



Предавање:

# Поузданост рада грађевинских машина

23. Децембар 2019.

# Поузданост рада грађевинских машина

---

Губици времена у раду грађевинских машина:

Утрошци времена при раду машина:

- Време када машина ради
  - **Ефективан рад** – рад машине са одговарајућим оптерећењем радног органа, којим машина остварује учинак.
  - **Неефективни рад** – рад машине без оптерећења радног органа (РО), или са делимичним оптерећењем, који није предвиђен за извршење одређеног технолошког поступка и као такав не доприноси добијању учинка машина.
    - **Сувишан рад** – рад са оптерећеним РО који не би требао да се обави да су нормални услови извршења (поправка неправилно или неквалитетног рада...)
    - **Случајни рад** – извршење рада који није у вези са предвиђеним радним процесом (нпр. Извлачење из блата друге машине...)

# Поузданост рада грађевинских машина

---

Губици времена у раду грађевинских машина:

Утрошци времена при раду машина:

- **Рад на празно** – рад када машина ради без оптерећења радног органа
  - неодстрањив:
    - циклусни (машина при сваком циклусу непотребно маневрише....)
    - Периодични (прелазак машине на друго радно место...)
  - одстрањив:
    - Кривицом руковаоца или услед лоше организације (празна транспортна трака, багер који са пуном кашиком чека...)
- Време када машина не ради – застој машине

# Поузданост рада грађевинских машина

Губици времена у раду грађевинских машина:

- Време када машина не ради - узроци:
  - **Предвиђени, очекивани** ( у вези самог процеса рада - неопходне интервенције на машини, нешто се олабавило, откачило..., неопходно чекање кипера на истовар...одмор возача..., **предвиђени техничким опслуживањем машине** - снабдевање уљем, горивом, хлађење, )
  - **Из организационо техничких разлога** – организација самог рада није спроведена како треба
  - **Застоји услед нарушавања радне дисциплине**
  - **Застоји услед више силе** (нестанак струје, јака киша, земљотрес....)

Општа класификација утрошка времена:

- Ефективно време рада машина (приказано кроз  $K_v$ )
- Губици времена у раду машина

# Caterpillar

---

- **Kv (Job Efficiency Factor) представља веома важан**
- **и један од најкомплекснијих фактора**
- **у прорачуну карактеристика рада машина**

Фактори који утичу на Kv:

- обученост руковаоца,
- организованост посла,
- мање поправке на машинама,
- застоји услед премештаја машина и слично

Фактори који НЕ утичу на Kv:

- губици услед лошег времена
- губици услед квара на машинама



# *Caterpillar*

---

**Најбољи индикатор: искуство и и познавање локалних услова**

Предложене вредности:

- 0,83 за дневни рад (ефективни рад од 50 минута по часу) и
- 0,75 за ноћни рад (ефективни рад од 45 минута по часу).

**K<sub>v</sub> (Job Efficiency Factor) представља комбинацију више фактора:**

- **ефективног радног времена,**
- **распоживости машине,**
- **ефикасности руковаоца машине и**
- **распоживости других машина у низу**

**Kv (Job Efficiency Factor)** представља комбинацију више фактора:

- ефективног радног времена,
- расположивости машине,
- ефикасности руковаоца машине и
- расположивости других машина у низу

**Ефективно радно време** представља све непредвиђене прекиде рада који постоје на сваком градилишту. Износи:

- 50 минута по часу (ефикасност 83%) односно,
- у лошим условима рада и до 45 минута по часу (ефикасност 75%).



**Kv (Job Efficiency Factor)** представља комбинацију више фактора:

- ефективног радног времена,
- **расположивости машине,**
- ефикасности руковаоца машине и
- расположивости других машина у низу

**Расположивост машине** представља вероватноћу да ће машина бити у оперативном стању у неком тренутку времена

Није предложена вредност

**Kv (Job Efficiency Factor) представља комбинацију више фактора:**

- ефективног радног времена,
- расположивости машине,
- **ефикасности руковаоца машине и**
- расположивости других машина у низу

**Ефикасност руковаоца** изражена је кроз следеће вредности:

- • Демонстратор (изнад просека) – 110%
- • Добар руковаоц – 100%
- • Осредњи руковаоц – 80 – 90%
- • Руковаоц почетник – 70%

**Kv (Job Efficiency Factor) представља комбинацију више фактора:**

- ефективног радног времена,
- расположивости машине,
- ефикасности руковаоца машине и
- расположивости других машина у низу

**Расположивост других машина у низу** је део времена када машина која ради у низу са другим машинама може без чекања да обавља своју функцију.

# Састав и мерење $K_v$

---

## Састав $K_v$ :

- Мерљива компонента – бројна вредност  $K_v$ ,
- Немерљива компонента (недимензионална)

**Мерљива** компонента се утврђује мерењем (хронометражом)

**Немерљива** компонента узрокована је:

- Стање машине, степен техничког опслуживања машине
- Квалификације руковоца машине
- Топографски положај радног места, надморска висина
- Годишње доба, климатски фактор
- Повољност радног места за рад машине
- Дневна или ноћна смена, ниво организације рада

## Врсте Kv

---

- Општи коефицијент коришћења радног времена (oKv)

$$oK_v = \frac{T_R}{T_{SM}} = \frac{t_e + t_{ne}}{T_{SM}}$$

где су:

- $T_R$  – укупно време рада машине у једној смени,
- $T_{SM}$  – укупно време радне смене, односно,
- $t_e$  – ефективно време рада
- $t_{ne}$  – неефективно време рада

## Врсте Kv

---

### Ефективно коришћење радног времена машине (eKv))

$$eK_v = \frac{t_e}{T_{SM}} = \frac{t_p + t_{np}}{T_{SM}}$$

где су:

- $t_e$  – ефективно време рада машине,
- $T_{SM}$  – укупно време радне смене, односно,
- $t_p$  – производно време рада (збир чисто производног времена и помоћног времена)
- $t_{np}$  – непроизводно време (збир времена за припрему машине за рад и утрошеног времена по завршетку производног рада машине)

## Врсте Kv

---

**Производно коришћење времена рада машине (poKv)**

$$poK_v = \frac{t_{po}}{T_{SM}}$$

где су:

- $t_{po}$  – чисто производно време, тј, време када машина даје учинак.
- $T_{SM}$  – укупно време радне смене

Генерални однос различитих врста приказа **Kv** је:

$$poK_v < eK_v < oK_v$$

## Закључак о $K_v$

---

- Познавање природе коефицијента  $K_v$  предуслов је за његово прецизно дефинисање, као и прецизан прорачун очекиваног учинка машина у циљу смањена трошкова
- $K_v$  је сложени коефицијент  $K_v = K_1 * K_2 * K_3 * \dots * K_n < 1,0$
- Производ је низа утицаја
- Утицаји су зависни од врсте машина, специфичности услова, околности извршења рада и много других фактора
- Постоји више врста коефицијената  $K_v$



# Пример:

			Vrsta / tip mašine		Up [m <sup>3</sup> /h]	Broj mašina [n]	Kv	nxUp m <sup>3</sup> /h	indeks usklađenosti	Kv
			Proizvođač	Oznaka			3a Up		pi	realno
1. KOMB.	Buldozer sa riperom		CATERPILAR	D-9-L	148.39	1	0.75	148.39	0.72	0.54
	Utovarivač		O&K	L45	99.83	2	0.75	199.66	0.54	0.40
	Kiper		VOLVO	N 10	35.73	3	0.75	107.19	1.00	0.75
	Buldozer		CATERPILAR	D-8-K	69.75	2	0.75	139.50	0.77	0.58

# *Поузданост рада грађевинских машина*

---

Узроци отказа:

- **СИСТЕМСКИ** – грешке израде, монтаже или поставке система (Период „дечијих болести“)
- **СЛУЧАЈНИ** – нестабилност конструкцијских и технолошких параметара и нестабилност услова околине
- **МОНОТОНО ДЕЈСТВУЈУЋИ** – процеси хабања, измене својства материјала и појаве „разрегулисаности“ система

## *Поузданост рада грађевинских машина*

---

Наведени губици времена односе се на људски фактор и вишу силу.

Учинак машине и целог система зависи од стања елемената (машина), његовог квалитета, дотрајалости и начина одржавања.

- **Отказ** – промена стања система, неког његовог подсистема или компоненте због кога долази до прекида у функционисању система, подсистема или компоненте.
  - **Потпун** – радна способност система пада на нулу
  - **Делимичан** – радна способност система је испод захтеваног квалитета функционисања

# *Поузданост рада грађевинских машина*

---

Откази - према карактеру измена параметара система

- **Изненадни** (ломови, концентрисано хабање, прегоривање...)
- **Постепени** (хабање, старење, корозија, слабљење веза...)

Према тренутку настанка, откази се деле на:

- **Независни** (независно да ли је систем у оперативном стању)
- **Зависни** (само у оперативном стању)

Активности на спречавању отказа:

- **одржавање** (мере на спречавању отказа)
- **оправка** (мере на повратку у оперативно стање)

# Поузданост рада грађевинских машина

## Поузданост

$$0 \leq R(t) \leq 1$$

- вероватноћа да ће систем **обављати функцију** у посматраном периоду времена и у датом окружењу

## Готовост

$$0 \leq G(t) \leq 1$$

- вероватноћа да ће систем успешно **ступити у дејство** у посматраном периоду времена и у датом окружењу

## Функционална подобност

$$0 \leq F_p(t) \leq 1$$

- способност система за успешно **прилагођавање условима окружења** пројектованом времену његовог рада.

## Ефективност

$$E(t) = R(t) * G(t) * F_p(t), 0 \leq E(t) \leq 1$$

- вероватноћа да ће систем успешно ступити у дејство и вршити своју функцију у пројектованом времену радаи датим условима окружења

# *Поузданост рада грађевинских машина*

---

Чему служи ова теорија?

- Процена поузданости елемената
- Процена поузданости система
- Процена учинака
- Процена потребног броја машина
- Планирање одржавања
- Планирање набавке резервних делова

# *Поузданост рада грађевинских машина*

---

Шта утиче на поузданост машине?

- Конструкција машине
- Квалитет израде
- Квалитет материјала
- Услови рада
- Руковање
- Одржавање

**ОДРЖАВАНЕ КОМПОНЕНТЕ** (након отказа се поправљају и враћају у оперативно стање)

**НЕОДРЖАВАНЕ КОМПОНЕНТЕ** (након отказа се замењују новим)

# Поузданост рада грађевинских машина

## ПОУЗДАНОСТ НЕОДРЖАВАНИХ КОМПОНЕНТИ

- Средње време отказа (mean time to failure)

$$M T T F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i$$

### Интензитет отказа:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n_f(t + \Delta t) - n_f(t)}{[n - n_f(t)] \Delta t} \quad \lambda(t) = const \Rightarrow M T T F = \frac{1}{\lambda}$$
$$\lambda = \frac{1}{M T T F}$$

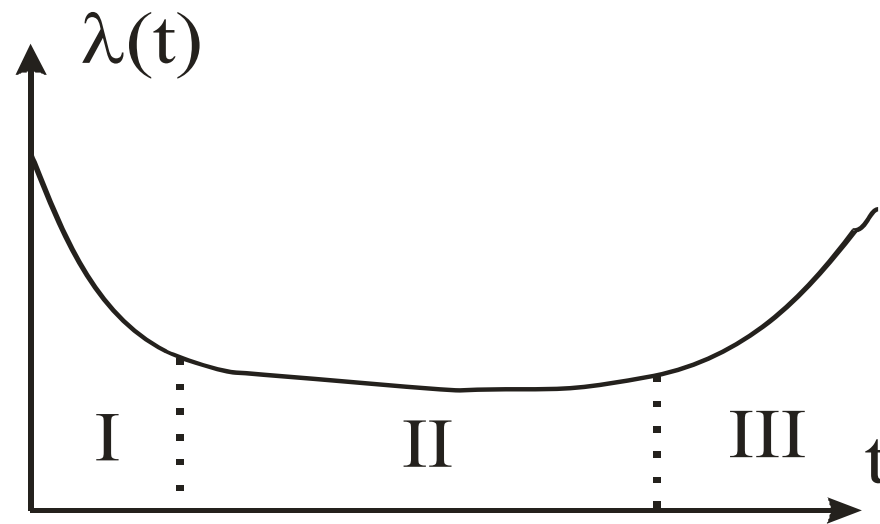
### Поузданост:

$$R(t) = e^{-\lambda * t}$$



# Поузданост рада грађевинских машина

## РЕАЛНО ПОНАШАЊЕ ОТКАЗА:



- I - период раних отказа
- II - период нормалног рада (steady state)
- III - период дотрајалости

# Поузданост рада грађевинских машина

## ПОУЗДАНОСТ ОДРЖАВАНИХ КОМПОНЕНТИ:

Одржавање обухвата превентивне прегледе, оправку или замену компоненти које су отказале и друге мере регулације параметара система.

$$MTTR = \frac{1}{n_f(0)} \sum_{i=1}^{n_f(0)} \tau_{r,i}$$

Средње време оправке (mean time to repair) МТТР:

$$\hat{\mu}(t) = \frac{n_m(t + \Delta t) - n_m(t)}{n_f(t) \Delta t}$$

**ИНТЕНЗИТЕТ ОПРАВКЕ**  $\mu(t) = const \Rightarrow MTTR = \frac{1}{\mu}$

# Поузданост рада грађевинских машина

---

ПОУЗДАНОСТ ОДРЖАВАНИХ КОМПОНЕНТИ:

**РАСПОЛОЖИВОСТ** компоненте:

$$0 \leq A(t) \leq 1$$

- Вероватноћа да је систем са одржавањем у оперативном стању у тренутку  $t$ :

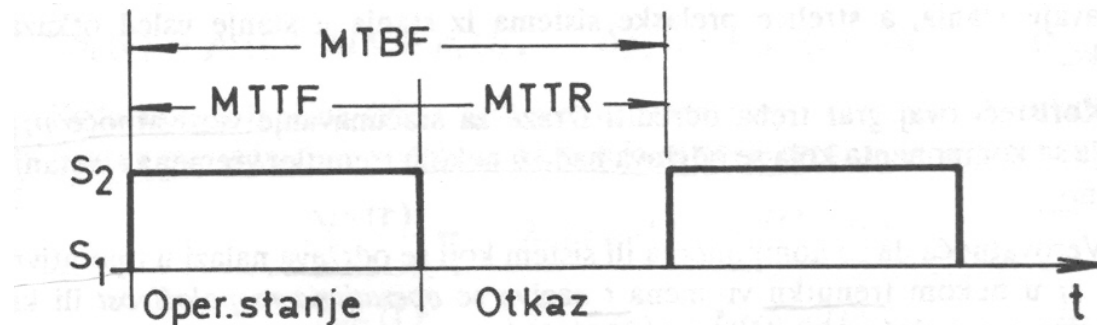
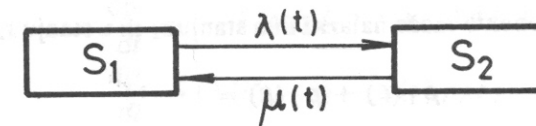
$$A(t) = e^{\int_0^t (\lambda(\tau) + \mu(\tau)) d\tau} \left\{ 1 + \int_0^t \mu(\tau) e^{\int_0^t (\lambda(\tau) + \mu(\tau)) d\tau} d\tau \right\}$$

# Поузданост рада грађевинских машина

Поузданост компоненте са два могућа стања:

S1 – компонента је исправна

S2 – компонента је неисправна



- **Поузданост** се односи на неодржаване компоненте
- **Расположивост** се односи на одржаване компоненте и системе

# Поузданост рада грађевинских машина

## Стационарно стање

- Када су интензитети отказа и оправке константни:

$$\lambda(t) = \text{const} = \lambda; \mu(t) = \text{const} = \mu$$

- Онда важи:

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

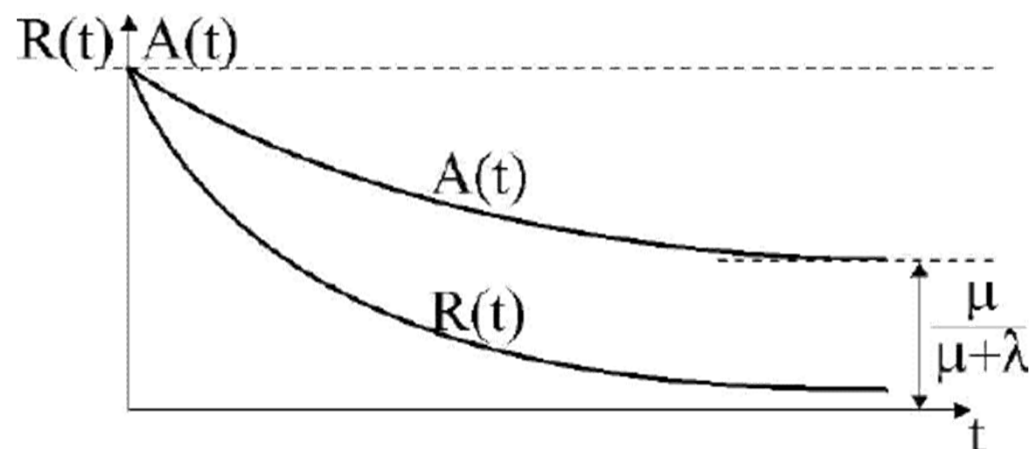
- Ако се посматра дуг временски интервал:

$$MTTR = \frac{1}{\mu}, MTTF = \frac{1}{\lambda}, MTBF = \frac{\lambda + \mu}{\lambda * \mu}$$

$$t \rightarrow \infty \Rightarrow A(t) \rightarrow \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

## *Поузданост рада грађевинских машина*

Разлика између ПОУЗДАНОСТИ и РАСПОЛОЖИВОСТИ:



# Поузданост рада грађевинских машина

---

Реалне вредности

- У даљем разматрању посматрамо само:

$$A = A(\infty) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

- $A(\infty)$  – коефициент готовости, коефицијент оперативног времена
- UTR – Up Time Ratio

# *Поузданост рада грађевинских машина*

---

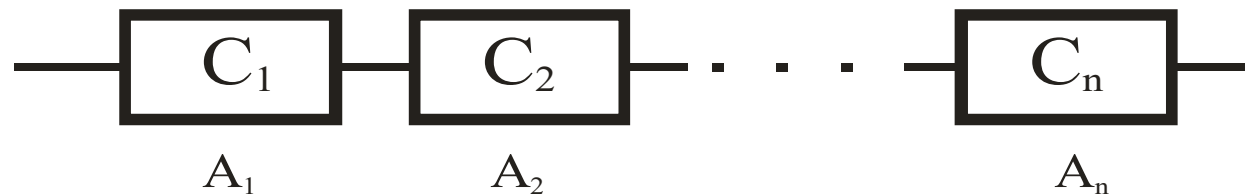
## **РАСПОЛОЖИВОСТ СИСТЕМА:**

- Систем се састоји од компоненти
- Расположивост система зависи од расположивости компоненти и веза између компоненти
- Практичан учинак система зависи од учинка система без отказа и расположивости



## РЕДНА ВЕЗА КОМПОНЕНТИ

- Ако отказ једне компоненте изазива отказ система, у питању је редна веза



- Расположивост система је мања од расположивости најлошије компоненте

$$U_e^* = \min U_{p,i} A^*$$

## РЕДНА ВЕЗА КОМПОНЕНТИ

Независни откази:

- Ако су откази независни (на пример за земљане радове), расположивост система је:

$$A_s = \prod_{i=1}^n A_i$$

Зависни откази:

- Ако су откази зависни (на пример за бетонске радове), расположивост система је:

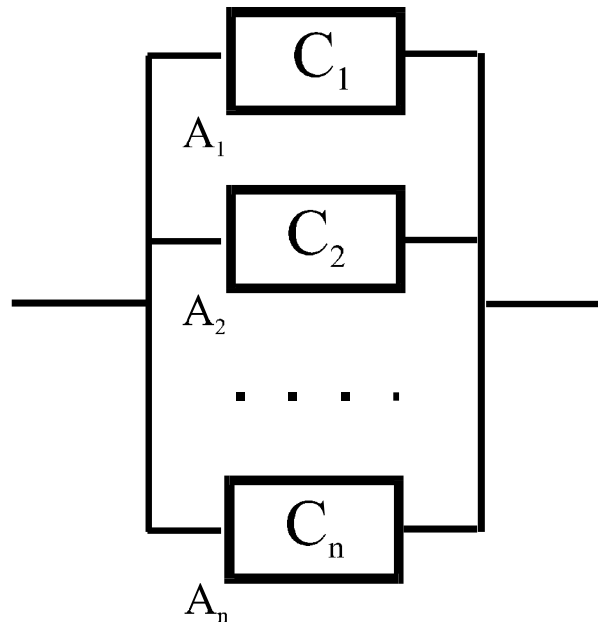
$$A_s = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{A_i} - 1 \right)}$$

Учинак у оба случаја је:

$$U_s = A_s \cdot \min U_{P,i}$$

## ПАРАЛЕЛНА ВЕЗА КОМПОНЕНТИ

- Ако тек отказ више компоненти изазива отказ система, у питању је паралелна веза



- Расположивост система је ВЕЋА од расположивости најбоље компоненте

## ПАРАЛЕЛНА ВЕЗА КОМПОНЕНТИ

- Конвенционална паралелна веза
- Ако тек откази свих компоненти изазивају отказ система имамо конвенционалну паралелну везу

$$A_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - A_i)$$

$$U_s^* = \sum_{i=1}^n U_{P,i} A_i^*$$

Звездица означава рад у стабилном стању

## ПАРАЛЕЛНА ВЕЗА КОМПОНЕНАТА

- Паралелна веза са топлом резервом  $k$  од  $n$  ( $k/n$ )

Систем је у функцији ако је од укупно  $n$  компонената, у функцији бар  $k$  компонената

$$A_s = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} A_0^i (1 - A_0)^{n-i}$$
$$U_e = \sum_{i=k}^n i \binom{n}{i} A_0^i (1 - A_0)^{n-i} U_{p,c}$$

Претпостављено је да је расположивост свих компоненти иста ( $A_0$ )

## ПАРАЛЕЛНА ВЕЗА КОМПОНЕНАТА

Паралелна веза са хладном резервом:

- Ако тек отказ  $(n-k+1)$  од укупно  $n$  компоненти, **које нису стално у функцији**, изазива отказ система имамо паралелну везу са хладном резервом.

$$A_s = A_0^k \sum_{i=0}^{n-k} \frac{[k \ln(A_0)]^i}{i!}$$

- Претпостављено је да је расположивост свих компоненти иста  $(A_0)$

## **УТИЦАЈ РАСПОЛОЖИВОСТИ НА РАД МАШИНА**

- Машине се реално кваре и зато имају учинке мање од оних које смо срачунали
- Треба срачунати стварни практични учинак и са њим проценити стварну цену
- Машине које не раде и даље коштају
- Обично је најбоље додати машине у хладну резерву

## ПРИМЕР:

Očekivano vreme

	Up	Kh	Otkaza [h]	Popravke [h]	$\lambda_i$	$\mu_i$	$A_i$
CFB	35	6000	520	30	0,0019	0,0333	0,9455
Automixer	4,5	1600	300	22	0,0033	0,0455	0,9317
Pret. Silos	-	220	350	17	0,0029	0,0588	0,9537
Toranjski kran	11	2600	550	30	0,0018	0,0333	0,9483
Pervibrator	3,5	110	100	9	0,0100	0,1111	0,9174
Pumpa za vodu	-	110	100	9	0,0100	0,1111	0,9174

	Up	n	n*Up	Kh	n*Kh	$\Sigma(n*k_p)$	C[din/m3]
CFB	35	1	11	6000	1886	10.056	<b>914,1818</b>
Automixer	4,5	3	13,5	1600	4800		
Pret. Silos	-	1	11	220	220		
Toranjski kran	11	1	11	2600	2600		
Pervibrator	3,5	4	14	110	440		
Pumpa za vodu	-	1	11	110	110		

1. slučaj

		0,9317			0,9174	
0,9455			0,9537	0,9483		0,9174
	0,9317				0,9174	
	0,9317				0,9174	
					0,9174	

0,9455      0,9997      0,9537      0,9483      1,0000      0,9174

As= 0,78  
Up, stv= 8,63m3/h  
PSP=10.056/8,63  
= 1.165,84    din/m3

Расположивост система  
Стварни учинак сист. (=11\*0,78)  
Стварна продајна цена по JM

As  
**0,784137**