

FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE

Zavod za polimerno inženjerstvo i organsku kemijsku tehnologiju

Recikliranje i zbrinjavanje otpada

Izv. prof. dr. sc. Zvonimir Katančić

DEFINICIJA OTPADA

Zakon o gospodarenju otpadom RH (NN. 84/21, 142/23)

- **Otpad** - svaka **tvar** ili **predmet** koje vlasnik (posjednik) (pravna ili fizička osoba) odbacuje, namjerava ili mora odložiti
- Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa
- **Otpad je međutim i izvor sirovina i energije**
- Njegovim odbacivanjem na odlagališta bespovratno se gube dragocjene materijalne i energetske vrijednosti
- Zakonom je ZABRANJENO odložiti na odlagalište otpad koji se može materijalno ili energetski iskoristiti (oporabiti)

Strategija gospodarenja otpadom

„Narodne novine” 130/05

- uređuje gospodarenje različitim vrstama otpada na teritoriju Republike Hrvatske, od njegova nastanka do konačnog odlaganja
- osnovni cilj je ostvarivanje i održavanja cjelovitog sustava gospodarenja otpadom ustrojen prema suvremenim EU standardima i zahtjevima
- svrha da se maksimalno izbjegne, odnosno smanji nastajanje otpada, smanji, na najmanju moguću mjeru, nepovoljni utjecaj otpada na ljudsko zdravlje, okoliš i klimu, te da se cjelokupno gospodarenje otpadom uskladi s načelima održivog razvoja

Osnovni ciljevi gospodarenja otpadom jesu:

- izbjegavanje nastajanja i smanjivanje količina otpada na izvoru te otpada kojega se mora odložiti, uz materijalnu i energetska oporabu otpada
- razvitak infrastrukture za cjeloviti sustav gospodarenja otpadom
- smanjivanje rizika od otpada
- doprinos zaposlenosti u Hrvatskoj
- edukacija upravnih struktura, stručnjaka i javnosti za rješavanje problema gospodarenje otpadom

Strategija gospodarenja otpadom

Načela

a) Hijerarhija gospodarenja otpadom

- prioriteti su izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada te smanjivanje njegovih opasnih svojstava
- ako se nastajanje otpada ne može izbjeći niti smanjiti, otpad se mora ponovno koristiti - reciklirati i/ili oporabiti
- otpad koji se više ne može racionalno iskoristiti trajno se odlaže na prihvatljiv način za okoliš

b) Korištenje najboljih dostupnih tehnologija u odnosu na troškove i ekološku prihvatljivost

- Emisije u okoliš, propisane posebnim propisima, iz postrojenja za obradu otpada i odlagališta otpada moraju se umanjiti, koliko je to moguće, na tehnički i gospodarski najučinkovitiji način

c) Odgovornost proizvođača

- Proizvođač proizvoda od kojega potječe otpad odgovoran je za odabir rješenja najprihvatljivijeg za okoliš prema tehnologiji proizvodnje
- Proizvođač otpada podmiruje sve troškove preventivnih mjera i mjera zbrinjavanja otpada, troškove gospodarenja otpadom te je financijski odgovoran za provedbu preventivnih i sanacijskih mjera zbog štete za okoliš koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad (načelo „onečišćivač plaća“)

Plan gospodarenja otpadom

- Nakon Strategije usvojena su i tri Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (PGO, RH), koji su ujedno i provedbeni dokumenti Strategije - prvi za razdoblje 2007. - 2015., drugi za razdoblje 2017. - 2022., treći za razdoblje 2023. - 2028.
- Kao jedan od strateških ciljeva, Strategijom je postavljen razvitak infrastrukture za gospodarenje otpadom, koji uključuje izgradnju infrastrukturnih građevina i postrojenja:
 - reciklažna dvorišta
 - postrojenja za obradu biootpada (kompostane, bioplinska postrojenja)
 - sortirnice otpada
 - postrojenja za mehaničko-biološku obradu i odlagališta te oporabu otpada

Plan gospodarenja otpadom

Vizija gospodarenja otpadom definira:

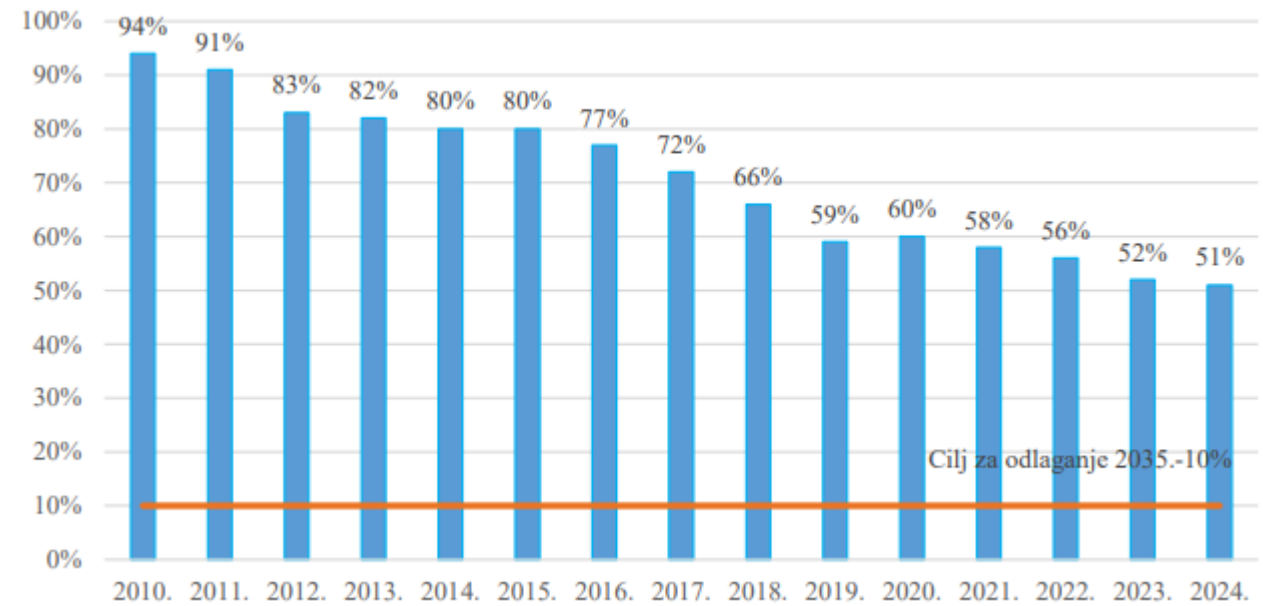
- **postupno organiziranje središta gospodarenja otpadom** s postrojenjima za obradu, odlagalištima i drugim sadržajima, uz postupnu sanaciju i zatvaranje većine postojećih odlagališta
- **zabranu odlaganja otpada na otocima**, a gradnju pretovarnih stanica s odvojenim sakupljanjem, reciklažom i baliranjem ostatnog otpada i prijevoz u centre na kopnu
- **edukaciju javnosti, stručnjaka i upravnih struktura**; posebnu pažnju potrebno je posvetiti odgoju i obrazovanju građana, svih društvenih skupina i ukupne javnosti s ciljem stjecanja potrebnih znanja, oblikovanja stavova i ponašanja, te pripremanja za odgovorno donošenje odluka

Odgovornosti?

- Prema Strategiji, **jedinice regionalne samouprave (županije)**, u dogovoru s općinama i gradovima, dužne su **uspostaviti županijske centre za gospodarenje otpadom** te provesti **sanaciju i zatvaranje odlagališta** sukladno planu gospodarenja otpadom
- **jedinice lokalne samouprave** (općine i gradovi) dužne **organizirati prikupljanje i sigurno odlaganje** (komunalnog) otpada u skladu sa standardima i planom gospodarenja otpadom općine/grada te **omogućiti odvojeno prikupljanje sekundarnih sirovina i biootpada**, kao i organizirati prijevoz do pretovarnih stanica

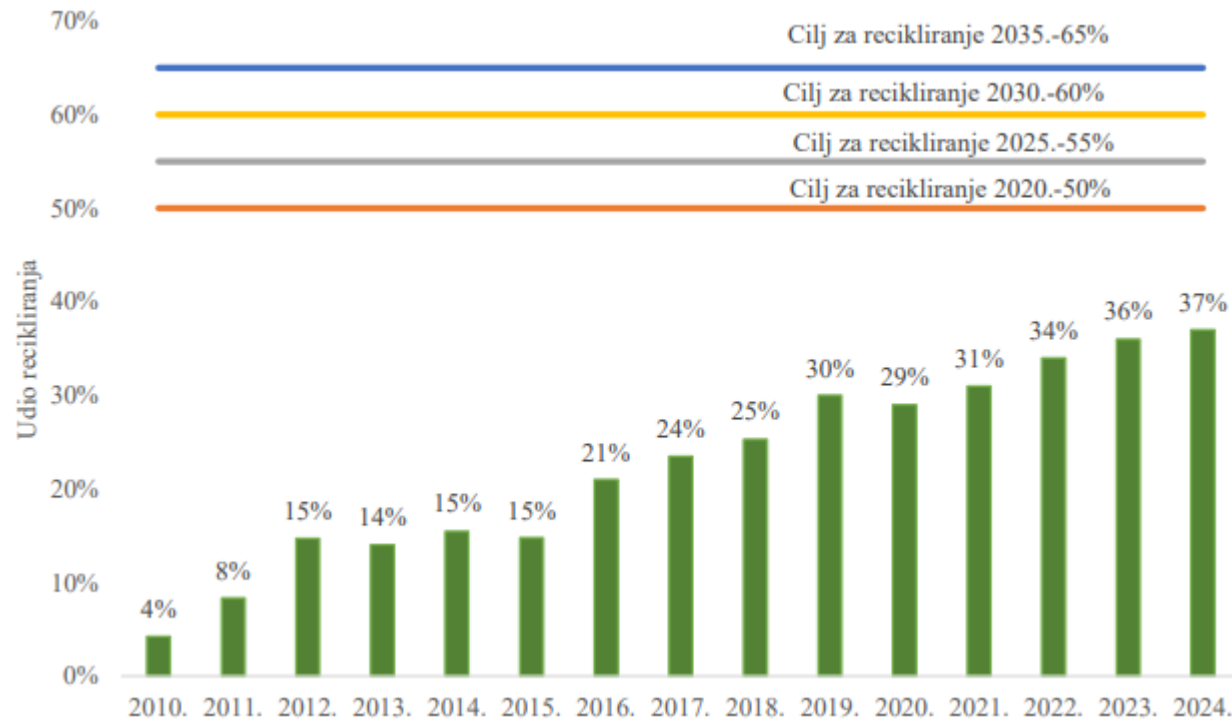
Stanje danas?

- Prvotno postavljeni ciljevi iz 2005. (godina donošenja Strategije) tijekom vremena su se **podizali kako bi se uskladili s EU**
- Izgrađena samo **4 Centra za gospodarenje otpadom, nedovoljan broj reciklažnih dvorišta i sortirnica**, kompostana i reciklažnih centara, ne smanjuje se količina otpada, cijene komunalnih usluga nisu dosegnule ekonomsku razinu, odnosno onečišćivač još uvijek ne plaća naknadu proporcionalnu onečišćenju kojega je sam uzrokovao
- **2024. 51 %** ukupno nastalog komunalnog otpada **upućeno na odlaganje** (originalni cilj u strategiji za 2020. bio je 25 %, naknadno revidiran na 50 %)



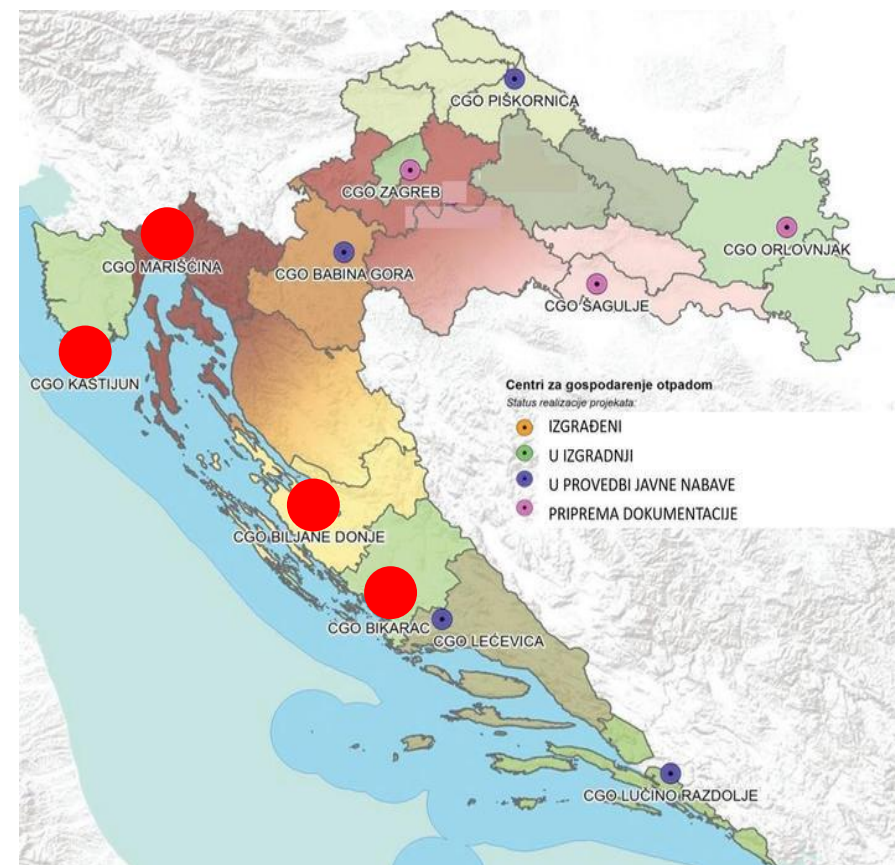
Stanje danas?

- 2024. reciklirano je 37 % komunalnog otpada (cilj za 2020. bio je 50 %)



Stanje danas?

- Strategija je dobra i usklađena EU
- U jedinicama lokalne samouprave nije u cijelosti uvedena primarna selekcija
- Građani na raspolaganju nemaju dovoljan broj spremnika, reciklažnih centara, kompostana/bioplinskih postrojenja i sortirnica
- Centri za gospodarenje otpadom još uvijek nisu izgrađeni u dovoljnom broju
- Odlagališta nisu sanirana i zatvorena
- Načelo „onečišćivač plaća“ još nije zaživio
- Strateški i planski dokumenti te propisi u RH se ne provode, odnosno nadležni dionici u postupku ne realiziraju ono što se od njih već dugo očekuje



Dovršeni: Kaštijun, Mariščina, Biljane Donje, Bikarac

Vrste otpada

Otpad se kategorizira s obzirom na **mjesto nastanka** i **svojstva**

- Po **mjestu nastanka** razlikujemo: **komunalni otpad** i **proizvodni/tehnološki otpad**
- **Prema svojstvima** otpada razlikujemo **opasni, neopasni i inertni otpad**

Faze zbrinjavanje krutog otpada su :

1. **Nastajanje otpada** - generiranje otpada
2. **Skladištenje** (privremeno odlaganje), prikupljanje-transport, razdvajanje
3. **Recikliranje**
 - Materijalno recikliranje
 - Spaljivanje - energetski oporavak
4. **Odlaganje** - danas neprihvatljiv oblik zbrinjavanja (definicija otpada → otpad je izvor sirovina i energije)

Faze zbrinjavanja krutog otpada (solid waste, sw)

1. Nastajanje otpada

- generiranje

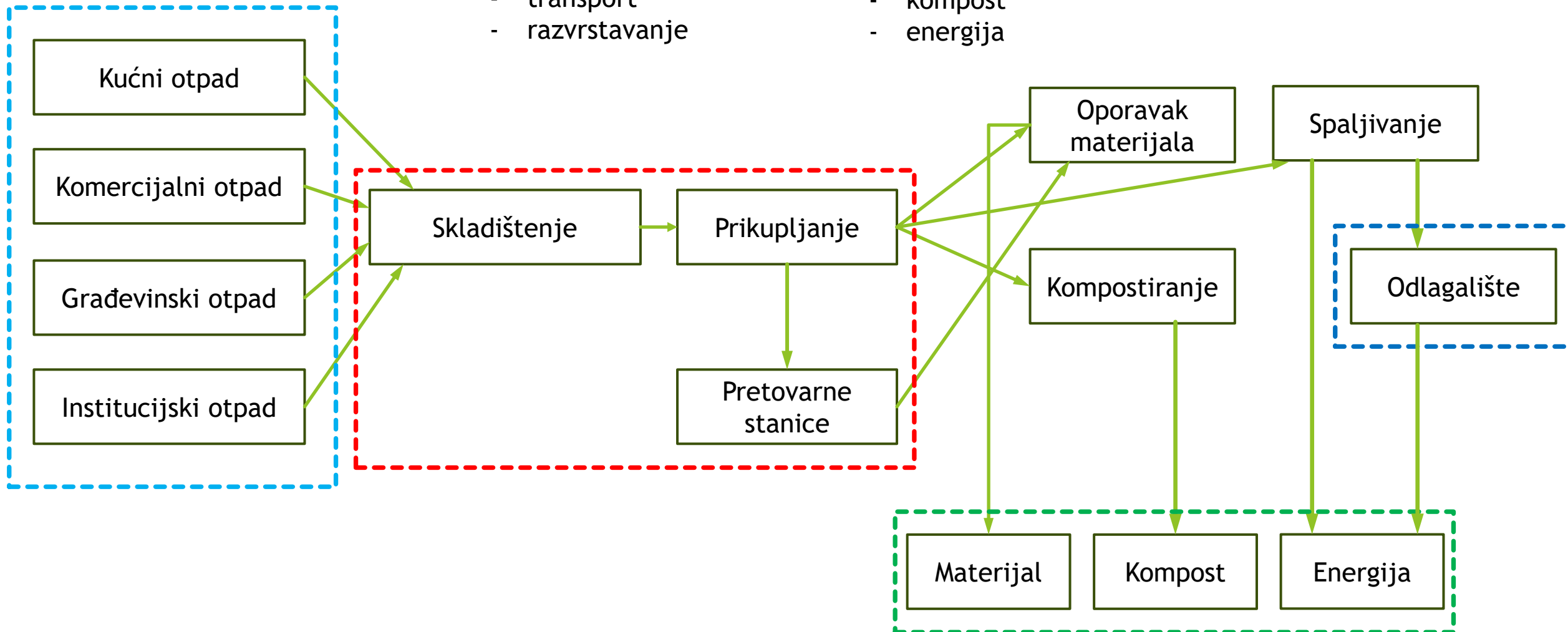
2. Skladištenje

- prikupljanje
- transport
- razvrstavanje

3. Recikliranje/oporavak

- materijal
- kompost
- energija

4. Odlaganje



KARAKTERIZACIJA KRUTOG OTPADA

Karakterizacija krutog otpada važna je za uspostavu sustava gospodarenja otpadom budući da karakterizacija daje uvid u količine i sastav otpada (materijala) na osnovi čega se donosi odluka o načinu zbrinjavanja; prikupljanja, recikliranje, spaljivanje, odlaganje

Kruti otpad karakterizira se;

- mjestu nastanka (ukazuje na vrstu otpada)
- količini otpada (kg/stan/god)
- vrsti i količini pojedinih materijala
- primjeni (ukazuje na vrstu otpada)
- energetske vrijednosti
- fizikalnim (gustoća, vlaga) svojstvima
- kemijskim (organski, anorganski, opasni) svojstvima

Karakterizacija krutog otpada

Prema mjestu nastanka

Izvor nastajanja (Mjesto nastanka)	Primjeri	Svojstva	Tipičan udio u MSW*
Domaćinstva	Stanovi, kuće, apartmani	Otpaci hrane, vrtni otpad, papir, plastika, staklo, metal, kućni opasni otpad	30 % - 50 %
Komercijalni	Dučani, restorani, moteli, male tvrtke i radionice	Isti otpad kao i gore navedeno uz dodatni specifični (i opasni) otpad za pojedinu djelatnost	30 % - 50 %
Institucionalni	Škole, bolnice, starački i studentski domovi, vojne baze	Isti otpad kao i gore, ali se razlikuje po sastavu	2 % - 5 %
Građevinski (gradnja, rušenje)	Gradnja i rušenje	Beton, metal, drvo, asfalt, dio opasnog otpada	5 % - 20 %
Komunalne usluge	Čišćenje ulica, parkova, plaža, pročišćavanje otpadnih voda, životinjski otpad	Otpad je različit od izvora do izvora nastajanja	1 % - 10 %
Industrija	Lagana i teška industrija, prerada hrane, proizvodnja energije, kemijska ind.	Otpad može biti relativno homogen, pepeo, pijesak, papir	Nije MSW
Poljoprivreda	Uzgoji i proizvodnja hrane na gospodarstvima	Pokvarena hrana, neiskorištena hrana, opasne kemikalije	Nije MSW
Rudarstvo	Iskopavanje ugljena, metala, bušenje nafte	Mogu nastati veće količine specijalnog otpada zahtijeva posebno zbrinjavanje	Nije MSW

*MSW = municipal solid waste (komunalni kruti otpad)

Količina komunalnog krutog otpada

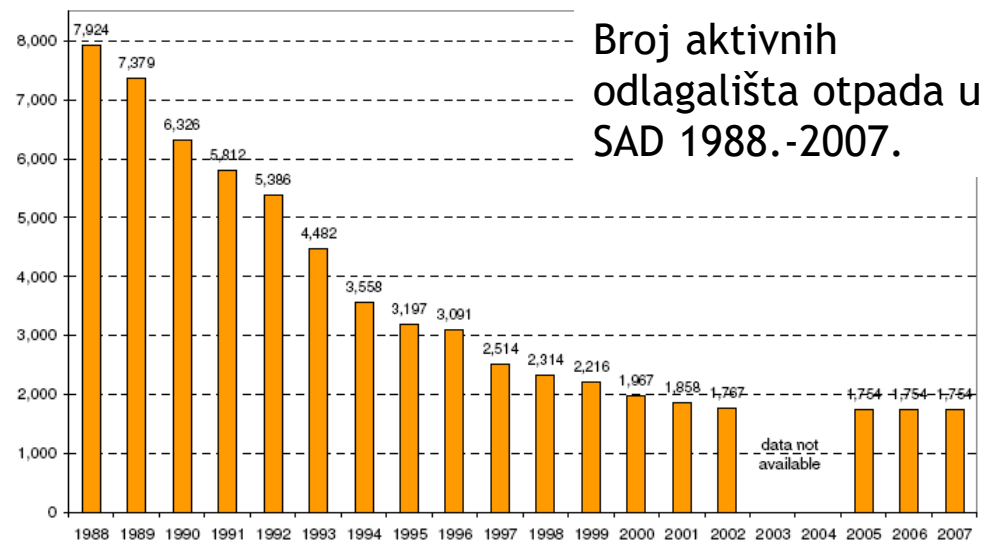
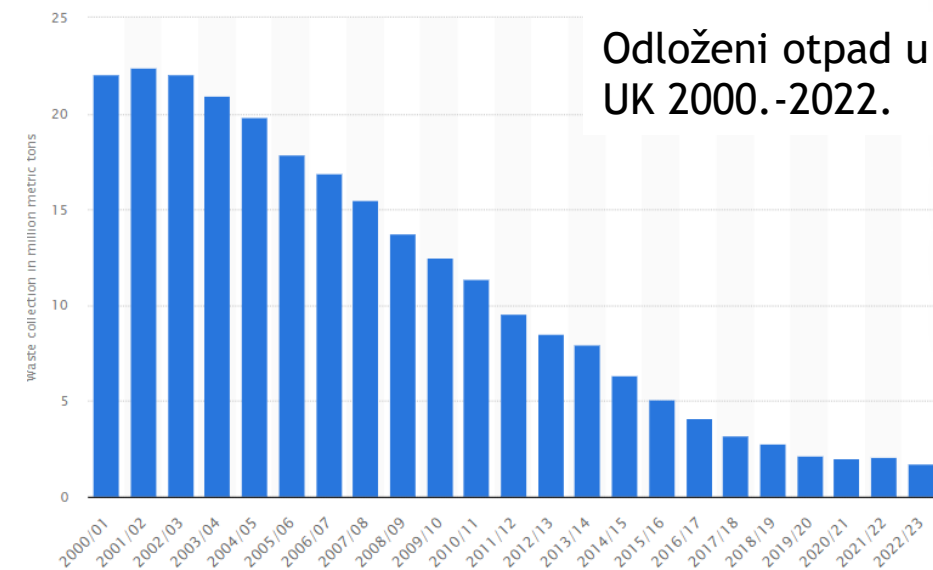
- U 40 godina količina MSW otpada značajno je rasla, a recikliranje se povećava od 1990. god.
- Danas količine otpada koje nastaju:
 - u zemljama u razvoju su otprilike od 75- 150 kg/stan/godini
 - u visoko razvijenim zemljama od 350- 800 kg/stan/godini

podaci o količini i načinu zbrinjavanja MSW od 1960. - 2020. g u SAD

	t / osoba / godina						
	1960.	1970.	1980.	1990.	2000.	2010.	2020.
Stvaranje Generiranje	0,44	0,54	0,61	0,75	0,77	0,78	0,81
Recikliranje	0,03	0,04	0,06	0,11	0,17	0,20	0,26
Kompostiranje	zanemarivo	zanemarivo	zanemarivo	0,01	0,05	0,07	0,08
Spaljivanje	0,00	0,00	0,01	0,11	0,11	0,10	0,15
Odlaganje	0,42	0,50	0,54	0,52	0,43	0,41	0,32

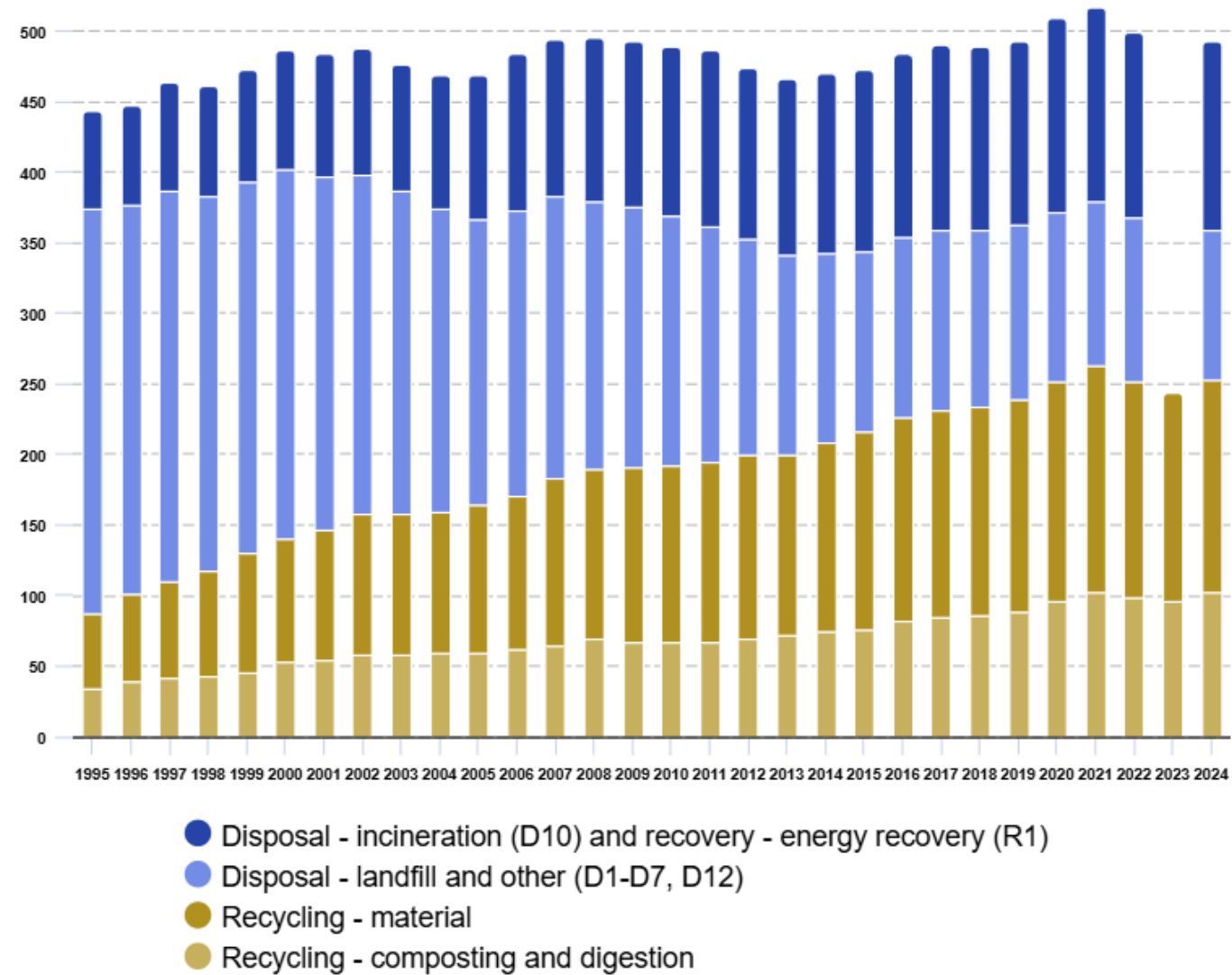
Zbrinjavanje komunalnog krutog otpada USA 1960.-2020.

	Postotak (%) ukupnog otpada na godinu						
	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Stvaranje	100	100	100	100	100	100	100
Recikliranje	6,4	6,6	9,6	14,2	22,1	24,5	26,3
Kompostiranje	zanemarivo	zanemarivo	zanemarivo	2,0	6,9	9,0	9,1
Ukupno-materijalni oporavak	6,4	6,6	9,6	16,2	29,0	33,5	35,4
Spaljivanje-energetski oporavak	-	0,3	1,8	14,5	14,1	14,1	16,0
Odlaganje	93,6	93,1	88,6	69,3	56,9	52,4	48,6



- Kod zbrinjavanja krutog otpada treba uzeti u obzir da se podatci mijenjaju, tj. generiranje (nastajanje) komunalnog krutog otpada mijenja se:
 - s godišnjim dobima (praznici-više otpada)
 - između gradova i sela (gustoća naseljenosti)
 - s prihodima i zaradom (razvijenost neke zemlje)
 - od zemlje do zemlje (organizacija sustava gospodarenja otpadom)
 - promjenom metodologije
- U državama EU zbrinjavanje spaljivanjem/energetskim oporavkom prisutno je u većem postotku, uz obavezno spaljivanje opasnog otpada
- Udio MSW koji se:
 - reciklira, kompostira (do 40 %)
 - spaljuje (do 60 %)
 - odlaže (do 5 %) smanjuje se udio, ovisi značajno o lokalnoj infrastrukturi

Gospodarenje komunalnim otpadom u EU 1995. do 2020.



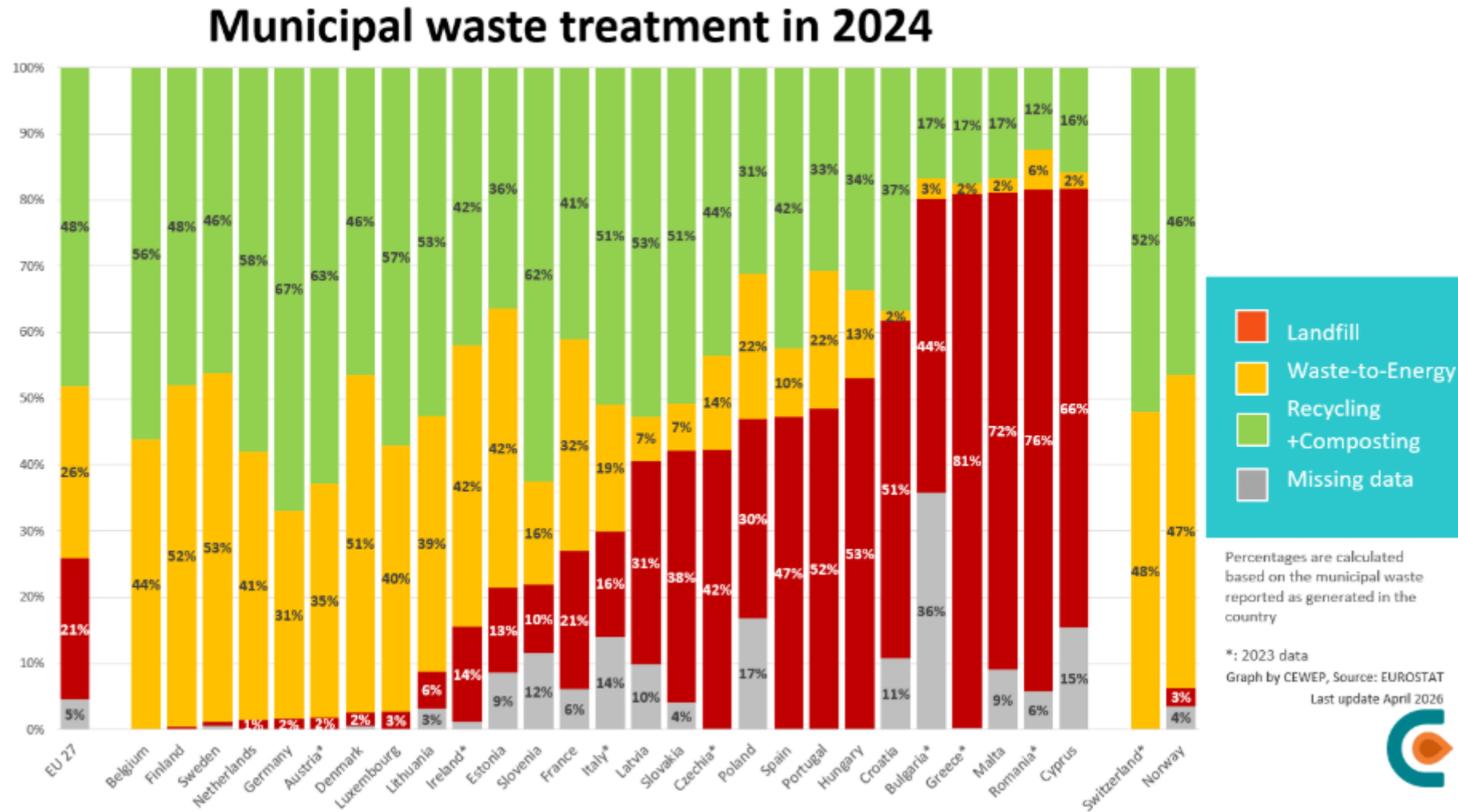
Gospodarenje komunalnim otpadom u EU 1995. do 2020.

Municipal waste treatment by type of treatment, EU-27, (kg per capita), 1995 - 2024

Municipal waste landfilled, incinerated, recycled and composted, EU, 1995-2024																															
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Change
	million tonnes																														2024/1995 (%)
Landfill	121	117	117	114	113	112	107	104	99	93	88	88	87	83	82	79	74	67	63	59	57	57	56	56	55	54	52	52	49	50	-59
Incineration	30	30	33	33	34	36	37	39	39	41	45	48	49	51	52	53	55	54	55	57	57	58	59	58	59	62	61	59	59	61	105
Material Recycling	23	26	30	32	37	38	40	43	43	43	46	47	52	53	54	55	56	58	56	59	63	65	65	66	67	69	71	68	66	67	189
Composting	14	16	17	18	19	23	23	24	24	26	26	27	28	30	30	29	29	30	31	33	33	36	37	38	39	43	45	44	43	45	215
Other	10	13	12	11	12	11	12	12	12	13	16	13	11	10	7	6	6	6	5	4	4	5	5	6	5	5	8	7	12	11	14
	kg per capita																														
Landfill	286	276	276	266	263	262	250	241	229	214	202	202	199	190	185	178	167	153	142	134	127	128	127	125	124	120	117	116	110	110	-62
Incineration	70	71	77	78	79	84	87	90	90	95	103	111	112	116	117	120	125	122	125	128	129	130	132	131	131	138	138	132	132	135	93
Material Recycling	54	62	69	75	85	87	92	100	100	100	105	109	119	120	123	125	128	130	128	134	141	145	147	148	150	155	160	153	148	148	172
Composting	33	38	41	42	45	53	54	57	57	59	59	61	64	69	67	66	66	69	71	74	75	81	84	85	88	96	102	98	96	99	197
Other	23	31	28	27	28	27	27	27	28	31	37	30	24	23	17	13	13	13	12	9	9	10	10	13	12	12	17	15	26	25	7

Note: estimated by Eurostat.
Source: Eurostat (online data code: env_wasmun)

Gospodarenje komunalnim otpadom u zemljama EU (2020.)

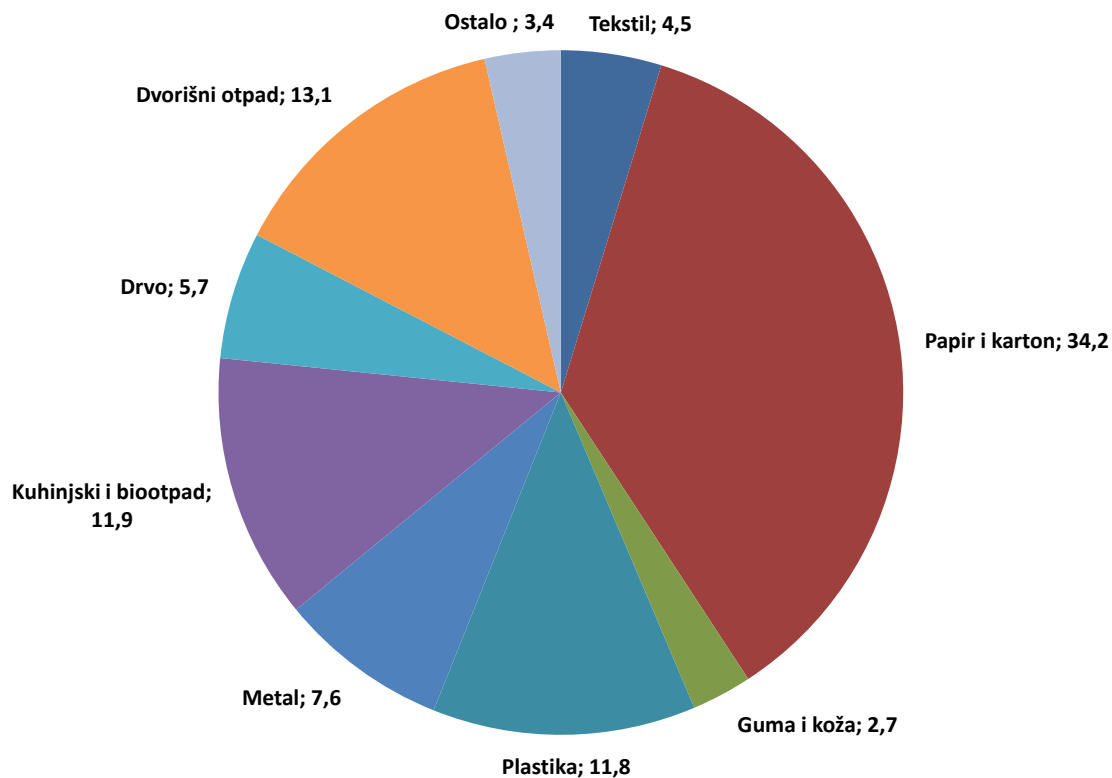


Karakterizacija krutog otpada

Materijali u komunalnom krutom otpadu (msw)

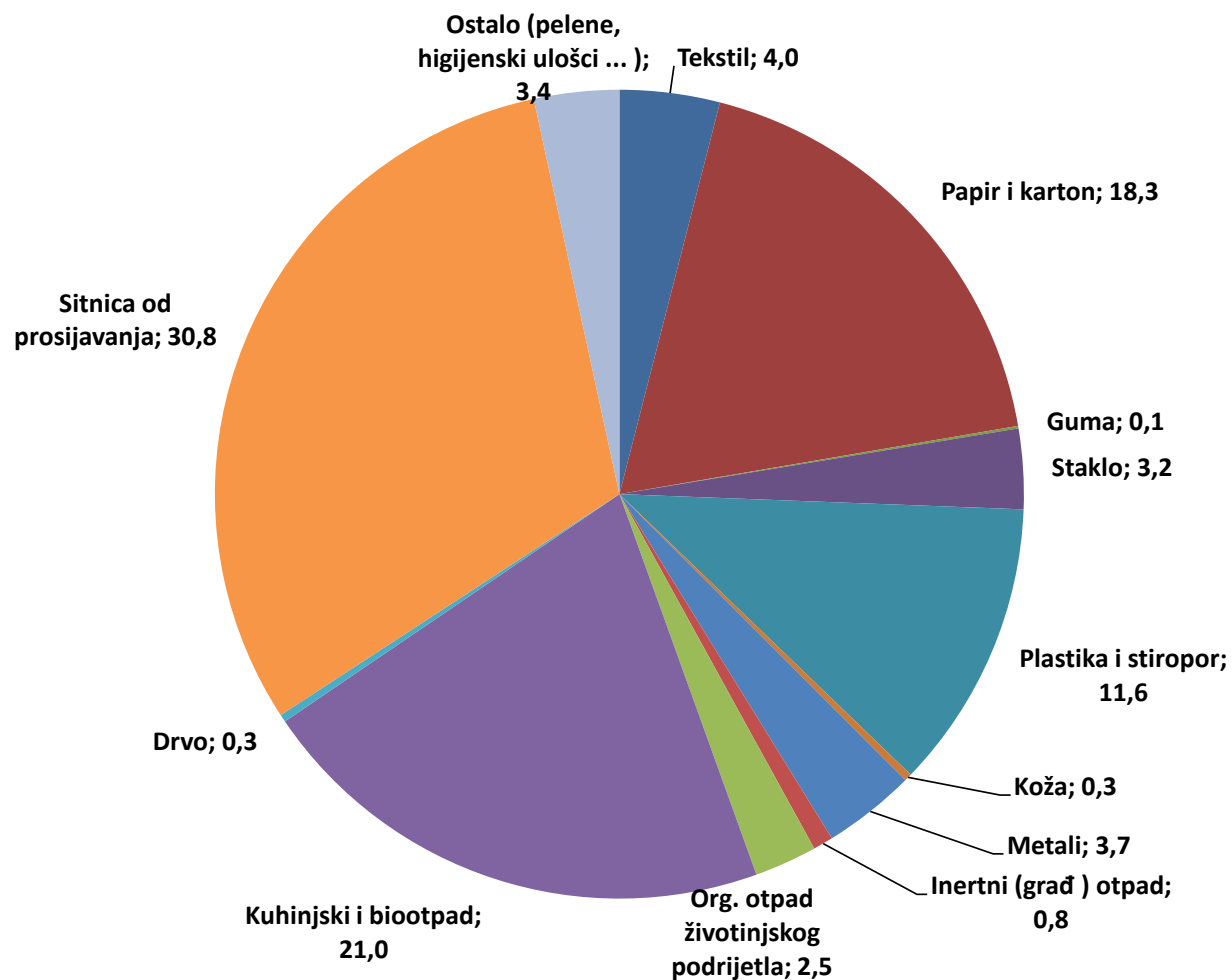
- Ukupni sastav komunalnog krutog otpada procjenjuje se s obzirom na udio različitih materijala. Pregled i udio materijala u MSW ukazuje koji se materijali mogu kompostirati, koji reciklirati, a koje je moguće energetske oporaviti

Postotak različitih materijala (mas %) u MSW u SAD, 2022



Karakterizacija krutog otpada

Materijali u komunalnom otpadu u Zagrebu 2017.



Izvor: Određivanje morfološkog sastava otpada na odlagalištu otpada Jakuševac, 2017. godina, ECOINA d.o.o., 2018.

Karakterizacija krutog otpada

- U razdoblju od 28. do 30. 12. 2017. izdvojen je otpad iz četiri (4) kamiona za prikupljanje i odvoz komunalnog otpada. Kamioni su prikupljali komunalni otpad na različitim lokacijama u gradu Zagrebu (centar grada, širi centar, gradski prsten te rubni dio grada). Otpad iz svakog kamiona je postupkom četvrtanja sveden na reprezentativni uzorak koji je analiziran
- Nakon uzorkovanja utvrđivao se sastava otpada, tako da se otpad hvataljkama i grabljama razdvajao po pojedinoj komponenti otpada
- Vizualno se odvajala frakcija veća od 100 mm po pojedinoj komponenti otpada te se tako izdvojena frakcija vagala
- Preostali dio nerazvrstanog komunalnog otpada frakcije manje od 100 mm se u sito-bubnju dodatno razvrstavao na frakciju od 0 do 40 mm i na frakciju 40 do 100 mm
- Izdvojena frakcija od 40 do 100 mm razvrstavala se po pojedinoj komponenti komunalnog otpada koje se vagao
- Od frakcija od 0 do 40 mm (sitnica) se izdvajao reprezentativan uzorak na kojem je određen sastav frakcije od 0 do 40 mm u mjeri u kojoj je bilo moguće raspoznati njene pojedine sastavnice (Neodređeno 28%, Kuhinjski i biootpad 27%, Papir i karton 18%,...)

Odvojeno prikupljanje komunalnog otpada (msw)

- Staklo*
 - Moguće je i dodatno razdvajanje po boji (svijetlo/tamno)
- Papir
- Metal
- Tekstil
- Plastika (može biti miješa s metalom)
- Biootpad
- Ostatak - otpad koji ne pripada ni u jednu navedenu kategoriju materijala
 - *Dodatno sortiranje*
 - Odlaganje
 - Spaljivanje

*Ne prozorska stakla, automobilska, kristalna i optička, armirana, laboratorijska, staklena vuna, žarulje i fluorescentne svjetiljke, porculanski i keramički predmeti

- Može se organizirati i dodatna izdvajanja
 - npr. stiropor posude za pakiranje mesa koje se odlažu u trgovinama
 - boce od šampona (PE plastika)
- Moguće je posebno naplaćivati vrećice za ostatak otpada tako da se stimulira razdvajanje (primjer grada Zagreba)
- Prati ambalažu prije odlaganja? Nije potrebno jer prije recikliranja ide na pranje
- Poželjno ju je u potpunosti razdvojiti (metalni čepove i poklopci,...)

Karakterizacija krutog otpada

- Proizvodnja krutog otpada:
 - u zemljama u razvoju je otprilike 75-150 kg/osobi/godini
 - u visoko razvijenim zemljama 350-800 kg/osobi/godini
- Sastav otpada razlikuje se u različitim dijelovima svijeta, a razlike su vezane uz razvijenost neke zemlje
- Manje razvijene zemlje
 - više organskog
 - manje proizvodnih materijala: papira, metala, stakla
- Bogata kućanstva proizvode
 - više otpada od ambalažnih materijala
- Siromašna kućanstva proizvode
 - više organskog otpada od pripreme svježeg hrane



Karakterizacija krutog otpada

Udio pojedinih materijala u krutom komunalnom otpadu nekih zemalja, 2017-2022.

Zemlja	Otpadci hrane	Papir	Metal	Staklo	Plastika	Tekstil	Keramika, kamen
Bangladeš	68,3	10,7	2,0	0,7	4,3	2,2	-
Malezija	61,5	16,5	0,3	1,2	15,3	1,9	0,4
Kina	67,3	8,8	0,7	5,2	13,5	4,5	-
Japan	34,0	33,0	3,0	5,0	13,0	12,0	0
USA	13,9	28,5	9,0	4,6	12,4	8,4	19,8
Njemačka	21,0	31,0	5,0	16,0	10,0	17,0	0

Udio pojedinih materijala u krutom komunalnom otpadu prema razvijenosti zemlje (prema BDP), 2015.

Prihod	Organski (%)	Papir (%)	Plastika (%)	Staklo (%)	Metal (%)	Ostalo (%)
Niski	64	5	8	3	3	17
Niži srednji	59	9	12	3	2	15
Viši srednji	54	14	11	5	3	13
Visoki	28	31	11	7	6	17

Rast prihoda

Karakterizacija krutog otpada

- Karakterizacija komunalnog krutog otpada (MSW) je otežana zato jer je kruti otpad različit:
 - po sastavu i kvaliteti
 - po regijama
 - po godišnjem dobu (ljetu, zima)
 - stoga se uvijek **procjenjuje** na razini godine i s određenom **pogreškom**
- Precizni podaci procjene sastava i udjela MSW omogućuju kvalitetnije zbrinjavanje što bitno utječe na poslovanje (tvrtke za zbrinjavanje otpada), dok neprecizne procjene uzrokuju skupo zbrinjavanje
- Utječe na donošenje **odluka** o:
 - načinu **zbrinjavanja**
 - izgradnji **infrastrukture**

Karakterizacija krutog otpada

Tri standardizirane metode za karakterizaciju krutog otpada

1. Literaturni pregled

- Metoda se bazira na prijašnjim, ranije prikupljenim podacima o svojstvima krutog otpada
- Ograničenja ove metode su:
 - opis prikupljenih podataka nije dovoljno detaljan (ne zna se točno što sve uključuje)
 - kruti otpad mijenja se s vremenom (iz godine u godinu) po sastavu i udjelu
 - ne zna se koja je pouzdanost prikupljenih podataka
 - većini starih podataka nedostaje ukupna procjena otpada i postotak sastava

Karakterizacija krutog otpada

Tri standardizirane metode za karakterizaciju krutog otpada

2. Analiza ulaz-izlaz

- Metoda se bazira na podacima o **potrošnji materijala** i procjenjuje se nastajanje otpada
- Na taj način su procijenjeni podaci za SAD, 2022 (slajd 22)
- Nedostaci ove metode su:
 - moraju se znati točni podaci o uvozu i izvozu materijala
 - pretpostavlja se da nisu svi materijali prerađeni (skladišteni su)
 - neki materijali nemaju ekonomsko porijeklo, kao otpad iz dvorišta (trava, lišće)

Karakterizacija krutog otpada

Tri standardizirane metode za karakterizaciju krutog otpada

3. Istraživanje uzorkovanjem

- Ova analiza se bazira na prikupljanju podataka iz sadašnjeg vremena i na statističkoj metodi procjene prosječne vrijednosti i odstupanja
- Mnoge lokacije zahtijevaju periodična istraživanja
- Nedostatak ove metode je veliki broj varijabli (različite vrste otpada) što znači da treba provesti analizu za puno uzoraka što znatno poskupljuje metodu
- Veliki broj varijabli može značiti da se one mijenjaju od sezone do sezone pa je potrebno provesti sezonska istraživanja tako da se na kraju mora procijeniti cijela godina, te mogu proći i dvije da se upotrijebe prikupljeni podaci
- Nepouzdanost svake procjene podataka raste kako pada postotak udjela nekog otpada (materijala), tj. što je udio otpada manji to je veća pogreška procjene

Karakterizacija krutog otpada

Fizikalna i kemijska svojstva krutog otpada

- Odabir postupka **zbrinjavanja** komunalnog otpada ovisi o **kemijskim i fizikalnim** svojstvima otpada
- Podaci o količini i brzini nastajanja otpada izražavaju se u jedinicama mase (masa/stanovnik/godina)
- Ne izražava se po volumenu jer on zbog gustoće otpada može znatno varirati s vremenom ovisno od otpada do otpada
- **Fizikalna svojstva MSW - gustoća, vlaga**
- **Procjena gustoće** je vrlo važna da bi se mogao procijeniti potreban prostor koji će zauzimati otpad tijekom različitih faza zbrinjavanja (**skupljanja, transporta, odlaganja**)
- Gustoća se znatno mijenja zbijanjem, npr. znatno se razlikuje gustoća otpada u kamionu za odvoz smeća od one na odlagalištu te od gustoće nakon baliranja nakon uporabe materijala

Procjena gustoće komunalnog otpada značajno za ocjenu pojedinih postupaka zbrinjavanja

	Gustoća (kg/m ³)		Gustoća (kg/m ³)
<i>Miješani MSW</i>		Plastične kante	32-48
Slobodan	90-180	Necelulozni papir	48-64
Slobodan (zemlje u razvoju)	250-600	Novine	80-110
Zbijen u kamionu prikolici	300-420	Vrtni otpad	64-80
Nakon ispuštanja iz kamiona- prikolice	210-240	Guma	210-260
Na odlagalištu (u početku)	480-770	Staklene boce	190-300
Na odlagalištu (preopterećeno)	700-1.100	Otpadci hrane	350-400
Smljeven	120-240	Limene konzerve	64-80
Baliran	480-710	<i>Oporabljeni materijal</i>	
<i>Oporabljeni materijali (slobodan)</i>		Balirane Al konzerve	190-290
Praškast otpad od dobivanja goriva	420-440	Željezo	1.040-1.500
Zgušćen otpad od dobivanja goriva	480-640	Balirani karton	350-510
Aluminijski otpad	220-260	Balirane novine	370-530
Željezni otpad	370-420	Balirani kvalitetni papir	320-460
Karton	16-32	Balirane PET boce	210-300
Aluminijske konzerve	32-48	Balirana HDPE plastika	270-380

Sadržaj vlage krutog otpada

- Različiti kruti otpad sadrži različit udio vlage, podaci se prikupljaju prema vlažnom otpadu
- Sadržaj vlage otpada određuje se prema jednadžbi:

$$\text{Sadržaj vlage, (\%)} = \frac{\text{masa vlage}}{\text{ukupna masa otpada}} \times 100$$

$$\text{Sadržaj suhe tvari, (\%)} = \text{ukupna masa otpada} \times \frac{100 - \text{sadržaj vlage (\%)}}{100}$$

PRIMJER:

- Analiza udjela i sastava krutog MSW napravljena je na osnovi godišnje količine nastalog otpada koja je **700 kg/osobi/god**
- Procijenjeno je da je od toga 20 % otpada od hrane u ukupnom **vlažnom** otpadu, proizlazi da nastaje 140 kg/osobi/god otpada od hrane
- Ova studija nije mjerila sadržaj vlage u otpadu
- Vлага se mijenja recimo ako je MSW skupljena tijekom suhog ili tijekom vlažnog vremena

	Postotak ukupne mase (%)	Niski sadržaj vlage (%)	Uobičajeni sadržaj vlage (%)
Otpaci hrane	20	50	70
Papir	30	3	10
Dvorišni otpad	30	20	60
Ostali otpad	20	2	5

Procjena sadržaja vlage u
MSW, 700 kg/osobi/god

Analiza udjela i sastava krutog MSW na osnovi godišnje količine nastalog otpada od 700 kg/osobi/god

	Uzorak ukupno nastalog otpada (kg/osobi/ god)	Pretpostavljena niska količina vlage (%)	Nastajanje suhe tvari (kg/osobi/ god)	Uobičajeni količina vlage (%)	Uobičajena količina otpada (Kg/osobi/god)
Otpaci hrane	140	50	70	70	233,3
Papir	210	3	203,7	10	226,3
Dvorišni otp.	210	20	168	60	420,0
Ostali otpad	140	2	137,2	5	144,4
Ukupno	700		578,9		1 024,1

$$\text{Ukupna masa otpada} = \frac{\text{suha tvar}}{\frac{100 - \text{sadržaj vlage (\%)}}{100}}$$

- Suha masa MSW otpada je osnova za procjenu njegove energetske vrijednosti
- U sljedećoj tablici se nalaze tipične vrijednosti sadržaja vlage u pojedinim vrstama otpada, njegova energetska vrijednost (vlažnog i nakon sušenja) te osnovne kemijske komponente (svojstva)

Uobičajena fizikalna/kemijska svojstva MSW

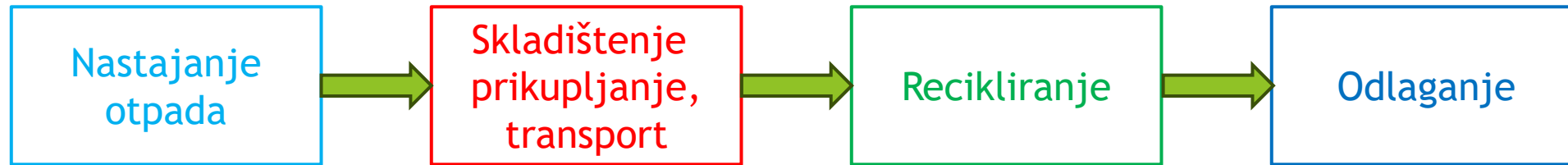
	Vlaga, %	Energ.vrij. otpada, MJ/kg	Energ. vrijedn. nakon sušenja, MJ/kg	Ugljik, % po suhoj masi C	Vodik, % po suhoj masi H2	Kisik, % po suhoj masi O2	Dušik, % po suhoj masi N2	Sumpor, %, po suhoj masi S	Pepeo, (punila) % po suhoj masi
Otpadci hrane	70	4,2	13,9	48	6,4	37,6	2,6	0,4	5
Časopisi (<i>magazini</i>)	4,1	12,2	12,7	32,9	5	38,6	0,1	0,1	23,3
Papir (<i>miješani</i>)	10	15,8	17,6	43,4	5,8	44,3	0,3	0,2	6
Plastika (<i>miješana</i>)	0,2	32,7	33,4	60	7,2	22,8	<0,1	<0,1	10
Tekstil	10	18,5	20,5	48	6,4	40	2,2	0,2	3,2
Guma	1,2	25,3	25,6	69,7	8,7	<0,1	<0,1	1,6	20
Koža	10	17,4	18,7	60	8	11,6	10	0,4	10
Dvorišni otpad	60	6,0	15,1	46	6	38	3,4	0,3	6,3
Drvo (<i>miješano</i>)	20	15,4	19,3	49,6	6	42,7	0,2	<0,1	1,5
Staklo	2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,4	<0,1	<0,1	99
Metali	4	0,6	0,7	4,5	0,6	4,3	<0,1	<0,1	90,6

Kemijska svojstva MSW - kemijski sastav

- Visoki sadržaj C, O i H ukazuje da je otpad organskog porijekla - ova vrsta otpada može se kompostirati ili energetske oporaviti
- Visok sadržaj pepela, mineralna punila, ukazuje da je otpad anorganskog porijekla, može se reciklirati; sekundarna sirovina (metali, građevni materijali...)
- Za donošenje **odluka** o:
 - načinu **zbrinjavanja** i
 - izgradnji **infrastrukture**
- **Moramo znati:**
 - ukupne količine otpada MSW
 - vrste i količine (udio) pojedinih materijala u MSW
 - fizikalna i kemijska svojstva MSW
 - energetske vrijednost materijala
- Npr. ovisno o vrsti materijala (otpaci hrane, plastika) obje vrste otpada su organskog porijekla, ali će se različito zbrinuti

- Ukoliko se MSW planira zbrinuti energetski neophodno je provesti procjenu njegove energetske vrijednosti - prema kemijskom sastavu
- Prvo i neophodno je saznanje o sastavu KO koje su to energetski visoko vrijedne komponente MSW (plastika i papir)
- Dok otpadci hrane i dvorišni otpad sadrže visoki postotak vlage smanjuje se njihova energija prilikom spaljivanja
- Vлага MSW znatno se mijenja prema podneblju (npr. na moru i kontinentu RH) zatim sa godišnjim dobom npr. u ljeti i u jesen dvorišni otpad (vrt, parkovi) znatno će se razlikovati po vlažnosti, koji u jesen može iznositi i 80% više
- Npr. lišće se skuplja u jesen i ukoliko je suho, sadržaj vlage mu je ispod 20 %
- Zato se **procjena metoda zbrinjavanja otpada** preporuča raditi na osnovi procjene mase suhog otpada

Koncept organizacije zbrinjavanja (upravljanja) krutog otpada



Skladištenje, prikupljanje, transport (SPT)

- Faza SPT zbrinjavanja MSW prosječno **košta 40 - 80 % ukupne cijene**. Kad se organizira sustav skladištenja i transporta treba voditi računa o slijedećim pitanjima;
 1. Koji otpad treba prikupljati na mjestu nastanka, a koji otpad treba transportirati do postrojenja za zbrinjavanje onaj tko ga generira?
 2. Do koje mjere generator otpada treba skupljeni otpad razdvajati u zasebne tokove?
 3. Treba li otpad direktno transportirati na mjesto zbrinjavanja ili ga kamioni odvozi prvo na predobradu?

- Ta pitanja ne mogu se razmatrati odvojeno
- Npr. može se razmatrati da li da se papir skuplja od kuće do kuće ili se papir ostavlja u reciklažom dvorištu
- Ukoliko se papir skuplja po sistemu od kuće do kuće tada kućanstva odlažu papir u kontejnere i postavlja se pitanje treba li kamion prikupljati samo papir ili prikupljati sve materijale za recikliranje ili skupljati sav otpad zajedno
- Ukoliko dolazi kamion samo za papir onda ih odvozi direktno na mjesto recikliranja, ukoliko prikuplja sve zajedno onda kamion odvozi smeće na razdvajanje i nakon toga se prevozi na mjesto recikliranja
- Da li će kamion prikupljati odvojeno papir ili zajedno s nekim drugim otpadom (metalom, plastikom) ovisi i o gustoći naseljenosti, tj. o količini otpada
- Rješenje koje se donosi za fazu skladištenje, prikupljanje-transport mora biti ekonomski isplativo

- Kućni komunalni otpad (MSW) uobičajeno je prikupljati po metodi kontejnera (otok kontejnera)
- Od stanovništva se traži razdvajanje otpada po tipu;
 - za recikliranje
 - organski otpad
 - ostali otpad upotrebom različitih kontejnera ili vrećica
- Prikupljanje - odvoz MSW-a obavlja jedan ili više kamiona, koji imaju po jednog ili više radnika (ovisno o veličini kontejnera, kanti i mehanizmu kamiona)
- Cijena skupljanja MSW raste;
 - s brojem mjesta prikupljanja (zaustavljanja)
 - s brojem radnika
 - s brojem kamiona

Cijena skupljanja MSW raste

- s brojem mjesta prikupljanja (zaustavljanja)
- s brojem radnika
- s brojem kamiona

<https://www.youtube.com/watch?v=2F5BewtkloY>



2 kamiona
6 radnika

Skladištenje (odlaganje) - skupljanje MSW

- **Mjesto za izdvojeno skupljanje (Drop-off station)**
skupljaju se materijali koji se mogu reciklirati
- Ovaj način skupljanja (Drop-off) ukupnog komunalnog otpada (MSW) naročito je pogodan za
 - naselja gdje nema skupljanja po principu od kuće do kuće
 - u turističkim zonama
 - starijem dijelu grada (nema dovoljno prostora)



Kontejneri su smješteni u zemlji
(moguć veći volumen) - suvremeniji zatvoreni
sustavi



Kante za odvojeno skupljanje
reciklabilnih materijala

Skladištenje (odlaganje) - skupljanje MSW



Sejong (ROK) - 30 km
Meka (SA) - 31 km (270 t/dan)
Amsterdam - 4 km (15 t/dan)
Finska, Danska, Norveška, Kina,...

The MetroTaifun® System - kompaktiranje otpada i skladištenje u podzemni spremnik putem cjevovoda

Skladištenje (odlaganje) - skupljanje MSW

Skladištenje u **pretovarnim stanicama** ili **reciklažnim centrima**

- U **velikim gradovima**, za prikupljanje otpada koji nije uključen u princip „od kuće do kuće” (kućni opasni otpad, okviri prozora i vrata, madraci, elektronički otpad,...)
- **Prije odvoženja u regionalne centre** za obradu otpada (niska gustoća naseljenosti)
- Kada se otpad priprema za transport u kontejnerima za **brodove ili vlakove**. Takav transport na **vrlo velike udaljenosti** je mnogo **jeftiniji** nego transport kamionima
- Betonska podloga, zaštita od atmosferilija, sustavi za gašenje požara



Transport- različiti kamioni za prikupljanje MSW

- Kamioni za odvoz MSW prilagođavaju se sve više da dijelom obrađuju otpad (homogeniziraju, zbijaju otpad), a manje samo za njegov prijevoz

Pravilnik o gospodarenju otpadom:

- Otpad se mora prikupljati vozilom koje je opremljeno s opremom koja onemogućava rasipanje, prolijevanje, odnosno ispuštanje otpada te širenje prašine i neugodnih mirisa
- Vozilo kojim se obavlja prikupljanje otpada može biti opremljeno opremom kojom se smanjuje volumen otpada pri čemu se ne mijenja masa i vrsta otpada

Transport- različiti kamioni za prikupljanje MSW

Kamion s utovarom na prednjem kraju



obično se koriste za
prikupljanje
komercijalnog otpada



Kamion s
utovarom na
stražnjem kraju

Transport- različiti kamioni za prikupljanje MSW

Kamion s bočnim utovarom



Neovisno o izvedbi svi moderni kamioni imaju različite hidrauličke principe zbijanja otpada, a mogu biti opremljeni s jedim ili više odjeljkom (omogućuje prikupljanje više vrsta otpadnih materijala)



Kamion za
krupni otpad



Kamion za
usisavanje otpada
iz podzemnih
spremnika

Transport- različiti kamioni za prikupljanje MSW

Ručni utovar



Polu-automatski utovar



Automatski utovar



