

LOGISTIKA UPRAVLJANJA OTPADOM

Zoran Marinković¹⁾, Miomir Jovanović¹⁾, Dragoslav Janošević¹⁾Kategorija rada:
PREGLEDNI RADAFILACIJA/ADRESA:
1) Mašinski fakultet u Nišu
A. Medvedeva 14, 18000 Niš

Rezime: Rad se bavi logistikom rasterećenja životne sredine, tj. aktuelnom problematikom upravljanja otpadom. Ova problematika podrazumeva sakupljanje, sortiranje, transport, preradu i odlaganje otpada. Analizirana su dva pristupa upravljanja otpadom. Prvi se odnosi na klasičan, kod nas postojeći sistem, koji predviđa nizak nivo selekcije i prerade otpada. Drugi savremeni (urbani) sistem obuhvata visok stepen selekcije i prerade otpada. Akcenat je stavljen na efikasan, ekonomičan i bezbedan rad komunalnih preduzeća u delu sakupljanja i transporta otpada. To se realizuje kroz primenu savremenih metoda planiranja tura i ruta komunalnih vozila, njihovo dinamičko praćenje (monitoring) sa korektivnim delovanjem i ostvarivanje visokog stepena održavanja komunalne opreme u eksploataciji. Cilj rada je razvoj i afirmacija savremenog sistema upravljanja otpadom sa adekvatnim merama za njegovu primenu kod nas.

Cljučne reči: Logistika, otpad, upravljanje otpadom, planiranje tura i ruta, održavanje mehanizacije

1. UVOD

Danas savremeno, efikasno, ekonomično i bezbedno privređivanje, koje podrazumeva veliko kretanje ljudi, materijala, robe, energije, novca i informacija, ne može se zamisliti bez primene logistike. Logistika je mlada naučna disciplina i veština, kojom se danas rešava veliki broj problema u društvu i privredi. Ona se bavi planiranjem, projektovanjem, organizacijom i upravljanjem prethodno navedenih logističkih tokova. Strukturu savremenog koncepta privređivanja čine četiri osnovne logistike, a to su: snabdevanje repromaterijalima, proizvodnja, distribucija robe i rasterećenje životne sredine. Prva i treća logistika se nazivaju marketinškom logistikom, druga je proizvođačka logistika, a četvrta logistika se bavi upravljanjem, odnosno tretmanom otpada [1].

Otpad se javlja u svim fazama navedenog logističkog koncepta privređivanja, tj. od nabavke primarnih sirovina, same proizvodnje, distribucije i prodaje gotovih proizvoda, pakovanja i raspakivanja, pretovara, transporta, skladištenja itd. Proizvod koji završi sa životnim vekom postaje otpad. Pored industrije, otpad stvaraju javne ustanove i domaćinstva u svakodnevnom životu. Prema tome otpad se definiše kao materijali koji nastaju u procesu življenja, obavljanja proizvodnje ili neke druge delatnosti, a koji su isključeni iz upotrebe. Otpad se deli na: komunalni (kućni), komercijalni, industrijski i medicinski. U zavisnosti od njegovih opasnih karakteristika razlikuje se inertan, neopasan i opasan otpad. Takođe, postoji neorganski i organski otpad itd. [2, 3, 4].

Upravljanje otpadom je veoma važno pitanje jedne zemlje i ono obuhvata čitav niz mera u vezi prevencije nastajanja otpada na izvoru, zatim sortiranja i sakupljanja istog, reciklaže ili drugih metoda ponovnog korišćenja materijala iz otpada i sigurno i ekološki održivo njegovo konačno odlaganje na sanitarnim deponijama. Praksa u upravljanju otpadom kod nas je na prilično niskom nivou i neophodno je potrebno postaviti strateški okvir i utvrditi prioritete i mehanizme za rešavanje ovakvog stanja [2, 3, 4].

Otpad u naseljenim mestima i oko njih je jedan od najozbiljnijih estetskih i higijenskih problema u našoj

zemlji. Zato se ovaj rad bavi ovom problematikom i prikazuje dva sistema upravljanja otpadom, analizira njihove prednosti i mane u cilju razvoja adekvatnog sistema koji bi se primenio kod nas. Težište rada je na razvoju metoda i primene odgovarajućih mehanizama za efikasniji, ekonomičniji i bezbedniji rad komunalnih preduzeća koja se bave problematikom upravljanja otpadom [5].

2. PRIKAZ I ANALIZA SISTEMA ZA UPRAVLJANJE OTPADOM

U okviru logistike rasterećenja životne sredine razvijen je veći broj sistema upravljanja otpadom. Ovi sistemi se mogu svrstati u dve osnovne grupe [5]:

- stari (klasičan) sistem koji predviđa nizak nivo selekcije i prerade otpada,
- savremeni (urbani) sistem koji obuhvata visok stepen selekcije i prerade otpada.

Kod nas u Srbiji se za sakupljanje i transport otpada do deponija još uvek koristi klasičan zastareli sistem koji podrazumeva [2, 5]:

- nesortiranje otpada na mestu njegovog nastajanja,
- odlaganje otpada najčešće u nestandardne sudove,
- sakupljanje otpada zastarelim autosmečarima koje opslužuje veći broj ljudi,
- odvoženje sakupljenog otpada istim vozilima do najbliže organizovane sanitarne deponije,
- postojanje velikog broja organizovanih (oko 170 u 160 opština) i neorganizovanih deponija,
- odlaganje velike količine otpada na deponijama koje najčešće nezadovoljavaju savremene sanitarne zahteve,
- ne postojanje odvojenog sakupljanja i tretmana opasnog i medicinskog otpada,
- male aktivnosti na deponijama u smislu sortiranja i prerade otpada,
- nedostatak postrojenja za tretman i preradu otpada u cilju dobijanja sekundarnih sirovina i energije,
- relativno slabo planiranje, nedovoljna organizacija i odsustvo praćenja vozila prilikom sakupljanja i transporta otpada.

Lokalne samouprave u Srbiji i komunalna preduzeća, koja se danas bave upravljanjem komunalnim otpadom, uglavnom imaju nekoliko ključnih organizaciono-tehničkih problema.

To su [5]:

- nedovoljan broj vozila i opreme za obavljanje komunalnih delatnosti,
- zastarela transportna i komunalna oprema i prazan hod u vršenju usluga tom opremom,
- veliki troškovi u eksploataciji i održavanju te zastarele komunalne opreme,
- nedovoljna ili nikakva primena savremenih logističkih alata i informacionih tehnologija što uzrokuje nedovoljnu produkciju informacija neophodnih za optimizaciju transportnog procesa u tretmanu otpada,
- nedostatak znanja unutar sistema upravljanja otpadom potrebnog za primenu novih tehnologija,
- nedovoljna zainteresovanost subjekata za primenu regionalnog koncepta u upravljanju otpadom itd.

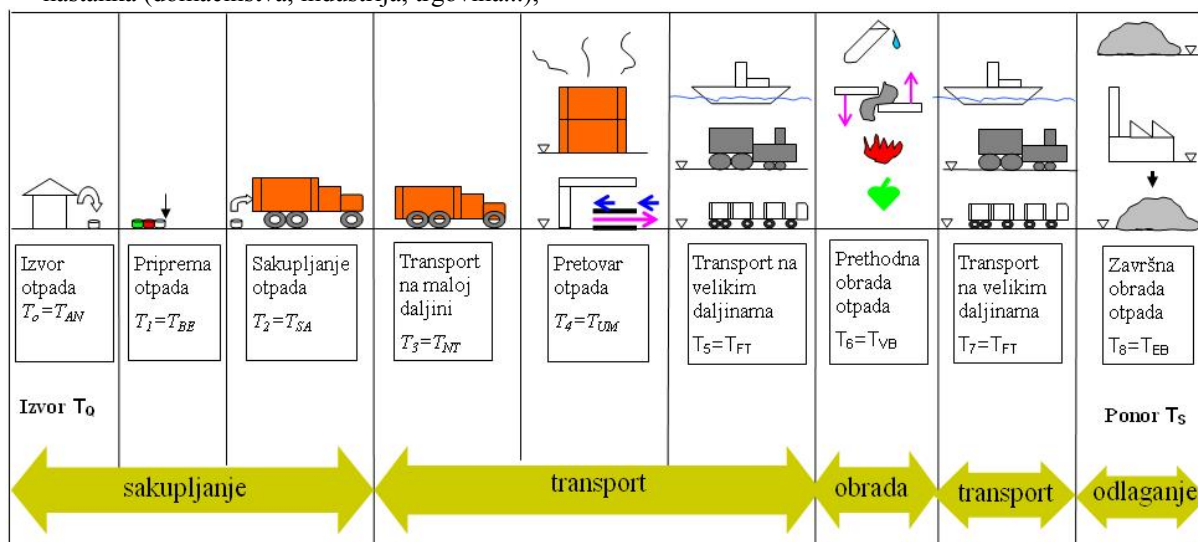
Danas se ovoj problematici u razvijenim zemljama pristupa sasvim drugačije. Pribegava se razvoju novih sistema efikasnog, ekonomičnog i bezbednog sakupljanja, uklanjanja, prerade i ponovnog vrednovanja otpadnih materija. Uvidom u evropske modele i pregledom nemačkog državnog modela tretmana otpada se sagledavaju mogućnosti unapređenja domaće tehnologije u okviru ove problematike [5].

Jedan takav savremeni sistem upravljanja otpadom obuhvata:

- sortiranje (odvajanje) otpada na samom izvoru nastanka (domaćinstva, industrija, trgovina...),

- primenu novih standardizovanih sudova i kontejnera za razvrstavanje otpada,
- razvoj i primenu novih tipova vozila samo za sakupljanje otpada bez pomoćnog osoblja, sa zamenljivim sandukom u kome se može registrovati masa (zapremina) otpada, sa geo-komunikacionim tehnologijama (GPS sistem...) u cilju stalnog praćenja vozila u radu,
- razvoj i primenu odgovarajućih računarskih programa za planiranje tura i ruta i mogućnost dinamičkog mrežnog planiranja u cilju ostvarivanja efikasnijeg rada i minimalnih troškova prilikom sakupljanja otpada,
- uspostavljanje, tj. formiranje transfer stanica (terminala) u prostoru sakupljanja otpada, sa ciljem zamene punog sanduka otpadom sa praznim,
- primenu drugih prevoznih sredstava (kamiona drugačijih karakteristika od sporih autosmečara i vozova), kojima se mnogo većom brzinom na većim rastojanjima efikasno prevoze zamenljivi sanduci sa sakupljenim otpadom za dalji tretman (preradu i odlaganje),
- ustrojavanje malog broja tzv. regionalnih deponija do kojih se dovozi otpad sa većih površina sakupljanja, koje su snabdevene sortirnicama, malim fabrikama za preradu otpada, energanama za sagorevanje otpada i sl.
- odlaganje malih količina otpada na sanitarne deponije, što uslovljava smanjenje njihovog broja.

Prethodno navedene funkcije ovakvog savremenog načina upravljanja otpadom ilustrovane su na slici 1.



Sl. 1 Funkcije upravljanja u savremenom sistemu tretmana otpada

Logistika savremenog tretmana komunalnog otpada obuhvata veliki broj aktivnosti, od sakupljanja (sortiranja), transporta, obrade do odlaganja otpada (sl. 1). Cilj ovih analiza i istraživanja u okviru ove logistike je da se eliminiše većina nedostataka postojećeg (klasičnog) sistema tretmana otpada, koji se odnosi na neselektivnost i zastareli način sakupljanja otpada što doprinosi pojavi praznih hodova i neiskorišćenih kapaciteta u komunalnim preduzećima.

Prazni hodovi u mnogim komunalnim preduzećima koja se bave funkcijom upravljanja otpadom, prouzrokuju

povećane troškove pružanja usluga. Za razliku od drugih sistema, pri transportu otpada, u skoro 90% slučajeva, vlasnik procesa se opredeljuje za transportni model koji sadrži prazan hod. To direktno uzrokuje smanjenje vrednosti tehnologije. Primer za to je proces transporta kabastog otpada sa posudama velike zapremine, najčešće $4 \div 7 \text{ m}^3$, koje sadrže dvosmerni itinerer sa jednim smerom u praznom hodu. Primena drugačije organizacije ove vrste transporta donela bi uštede u procesu $20 \div 40\%$, koje bi se naročito odnosile na troškove energenta za pokretanje transportnih sredstava i iskorišćenje

projektovanog vremena ciklusa. Praznih hodova, naravno, ima i u ostalim procesima sistema transporta otpada. Proces sakupljanja i transporta otpada iz domaćinstava jedan je od njih. U gradovima ovaj proces zauzima jedno od vodećih mesta na skali najznačajnijih transportnih procesa od opšteg interesa.

Skup transportnih sredstava koja podržavaju proces transporta kućnog otpada, najčešće čini većinu voznog parka komunalnih preduzeća, a to je obično $50 \div 70\%$ transportnih jedinica, naravno, onih preduzeća čija je sfera interesovanja javna higijena. Ovaj proces je dominantan i u onim poslovnim sistemima koji integrišu više komunalnih delatnosti. U njima se nalazi $15 \div 40\%$ transportnih jedinica koje podržavaju proces sakupljanja smeća. Prema prikupljenim istraživanjima i statističkim podacima, u velikim gradovima u Srbiji, prosečno transportno vozilo koje se koristi, na godišnjem nivou, ima troškove pogonskog goriva između $400.000 \div 650.000$ dinara. Ako jedan sistem (veliki grad) sadrži 30 transportnih jedinica namenjenih realizaciji funkcije cilja, troškovi pogonskog goriva, u postojećim uslovima, iznosiće $12.000.000 \div 19.500.000$ dinara na godišnjem nivou [5].

Optimizacijom i primenom logističkih metoda samo na jednom ovakvom sistemu, moguće je smanjiti troškove energenata mehanizacije za $15 \div 35\%$, što bi u nominalnom iznosu bilo i do $7.000.000$ dinara na godišnjem nivou. Ovakav pristup, koji daje toliku uštedu, omogućuje godišnju nabavku jednog specijalnog transportnog vozila domaće proizvodnje. Kada je u pitanju održavanje u komunalnom sistemu, i to održavanje koje se, pre svega, odnosi na transportnu mehanizaciju, može se reći da je ono otežano u sistemima koji su mali i koji nemaju dovoljno ulaganja u procese razvoja i tehničke podrške.

Logistika održavanja komunalne opreme kojom se tretira otpad odnosi se, pre svega, na održavanje specijalnih komunalnih vozila (autosmećara). Održavanje ove vrste mehanizacije je specifično i zahteva posebnu stručnu potporu. U nekim slučajevima, najčešće kod onih sistema koji ne poseduju kvalitetan proces podrške sopstvenog održavanja, održavanje transportnih sredstava poverava se spoljnjem (*outsourcing*) partneru. Tada nema investiranja u razvoj procesa podrške već se efektivna troši na spoljne usluge. Ove usluge često su veoma skupe za korisnika opreme, ali one uslovljavaju i stalnu zavisnost od spoljnih faktora. Dobrom strategijom, organizacijom i koncepcijom održavanja moguće je značajno uticati na troškove održavanja. Važno mesto u procesu održavanja komunalnih sistema imaju informacione tehnologije [6, 7]. Savremene informacione tehnologije u održavanju daju mogućnost stalnog i kvalitetnog praćenja postupaka, kako preventivnog, tako i korektivnog održavanja. Istovremeno, softverska aplikacija omogućuje kontrolu i merenje ostvarenih rezultata izvedenih aktivnosti u održavanju. Stručna procena je da će softverski modul za logističko održavanje omogućiti uštedu od 15% vremena potrebnog za pripremu održavanja, odnosno 30% vremena potrebnog za izvođenje postupaka korektivnog održavanja. Na osnovu statističkih podataka, sistem koji sadrži 30 specijalnih transportnih sredstava u procesu upravljanja otpadom u velikom gradu kod nas danas, godišnje troši između $9.000.000$ i $14.000.000$ dinara za

izvođenje postupaka održavanja. Ovde su uključeni troškovi nabavke materijala, rezervnih delova i troškovi radne snage. U proseku, održavanje jednog ovakvog vozila, vlasnika godišnje košta i do 450.000 dinara. To je vrednost koja odgovara ceni jednog novog malog putničkog vozila. Primenom generalnog softverskog rešenja i boljom organizacijom procesa podrške, ovi troškovi će se smanjiti za $20 \div 40\%$ ili za $2.000.000 \div 6.000.000$ dinara godišnje, imajući u vidu primer komunalnog sistema sa 30 vozila [5].

Na našem tržištu danas ima veoma malo primenjivih softverskih aplikacija orijentisanih rešenju transportnog problema u komunalnim sistemima sa otpadom, kao i sistemima za održavanje komunalne mehanizacije. Procena je da se danas u Srbiji, boljom organizacijom, primenom logističkih alata i novih tehničkih rešenja, komunalnoj aktivnosti može poboljšati efikasnost za čak $30 \div 40\%$ što se statistički pokazalo kod drugih zemalja u razvoju. Istraživanja u okviru ove problematike omogućuju razvoj metoda, modela i softverskih rešenja, koja trebaju da utiču na unapređenje delatnosti opšteg društvenog značaja. To treba da bude podloga primene Nacionalne strategije upravljanja otpadom Republike Srbije [2, 3, 4, 5, 6, 7].

3. RAZVOJ LOGISTIČKOG MODELA RUTIRANJA SISTEMA ZA SAKUPLJANJE OTPADA

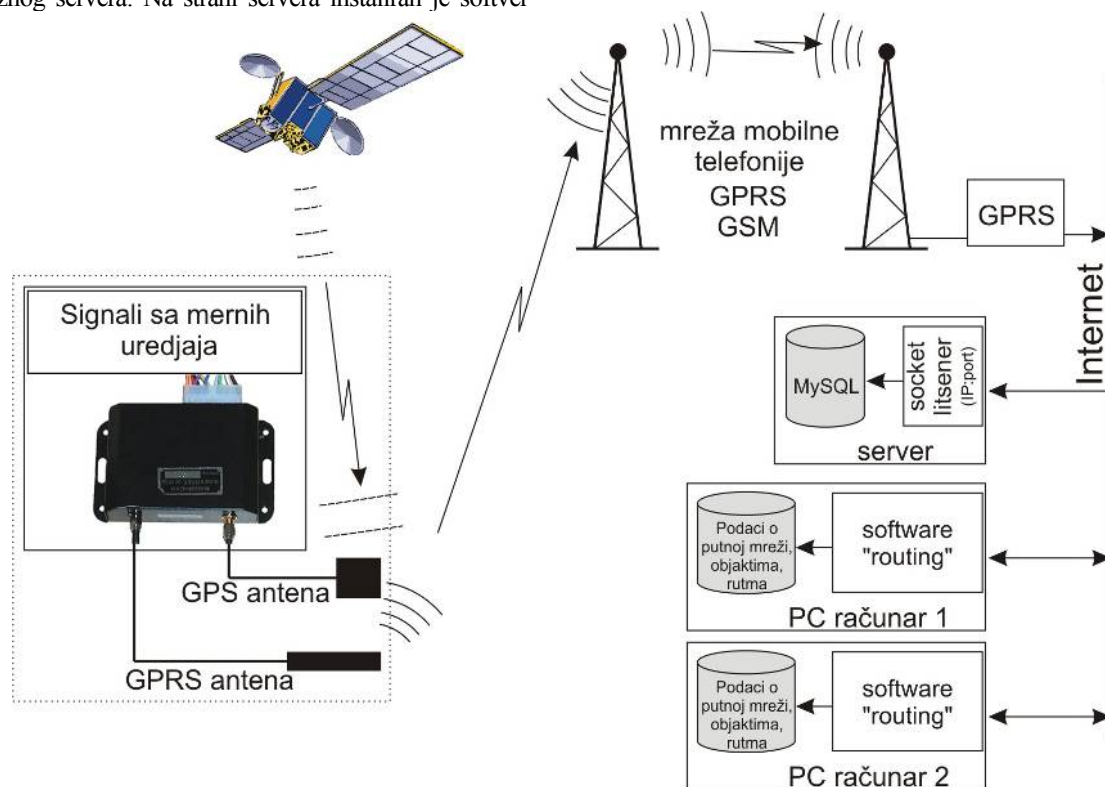
Proces prikupljanja komunalnog otpada u gradskoj sredini predstavlja problem mrežnog planiranja (rutiranja sobračajnih sredstava). Duskorašnji problemi prikupljanja komunalnog otpada su koristili klasične tehnologije iz rutiranja primenom računara kao pomoćnog sredstva za brža matematička izračunavanja. Jedan od često primenjivanih metoda za rešavanja ovih problema je rutiranje sa ograničenjem kapaciteta vozila u vremenskom okviru. Ovako formirane rute vozila u slučaju da na terenu dođe do odstupanja od željenih situacija teško se mogu menjati. Svako menjanje rute konkretnog vozila utiče na promenu ruta i ostalih vozila u sistemu. Zbog vremenskog okvira (mogućnost odvoženja samo u nekom periodu dana ili nedelje) ovaj poremećaj se često prenosi i na ostale dane za koje je postavljen plan sakupljanja otpada. Savremene komunikacione tehnologije omogućile su da se proces prikupljanja komunalnog otpada učini daleko efikasnijim. U okviru ovog rada biće prikazana koncepcija rutiranja komunalnih vozila primenom ovih tehnologija [5, 8].

Proces rutiranja se može podeliti u više faza. Početni zadatak je prikupljanje podataka sa terena. Ovi podaci dispečeru bi koristili za bolji uvid stanja, a njihova numerička obrada omogućuje logičko zaključivanje. Zadržavanje položaja vozila određeno vreme u određenoj oblasti na lokaciji za sakupljanje otpada bi značilo da se vrši njegovo sakupljanje sa te lokacije. Ovaj proces se može registrovati primenom odgovarajućih senzora, koji bi podatke u digitalnom obliku prosledili dalje. U zavisnosti od tipa vozila i posuda razlikovaće se i način prikupljanja podatka. Na posudama je moguće postaviti i nosioce podataka (primenom barkoda ili RFID nosioca informacija - transpodera). Na ovaj način bi se sistemu prosledivala i

informacija o konkretnom sudu koji se prazni. Ovi podaci mogu biti od značaja i za nadoknadu usluga komunalnog preduzeća. Na slici 2 prikazana je principijelna šema ovog sistema.

Na ovoj slici uočavaju se dva nivoa prenosa podataka. Prvi nivo predstavlja prenos podataka od vozila ka serveru. Podaci o GPS poziciji kao i podaci sa mernih kanala (uređaja ORIS 08D) se posredstvom mreže mobilne tehnologije GPRS-om prenose Internetom do mrežnog servera. Na strani servera instaliran je softver

koji ima zadatak da svaki podatak koji primi na određenom mrežnom portu obradi i snimi u bazu. String koji šalje uređaj sadrži osim prethodno pomenutih podataka i podatke o oznaci vozila i tačnom vremenu dobijenom GPS komunikacijom. Ovi podaci se snimaju u bazi servera, a kako je za tip baze izabrana MySQL baza sa php platformom mogu se pročitati preko web browsera sa bilo koje lokacije. Oblik zapisa podataka prikazan je na slici 3 [5, 8].



Sl. 2 Principijelna šema informacionog sistema

Server: localhost Database: oris Table: oris1

Showing rows 1020 - 1023 (1,024 total. Query took 0.0013 sec)

```
SELECT *
FROM 'oris1'
LIMIT 1020, 5
```

Profiling [Edit] [Explain SQL] [Create PHP Code] [Refresh]

Show: 5 row(s) starting from record # 0 Page number: 205

in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

Sort by key: None

+ Options

	rb	podatak0	podatak1	datum	vreme	Latitude	LatitudePref	Longitude	LongitudePref	podatak8	podatak9	podatak10	podatak11
☐	1028	0	A	160409	100946	4319.8217	N	02153.4659	E	0	42		111111111111111111 109 0 0 0 0 0000000
☐	1029	0	A	160409	101948	4319.8178	N	02153.4640	E	0	216		111111111111111111 109 0 0 0 0 0000000
☐	1030	0	A	160409	102949	4319.8114	N	02153.4513	E	0	231		111111111111111111 109 0 0 0 0 0000000
☐	1031	0	A	160409	103954	4319.8508	N	02153.5028	E	0	212		111111111111111111 109 0 0 0 0 0000000

Check All / Uncheck All With selected: ☐ ☐ ☐ ☐

Show: 5 row(s) starting from record # 0 Page number: 205

in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

Query results operations

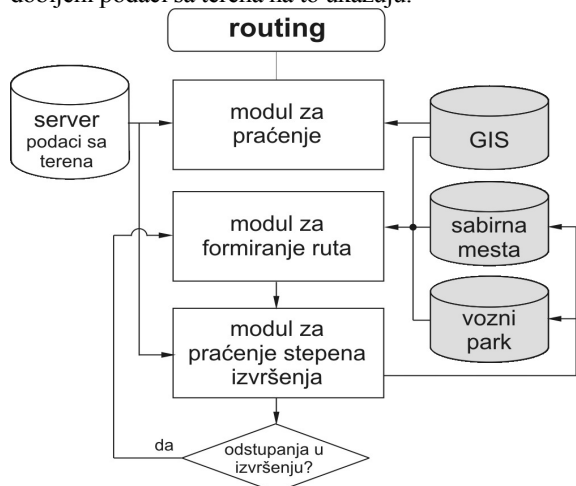
Print view Print view (with full texts) Export CREATE VIEW

Sl. 3 Oblik zapisa podataka u bazi servera

Drugi nivo prenosa podataka predstavlja prenos podataka od servera ka host aplikacijama (radnim stanicama). Podacima iz baze podataka na serveru istovremeno može pristupiti više radnih stanica koje ih mogu samo čitati i zasebno interpretirati. Host aplikacija pod nazivom "routing", kako je prikazano na sl. 4, ima sledeće namene:

- praćenje vozila i podataka o stanju vozila primenom GPS-GPRS uređaja,
- rutiranje autosmećara, tj. definisanje njihovih putanja prilikom sakupljanja otpada,
- automatsko reprogramiranje ruta vozila na osnovu podataka sa terena.

Praćenje vozila omogućeno je primenom GPS-GPRS uređaja. Namena uređaja je za slanje podataka o položaju vozila i određenih parametara stanja vozila. Sam uređaj vozaču ne daje ove podatke već ih Internetom prosleđuje do servera. Pružanje usluga praćenja vozila se može sresti na tržištu i to je već poznata tehnologija. U razvoju aplikacije ovaj modul nije nastao prvenstveno iz potrebe za praćenjem vozila iako i za ovom uslugom kompanije koje se bave otpadom imaju interesovanja. Ovaj modul je neophodan za formiranje baze stvarnog stanja procesa sakupljanja otpada na terenu. Na osnovu ovih podataka može se predvideti i znati kako se odvija proces sakupljanja, tj. da li su sve lokacije posećene, da li je dobro planirano vreme za ostvarivanje rute i ako nije gde su bili zastoji. Na osnovu ovih pokazatelja statističkom obradom se može uticati na formiranje novih ruta ili što je i cilj aplikacije, da se u realnom vremenu utiče na promenu postavljenih ruta ukoliko dobijeni podaci sa terena na to ukazuju.



Sl. 4 Algoritam toka informacija kroz softver

Mreža puteva, koja se koristi za transport otpada, uglavnom se opisuje pomoću grafa gde veze (lukovi) predstavljaju izabrani put a čvorovi predstavljaju spojeve puteva-raskrsnice, depoe ili sabirne lokacije. Putna mreža mora da odgovara stvarnom stanju (precizno definisane GPS koordinate za *World Geodetic System* WGS84 elipsoid, definisan smer puta, veličina puta, naziv puta). Osim ovih podataka za putnu mrežu se mogu vezati i podaci kao što su zastoji na semaforima, propustnost puta itd. Kako su podaci o poziciji dobijeni od vozila koordinate longitude i latitude za WGS84, potrebno je sve distance između dva položaja računati kao dužinu luka na površini elipsoida određenim sa dva para koordinata. Za ova izračunavanja korišćena je *Vinsent*-ova iterativna formula, pa i distance izračunate na ovaj način imaju visoku tačnost. Veći problem pri korišćenju GPS uređaja u gradu su tzv. zasenčena mesta, tj. mesta gde je nivo signala sa satelita slab (ili je broj dostupnih satelita sa tog mesta nedovoljan za precizno pozicioniranje) a koje prouzrokuju visoki stambeni blokovi. Samo predstavljanje objekata na mapi ne zahteva visoku tačnost pa su za grafički interfejs korišćena sferna izračunavanja.

Putna mreža uneta na ovaj način ima definisane parove koordinata za svaki put-ulicu. Svaka gradska ulica treba

u bazi da ima sledeće neophodne podatke: internu oznaku (brojčanu), naziv ulice ili puta, nivo puta (namena i veličina) kako bi softver znao koje vozilo može saobraćati tim putem, oznaku da li je put jednosmeran ili ne i parove koordinata za definisanje prostiranja puta. Da bi se putna mreža mogla koristiti za rutiranje saobraćajnih vozila potrebno je formirati primarni graf [5, 8].

Pri rešavanju problema rutiranja vozila javlja se jedna ili više funkcija cilja sa nizom ograničenja. Ciljevi mogu biti:

- minimizacija globalnih transportnih troškova, koji su u funkciji dužine rute (ili glavnog vremena putovanja) i fiksnih troškova korišćenja vozila i vozača,
- minimizacija broja vozila ili vozača sa ciljem opsluživanja svih korisnika,
- usklađivanje ruta u zavisnosti od vremena puta i opterećenja vozila.

Takođe, na sl. 4 prikazan je algoritam toka informacija kroz softver. Za rad softvera neophodno je formirati bazu podataka sa relevantnim podacima za procese praćenja vozila i rutiranja. Modul za praćenje koristi elemente GIS sistema grada ili oblasti za postavljanje osnovne mape i podatke sa servera za prikazivanje pozicije. Na osnovu podataka sa servera o samoj poziciji i vremenima beleženja podataka mogu se prikazati i vrednosti pređenog puta, prosečne brzine, maksimalne brzine i ostali podaci izvedeni iz osnovnih ili dobijeni sa memih uređaja postavljenih u vozilu [5, 8].

Baze podataka o sabirnim mestima i voznom parku se formiraju pre pokretanja procesa rutiranja. Podaci vezani za sabirna mesta su već poznati komunalnim službama koje vrše sakupljanje otpada. Na promenu lokacije ili načina primarnog razdvajanja otpada ovim softverom se ne utiče. Osnovni parametri sabirnih mesta koji su neophodni za proces rutiranja su:

- lokacija (definisana precizno preko longitude i latitude koje se mogu dobiti merenjem GPS prijemnikom ili na osnovu čitanja poznate lokacije preko GIS informacionog sistema grada),
- vezanost lokacije za određenu ulicu ili put (veza za putnu mrežu je neophodna pošto same lokacije najčešće i nisu na samoj ulici a pri tome distanca do najbliže ulice ne znači i da je pogodna za odnošenje otpada),
- tip sudova za odlaganje otpada (kako bi se znalo koje transportno sredstvo je može opslužiti),
- periodi dana kada je moguće izvršiti odnošenje otpada (za rutiranje u vremenskom okviru).

Za svako vozilo potrebno je uneti podatke neophodne za proces rutiranja kao i osnovne administrativne podatke o njemu. Osnovni parametri svakog vozila su nosivost (ili zapremina tovarnog prostora) koja definiše kapacitet transportnog sredstva, tip posuda koje može opslužiti, tip puteva na kojima se može kretati (veličina vozila je često ograničavajući podatak za uske ulice gradskog jezgra).

U toku procesa sakupljanja otpada iz određenih razloga dešava se da se planirana ruta ne može ostvariti. Uzroci mogu biti različiti. Neki od njih su: prekoračenje količine otpada u odnosu na planiranu, nenajavljene

promene u putnoj mreži, otkazi autosmećara (isključenje pojedinih vozila i preraspodela opterećenja na ostala vozila), prekoračenje planiranog vremena. Ukoliko se prilikom poređenja planiranog i stvarnog stanja utvrdi da proces odstupa od planiranog neophodno je promeniti rute vozila. Ovaj korak se može ostvariti odlukom dispečara koji će na osnovu pokazatelja promene stanja ili na osnovu samostalne procene uticati na promenu ruta ili automatski (softverski). Za ovaj nivo automatizacije procesa za samostalno softversko uticanje na proces rutiranja neophodno je koristiti neki od poznatih alata za logičko zaključivanje [5].

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog mogu se izvući sledeći zaključci:

- logistika je savremena nauka i veština, kojom se uspešno rešava veliki broj problema u društvu i privredi,
- pojava otpada u naseljenim mestima i oko njih je jedan od najozbiljnijih estetskih i higijenskih problema u našoj zemlji, kojem treba da se posveti posebna pažnja,
- logistika upravljanja otpadom danas dobija sve više na značaju u savremenom društvu zbog ekonomskog gazdovanja otpadom, očuvanja životne sredine, stvaranja sekundarnih sirovina (reciklaža) i dobijanja energije,
- logistika održavanja komunalne opreme stvara preduslove za razvoj optimalne strategije preventivnog i korektivnog održavanja,
- primena savremenih metoda u procesu rutiranja vozila ima veliki značaj, jer se njima postiže veća efikasnost samog procesa, kontrola stepena izvršenja zadataka, stalni uvid u moguće ponašanje sistema itd.

LITERATURA

- [1] Jevtić V.: "Tehnička logistika", 2 prerađeno i dopunjeno izdanje, Mašinski fakultet u Nišu, Niš, 2005.

- [2] Ilić M i dr.: "Strateški okvir za politiku upravljanja otpadom", Regionalni centar za za životnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu, Beograd, 2002.
- [3] "Nacionalna strategija upravljanja otpadom sa programom približavanja Evropskoj uniji", Vlada Republike Srbije, Beograd, 2003.
- [4] "Zakon o upravljanju otpadom", Službeni glasnik RS, br. 36/2009.
- [5] "Razvoj modela i tehnologija logistike transporta komunalnog otpada", Projekat tehnološkog razvoja br. 14068 Ministarstva nauke R. Srbije, rukovodilac projekta Z. Marinković, Mašinski fakultet u Nišu, 2008 ÷ 2010.
- [6] Petrović G., Petrović N., Marinković Z.: "Application of Markov's Theory to Queuing Networks", The Scientific journal FACTA UNIVERZITATIS, Series Mechanical Engineering, Vol. 6, N^o1, University of Niš, Niš, 2008., pp. 45 ÷ 56.
- [7] Petrović G., Marinković Z., Milosavljević P.: "Određivanje optimalnog termina preventivnog održavanja primenom teorije markovljevih procesa", Međunarodna konferencija održavanja "KOD 2009", Zbornik radova, Društvo održavalaca sredstava za rad Crne Gore, Mašinski fakultet u Podgorici – Centar za kvalitet, Savez inženjera Crne Gore, Bar – Crna Gora 2009. str. 245 – 254.
- [8] Milić P., Petrović G., Jovanović M., Marinković Z.: "The Logistic Model of the Optimal Waste Collection System Routing", XIX International Conference on "MATERIAL HANDLING, CONSTRUCTIONS AND LOGISTICS", MHCL'09, Belgrade, Proceedings, Mechanical Engineering, pp. 229 ÷ 234. Faculty University of Belgrade, Belgrade, 2009.
- [9] Popović P.: "Globalni problem opstanka naučna elita i stanje u mašinstvu", Časopis "IMK-14 Istraživanje i razvoj" br (32-33), str. 5, Kruševac, 2009.

LOGISTICS OF WASTE MANAGEMENT

Abstract: The paper considers the key problem of waste management, thus aiming at environmental protection. This issue implies collecting, sorting, transport, recycling and elimination of waste. Two approaches to waste management are analyzed. The classical one, which is still in use in our country, is characterized by a low level of waste sorting and recycling. The modern (urban) one, on the other hand, implies a high level of waste sorting and recycling. The emphasis is put on efficient, economical and safe work of waste management companies. This is realized through modern methods of route planning and scheduling of waste collection vehicles, their online monitoring with possibility of corrective actions and achieving a high maintenance level of exploited equipment. The purpose of the paper is contribution to development and affirmation of a modern system of waste management with adequate measures for its application in our environment.

Keywords: Logistics, waste, waste management, route planning and scheduling, mechanization maintenance

Napomena: Rad je urađen u okviru projekta br. 14068 Ministarstva nauke Republike Srbije [5]

Datum prijema rada: 27. I 2010.