

## **Izračun primarnoga sredstva za gašenje kod požara na odlagalištu za neopasan otpad Totovec**

### ***Calculation of primary fire extinguishing agent in case of fire at non-hazardous waste landfill Totovec***

<sup>1</sup>Luka Meglić, <sup>2</sup>Robert Meglić

<sup>1,2</sup>Javna vatrogasna postrojba Čakovec, Ulica Stjepana Radića 5, 40000 Čakovec, Hrvatska

e-mail: <sup>1</sup>luka029@gmail.com, <sup>2</sup>meggy93@gmail.com

**Sažetak:** *Požari na odlagalištima najviše su zastupljeni u proljetnim i ljetnim mjesecima, kada je najveća šansa za samozapaljenje. Oni ne uključuju samo otpad, već i vozila, konstrukcije, okolno grmlje i travu. Sredinom 2019. godine bili smo svjedoci enormnoga požara koji je zahvatio bale otpada na odlagalištu za neopasan otpad Totovec, čiji su produkti sagorijevanja bili vidljivi s pedesetak kilometara zračne udaljenosti. Takve intervencije zahtijevaju hitnu mobilizaciju svih vatrogasnih snaga u vidu ljudstva i tehnike ne bi li se požar stavio pod kontrolu. Po završetku akcije gašenja nužno je izvršiti iscrpnu analizu takve intervencije s odgovarajućim proračunom korištenih sredstava za gašenje.*

**Ključne riječi:** *odlagalište, požar, voda, izračun*

**Abstract:** *Landfill fires are most prevalent in the spring and summer months, when there is the greatest chance of self-ignition. They include not only waste, but also vehicles, structures and surrounding bushes and grass. At the end of 2019, we witnessed an enormous fire that engulfed bales of waste at the Totovec non-hazardous waste landfill, whose combustion products were visible from fifty kilometers of air distance. Such interventions require the urgent immobilization of all fire forces in the form of manpower and equipment in order to bring the fire under control. Upon completion of the extinguishing action, it is necessary to perform a*

*comprehensive analysis of such interventions with an adequate calculation of the extinguishing means used.*

**Key words:** *landfill, fire, water, calculation*

## **1. Uvod**

Odlagalište za neopasni otpad Totovec nalazi se oko 5 km južno od grada Čakovca, izvan urbanističkoga dijela grada. U upotrebi je od 1974. godine te ima kapacitet od 500.000 tona. Odlaze se komunalni i neopasni otpad s područja grada Čakovca te većega dijela Međimurske županije. Odlagalište na kojem se godišnje prosječno odloži 20.000 t otpada ujedno je i od 2001. godine pod postupkom sanacije. Od 2016. godine u sustav odlagališta, u rad je pušteno i reciklažno dvorište. [1]

Površina odlagališta otpada iznosi 46.000 m<sup>2</sup> i ono se sastoji od: ulazno-izlazne zone, plohe za odlaganje otpada, prekriveni brtveni sustav, sustava za prikupljanje i obradu procijeđenih voda, sustav za odvodnju oborinskih voda, sabirne jame fekalnih voda, sustava za otplinjavanje, obodne ceste, hidrantske mreže i reciklažnoga dvorišta. [2]

## **2. Požari na odlagalištima otpada**

Odlagališta otpada sama po sebi su kontroverzna. Mještani koji žive u neposrednoj blizini jednoga takvoga odlagališta otpada imaju tendenciju da ne podržavaju gradnju i razvoj odlagališta otpada u njihovim susjedstvima zbog percepcije štetnih isparenja, učinaka na zdravlje i okoliš.

Požari koji se javljaju na odlagalištima stalan su i složen problem koji postoji desetljećima. Iako su relativno rijetki, oni prijete okolišu kroz razne toksične i onečišćujuće tvari koje se emitiraju u zrak, vodu i tlo. Različita dinamika, karakteristike i propisi odlagališta otpada i požara koji se na njima događaju sugeriraju da taktiku gašenja treba odrediti od slučaja do slučaja, ovisno o materijalu zakopanom na odlagalištu otpada, dubini vatre, izvoru paljenja te reakciji na požar<sup>1</sup>. Glavne metode za sprečavanje požara na odlagalištima uključuju učinkovito upravljanje odlagalištima i odgovarajuće otkrivanje i prikupljanje plinova metana.

---

<sup>1</sup> Prema Zakonu o zaštiti od požara (NN 92/10) reakcija na požar je doprinos materijala razvoju požara usljed vlastite razgradnje do koje dolazi izlaganjem toga materijala određenim ispitnim uvjetima. [3]

Požari na odlagalištima posebno su izazovni za vatrogasnu službu. Veliki požar na odlagalištu otpada obično zahtijeva brojno osoblje i znatnu količinu vremena za obuzdavanje. Obje ove okolnosti mogu otežati nadležnost, posebno onu koja ovisi o volonterskom osoblju odnosno dobrovoljnom vatrogascu<sup>2</sup>.

Ovisno o vrsti i mjestu požara, za njegovo gašenje može biti potrebno specijalizirano osoblje i oprema koja možda neće biti odmah dostupna. Na primjer, požari koji uključuju opasne materijale zahtijevaju posebno obučeno osoblje koje je opremljeno specijaliziranom zaštitnom opremom. Podzemni požari općenito zahtijevaju upotrebu teške opreme (buldožeri, bageri itd.) za kopanje.

### **3. Karakteristike požara na odlagalištima otpada**

Požari na odlagalištima potpadaju u jednu od dvije kategorije, površinske i podzemne požare. Površinski požari uključuju nedavno zakopani ili nekompaktni otpad, smješten ili blizu površine odlagališta u aerobnom sloju razgradnje. Ovakvi požari se mogu pojačati odlagališnim plinom (metan), što može uzrokovati širenje požara po odlagalištu otpada.

Površinski požari, općenito, gore na relativno niskim temperaturama, međutim kada sagorijevaju materijali poput guma ili plastike, temperatura u zoni gorenja može biti prilično visoka. Požari na višim temperaturama mogu prouzročiti razgradnju hlapljivih spojeva koji emitiraju gusti crni dim. Površinski požari klasificirani su kao slučajni ili namjerni.

Podzemni požari na odlagalištima otpadaju duboko ispod odlagališta otpada i kao takve ih je uglavnom teže ugasiti od površinskih požara. Podzemni požari također mogu stvoriti velike praznine na odlagalištu otpada, što može prouzročiti urušavanje površine odlagališta otpada. Nadalje, oni proizvode zapaljive i otrovne plinove (poput ugljičnog monoksida) i mogu oštetiti obloge za zadržavanje procijednih voda i sustava za prikupljanje odlagališnog plina.

Najčešći uzrok požara na podzemnom odlagalištu otpada je povećanje sadržaja kisika na odlagalištu otpada, što povećava bakterijsku aktivnost i povišuje temperature (aerobno raspadanje). Ta takozvana "žarišta" mogu doći u kontakt s džepovima plina metana i tako

---

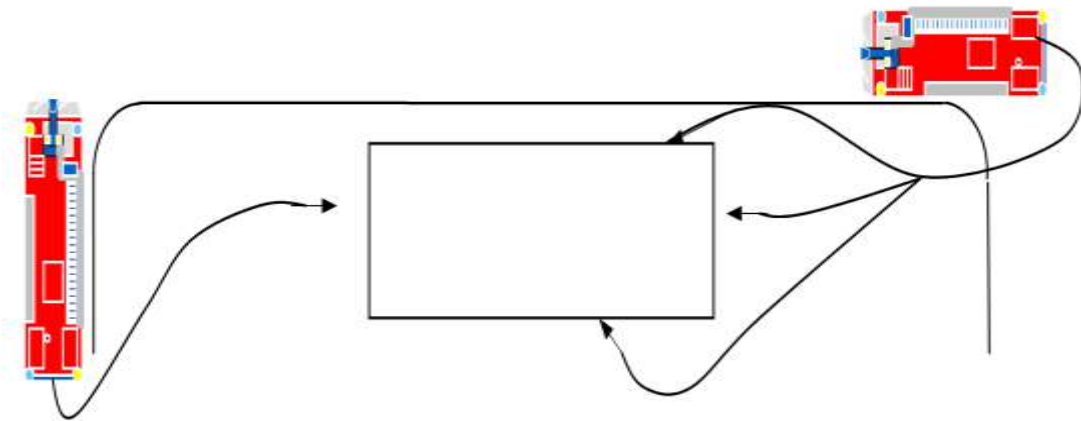
<sup>2</sup> Dobrovoljni vatrogasac je osposobljeni punoljetni član vatrogasne postrojbe dobrovoljnoga vatrogasnoga društva, koji udovoljava uvjetima Zakona o vatrogastvu (NN 125/19) i propisa donesenih na temelju njega za obavljanje poslova dobrovoljnoga vatrogasca. [4]

rezultirati nastajanje požara. Posebno zabrinjavaju dugotinjajući podzemni požari i činjenica koja im je sklona da tinjaju tjednima do mjesecima.

#### 4. Požar na odlagalištu za neopasan otpad Totovec

U subotu 25. rujna 2019. godine u 16:45 izbio je požar na odlagalištu otpada Totovec, na kosini gornje I. i donje IV. plohe. Požar je od samoga početka poprimio vrlo jak intenzitet te se proširio na izdvojenu baliranu otpadnu plastiku ključnoga broja 15 01 02<sup>3</sup>. Otpadna plastika se nalazi na kruni završnog dijela između I. i II. plohe u dužini od 50 metara te širini 20 metara, praveći ukupnu količinu od 3.928 tona. Vatrogasni operativni centar Javne vatrogasne postrojbe Čakovec dojavu je zaprimio u 16:54 od strane zaposlenika odlagališta Totovec. [2]

Na požarište je prvo stiglo domicilno društvo dobrovoljnoga vatrogasnoga društva (u daljnjem tekstu: DVD) Totovec koje započinje pripreme za gašenje, dok dolaskom Javne vatrogasne postrojbe Čakovec gašenje i započinje. S velikim rasponom složenosti poslova na takvoj intervenciji, vatrogasni operativni centar pokreće uzbunjivanje svih DVD-a s područja Grada Čakovca. Primarno sredstvo za gašenje bila je voda iz hidrantske mreže koja je bila ispravna te u punoj primjeni. Kod dogašivanja požara kao sekundarno sredstvo za gašenje korištena je teška pjena.



Slika 1. Prikaz taktike gašenja – Odvojeni nastup [6]

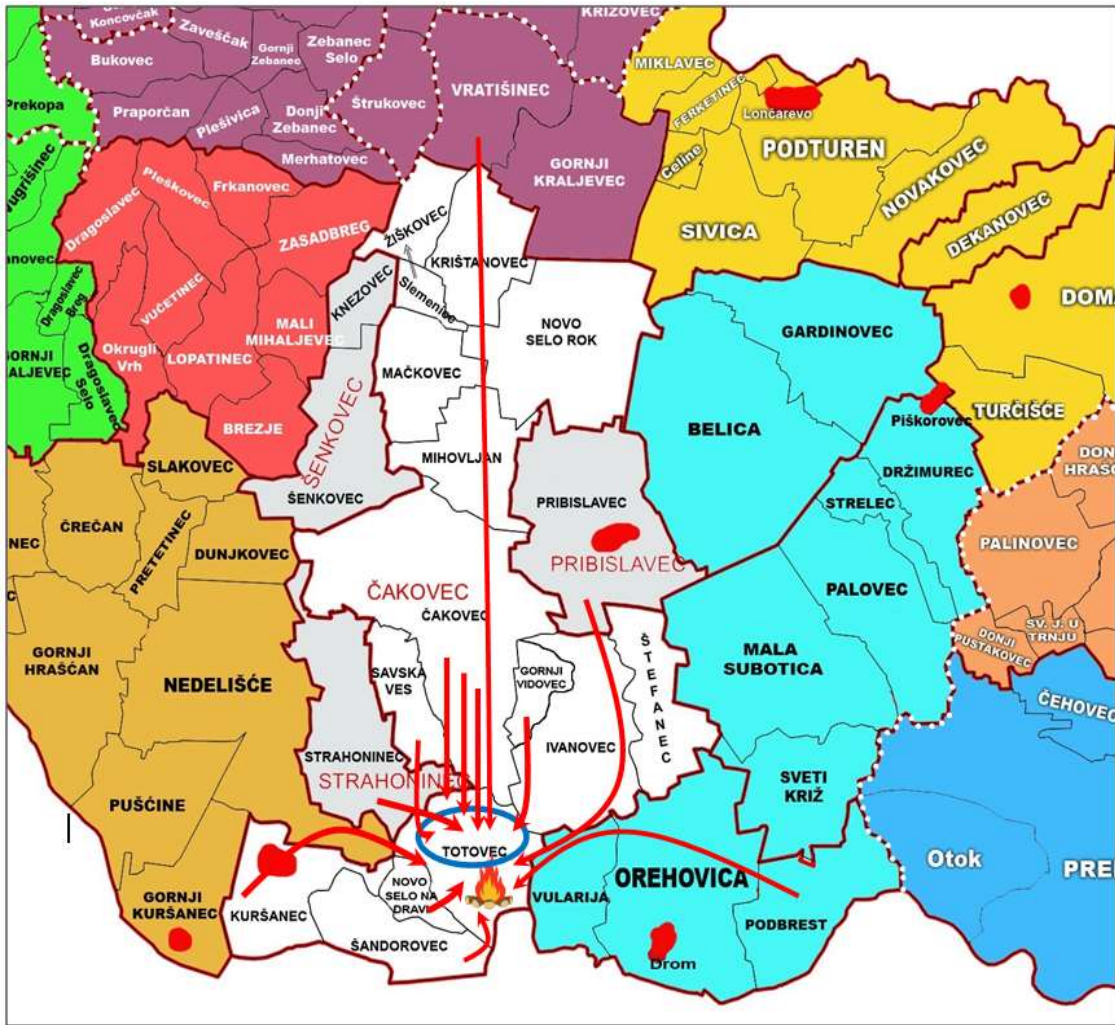
Slika 1. prikazuje kako se kod gašenja primjenjivala taktika odvojenoga nastupa čija je primjena kod većih požara koji zahtijevaju tretiranje gorive tvari s više strana. Svaka postrojba

<sup>3</sup> Pravilnikom o katalogu otpada (NN 90/15) donijeta je klasifikacija ključnih brojeva otpada u kojemu su tablicom obavijene sve vrste otpada koje su registrirane u Republici Hrvatskoj. [5]

je djelovala zasebno i u svom požarnom sektoru koji im je dodijelio zapovjednik vatrogasne intervencije po njihovom dolasku.

Tablica 1. Prikaz ljudstva i tehnike na intervenciji [7]

<b>Vatrogasci</b>	<b>Vozila</b>	<b>Ljudi</b>
DVD ČAKOVEC	2	4
DVD GORNJI VIDOVEC	1	5
DVD KURŠANEC	1	10
DVD NOVO SELO NA DRAVI	1	4
DVD PODBREST	1	3
DVD PRIBISLAVEC	2	4
DVD PUS.-BUZ.-PUTJ.	1	4
DVD SAVSKA VES	1	5
DVD STRAHONINEC	1	4
DVD ŠANDOROVEC	1	5
DVD TOTOVEC	1	10
DVD VRATIŠINEC	1	1
JVP ČAKOVEC	4	10
<b>Ukupno</b>	<b>17</b>	<b>68</b>



Slika 2. Prikaz vatrogasnih postrojb prisutnih na požarištu. [7]

## 5. Proračun

### 5.1. Vrijeme proteklo od nastanka do početka gašenja

$t_1$  - vrijeme od nastanka požara do uočavanja požara

$t_2$  - vrijeme od prijave požara do izlaska vatrogasne postrojbe

$t_3$  - vrijeme od izlaska do dolaska vatrogasne postrojbe na intervenciju

$t_4$  - vrijeme od dolaska na požarište do početka gašenja

$t_{uk}$  - ukupno vrijeme od uočavanja požara do početka gašenja

$t_1$  - 5 min (16:54-16:59)

$t_2$  - 1 min (16:59-17:00)

$t_3$  - 10 min (17:00-17:10)

$t_4$  - 1 min (17:10-17:11)

$t_{uk} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

$t_{uk} = 17 \text{ min}$

### 5.2. Specifično požarno opterećenje

$Q_{uk}$  – ukupno požarno opterećenje

$m$  – masa gorive tvari (kg)

$q$  – kalorična vrijednost gorive tvari (MJ/kg)

$m = 3\,928\,000 \text{ kg}$

$q = 18 \text{ MJ/kg}$

UKUPNO POŽARNO OPTEREĆENJE:

$$Q_{uk} = m \cdot q$$

$$Q_{uk} = 3\,928\,000 \cdot 18 \text{ MJ/kg}$$

$$Q_{uk} = 70\,704\,000 \text{ MJ}$$

### 5.3. Protok vode na mlaznici

Kako bismo dobili ukupnu potrošnju vode na vatrogasnoj intervenciji nužno je izračunati protok vode na pojedinoj mlaznici koja se koristi kod određenoga mlaza. Zasebno se izračunava protok vode na mlaznicama "C" i "B" te iz tih podataka kasnije dobivamo ukupnu potrošnju vode.

Kod bacača vode ne izračunava se protok mlaznice jer oni sadrže reguliran protok te se cijeli rezervoar vode može gasiti stabilnim protokom vode koji je i u ovom slučaju naveden pod stavkama  $Q_{bac1}$  i  $Q_{bac2}$ . Formula za  $Q$  je osnovna formula nakon koje se nastavlja sam proračun.

Q - protok vode (l/min)

d - promjer usnaca mlaznice (mm)

p - tlak vode (bar)

$$Q = 0,66 \cdot d^2 \cdot \sqrt{p}$$

$$Q_{"C"} = 0,66 \cdot d^2 \cdot \sqrt{p}$$

$$Q_{"C"} = 0,66 \cdot 12^2 \cdot \sqrt{4}$$

$$Q_{"C"} = 0,66 \cdot 144 \cdot 2$$

$$Q_{"C"} = 190,08 \text{ l/min}$$

$$Q_{bac1} = 1600 \text{ l/min}$$

$$Q_{bac2} = 1200 \text{ l/min}$$

$$Q_{"B"} = 0,66 \cdot d^2 \cdot \sqrt{p}$$

$$Q_{"B"} = 0,66 \cdot 16^2 \cdot \sqrt{4}$$

$$Q_{"B"} = 0,66 \cdot 256 \cdot 2$$

$$Q_{"B"} = 337,92 \text{ l/min}$$

#### 5.4. Reakcija vodenog mlaza

Puštanjem vode iz hidrantske mreže do mlaznice vrši se određeno opterećenje na cijevi.

Otvaranjem zasuna na mlaznici dolazi do velike sile s toga se drži da minimalno dva vatrogasca trebaju držati mlaz vode ukoliko su u pitanju "B" cijevi.

$$F = 0,16 \cdot d^2 \cdot p$$

$$F_{"C"} = 0,16 \cdot 12^2 \cdot 4$$

$$F_{"C"} = 0,16 \cdot 144 \cdot 4$$

$$F_{"C"} = 92,16 \text{ N}$$

$$F_{"B"} = 0,16 \cdot 256 \cdot 4$$

$$F_{"B"} = 163,84 \text{ N}$$

$$F_{"B"} = 0,16 \cdot 16^2 \cdot 4$$

#### 5.5. Volumen vode za gašenje

Volumen vode izračunava se prema segmentima. Taktika gašenja požara na odlagalištu za neopasan otpad u Totovcu zahtijevala je i gašenje preko bacača vode i niza mlazova vode. Gašenje je trajalo neprekidno dvanaest sati. Za funkcionalnost ovoga proračuna uzeto je da su tijekom tih dvanaest sati bila prisutna četiri mlaza "B" i četiri mlaza "C" cijevi, te je za bacače vode uzeto da su oni neprekidno bili u uporabi dva sata. Naravno, da u samim počecima ljudskih snaga nije bilo koliko i na samom kraju te se gasilo aktivno s tri mlaza vode u jednom trenutku, dok se na kraju gasilo s jedanaest mlazova vode istovremeno. Tijekom cijeloga vremena na požarištu za bacače vode uzeto je da su samo sto dvadeset minuta bili efektivni zbog toga jer su oni dolaskom na brijeg počeli s gašenjem, te



potrošnjom sve vode iz rezervoara bili su prisiljeni sići dolje do hidrantske mreže te preko nje crpiti vodu za daljnje gašenje.

$$V_V = Q \cdot \text{bm} \cdot t$$

$$V_V "B" = Q "B" \cdot \text{bm} \cdot t$$

$$V_V "B" = 337,92 \cdot 4 \cdot 720$$

$$V_V "B" = 973\,209,6 \text{ l}$$

$$V_{Vbac1} = Q_{bac1} \cdot \text{bm} \cdot t$$

$$V_{Vbac1} = 1600 \cdot 1 \cdot 120$$

$$V_{Vbac1} = 192\,000 \text{ l}$$

$$V_V "C" = Q "C" \cdot \text{bm} \cdot t$$

$$V_V "C" = 190,08 \cdot 4 \cdot 720$$

$$V_V "C" = 547\,430,4 \text{ l}$$

$$V_{Vbac2} = Q_{bac2} \cdot \text{bm} \cdot t$$

$$V_{Vbac2} = 1200 \cdot 1 \cdot 120$$

$$V_{Vbac2} = 144\,000 \text{ l}$$

Za proračun je neizbježan Volumen nekorisne vode. To je voda koja nakon završetka akcije gašenja ostaje u cijevima kada se zatvore mlaznice. Izračunava se posebno za "B" cijevi i posebno za "C" cijevi. Kod formule za izračun nekorisne vode množi se broj cijevi od hidranta ili vozila do mlaznice, duljina cijevi u metrima i konstanta koja iznosi primjerice za "B" cijev 4,4 l (u 1 metar "B" cijevi stane 4,4 litara vode).

$$V_{NKV} = n \cdot l \cdot k$$

$$k "B" = 4,4 \text{ l}$$

$$k "C" = 2,12 \text{ l}$$

$$V_{NKV "B"} = n "B" \cdot l \cdot k "B"$$

$$V_{NKV "B"} = 16 \cdot 15 \cdot 4,4$$

$$V_{NKV "B"} = 1056 \text{ l}$$

$$V_{NKV "C"} = n "C" \cdot l \cdot k "C"$$

$$V_{NKV "C"} = 16 \cdot 15 \cdot 2,12$$

$$V_{NKV "C"} = 508,8 \text{ l}$$

$$V_{NKV} = V_{NKV "C"} + V_{NKV "B"}$$

$$V_{NKV} = 508,8 + 1056$$

$$V_{NKV} = 1\,564,8 \text{ l}$$

Zbrojenim volumenom potrošene vode svakoga tipa cijevi odnosno bacača vode i nekorisne vode dobiva se ukupan zbroj potrošene vode vatrogasne intervencije.

$$V_{Vuk} = V_V "B" + V_V "C" + V_{Vbac1} + V_{Vbac2} + V_{NKV}$$

$$V_{Vuk} = 973\,209,6 + 547\,430,4 + 192\,000 + 144\,000 + 1\,564,8$$

$$V_{Vuk} = 1\,858\,204,8 \text{ l} = 1\,858 \text{ m}^3$$

## 6. Zaključak

Požari na odlagalištima mogu se spriječiti, a gubitak imovine smanjiti daljnjim zbijanjem otpada i sprečavanjem nastajanja rukavaca metana koji je glavni krivac nastajanja procesa samozapaljenja na odlagalištima otpada.

Provjerom jesu li materijali i predmeti pravilno ugašeni (poput pepela, opušaka cigareta) i ako se zapaljivi i hlapljivi materijali odgovarajuće zbrinjavanju, broj požara na odlagalištu može se smanjiti.

Konkretno dogovor između Javne vatrogasne postrojbe grada Zagreba i odlagališta C.I.O.S., a na temelju dugogodišnjih iskustava vatrogasaca i međunarodnih smjernica predloženih od strane Waste Industry Safety and Health (WISH) foruma pretočen je u rješenje Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske. Takve smjernice mogu uvelike pridonijeti u ublaživanju požara ukoliko dođe do njegova nastajanja.

Rješenja Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske za C.I.O.S. :

- minimalna udaljenost između otpada i zgrada bude 10 m (osim ako je zgrada šticea sustavom za gašenje vodom) ili ako je otpad u zatvorenom prostoru.
- minimalna udaljenost između dviju hrpa otpada mora biti 5 metara.
- maksimalni volumen pojedinih hrpa: 2000 m<sup>3</sup> za rastresiti otpad i 1600 m<sup>3</sup> za balirani (vrijedi i za zatvoreni prostor).
- maksimalna visina hrpa je 5 m za rastresiti otpad i 4 m za balirani (vrijedi i za zatvoreni prostor).
- maksimalna širina pojedine hrpe je 40 metara ako se može pristupiti s obje strane. (40m x 10 m je maksimalna površina.)
- maksimalna širina pojedine hrpe je 20 metara ako se može pristupiti samo s jedne strane. (20 m x 20 m je maksimalna površina )
- maksimalna površina pojedine hrpe je 400 m<sup>2</sup>. Parametri za više redova otpada
- maksimalno 1600 m<sup>2</sup>, 4 reda međusobno udaljena najmanje 5 metara prije nego što je potreban veći razmak.
- udaljenost između redova otpada je u pravilu 20 m osim ako je postavljen neki sistem za šticeenje. U praksi je također moguće da ta udaljenost bude popunjena nekim negorivim materijalom, naravno uz obavezan pristup za vatrogasna vozila. [8]

## Literatura

1. Plan gospodarenja otpadom Grada Čakovca za razdoblje 2018.-2023. godine
2. Izvješće o požaru na odlagalištu Totovec (2020.) GKP Čakom
3. Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
4. Zakon o vatrogastvu (NN 125/19)
5. Pravilnik o katalogu otpada (NN 90/15)
6. Popović, Ž. i sur. (2006). Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika, Zagreb, Hrvatska vatrogasna zajednica.
7. Arhiva Javne vatrogasne postrojbe Čakovec
8. Jembrih, S. i Ružić, G. (2019). XV. Stručni skup vatrogasaca: CIOS i Heinzelova dvije istovremene intervencije, Vatrogasna zajednica Primorsko-goranske županije, Rijeka.