveznih občinskih gospodarskih javnih služb zbiranja določenih vrst komunalnih odpadkov, obdelave določenih vrst komunalnih odpadkov in odlaganja ostankov predelave ali odstranjevanja komunalnih odpadkov. Obstoječe storitve občinskih javnih služb na področju zbiranja opravlja 67 izvajalcev. Januarja 2021 sem izvedla raziskavo med vsemi 67 javnimi službami, ki so v Republiki Sloveniji registrirane za opravljanje dejavnosti ravnanja z odpadki. Z vprašalnikom, ki so ga javne službe prejele po elektronski pošti, sem želela izvedeti več o uporabi tehnoloških rešitev za ravnanje z odpadki, posebej na področju zbiranja in odvoza odpadkov. Izpolnjen vprašalnik je vrnilo 73 % oziroma 49 podjetij, ki opravljajo storitve ravnanja odpadkov v 158 oziroma v 73 % občin v Sloveniji.

Z uporabljenim vprašalnikom sem želela ugotoviti, koliko so tehnološke rešitve razširjene med javnimi službami v Sloveniji ter katere tehnološke rešitve podjetja uporabljajo. Zanimalo me je tudi, kako te tehnološke rešitve pomagajo podjetjem pri reševanju

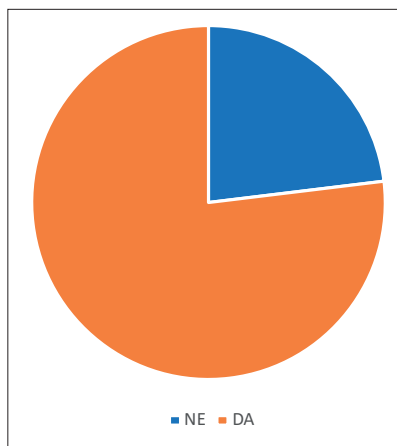
poslovnih izzivov, s katerimi se soočajo pri opravljanju službe ravnanja z odpadki, predvsem na področju prevoza in zbiranja odpadkov. Podjetja sem prosila še, da so opredelila najpomembnejše funkcionalnosti tehnoloških rešitev, ki jih uporabljajo, hkrati pa sem želela ugotoviti, ali za tehnološke rešitve predlagajo kakšne izboljšave ali prilagoditve, da bodo le-te bolje podpirale njihove poslovne procese in odločitve. Pri podjetjih, ki ne uporabljajo nobenih tehnoloških rešitev pri ravnanju z odpadki, me je zanimalo, kaj je glavni razlog, da teh rešitev ne uporabljajo in katere funkcionalnosti njihovo podjetje opredeljuje kot najpomembnejše.

Od sodelujočih podjetij jih 80 % uporablja tehnologije na področju upravljanja voznega parka vozil za zbiranje in prevoz odpadkov, 20 % javnih služb ne uporablja nobenih tehnoloških rešitev za upravljanje voznega parka. Od vseh podjetij, ki uporabljajo tehnološke rešitve, ki omogočajo sledljivost vozil in odpadkov, jih največ, kar 95 %, uporablja tehnologije za načrtovanje in optimizacijo voženj vozil. Da je ravno sledenje vozil in optimizacija voženj največja prednost teh tehnologij, je potrdilo kar 81 % podjetij, ki uporabljajo telematske rešitve ali rešitve IoT, ki v realnem času prikazujejo lokacijo in status vozil, lahko tudi s pomočjo senzorjev ali drugih povezanih tehnologij, ki omogočajo sledljivost vozil in odpadkov.



Slika 7.1: Uporaba tehnoloških rešitev pri zbiranju in prevozu odpadkov (avtorica grafa: Alenka Bezjak Mlakar, 27. 2. 2021).

67 % podjetjem tehnološke rešitve pomagajo pri zmanjševanju operativnih stroškov, kot sta strošek goriva ali vzdrževanja voznega parka. Tehnologije pri prepoznavanju zaposlenih uporablja 44 % javnih služb. Ravnanje z odpadki je nedvomno področje, ki je med prioritetai občin, področje ravnanja z odpadki se vedno uvrsti tudi na vse sezname IoT podprtih pametnih mest, a tega pri analizi javnih služb ni bilo mogoče zaznati. Po zbranih podatkih je 18 % podjetij vključenih v pobude pametnih mest in skupnosti, zgolj dve podjetji (5 %) pri ravnanju z odpadki vključujeta tudi uporabo senzorjev. Trenutno tehnologije pri zbiranju in prevozu odpadkov podjetja uporabljajo tudi pri obračunavanju naročnikom odvoza (31 %), prepoznavanju zabojnikov (26 %), zmanjševanju negativnega vpliva na okolje (26 %), načrtovanju vzdrževanja vozil (18 %), spremljanju teže odpadkov, polnosti zabojnikov (7 %) in obračunavanju odpadkov kupcem (8 %). 21 % podjetij pa s tehnološkimi rešitvami rešuje tudi druge poslovne probleme, med katerimi izpostavijo predvsem lažje dokazovanje pri reševanju težav z neplačili ali prejetimi pritožbami zaradi neopravljenega odvoza.



Slika 7.2: Zadovoljstvo z obstoječimi tehnološkimi rešitvami (avtorica grafa: Alenka Bezjak Mlakar, 27. 2. 2021).

Z obstoječimi tehnološkimi rešitvami za zbiranje in prevoz odpadkov je zadovoljnih 23 % podjetij, 77 % podjetij pa ocenjuje,

da je treba rešitve delno ali v celoti spremeniti ali prilagoditi za potrebe javnih služb za ravnanje z odpadki. 38 % podjetij največjo potrebo po novih tehnologijah vidi pri označevanju zabojnikov za lažje prepoznavanje (trenutno samo 8 % podjetij uporablja identifikacijo zabojnikov) oziroma pri integraciji senzorjev za spremljanje teže in polnosti zabojnikov, saj bi te rešitve bolje podpirale poslovne procese in odločitve v podjetjih. Podjetja so izpostavila še potrebo po aplikacijah za uporabnike, ki bi ljudem omogočale hitrejši in preglednejši dostop do informacij glede ravnanja z odpadki. Hkrati pa podjetja priložnost za izboljšave vidijo pri izboljšanju obstoječih aplikacij v vozilih, tako pri optimizaciji voženj kot pri avtomatizirani obdelavi vhodnih podatkov pri zbiranju odpadkov.

Glavni razlog, ki ga je navedlo 80 % podjetij, ki ne uporabljajo tehnoloških rešitev za zbiranje in prevoz odpadkov, je previsoka cena obstoječih rešitev. Cena je pomemben dejavnik, ki vpliva na implementacijo tehnologij, pri podjetjih, ki opravljajo dejavnost ravnanja odpadkov na manjšem področju z malo gospodinjstvi, je vedno v ospredju tudi ekonomska upravičenost investicije.

Zbrani podatki, ki sem jih pridobila s pomočjo raziskave v javnih službah v Sloveniji, kažejo, da v Sloveniji še vedno prevladuje tradicionalni način ravnanja z odpadki, kjer smetarska vozila zbirajo odpadke po vnaprej določenem urniku, za vsako vrsto odpadka so vnaprej določene poti, termini odvoza in vozila. Ko smetarsko vozilo potuje od vrat do vrat do zabojnika, zabojnik sprazni, ne glede na njegovo polnost. Velikokrat je zabojnik celo popolnoma prazen, zaradi daljše počitniške odsotnosti stanovalcev. Take neskladnosti pri ravnanju z odpadki lahko podjetja rešujejo z uporabo preprostih rešitev IoT, ki s pomočjo omrežij LoRAWAN, SigFox ali NB-IoT prenašajo podatke do zalednih sistemov, aplikacij, kjer podjetje lažje sprejema odločitve za optimizacijo. Z implementacijo senzorjev za spremljanje polnosti zabojnikov ali prepoznavanje zabojnikov podjetje dobi podatke ne le o polnosti zabojnika, ampak tudi o uporabniku zabojnika in njegovih navadah pri ravnanju z odpadki. Ti podatki omogočajo bolj ekonomično uporabo smetarskih vozil, saj gre za dinamično načrtovanje in praznjenje zabojnikov takrat, ko so dejansko

polni, obenem pa omogočajo obračunavanje glede na dejanske navade uporabnikov.

## **Predlogi celovite in tehnološko podprte rešitve za ravnanje z odpadki**

Kot je izpostavljeno v tem poglavju, je eno izmed področij aplikacij IoT tudi področje mest in skupnosti, ki z avtomatizacijo in povezljivostjo ter večjo preglednostjo postajajo pametnejša in zato varnejša, čistejša, energijsko učinkovitejša in prijaznejša za življenje prebivalcev. Dostop do čistega zraka in pitne vode, življenje z manj odpadki, manj hrupne in svetlobne onesnaženosti, večja varnost v mestu, izboljšanje mobilnosti v mestih in zmanjšanje ogljičnega odtisa je samo nekaj kazalnikov pametnega mesta. A mesto je lahko pametno le, če ga upravljajo in v njem živijo poučeni in vključeni ljudje. In pri tem moramo imeti v mislih tako mlade, ki so običajno večji uporabniki sodobnih tehnologij, kot tudi starejše in druge skupine prebivalcev, ki iz različnih razlogov ne morejo ali ne znajo uporabljati teh tehnologij. Nobena tehnologija, če je še tako pametna, ne more zaživeti in preživeti brez sprejetja in uporabe s strani ljudi in njihovih uporabnikov, saj le uporaba tehnologij zagotavlja uspeh in njihov pravi učinek. Zato je za podjetja, ki razvijajo te tehnologije, nujno, da na razumljiv in transparenten način komunicirajo o svojih rešitvah in poudarijo ne le njihovo uporabnost, temveč tudi pomen varnosti rešitev in varovanja zasebnosti uporabnikov. Zato bodo najbolj uspešne implementacije tehnologij, naprav in platform izvedla tista podjetja, mesta in skupnosti, ki bodo na vseh nivojih vključevala ljudi in reševala konkretne probleme, s katerimi se ljudje soočajo. Po drugi strani pa morajo biti načrti za mesta prihodnosti osnovani tako, da vključujejo tudi druge ključne deležnike, med njimi podjetja, širšo družbo in okolje. Nenazadnje pametno mesto ne sme biti cilj, ampak mora biti sredstvo in način za doseg naših ciljev, boljšega življenja v mestih in skupnostih.

Področje ravnanja z odpadki ni izjema. Čeprav na trgu ostaja veliko rešitev, ki rešujejo konkretne probleme pri ravnanju z odpadki, je veliko rešitev usmerjenih zgolj na komercialno

področje, občine ali javna zbirališča odpadkov, pri čemer ne upoštevajo vseh ravni in deležnikov, ki sodelujejo pri ravnanju z odpadki; običajno izpustijo prav uporabnike, ki so ključni za implementacijo in uporabo. A po drugi strani ostajajo rešitve, ki so usmerjene zgolj k razvoju pametnih zabojnikov, pretežno na javnih površinah. Delne rešitve so začetek reševanja problematike odpadkov. Manjkajo pa rešitve, ki bi povezale vse dele v celoto in bi na učinkovit način prinašale dobrobit za ljudi, podjetja, mesta in okolje. Le celovito spremljanje tokov odpadkov omogoča učinkovito reševanje omenjene problematike ravnanja z odpadki.

## Reference

- Agitavit Solutions. 2021. Dostopno na: <https://www.agitavit.si/>
- Anagnostopoulos, Theodoros, Arkady Zaslavsky, Kostas Kolomvatsos, Alexey Medvedev, Pouria Amirian, Jeremy Morley in Stathes Hadjieftymiades. 2017. Challenges and Opportunities of Waste Management in IoT-enabled Smart Cities: A Survey. *IEEE Transactions on Sustainable Computing* 3 (2): 275–289.
- Burger, Gregor, Marko Uhan, Matevž Pogačnik in Jože Guna. 2020. Snovanje interaktivnega pametnega zabojnika za smeti. *Elektrotehniški vestnik* 87 (4): 209–216.
- Cavdar, Kadir, M. Koroglu in B. Akyildiz. 2016. Design and implementation of a smart solid waste collection system. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 13 (6): 1553–1562.
- Center za pametna mesta in skupnosti Univerze v Mariboru. 2021. Dostopno na: <https://www.um.si/projekti/cpms/Strani/default.aspx>
- Eko lux. 2021. Dostopno na: <http://www.ekolux.si/>
- European Smart Cities. 2021. Dostopno na: <http://www.smart-cities.eu/>
- Fedchenkov, Petr, Arkady Zaslavsky in Inna Sosunova. 2017. Enabling smart waste management with sensorized garbage bins and low power data communications network. *IoT '17: Proceedings of the Seventh International Conference on the Internet of Things*.
- Grkman, Gregor, in Robert Richter. 2019. Referenčno pametno mesto Novo mesto in osrednja komunikacijska postaja za pametna mesta. V: *Uporabna vrednost interneta vsega: zbornik referatov*, 35.

*delavnica o telekomunikacijah VITEL*. Brdo pri Kranju: Slovensko društvo za elektronske komunikacije SIKOM. 79-81. Dostopno na: [http://sikom1.splet.arnes.si/files/2019/05/ZBORNIK\\_VITEL-2019\\_s-platnicami.pdf](http://sikom1.splet.arnes.si/files/2019/05/ZBORNIK_VITEL-2019_s-platnicami.pdf)

- Hannan, MA, Mahmuda Akhtar, RA Begum, H. Basri, A. Hussain in Edgar Scavino. 2018. Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO algorithm. *Waste Management* 71: 31–41.
- Kaza, Silpa, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata in Frank Van Woerden. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: Urban Development Series, World Bank.
- Krishna, P. Prawin, P. Pragadeeshwaran, R.C. Pradeep in T. Thilagam. 2018. Survey on Sensing and Alerting Overflow of Trash Using IoT. *International Journal of Advanced Research in Management, Architecture, Technology and Engineering* 4 (4): 9–14.
- Lundin, Andre Castro, Ali Gürcan Özkil in Jakob Schuldt-Jensen. 2017. Smart Cities: A Case Study in Waste Monitoring and Panagement. V: *Proceedings of the 50<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2017)*. 1392–1401.
- McKinsey Global Institute. 2018. *Smart Cities: Digital Solutions for a More Livable Future*. McKinsey & Company. Dostopno na: [https://www.mckinsey.com/~/\\_/media/McKinsey/Industries/Public%20and%20Social%20Sector/Our%20Insights/Smart%20cities%20Digital%20solutions%20for%20a%20more%20livable%20future/MGI-Smart-Cities-Full-Report.pdf](https://www.mckinsey.com/~/_/media/McKinsey/Industries/Public%20and%20Social%20Sector/Our%20Insights/Smart%20cities%20Digital%20solutions%20for%20a%20more%20livable%20future/MGI-Smart-Cities-Full-Report.pdf)
- Medvedev, Alexey, Petr Fedchenkov, Arkady Zaslavsky, Theodoros Anagnostopoulos, Sergey Khoruzhnikov. 2015. Waste Management as an IoT Enabled Service in Smart Cities. *8<sup>th</sup> International Conference on Internet of Things and Smart Spaces, ruSMART 2015*, Sankt Peterburg, Rusija.
- Pametna mesta in skupnosti. 2021. Dostopno na: <http://pmis.ijs.si/>
- Pardini, Kellow, Joel J. P. C. Rodrigues, Ousmane Diallo, Ashok Kumar Das, Victor Hugo C. de Albuquerque in Sergei A. Kozlov. 2020. A SmartWaste Management Solution Geared towards Citizens. *Sensors* 20: 2380.
- Sedlar, Urban, Luka Mali, Mojca Volk, Janez Sterle in Andrej Kos. 2012. IoT tehnologije in aplikacije. V: *Pametna mesta: zbornik referatov, delavnica o telekomunikacijah VITEL*. Brdo pri Kranju: Slovensko društvo za elektronske komunikacije SIKOM. Dostopno

na: [http://www.lfpe.org/wp-content/uploads/2012/11/vitel\\_IoT-tehnologije-in-aplikacije.pdf](http://www.lfpe.org/wp-content/uploads/2012/11/vitel_IoT-tehnologije-in-aplikacije.pdf)

Smart City Maribor. 2021. Dostopno na: <https://www.smartcitymaribor.si/>

Srikantha, Nalavadi, Khaja Moinuddin, Lokesh K S in Aswatha Narayana. 2017. Waste Management in IoT- Enabled Smart Cities: A Survey. *International Journal Of Engineering And Computer Science* 6 (5): 21507-21512.

Telos. 2021. Dostopno na: <http://www.telos.si/>

## **Zahvala**

Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije je iz državnega proračuna sofinancirala projekt *Nevidno življenje odpadkov: Razvoj etnografsko utemeljene rešitve za upravljanje z odpadki v gospodinjstvih* (L6-9364). Raziskave, predstavljene v poglavju, so rezultat tega projekta.