

METODE OPTIMIZACIJE RADA UTOVARNO-ISTOVARNIH MJESTA U TRANSPORTU RASUTIH TERETA

METHODS OF OPTIMIZATION WORK LOADING AND UNLOADING OF BULK TRANSPORT

Doc. Dr. Sc. Ahmed Ahmić
Fakultet za saobraćaj i komunikacije
Sarajevo

Prof. Dr. Sc. Mustafa Mehanović
Fakultet za saobraćaj i komunikacije
Sarajevo

SAŽETAK

U radu su predstavljene aspekte optimizacije rada mjesta za utovar i istovar u transportu rasutih tereta. Opisani metod izmjenu više pokazatelja rada vozila ili utovarnog (istovarnog) mjesta da bi se odredila nulta vrijednost neproizvodnog vremena čekanja na utovar ili istovar vozila ili mjesta utovara (istovara).

Ključne riječi: Utovar, Istovar, Rasuti teret, Transport tereta

SUMMARY

The paper presents aspects of the optimization work of loading and unloading in bulk transport. The described method of modification of multiple indicators of performance vehicles or loading (unloading) of to determine the zero value of unproductive time waiting for loading or unloading of vehicles or place of loading (unloading).

Keywords: Loading, Unloading, Bulk, Transportation cargo

1. UVOD

Proces proizvodnje mineralnih sirovina dosta je složen i skup te zahtjeva dosta različitu mehanizaciju različitih svojstava i kapaciteta i sl. što zahtjeva usklađivanje kapaciteta, mehanizacije, potrošnje energije. Poseban značaj ima transport rude od otkopa pa do postrojenja za primarnu preradu – u slučaju ruda to je koncentracija minerala raznim metodama u cilju proizvodnje koncentrata da bi se pojeftinila prerada i dobio što veći stepen iskorištenja metala iz koncentrata.

U Bosni i Hercegovini proizvodnja i promet rasutih tereta imala je veliki značaj u prvom redu po proizvodnji mineralnih sirovina. Primjera radi godišnja proizvodnja ruda željeza iznosila je 4 miliona tona godišnje, 2,1 miliona tona boksita, oko 17 miliona tona uglja godišnje. Pored toga sa rasutim teretima srećamo se pri izgradnji putnih komunikacije – autoputa, izradi tunela, proizvodnji ostalih vrsta mineralnih sirovina koje je i nekoliko puta potrebno prevoziti počevši od primarne proizvodnje, primarne prerade ili koncentracije pa do primjene u preradi.

Na osnovu izloženog može se zaključiti da će istraživanje ove problematike primjenom matematičkog modeliranja imati puni smisao i da će omogućiti postizanje navedenih optimalnih rješenja unutrašnjeg transporta rasutih tereta (rude) i da će dati primjer naučnog rješavanja tehničkih problema u tehnološkom procesu proizvodnje.

Tehnološki proces transporta rasutih tereta često je podložan stvaranju gubitaka što redovno pored ekonomske štete prouzrokuje štetnost po čovjekovu životnu sredinu o čemu se mora strogo voditi računa.

U procesu transporta rasutih materijala optimizaciju je moguće postići ukoliko se sinhronizira rad utovarnog mjesta i transportnog sredstva. Iz toga proističe zadatak rada, tj. definisanje modela kojim se optimizira rad utovarno-istovarnih stanica u transportu rasutog tereta.

2. OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SREDSTAVA ZA UTOVAR I ISTOVAR RASUTIH MATERIJALA

Osnovne tehničke karakteristike utovarača su:

- Snaga motora
- Zapremina kašike
- Radni tovar
- Sopstvena težina i dr.

Kapacitet utovarača računa se po obrascu:

$$Q = \frac{T_e \cdot V_k \cdot k_p}{T_c} \quad (m^3 / h)$$

gdje su:

- T_e - efektivno radno vrijeme
- V_k - zapremina kašike utovarača (m^3)
- T_c - vrijeme jednog radnog ciklusa
- k_p - koeficijent punjenja kašike

Efektivno radno vrijeme u toku jednog radnog sata zavisi od lokacije materijala koji se utovara, da li je iz širokog otkopa ili sa deponije. Praksa je pokazala da

- ako se utovar vrši sa otkopa onda je T_{ef} - 50 min/h
- ako je utovar sa deponije tada je T_{ef} - 60 min/h.

Vrijeme jednog ciklusa T_c obuhvata vremena konstantnih i promjenljivih vrijednosti. U konstantna vremena ulaze vremena slijedećih radnih operacija.

t_u - vrijeme utovaraod 20-30 sec

t_i - vrijeme istovara.....od 10-20

t_m - vrijeme manevra.....od 10-40

Vrijednosti ovih vremena dobijaju se iskustvenim praćenjem utovara, transporta i istovara određenog tipa utovarno istovarnih mašina. Konstantna vremena se kreću u dosta širokom dijapazonu od:

$T_k = 48 - 90 \text{ sec} / \text{cikl}$ odnosno $0,8 - 1,5 \text{ min} / \text{cikl}$

Promjenljiva vremena su u funkciji brzine kretanja utovarača v i dužine puta L .

$$T_p = \frac{2 \cdot L}{16,67 \cdot v} = 0,12 \cdot \frac{L}{v} \quad (\text{min})$$

gdje su:

L – dužina puta u jednom smjeru

v – prosječna brzina kretanja utovarne mašine.

Prosječna brzina kretanja utovarno-transportnih mašina za vrijeme trajanja jednog ciklusa T_c , zavisi od više faktora a kao najbitniji su uslovi koji su na transportnom putu L . Za određivanje prosječne brzine kretanja mašine potrebno je poznavati svaku promjenu brzine kretanja, kao i dužinu distance na kojoj se desila promjena brzine kretanja.

Promjena brzine u zavisnosti od nagiba puta kao najutjecajnijeg faktora daje se u tehničkoj dokumentaciji isporučioaca odnosno proizvođača mašina. Pored ostalog potrebno je odrediti prosječnu brzinu pune (v_p) i prazne mašine (v_{pr}) pa iz tih brzina pronaći srednju

$$v_s = \frac{v_p + v_{pr}}{2} \text{ (km/h)}$$

Prosječna brzina pune mašine na putu L , promjenljivih elemenata puta, na dionicama koje ga čine iznositi će:

$$v_p = \frac{v_1 \cdot L_1 + v_2 \cdot L_2 + \dots + v_n \cdot L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}$$

trajanje ciklusa T_c kao što je rečeno iznositi će:

$$T_c = T_k + 0,12L/v; \quad Q_h = \frac{50 \cdot V_n \cdot k_p}{T_k + 0,12 \cdot \frac{L}{v}}$$

Analiza uticaja kretanja utovarnog vozila na kapacitet može se izvršiti kada u prethodni izraz uvrstimo brzine praznog i punog vozila.

$$Q_h = \frac{50 \cdot V_n \cdot k_p}{T_k + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot L}{v_p + v_{pr}}}$$

Za usvojene ulazne vrijednosti

$$L = 50 \text{ m}$$

$$V_n = 3 \text{ m}^3$$

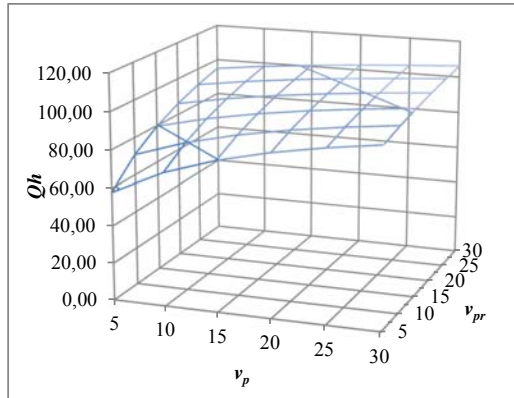
$$k_p = 0,85$$

$$T_k = 1 \text{ min}$$

izračunate su vrijednosti kapaciteta utovarne mašine (Tabela 1) i predstavljene na grafiku (Slika 1).

Tabela 1. Vrijednosti kapaciteta (Q_h) utovarne mašine u zavisnosti od brzine praznog (v_{pr}) i punog vozila (v_p)

| $v_p \backslash v_{pr}$ | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|-------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 5 | 57,95 | 70,83 | 79,69 | 86,15 | 91,07 | 94,95 |
| 10 | 70,83 | 79,69 | 86,15 | 91,07 | 94,95 | 98,08 |
| 15 | 79,69 | 86,15 | 91,07 | 94,95 | 98,08 | 100,66 |
| 20 | 86,15 | 91,07 | 94,95 | 98,08 | 100,66 | 102,82 |
| 25 | 91,07 | 94,95 | 98,08 | 100,66 | 102,82 | 104,66 |
| 30 | 94,95 | 98,08 | 100,66 | 102,82 | 104,66 | 106,25 |



Slika 1. Funkcionalna zavisnost kapaciteta od brzine praznog (v_p) i brzine punog (v_{pr}) vozila

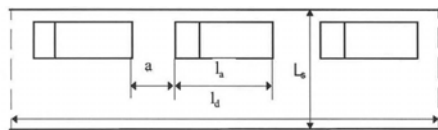
Iz izraza za kapacitet utovarnog vozila i na osnovu grafika (Slika 1) može se konstatovati da kapacitet utovarnog vozila raste sa povećanjem brzine praznog vozila i/ili sa povećanjem brzine punog vozila. Intenzitet porasta u jednom i drugom slučaju je identičan.

3. MJESTA I OBJEKTI NAMIJENJENI ZA UTOVAR, PRETOVAR I ISTOVAR RASUTIH MATERIJALA

Utovar, istovar ili pretovar je nezaobilazni dio procesa prevoza prije svega zbog značajnog zadržavanja vozila u procesu prevoza.

Utovarno-istovarne stanice se razlikuju prema više elemenata:

- Paralelno postavljanje vozila omogućuje utovar-istovar samo sa jedne bočne strane vozila, (Slika 2).



Slika 2. Paralelno postavljanje vozila uz utovarno-istovarnu rampu

Ukupna dužina fronta utovara ili istovara biće:

$$L_f = X_{u(i)}(L_a + a) + a \quad (m)$$

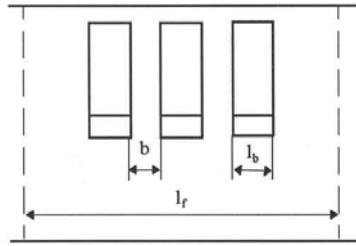
gdje je:

$X_{u(i)}$ - broj prostora za utovare ili istovare

L_a - ukupna dužina vozila

a - rastojanje između dva uzastopna vozila.

- Postavljanje vozila okomito na front utovara i istovar omogućuje utovar-istovar samo sa zadnje strane vozila, (Slika 3).



Slika 3. Postavljanje vozila okomito na fron utovara

Ukupna dužina fronta utovara ili istovara:

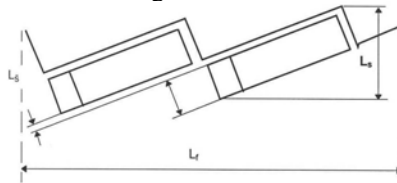
$$L_f = X_{u(i)}(L_B + b) + b(m)$$

L_B - ukupna širina vozila

b - bočno rastojanje između dva vozila.

Vrijednost za a , b i L_s određuju se u zavisnosti od manevarskih sposobnosti vozila odnosno od dimenzija površina potrebnih za nesmetano manevrisanje vozila.

- Postavljanje vozila pod uglom prema frontu utovara i istovara omogućuje utovar i istovar sa bočne strane tovarnog sanduka.



Slika 4. Postavljanje vozila pod uglom u odnosu na front utovara i istovara

Pripostavljanju vozila pod uglom dimenzije fronta utovara i istovara L_t i L_s određuju se grafički.

Kod upotrebe vozila sa prikolicom rastu razmjere fronta utovara i istovara i prostora za manevrisanje uslijed težeg manevrisanja. Tada najviše odgovara paralelno postavljanje koje omogućava istovremeni utovar i istovar i vozila i prikolice.

3.1. Propusna moć utovarnih i istovarnih mjesta

Određuje se količinom robe u (t) koja može biti utovarena za jedan sat rada stanice i zavisi od broja mjesta za utovar ili istovar i vremena u satima potrebnog za utovar ili istovar jedne tone rasutog tereta.

Propusna moć utovarno-istovarnih mjesta određuje se preko slijedećeg obrasca:

$$Q_h = \frac{X_{u(i)}}{\tau_{u(i)}}$$

gdje je:

Q_h - količina robe u tonama koja može biti utovarena ili istovarena za jedan sat rada stanice

$X_{u(i)}$ - broj prostora-mjesta za utovar ili istovar u stanici

$\tau_{u(i)}$ - vrijeme u časovima potrebno za utovar ili istovar jedne tone robe.

Propusna moć utovarno-istovarnih mjesta može se izraziti i brojem vozila koja mogu biti utovarena ili istovarena za jedan sat rada utovarno-istovarnog mjesta:

$$A_h = \frac{X_{u(i)}}{q \cdot \gamma \cdot \tau_{u(i)}} (\text{vozila} / h) \quad \text{ili} \quad A_h = \frac{X_{u(i)}}{\tau_{u(i)}} (\text{vozila} / h)$$

$\tau_{u(i)}$ vrijeme potrebno za utovar-istovar jednog vozila.

3.2. Određivanje broja mjesta za utovar i istovar

Broj mjesta za utovar i istovar mora odgovarati određenoj propusnoj sposobnosti, utovarno-istovarnog prostora, uslovljeno prometom tereta ili brojem vozila (uzimajući u obzir njihovu nosivost) koju treba utovariti ili istovariti za jedan sat.

Proračun broja mjesta za utovar i istovar određuje se prema formuli:

$$X_{u(i)} = \frac{Q \cdot \tau_{u(i)}}{H}$$

H - vrijeme u satima potrebno za utovar ili istovar Q - tona robe.

Potreban broj mjesta za utovar i istovar računa se prema obrascu:

$$X_{u(i)} = \frac{A_r \cdot q \cdot \tau_{u(i)}}{\frac{K_{st\lambda}}{\beta \cdot V_s} + t_{ui}}$$

Ako je poznat broj mjesta za utovar i istovar moguće je prema slijedećem izrazu odrediti broj vozila na radu:

$$A_r = \frac{X_{u(i)} \left(\frac{K_{st\lambda}}{\beta \cdot V_s} + t_{ui} \right)}{q \cdot \gamma \cdot \tau_{u(i)}}$$

4. OPTIMIZIRANJE PARAMETARA RADA UTOVARNIH I ISTOVARNIH MJESTA

Osnovni parametri rada utovarnih i istovarnih mjesta su ritam rada mjesta i interval kretanja vozila.

Pod pojmom ritam rada mjesta za utovar i istovar podrazumjevamo vrijeme potrebno za manipulaciju sa jednim vozilom:

$$R_{u(i)} = \frac{q \cdot \gamma \cdot \tau_{u(i)}}{X_{u(i)}} = \frac{t_{u(i)}}{X_{u(i)}}$$

Interval vožnje je vremenski razmak između nailaska dva uzastopna vozila u ma kojoj tački linije, tj. vremenski razmak između dolaska u stanicu dva uzastipna vozila.

$$I_w = \frac{t_o}{A_r}; \quad t_o - \text{vrijeme trajanja obrta vozila,}$$

A_r - broj vozila na radu.

4.1. Model optimizacije rada utovarnih i istovarnih mjesta

Optimalni rad utovarnog i istovarnog mjesta uslovljen je neprekidnom sinhronizacijom rada mjesta i vozila, a definisan je jednakošću ritma rada mjesta i intervala vožnje:

$$R = I_w \quad \text{odnosno} \quad \frac{t_{u(i)}}{X_{u(i)}} = \frac{t_o}{A_r}$$

Pomoću ovog obrasca može se proračunati neophodno potreban broj utovarnih mjesta pri zadatom broju vozila na radu ili broj vozila na radu koji može biti kontinuirano opsluživan bez

dangube od utovarnog (istovarnog) mjesta kada je zadat ili poznat broj mjesta za utovar (istovar).

Pri postojanju niza utovarnih i istovarnih prostora broj mjesta X biće:

$$\sum X = \sum X_u + \sum X_i$$

$\sum X_u$ - ukupan broj mjesta za utovar; $\sum X_i$ - ukupan broj mjesta za istovar.

Sinhronizovani rad utovarno-istovarnih mjesta i vozila može se poremetiti uslijed prekida ili zastoja u radu mjesta ili vozila iz bilo kakvih drugih razloga. Tada nastaje nejednakost ritma rada radnog mjesta i intervala vožnje vozila.

Pri zastojima u radu utovarnih i istovarnih mjesta, ritam rada mjesta postaje veći od intervala vožnje vozila $R > I_w$ čime se prouzrokuje danguba vozila u čekanju na utovar (istovar). U slučaju kada je $R < I_w$ nastupa danguba utovarnih (istovarnih) mjesta (mehanizacije utovarnog i istovarnog mjesta).

U slučaju kada je $R > I_w$ tada nastaju dangube vozila

$$\Delta t = R - I_w.$$

4.2. Analiza uticaja parametara rada utovarnih i istovarnih mjesta

Za određivanje vremena čekanja na utovar i istovar vozila nastalih pri izmjeni ma kojeg pokazatelja rada vozila ili mjesta mogu poslužiti funkcionalne zavisnosti date u tabelama (

Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4) i na slikama (Slika 5, Slika 6, Slika 7).

Analiza zavisnosti vremena čekanja vozila od broja vozila i vremena utovara sprovedena je za konkretne uslove i ulazne podatke

$$L_o = 2 \text{ km}$$

$$X_u = 1$$

Vrijednosti u tabeli (

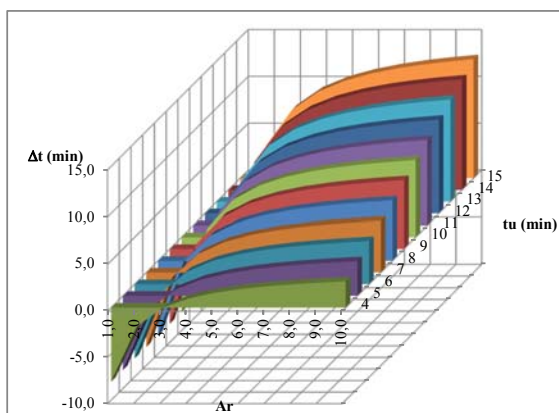
Tabela 2) izračunate su za brzinu $V_s = 15 \text{ (km/h)}$ prema izrazu

$$\Delta t_u = \frac{t_u \cdot A_r \cdot V_s - L_o \cdot X_u - X_u \cdot t_u \cdot V_s}{X_u \cdot A_r \cdot V_s}$$

Tabela 2. Zavisnost vremena čekanja na utovar od broja vozila na radu i vremena utovara jednog vozila pri brzini $V_s = 15 \text{ (km/h)}$

| Δt (min) | t_u (min) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | A_r | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 | -8,0 |
| 2 | | -2,0 | -1,5 | -1,0 | -0,5 | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| 3 | | 0,0 | 0,7 | 1,3 | 2,0 | 2,7 | 3,3 | 4,0 | 4,7 | 5,3 | 6,0 | 6,7 | 7,3 |
| 4 | | 1,0 | 1,8 | 2,5 | 3,3 | 4,0 | 4,8 | 5,5 | 6,3 | 7,0 | 7,8 | 8,5 | 9,3 |
| 5 | | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 | 4,8 | 5,6 | 6,4 | 7,2 | 8,0 | 8,8 | 9,6 | 10,4 |
| 6 | | 2,0 | 2,8 | 3,7 | 4,5 | 5,3 | 6,2 | 7,0 | 7,8 | 8,7 | 9,5 | 10,3 | 11,2 |
| 7 | | 2,3 | 3,1 | 4,0 | 4,9 | 5,7 | 6,6 | 7,4 | 8,3 | 9,1 | 10,0 | 10,9 | 11,7 |
| 8 | | 2,5 | 3,4 | 4,3 | 5,1 | 6,0 | 6,9 | 7,8 | 8,6 | 9,5 | 10,4 | 11,3 | 12,1 |
| 9 | | 2,7 | 3,6 | 4,4 | 5,3 | 6,2 | 7,1 | 8,0 | 8,9 | 9,8 | 10,7 | 11,6 | 12,4 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 10 | 2,8 | 3,7 | 4,6 | 5,5 | 6,4 | 7,3 | 8,2 | 9,1 | 10,0 | 10,9 | 11,8 | 12,7 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|

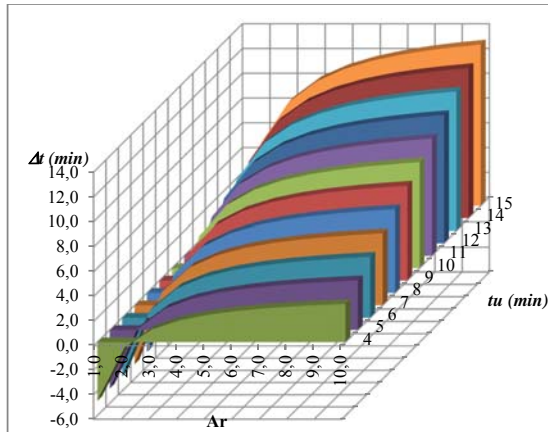


Slika 5. Zavisnost vremena čekanja na utovar od broja vozila i vremena utovara jednog vozila pri brzini $V_s=15$ (km/h)

Vrijednosti u tabeli (Tabela 3) izračunate su za brzinu $V_s=25$ (km/h) prema istom izrazu.

Tabela 3. Zavisnost vremena čekanja na utovar od broja vozila na radu i vremena utovara jednog vozila pri brzini $V_s=25$ (km/h)

| Δt (min) | t_u (min) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | A_r | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 | -4,8 |
| 2 | | -0,4 | 0,1 | 0,6 | 1,1 | 1,6 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,1 | 4,6 | 5,1 |
| 3 | | 1,1 | 1,7 | 2,4 | 3,1 | 3,7 | 4,4 | 5,1 | 5,7 | 6,4 | 7,1 | 7,7 | 8,4 |
| 4 | | 1,8 | 2,6 | 3,3 | 4,1 | 4,8 | 5,6 | 6,3 | 7,1 | 7,8 | 8,6 | 9,3 | 10,1 |
| 5 | | 2,2 | 3,0 | 3,8 | 4,6 | 5,4 | 6,2 | 7,0 | 7,8 | 8,6 | 9,4 | 10,2 | 11,0 |
| 6 | | 2,5 | 3,4 | 4,2 | 5,0 | 5,9 | 6,7 | 7,5 | 8,4 | 9,2 | 10,0 | 10,9 | 11,7 |
| 7 | | 2,7 | 3,6 | 4,5 | 5,3 | 6,2 | 7,0 | 7,9 | 8,7 | 9,6 | 10,5 | 11,3 | 12,2 |
| 8 | | 2,9 | 3,8 | 4,7 | 5,5 | 6,4 | 7,3 | 8,2 | 9,0 | 9,9 | 10,8 | 11,7 | 12,5 |
| 9 | | 3,0 | 3,9 | 4,8 | 5,7 | 6,6 | 7,5 | 8,4 | 9,2 | 10,1 | 11,0 | 11,9 | 12,8 |
| 10 | | 3,1 | 4,0 | 4,9 | 5,8 | 6,7 | 7,6 | 8,5 | 9,4 | 10,3 | 11,2 | 12,1 | 13,0 |



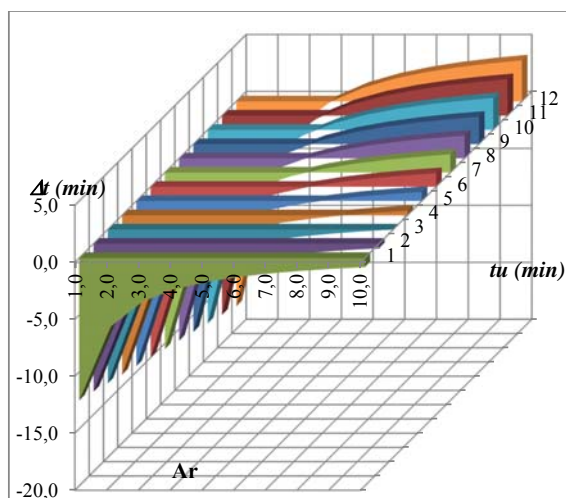
Slika 6. Zavisnost vremena čekanja na utovar od broja vozila i vremena utovara jednog vozila pri brzini $V_s=25$ (km/h)

Vrijednosti u tabeli (Tabela 4) izračunate su prema datim podacima

$$\begin{aligned}
 V_s &= 25 \text{ km/h} \\
 L_o &= 5 \text{ km} \\
 X_u &= 2
 \end{aligned}$$

Tabela 4. Zavisnost vremena čekanja na utovar od broja vozila na radu i vremena utovara jednog vozilasa dva utovarna mjesta

| Δt (min) | t_u (min) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A_r | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | | -12,5 | -13,0 | -13,5 | -14,0 | -14,5 | -15,0 | -15,5 | -16,0 | -16,5 | -17,0 | -17,5 | -18,0 |
| 2 | | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 |
| 3 | | -3,8 | -3,7 | -3,5 | -3,3 | -3,2 | -3,0 | -2,8 | -2,7 | -2,5 | -2,3 | -2,2 | -2,0 |
| 4 | | -2,8 | -2,5 | -2,3 | -2,0 | -1,8 | -1,5 | -1,3 | -1,0 | -0,8 | -0,5 | -0,3 | 0,0 |
| 5 | | -2,1 | -1,8 | -1,5 | -1,2 | -0,9 | -0,6 | -0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 |
| 6 | | -1,7 | -1,3 | -1,0 | -0,7 | -0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,0 |
| 7 | | -1,4 | -1,0 | -0,6 | -0,3 | 0,1 | 0,4 | 0,8 | 1,1 | 1,5 | 1,9 | 2,2 | 2,6 |
| 8 | | -1,1 | -0,8 | -0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,8 | 1,1 | 1,5 | 1,9 | 2,3 | 2,6 | 3,0 |
| 9 | | -0,9 | -0,6 | -0,2 | 0,2 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 3,3 |
| 10 | | -0,8 | -0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 3,6 |



Slika 7. Zavisnost vremena čekanja na utovar od broja vozila i vremena utovara jednog vozila pri brzini $V_s=25$ (km/h) sa dva utovarna mjesta

Promjena vremena čekanja u funkciji izmjene broja vozila na radu A_r je hiperbolična.

Velike promjene vremena čekanja na utovar nastaju pri manjem broju vozila na radu. Vremena čekanja na utovar u funkciji su promjene V_s i broja mjesta X_u , samo što je pri izmjeni mjesta za utovara (istovara) uticaj obrnut.

Na grafiku (Slika 7) negativna vrijednost vremena Δt znači da utovarno ili istovarno mjesto čeka na vozilo, a pozitivna obrnuto, tj. vozilo čeka na utovar ili istovar zbog radnog mjesta.

Povećanje A_r i V_s dovodi do skraćivanja vremena čekanja mjesta za utovar i povećanja vremena čekanja na utovar vozila.

Povećanje broja mjesta u stanici skraćuje vrijeme čekanja vozila na utovar, a povećava vrijeme čekanja mjesta na vozilo.

Zavisnosti dangube od vremena t_i je slična zavisnosti t_u i izaziva povećanje dangube vozila, dok je za stanice istovara zavisnost obrnuta.

5. ZAKLJUČAK

Primjenom opisanog modela moguće je optimizirati parametre rada utovarno-istovarnih stanica u prevozu rasutog tereta. Minimizacija vremena čekanja vozila na utovaro-istovar izvršena je pri promjeni broja vozila na radu i vremena utovara, što znači da su time obuhvaćeni osnovni parametri vezani za prevozno sredstvo i parametri organizacije rada stanice.

Vrijednosti vremena čekanja vozila na utovar-istovar ili čekanja stanice direktno utiču na troškove rada, što ovom postupku daje veće šanse za praktičnu primjenu.

6. LITERATURA

- [1] A. Ahmić, F. Račić.: Prirodna prerada nemetalnih mineralnih sirovina, Fakultet za metalurgiju i materijale Univerziteta u Zenici, Zenica, 2005.
- [2] A. Ahmić, Pretovarna i transportna mehanizacija, Univerzitet u Sarajevu Sarajevo, 1996.g.
- [3] Nurić S.: Kamionski transport u površinskoj eksploataciji, Mikro-tik Banovići, Banovići, 2009.
- [4] Mehanović, M.: Planiranje ponude usluga u gradskom prometu putnika, Fakultet za saobraćaj i komunikacije Sarajevo, 2011.g.