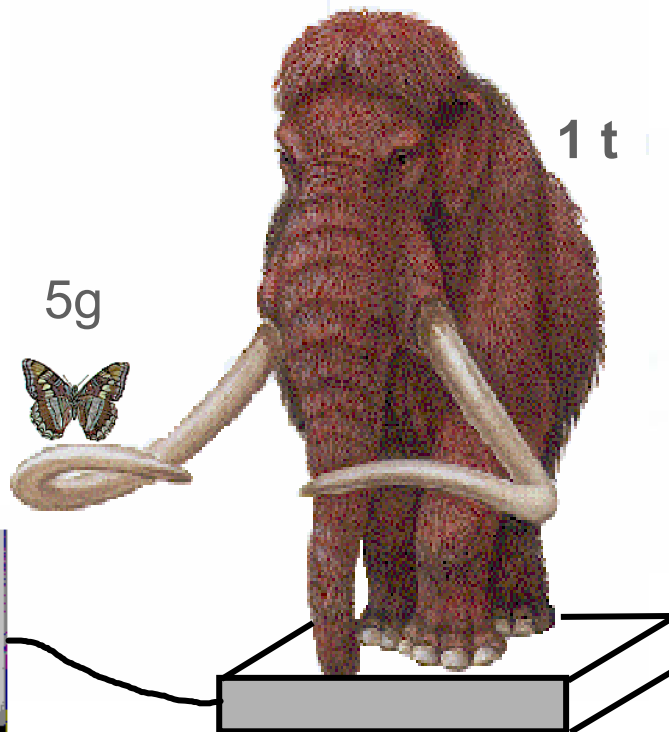
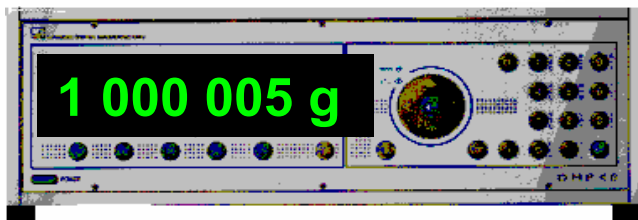


# VAGARSTVO

## Merna Nesigurnost:

primena kod  
vaga



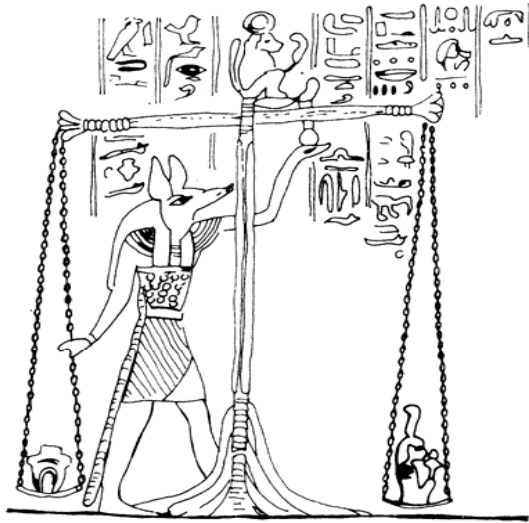
measurement with confidence

Dr. Ličen Hotimir

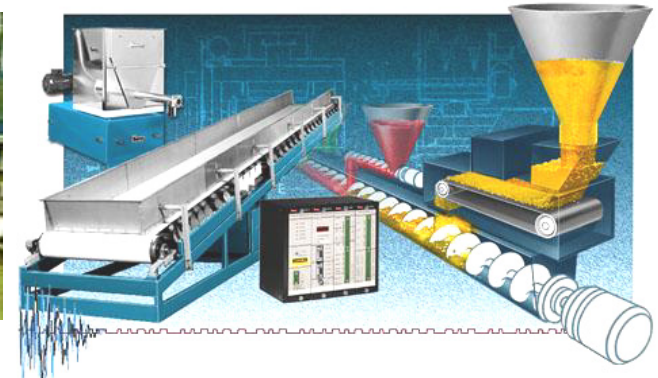
trcpro@neobee.net

www.hbm.com

# ISTORIJA VAGARSTVA



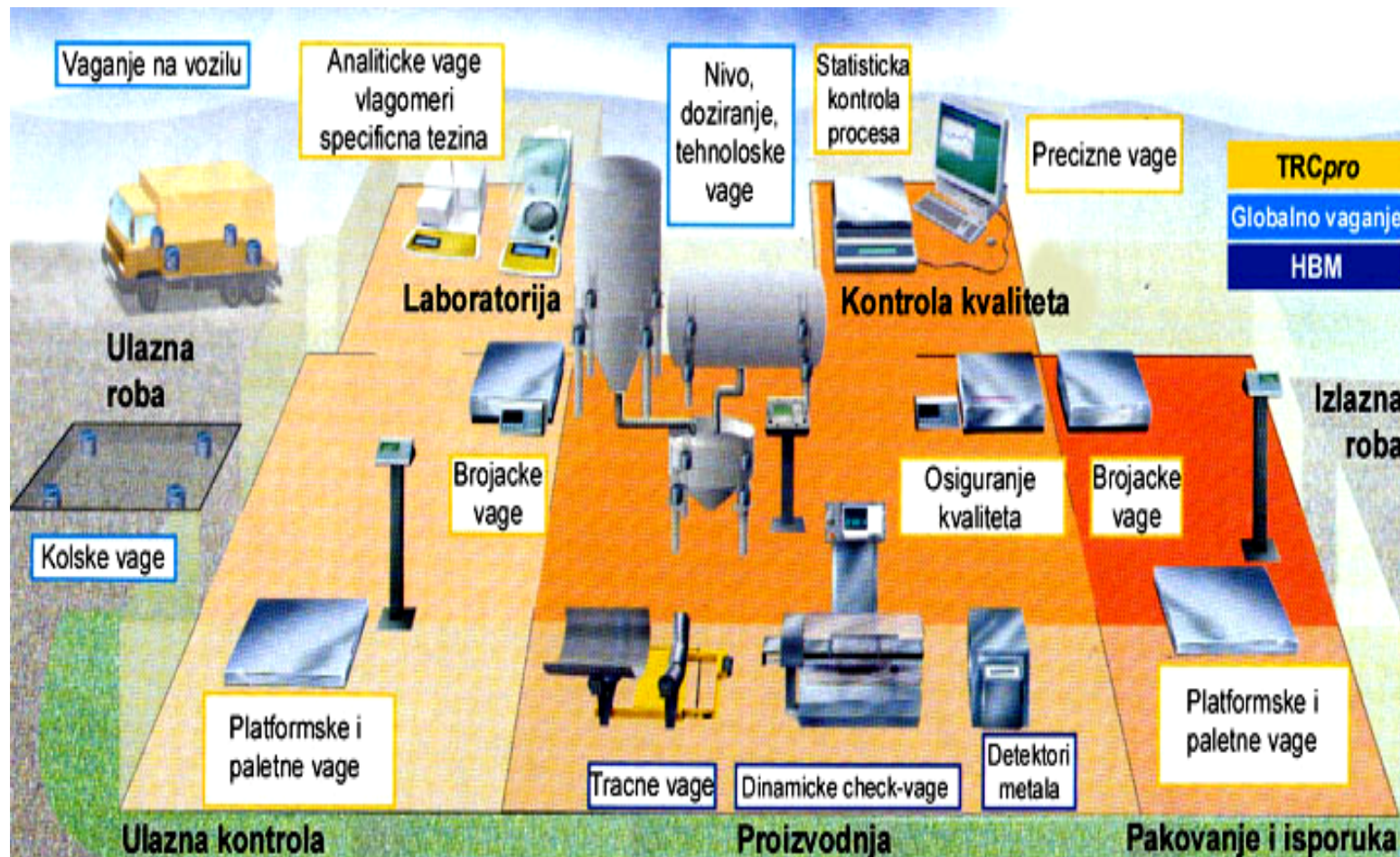
**2000g P.N.E**



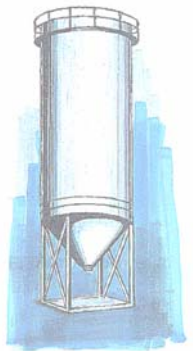
**DANAS**



## Šta se sve vaga u industriji ?



- Uvod
- Statička greška - definicije:  
Rezolucija, Klasa tačnosti, Nula, Osetljivost, Linearnost,  
Temperaturni koeficijent na NULU (TKo) i OSETLJIVOST (TKc)
- Merna nesigurnost - procena
- Superpozicija greške
- Dinamička greška - pojmovi:  
Sopstvena frekvencija, Frekventni odziv, Frekvencija digitalizacij

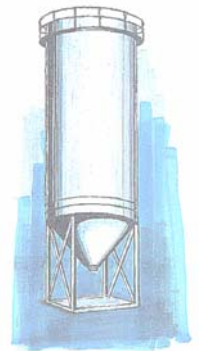


**Greška merenja predstavlja odstupanje izmerene vrednosti u odnosu na stvarnu vrednost**

**Greška merenja =  
IZMERENA VREDNOST – STVARNA VREDNOST**

Greška merenja se definiše kao:

- SLUČAJNA GREŠKA
- SISTEMATSKA GREŠKA

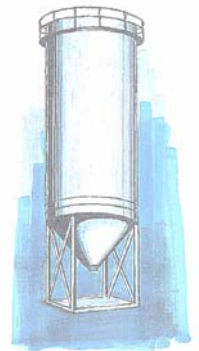


Osnovni princip pri merenju:

**Meriti onoliko tačno koliko je potrebno,  
a ne onoliko tačno koliko je moguće!**

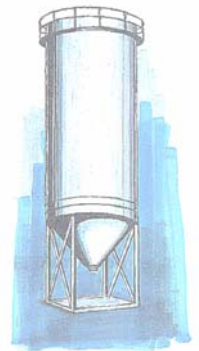
Iz te postavke proizilaze dva pitanja:

1. Kolika se tačnost (merna nesigurnost) zahteva?
2. Koliku je tačnost je moguće postići sa određenom mernom konfiguracijom?



*Polazna osnova:*

**Merna veličina se ne menja  
(ostaje konstantna) tokom merenja!**



## Rezolucija i merna nesigurnost su dva različita pojma!

Rezolucija predstavlja svojstvo mernog uređaja (n.pr. vage) da prikaže razliku između dve susedne vrednosti. (*Parametri uređaja*)

**Rezolucija ne govori ništa o tome koliko verno izmerena veličina prikazuje stvarnu vrednost!!**

Merna nesigurnost prikazuje moguće odstupanje izmerene vrednosti od stvarne vrednosti. (*Merni parametri*)





a) **Digitalni sat:**

Prikaz na.pr..	14:10:33
Rezolucija	1 Sekunda
Merna nesigurnost:	ca. 30 s/Mesec $\cong$ 0.001%

b) **Vaga u kupatilu:**

Merno područje:	150 kg
Rezolucija:	0,1 kg
Digitalani prikaz na.pr.	71,6 kg
Merna nesigurnost:	ca. 1 kg $\cong$ 1.4%

c) **Vaga (Klasse III):**

Merno područje:	6000 g
Rezolucija:	2 g
Prikaz na.pr.	960 g
Merna nesigurnost:	2 g



1. Klasa tačnosti uređaja služi da se (sa određenim ograničenjima) medjusobno porede razni uređaji.

Povesti računa kod podtaka proizvođača, na pr.:

Tačnost = 10bit

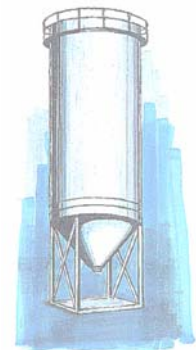
Tačnost = 1 $\mu$ m rezolucije

Tačnost = 0.1% linearnosti

2. Klasa tačnosti je jednostavan način za procenu merne nesigurnosti (tačnosti merenja).

**Napomena:** Klasa tačnosti se odnosi na merno područje (kod mernih ćelija na nazivno opterećenje) i daje se u opštem slučaju, u procentima.

Visoka klasa tačnosti = mala brojčana vrednost  
odn. 0,1 je bolje od 1



**Primer:** Merna ćelija U2A/1t  
Merno područje (MP), Nazivno opt. = 1000 kg  
Klasa tačnost (KT) = 0.1  
Merena vrednost (MV) = 200 kg

**Merna nesigurnost:**

$$u = MP \times KT = 1000 \text{ kg} \times 0,1 \% = \underline{1 \text{ kg}} \Rightarrow \text{procena!}$$

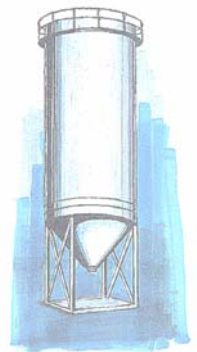
$$199 \text{ kg} = MV - u \leq \text{stvarna vrednost} \leq MV + u = 201 \text{ kg}$$

**Relativna nesigurnost mernog rezultata (sledi):**

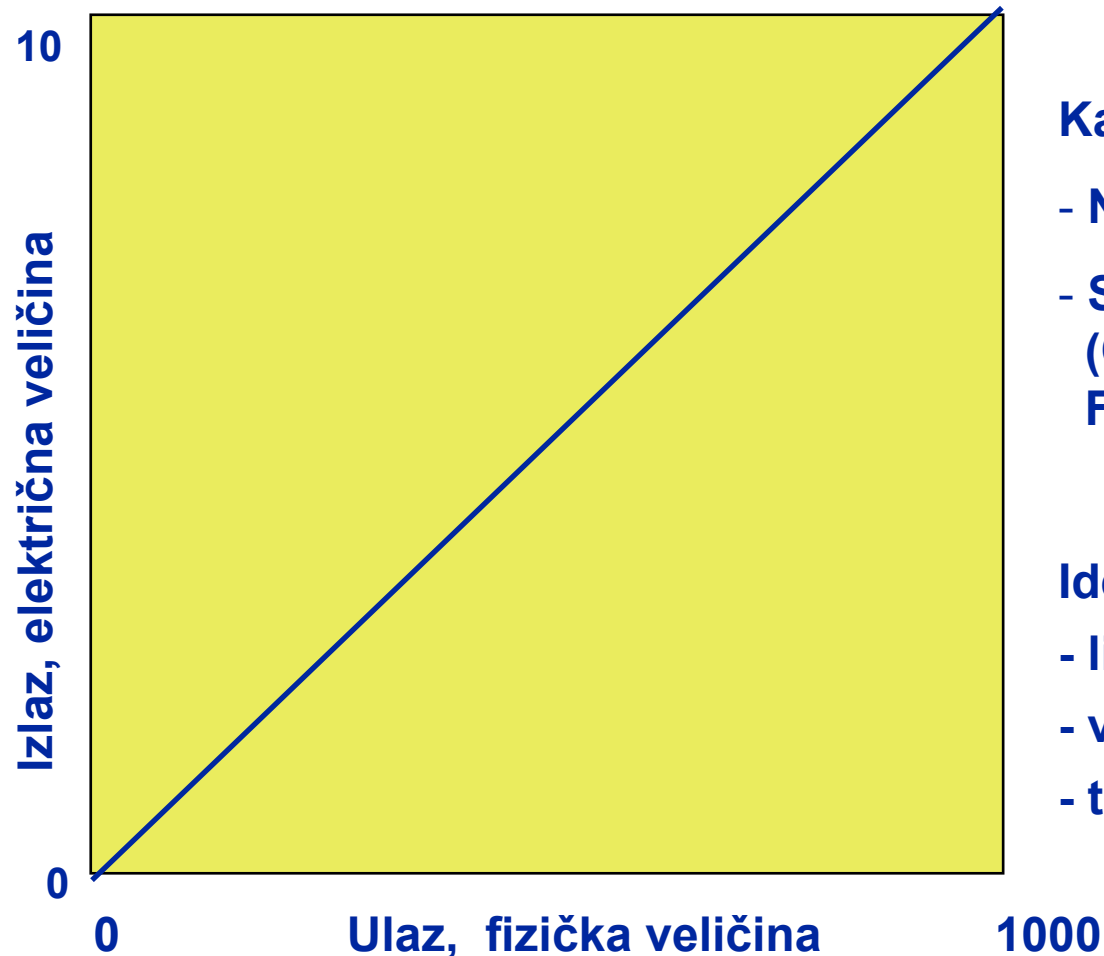
$$u / MV = (MP \times KT) / MV = 1 \text{ kg} / 200 \text{ kg} = 0,5 \%$$

## REZIME:

Merno područje (nazivni opseg merenja) povećava kako absolutnu, tako i relativnu mernu nesigurnost (odn. tačnost vaganja).



# STATIČKA karakteristika merne ćelije



**Karakteristiku definiše:**

- Nulta vrednost  $i$
- Strmina krive  $C$   
(Osetljivost, Raspon, Faktor kalibracije)

**Idealnan odziv daje:**

- linearnu karakteristiku
- vremensku stabilnost
- temperaturnu stabilnost



# Parametri, koji utiču na mernu nesigurnost

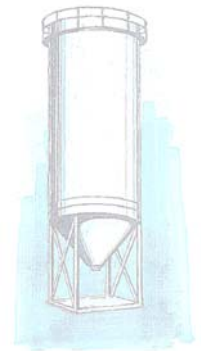
---



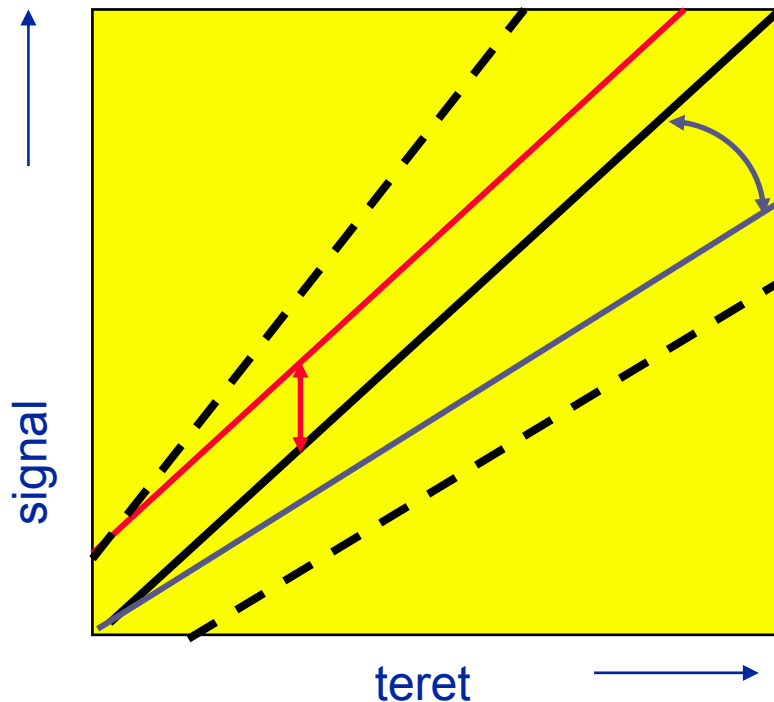
- Odstupanje od karakteristike (Nelinearnost i Histereza)
- Temperaturna zavisnost “Nule” i “Osetljivosti” (Raspona)

Osim toga:

- Rezolucija
- Puzanje
- Ponovljivost
- Kalibriracija (Justiranje)  
**(sistematska greška)**



# Temperaturni koeficijent TKN, TKK (Definicija)



Temperaturni koeficijent karakteristike  $TKK$  mernja strminu Karakteristike (prave) i time menja osetljivost

Temperaturni koeficijent nulle  $TKN$  pomera karakteristiku paralelno

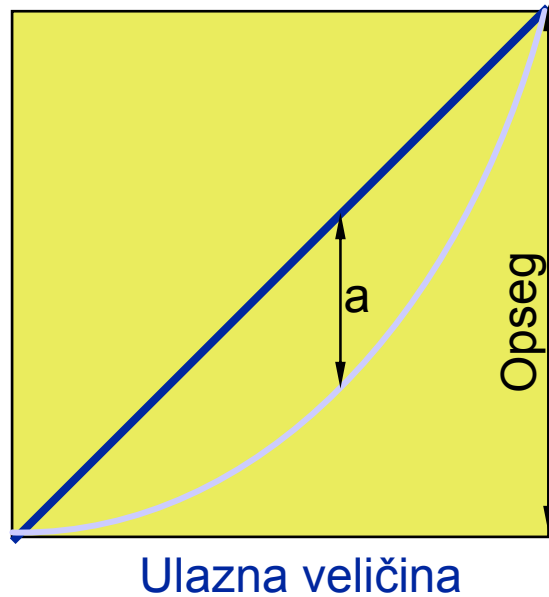
➡ Pažnja kod malih vrednosti!



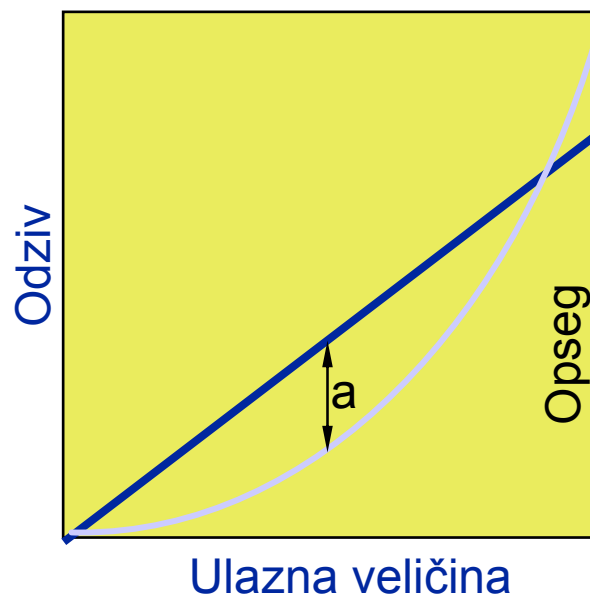
# Redukovanje greške linearnosti



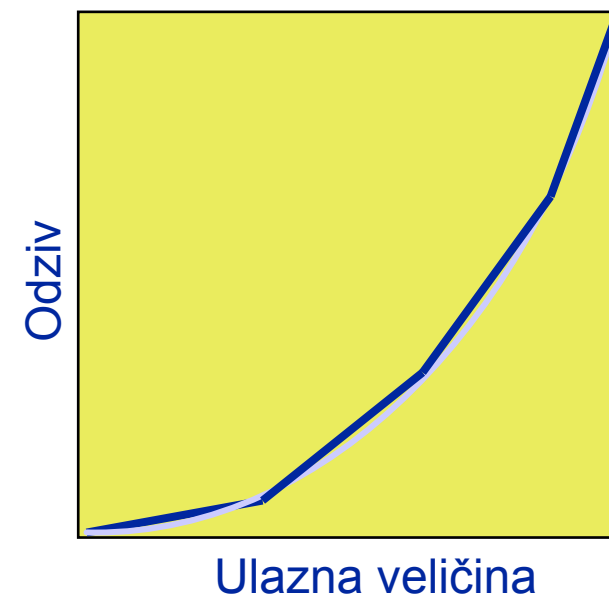
Najjednostavnije  
Podešavanje pojačala



Optimizirano  
podešavanje  
pojačala

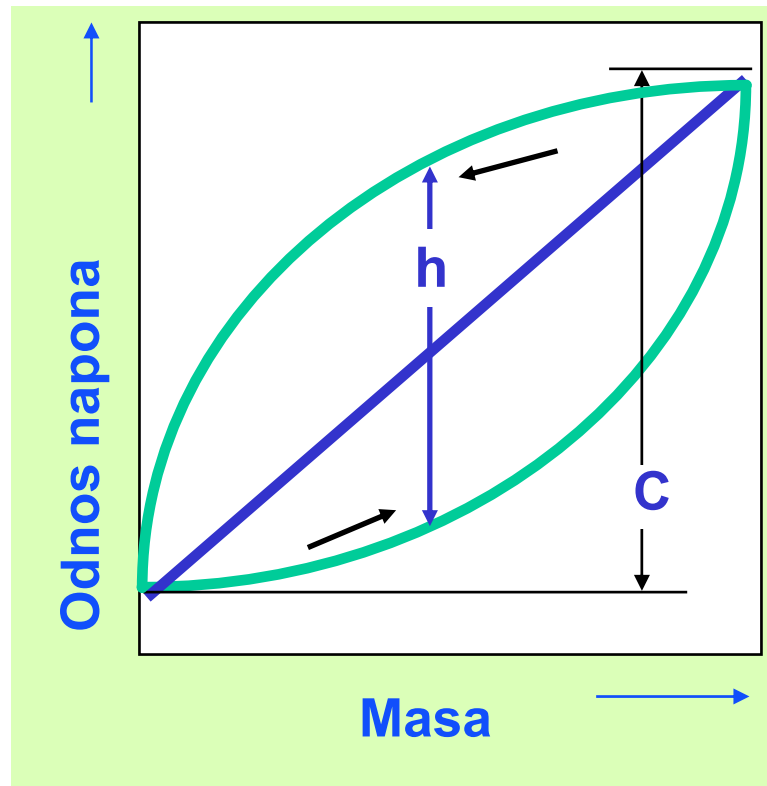


Linearizovano  
podešavanje sa  
dodatnim upornim  
tačkama



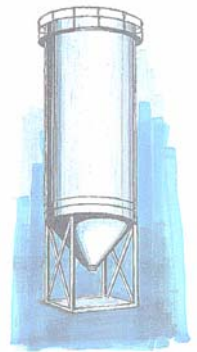
# Histereza (Definicija)

$$\text{Histereza} = h / C$$

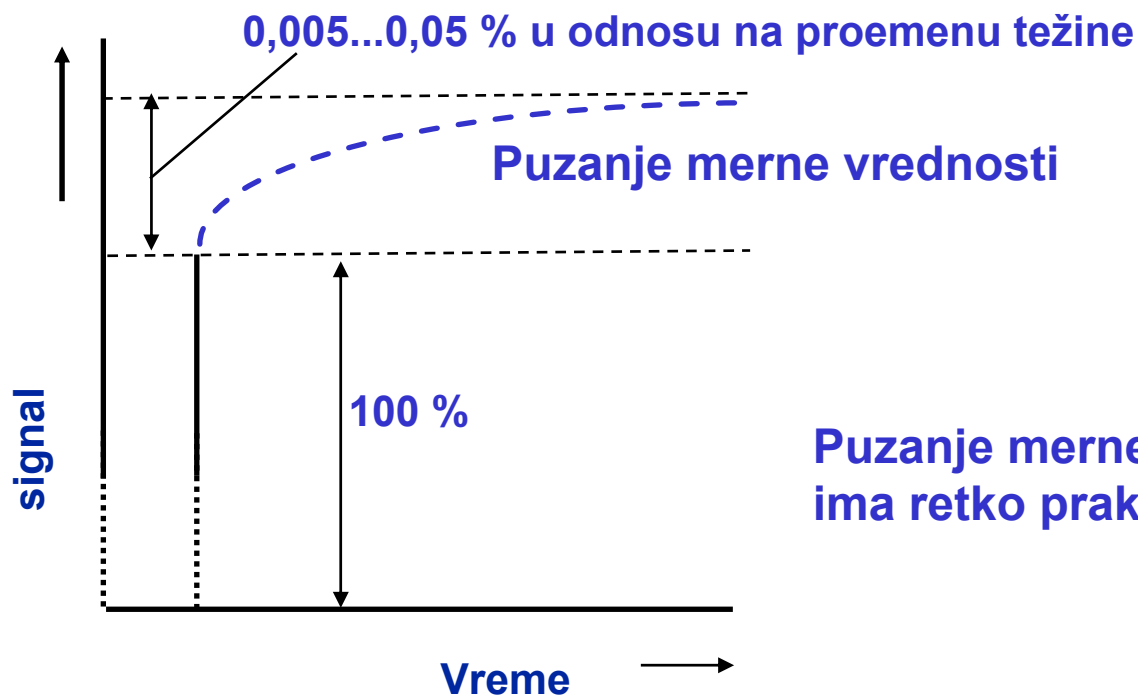


Histereza kod mernih ćelija je uglavnom uvek manja od 0,05 %;

Retko ima praktičan značaj!!



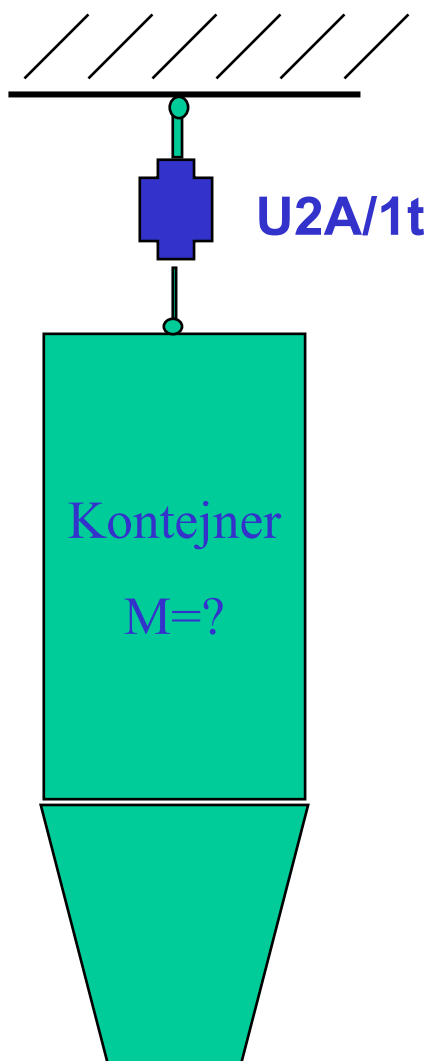
# Puzanje (Definicija)



**Puzanje merne ćelije  
ima retko praktičan značaj!**



# Procena merne nesigurnosti na bazi podataka proizvođača - PRIMER



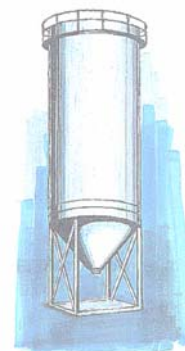
## POLAZNI PODACI ZA ČELIJU U2A

Merni opseg: 1000kg  
Klasa tačnosti: 0,1  
Procena greške:  $MP \times KT = \underline{1 \text{ kg}}$

Linearnost 0,1 %  
TKo, TEMP. na NULU 0,1 %/10K  
TKc, TEMP. na OSETLJ. 0,1 %/10K

Referentna temperatura 20 °C

Temperatura ćelije  
Tokom merenja: 70 °C



# Dugotrajno merenje

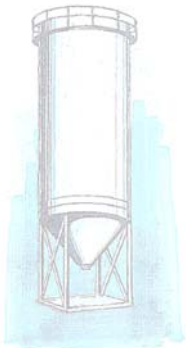


## PROCENA stanja:

Cilj merenja: Kolika se masa nalazi u posudi?

Koja je tačnost merenja, ako je brutto masa (mrtav teret) 500 kg?

	Greška	Kvadrat greške:
Greška linearnosti: $0,1\% \times 1000\text{kg}$	= 1 kg	= 1 kg <sup>2</sup>
Temp. za (TKo) $0,1\% /10\text{K} \times 1000\text{kg} \times 50\text{K}$	= 5 kg	= 25 kg <sup>2</sup>
Temp. za (TKc) $0,1\% /10\text{K} \times 500\text{kg} \times 50\text{K}$	= 2,5 kg	= 6,25 kg <sup>2</sup>
	Suma:	Koren iz sume kvadrata:
	<b>= 8,5 kg najgori slučaj</b>	<b>= <u>5,7 kg</u> očekivana tačnost</b>



# Kraktotrajno merenje - doziranje



## Registrowanje malih promena

Cilj merenja: Kolika je masa izuzeta? (Doziranje)

Kolika je merna nesigurnost, ako je brutto masa 500kg, a izuzeto je 10 kg?

pribl. formula za kor. faktor :  $\sqrt{MV / MP}$

Greška

Kvadrati grešaka:

Greška linearnosti:  $0,1\% \times 1000\text{kg} \cdot \sqrt{10\text{kg} / 1000\text{kg}} = 100 \text{ g}$  = 10 000 g<sup>2</sup>

Temp. Za (TKo) **zanemarljivo** - -

Temp. Za (TKc)  $0,1\%/10\text{K} \times 10\text{kg} \times 50\text{K}$  = 50 g = 2 500 g<sup>2</sup>

Suma:

Koren iz sume kvadrata:

**Merna nesigurnost: = 160 g najgori slučaj = 112 g očekivana merna nesigurnost**

## Doziranje

# Kratkotrajno merenje



## Registrowanje velikih promena

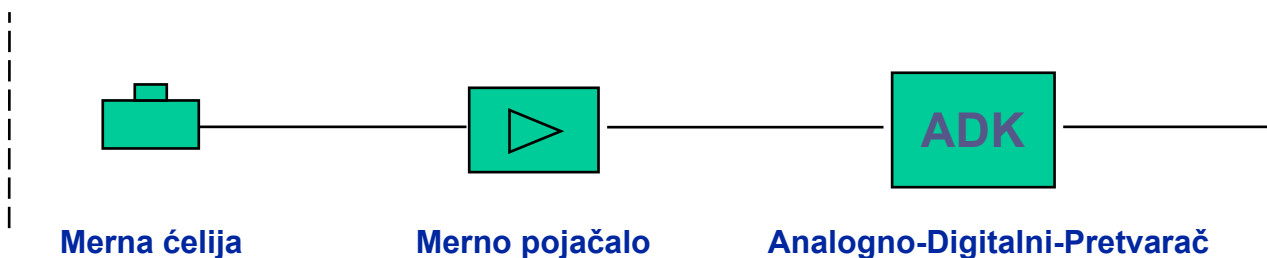
Cilj merenja: Kolika se masa izuzima (problem doziranja)?

S kojom tačnosti treba računati ako je brutto masa pre izuzimanja bila 1000 kg a nakon toga 500 kg?

			Kvadrati grešaka:
Greška linernosti:	$0,1\% \times 1000\text{kg}$	= 1 kg	= 1 kg <sup>2</sup>
Temp. za (TKo)	zanemarljivo		
Temp. za(TKc)	$0,1\%/10\text{K} \times 500\text{kg} \times 50\text{K}$	= 2,5 kg	= 6,25 kg <sup>2</sup>
		Suma:	Koren iz sume kvadrata:
	Merna nesigurnost:	= 3,5 kg	= <u>2,7 kg</u>
		najgori slučaj	očerkivana tačnost vaganja

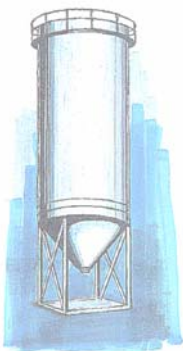


**PROZES**  
n.pr. Posuda



**Greške svih pojedinačnih elemenata u lancu ulaze u merni rezultat!**

- Celokupni lanac ne može biti bolji od **najslabijeg** člana u lancu
- Slučajne pojedinačne greške se sabiraju prema "Pitagori"
- **Posebno važno: postavljanje posude, ugradnja merne ćelije, uvođenje sile, kvalitet merne ćelije....., itd, itd...**

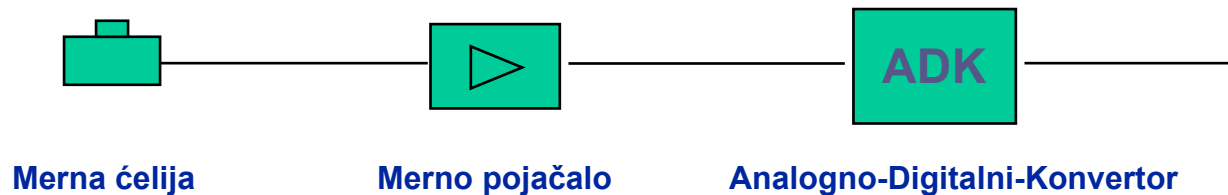


**Udeli grešaka opadaju sa udaljavanjem od procesa**

*(proces unosi najveće uticaje, vibracije, temperature, smetnje..)*



# Superpozicija greške



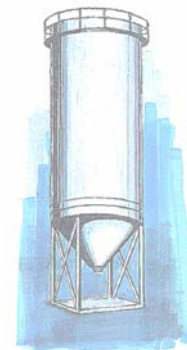
“Pitagorino” sumiranje parcijalnih grešaka:

$$Ukupna.greska = \sqrt{Greska.celije^2 + Greska.pojacala^2 + ADK.greska^2}$$

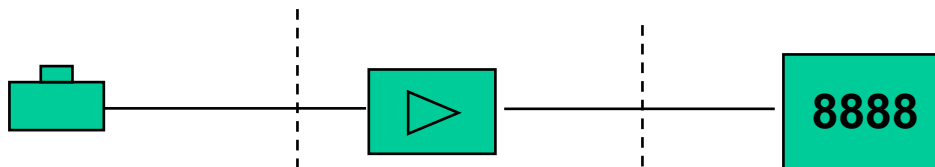
**Primer:**

**Sve parcijalne klase tačnosti iznose 0,1 %**

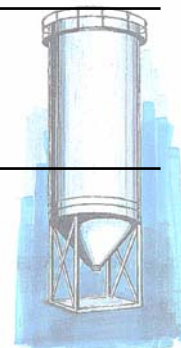
$$Ukupna.klasa.tacnosti = \sqrt{0,1\%^2 + 0,1\%^2 + 0,1\%^2} = 0,17\%$$



# Superpozicija greške



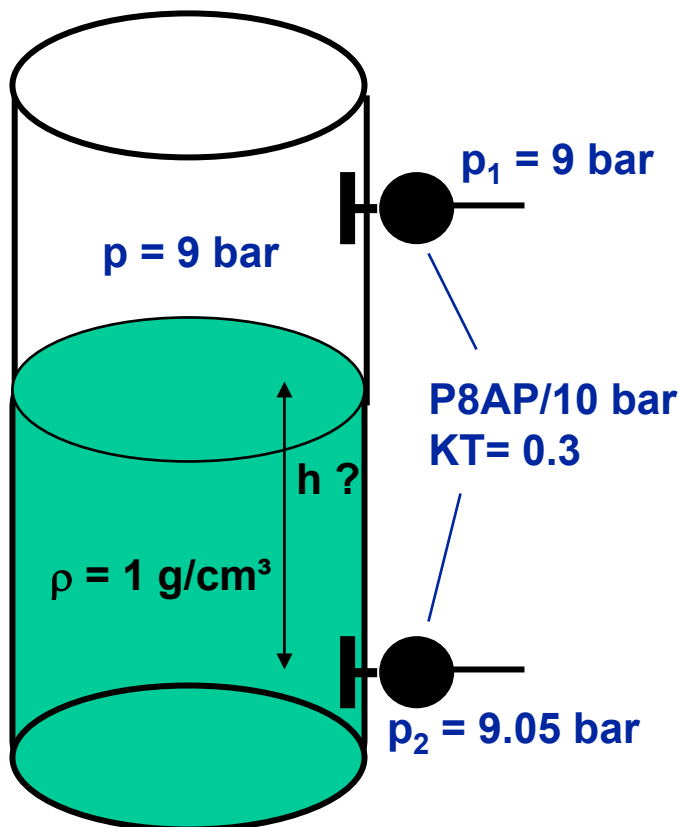
Pretvarač	Pojačalo	Digitalni indikator	Merni lanac, "pitagora"
C2/1kN 0.1	AE301 0.1	DA2510 0.1	0.17 %
C2/1kN 0.1	MVD2555 0.1		0.14 %
C2/1kN 0.1	MGC with ML30 0.03		0.104 % $\approx$ 0.1 %
C9B/1kN 0.5	MVD2555 0.1		0.51 %
Z3H2/1kN 0.03	MGC with ML30 0.03		0.04 %



**Radi smanjenje greške zameni najslabiji element!**

# Superpozicija greške

## Posuda pod pritiskom



Računanje nivoa:

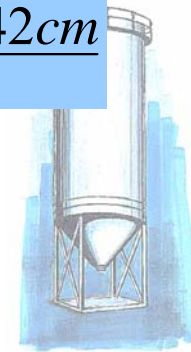
$$h = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} = \frac{(9.05 - 9) \text{ bar}}{1 \text{ g/cm}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = \underline{50 \text{ cm}}$$

Procena greške nivoa

$$\Delta h = \frac{\Delta(p_2 - p_1)}{\rho \cdot g}$$
$$\Delta h = \frac{\sqrt{(KT \cdot MP)^2 + (KT \cdot MP)^2}}{\rho \cdot g}$$
$$\Delta h = \frac{\sqrt{(0.03 \text{ bar})^2 + (0.03 \text{ bar})^2}}{1 \text{ g/cm}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = \underline{42 \text{ cm}}$$

Ne praviti razlike mernih veličina približno istog opsega!

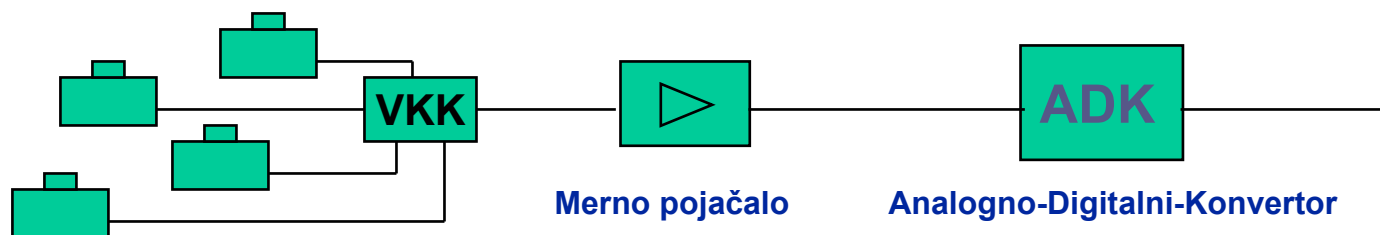
Alternativa: koristi diferencijalni davač pritiska



# Superpozicija greške

## PROCES

n.pr. Posuda



Paralelno povezivanje mernih ćelija (osrednjavanje):

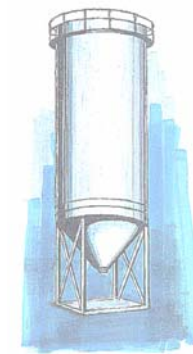
Merno područje raste sa brojem mernih ćelija,  $n \times MP = MP_{ukuono}$ ; na. (pr.  $4 \times 1 \text{ t} = 4 \text{ t}$ );

U prvoj aproksimaciji:  $4 \text{ t} \times 0,1 \% = \underline{4 \text{ kg}}$

U drugoj aproksimaciji: slučajna greška opada sa faktorom  $\frac{1}{\sqrt{n}}$

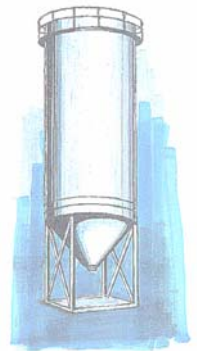
Procena: Tačnost vaganja =  $MP_{uku} \times KT \times \frac{1}{\sqrt{n}}$

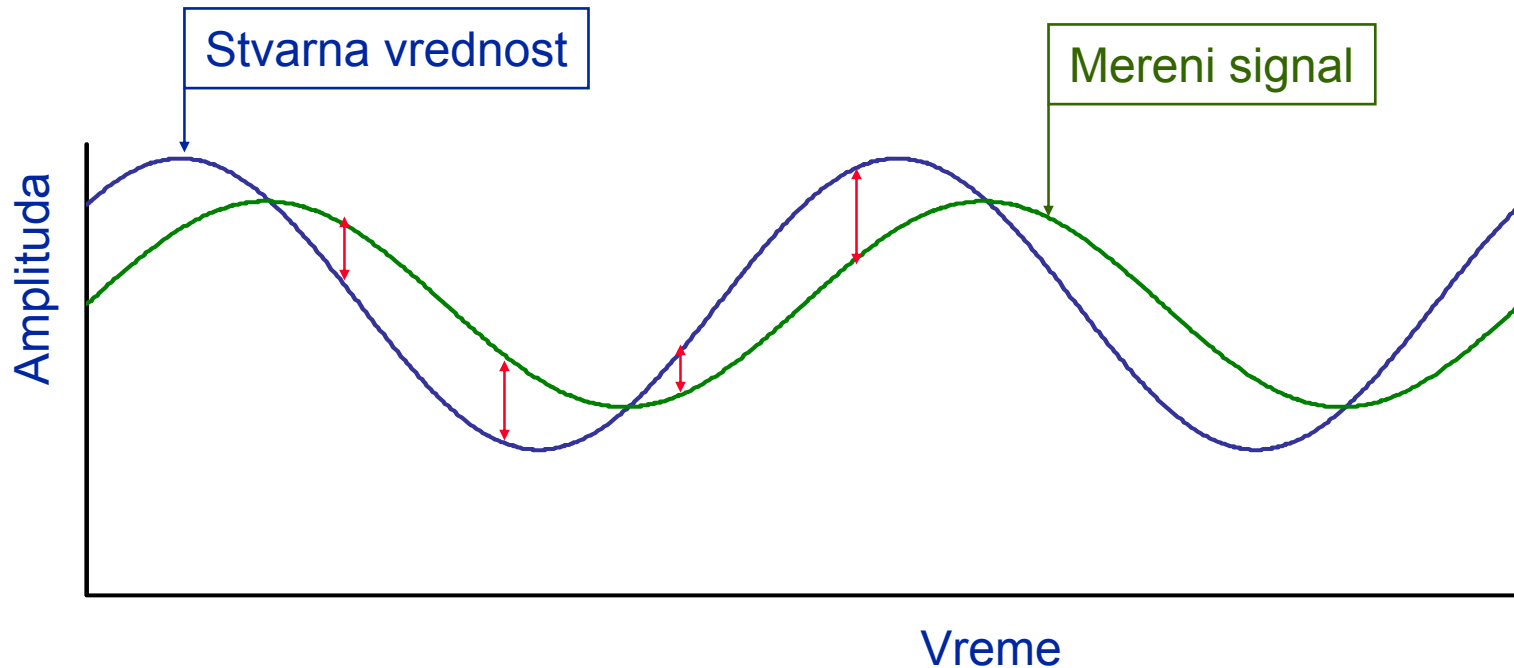
Tačnost vaganja =  $4 \text{ t} \times 0,1\% \times 1/2 = \underline{2 \text{ kg}}$



Dinamička greška nastaje kada:

- se merna vrednost menja tokom merenja  
i
- merni uređaj nije u stanju da dovoljno brzo sledi veličinu koju merimo





Merna veličina je funkcija vremena  $\Rightarrow$  merena vrednost je funkcija vremena

**DINAMIČKA GREŠKA JE FUNKCIJA VREMENA**

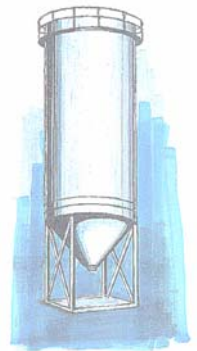
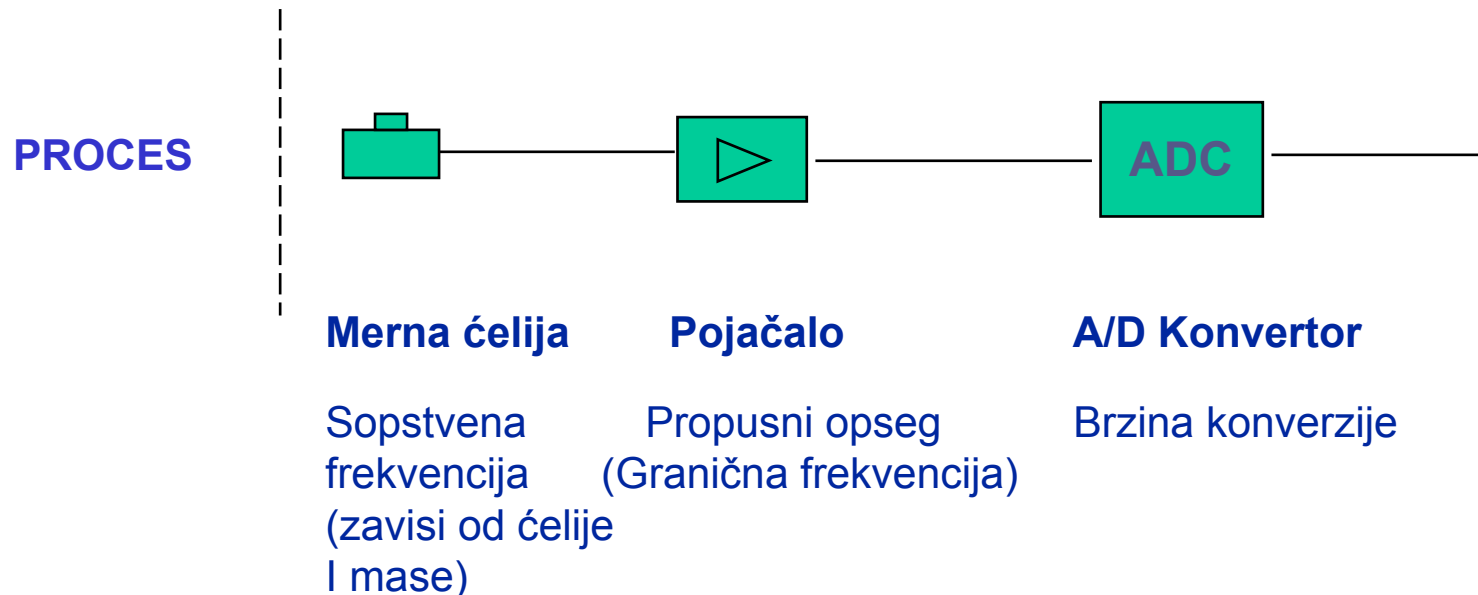
Kvantitativna procena dinamičke greške je u praksi izuzetno komplikovana



# DINAMIČKA greška

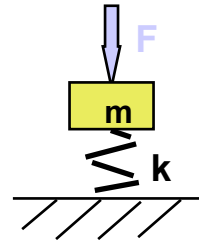
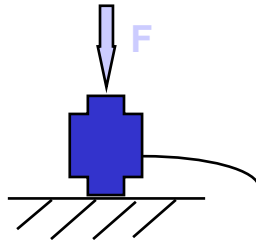
Važno kod brzih procesa: na. pr. punjenje, doziranje, pokret...itd.

Dinamička greška se javlja kao posledica činjenice da pojedini elementi mernog lanca poseduju vremensko kašnjenje (inertnost).



# Merna ćelija: sopstvena frekvencija

Idealno stanje: **Sopstvena frekvencija => beskonačno visoka**



$$2\pi \cdot f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\text{Sopstvena .frekvencij } a = \sqrt{\frac{9,81 \text{ms}^{-2} \cdot \text{Nazivna .masa}}{4\pi^2 \cdot \text{Mass} \cdot \text{Nazivna .deformacij } a}}$$

Realno : **Merna ćelija bez nazivne mase do ca. 5 kHz**

**Merna ćelija sa nazivnom masom od ca. 50 Hz**

(videti tehničke podatke za ćeliju – granična frekvencija)

**Napomena: : Sopstvena frekvencija treba biti 2..5 puta veća od frekvencije signala koji se meri**



# Granična frekvencija, brzina merenja



Idealno stanje:

Gornja granična frekvencija filtera

$f_g =$  beskonačna

Brzina merenja / Brzina uzorkovanja

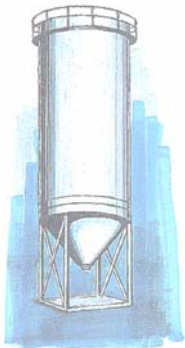
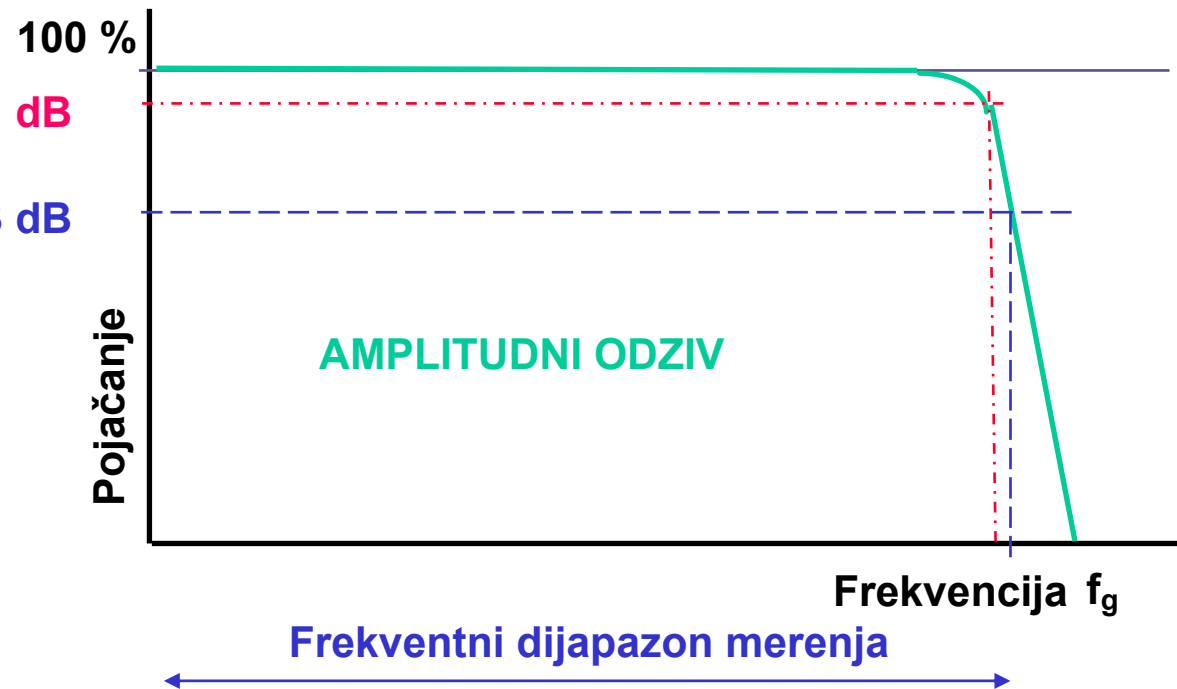
$f_s =$  beskonačna

Realno:	Gr. frek.	Noseća frek.
ML55S6	3000 Hz	9.6 kHz
ML55B	1500 Hz	4.8 kHz
MP55	500 Hz	4.8 kHz
ML30B	200 Hz	600 Hz
AE301	10 Hz	600 Hz
ML10B	100 kHz	DC

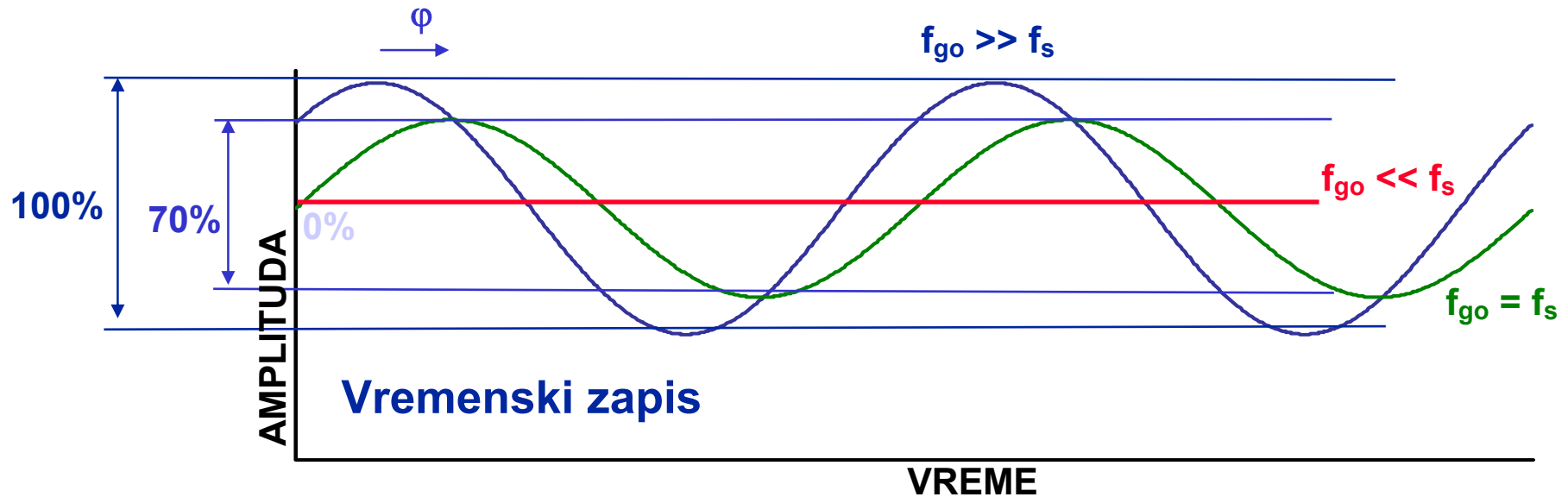
## Definicija:

ca. -10 % bzw. - 1 dB

ca. -30 % bzw. - 3 dB



# Granična frekvencija (analogno)



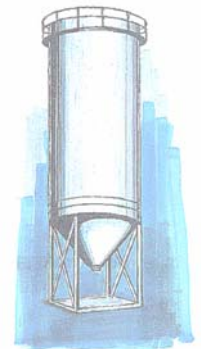
**Pažnja:** Ako je granična frekvencija  $f_{go} =$  Frekvencija signala  $f_s$  (-3dB),

- važi:**
- > dinamička greška je ca. 30 %
  - > fazni pomak 45 stepeni (Niskopojasni filter 1. Reda)

**Granična frekvencija uređaja treba da je ca. 3 x veća od frekvencije signala koji dolazi sa vage**

## Granična frekvencija < Noseća frekvencija

<b>MVD 2555</b>	<b>0,05 Hz - 200 Hz</b>	<b>4,8 kHz</b>
<b>MP 30</b>	<b>0,05 Hz - 20 Hz</b>	<b>600 Hz</b>
<b>AE 301</b>	<b>10 Hz</b>	<b>600 Hz</b>
<b>AE 101</b>	<b>10 Hz / 6000 Hz</b>	<b>DC napon</b>

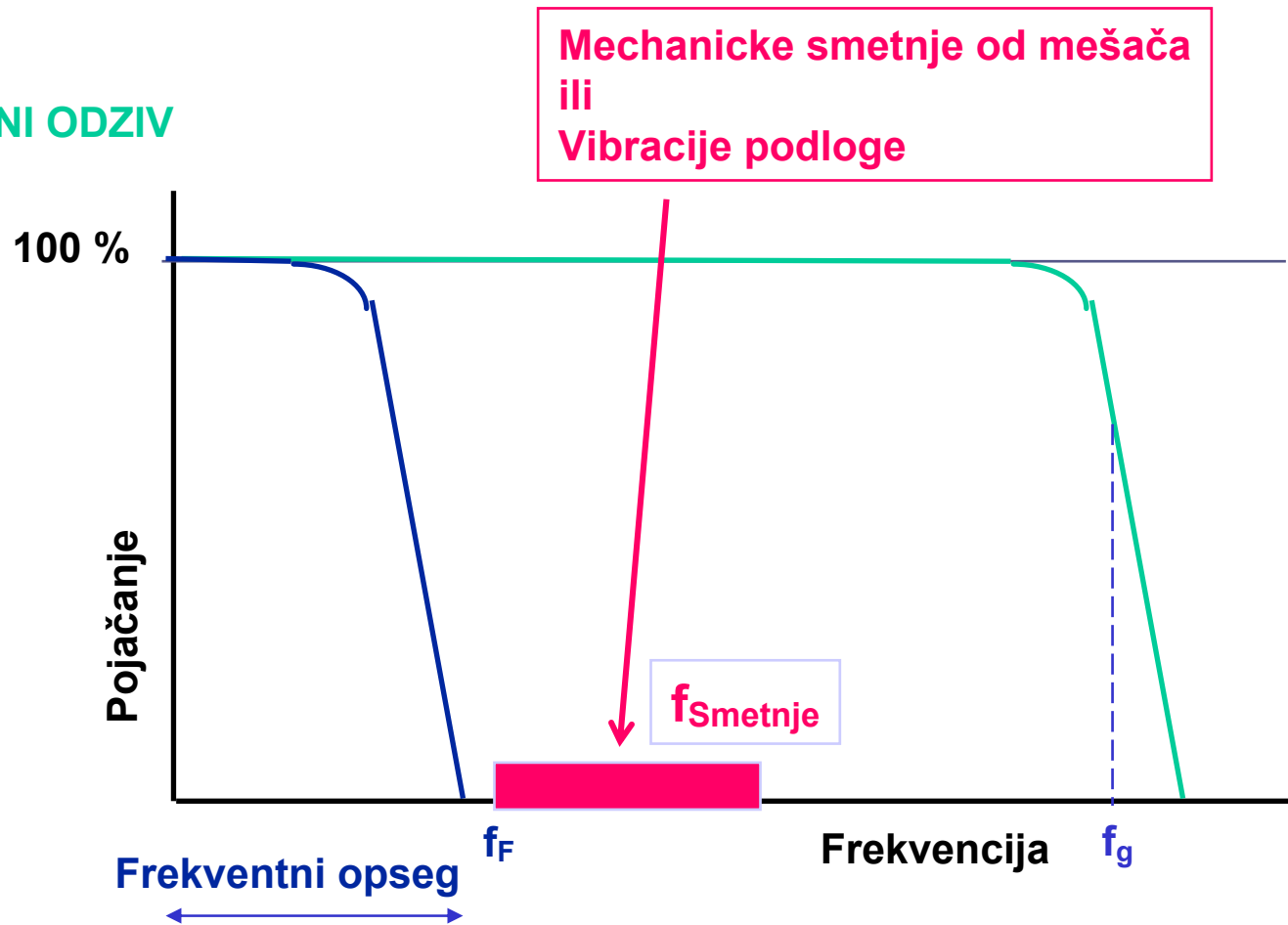
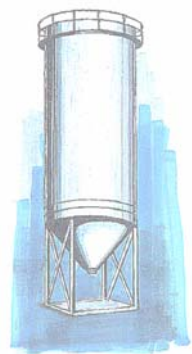


# Merno pojačalo: Filteriranje signala



Demo: Filter/Vreme umirenja/Mešač

## AMPLITUDNI ODZIV



# Vreme postavljanja = (Propusnog opsega filtera)

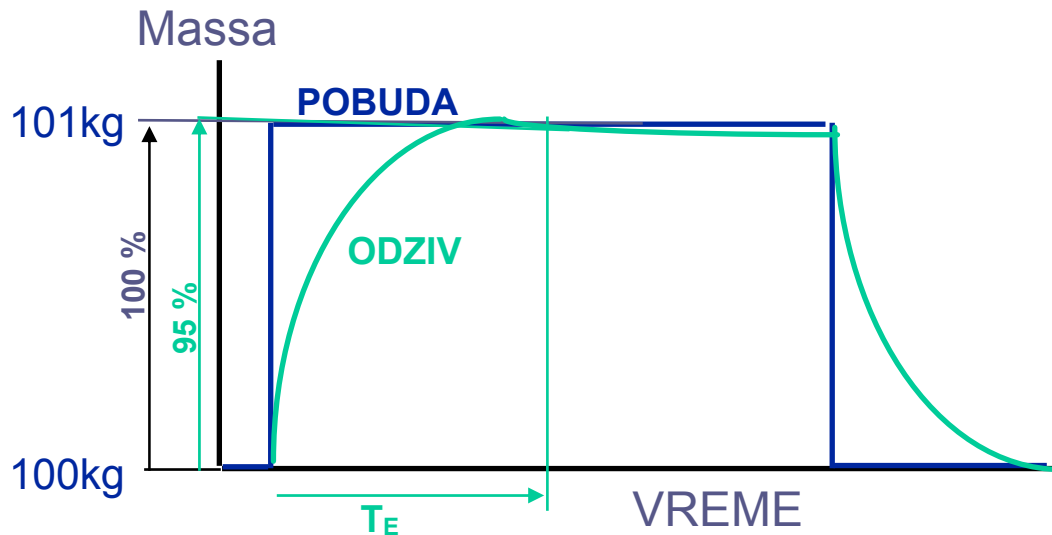


idealno:

Vreme smirenja  $T_E = 0$

realno:

Vreme smirenja  $T_E \approx 2,5$  ms pri  $f_g = 200$  Hz  
za MVD 2555



$$T_E \approx 1 / 2f_F$$

posle 2 do 3 ·  $T_E$  praktično  
ne postoji greška

Primer:

$$f_F = 0,05 \text{ Hz}$$

$$T_E = 1 / (2 \cdot 0,05 \text{ Hz}) = 10 \text{ s}$$

posle 20 do 30 s

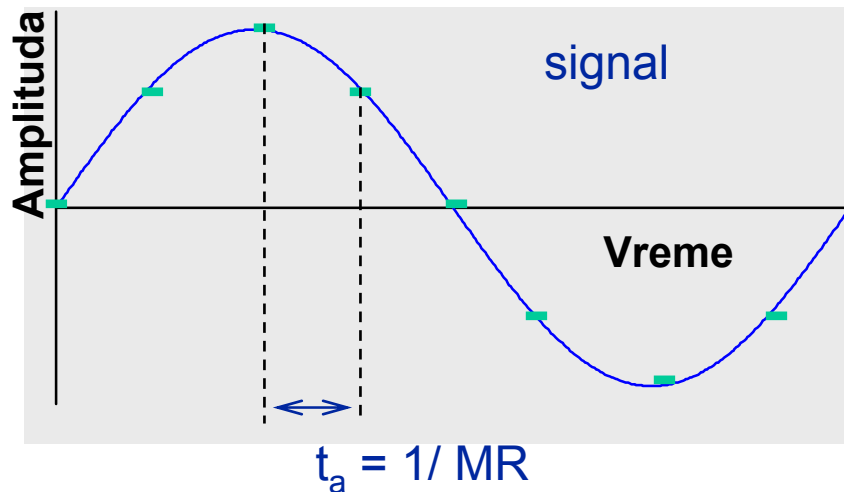
potpuno smireno stanje

# Digitalizacija = (frekvencija digitalizacije)



Idealno:  
frekvencija = beskonačna

Realno:  
frekvencija = 19200 MW/s MGCplus  
frekvencija = 1000 MW/s MP55DP

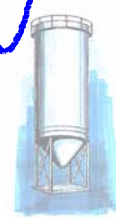
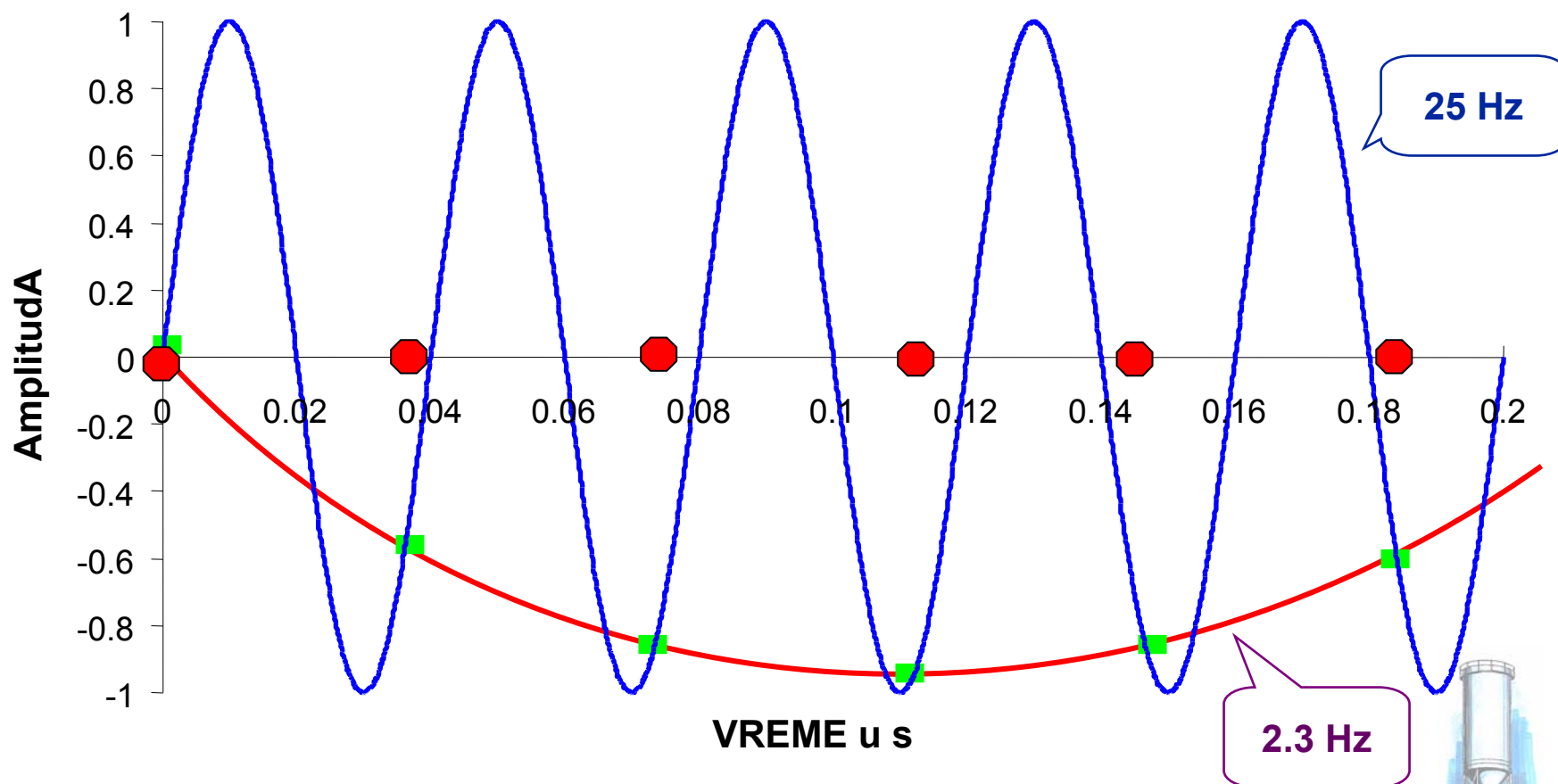


Primer:  $MR = 8 \cdot f_s$

Praktična preporuka:

Postaviti frekvenciju očitavanja  
8..10 višu u odnosu na signal koji  
se meri

Frekvencija filtera mora biti na  $\frac{1}{2}$   
frekvencije očitavanja.



## Tipična greška kod ugradnje pretvarača

### Zadatak:

Radno područje:	<b>+/-300kg</b>
Radna temperatura:	<b>18°C to 45°C</b>
Merna frekvencija:	<b>15Hz</b>
Uvođenje sile:	<b>+/- 5°</b>
Trajanje merenja:	<b>2 min</b>
Nuliranje pre svakog merenja	
Početak kod 23°C	





## Koje su relevantne nesigurnosti?

Merni pretvarač

Tolerancija osetljivosti: 0.2% istezanje;  
0.5% pritisak

Linearnost: 0.1%

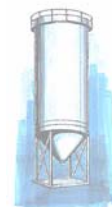
TKC: 0.1%

TKO: 0.1%

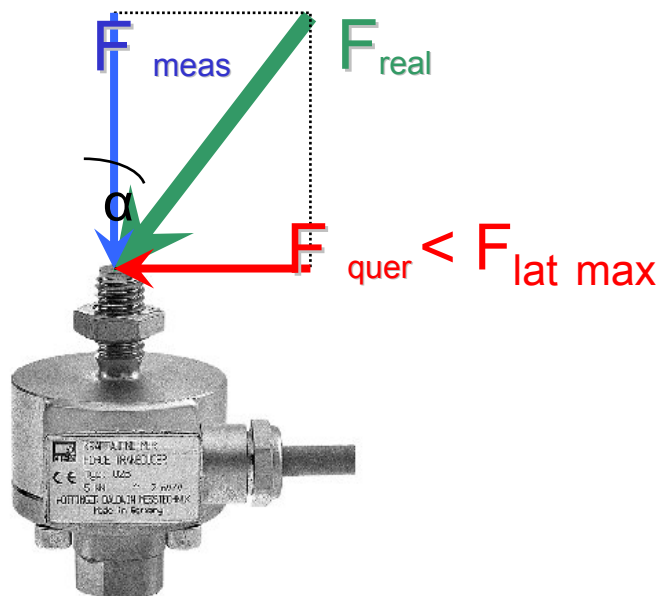
Efekat bočnih sila: 0.1% kod 10%  $F_{nom}$

Statička granična sila: 25%

Dinamika: 160%



## Osnovna provera:



$$F_{meR} = F_{real} \cdot \cos \alpha = 3 \text{ kN} \cdot \cos 5^\circ$$

$$F_{meR} = 2,989 \text{ kN}$$

$$d \text{ of } F_{real} \text{ } \underline{\underline{0,4\%}}$$

$$F_{lat} = F_{real} \cdot \sin \alpha = 3 \text{ kN} \cdot \sin 5^\circ$$

$$F_{lat} = \mathbf{0,26 \text{ kN}}$$

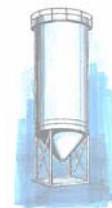
approx. 5% of  $F_{nom}$

Efekat bočnih sila:

0.1% at 10% of  $F_{nom}$

**d = approx. 0.05% at 5%**

$$F_{lat \text{ per.}} = 2.5 \text{ N}$$



## Individualne nesigurnosti:

Linearnost:

$$d_{\text{lin}} = 0.1 \% \text{ of } 5 \text{ kN} = 5 \text{ N}$$

Temperatura na osetljivost/ 10 K:

$$\text{TKC} = 0.1\% \text{ of } 3 \text{ kN at } 22 \text{ K} \rightarrow \Delta\text{TKC} = 6.6 \text{ N}$$

max. Tolerancija osetljivosti:

$$d_{\text{C}} = 0.5\% \text{ of } 3 \text{ kN} = 15 \text{ N}$$

Uvođenje sile:

$$\Delta F \text{ real} = 0.4\% \text{ of } 3 \text{ kN} = 12 \text{ N}$$

Efekat bočnih sila:

$$d_{\text{q}} = 0.05\% \text{ of } 5 \text{ kN} = 2.5 \text{ N}$$

**Ukupna nesigurnost:**

$$U = \sqrt{5^2 + 6.6^2 + 15^2 + 12^2 + 2.5^2}$$

$$U = 21.1 \text{ N} = \underline{\text{approx. } 0.7\%}$$

**Ukupna nesigurnost**

Bez mehaničkih uticaja:

$$U = 8.3 \text{ N} = \underline{\text{approx. } 0.3\%}$$



Koliko je tačno potrebno vagati? / Koliko tačno možemo vagati?

- Procena: Klasa tačnosti x MP

- Analiza grešaka

- Absolutno merenje (merenje u odnosu na “nulu”):

$$u = (\text{Lin.greska} + \text{TKN} \times \Delta T) \times \text{MP} + \text{TKK} \times \Delta T \times \text{merna vrednost}$$

- Relativno merenje (Merna vrednost je razlika, tarirano merenje)

- **Velika razlika:**

$$u = \text{Greška linearnosti} \times \text{MP}$$

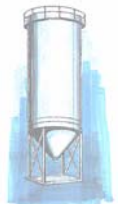
- **Mala razlika:**

$$u = \text{Greška linearnosti} \times \text{MP} \times \sqrt{\text{Merna.vrednost} / \text{MP}}$$

- Pojedine greške se mogu sabirati po “Pitagori”

- Kod visokih zahteva za tačnošću (iznad 0,1%) voditi računa o elektronici

- Kod brzih procesa voditi računa o elektronici

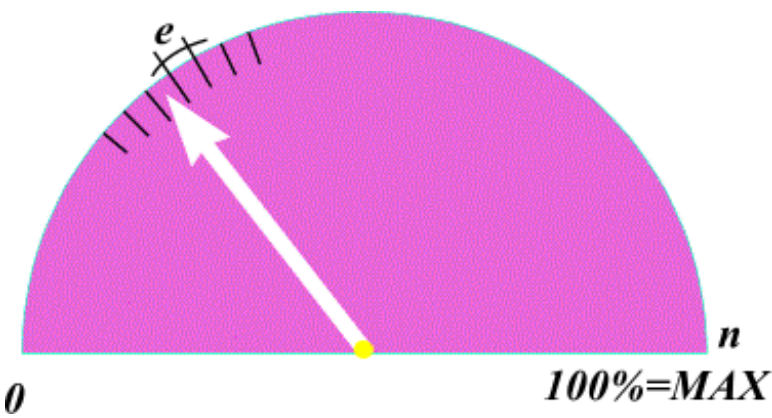


# Metrološki uslovi za merila mase



Tačnost merenja mase (vage) definisana je putem broja podeoka (n), i to zavisno od područja primene.

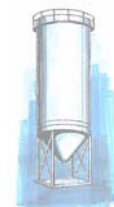
<i>Vrsta vage</i>	<i>Broj podeoka</i>		<i>Primena</i>
	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>	
<i>I Fine vage</i>	<i>50.000</i>	<i>-</i>	<i>Analitičke vage</i>
<i>II Precizne vage</i>	<i>5000</i>	<i>100.000</i>	<i>Laboratorijske vage</i>
<i>III Trgovačke vage</i>	<i>500</i>	<i>10.000</i>	<i>Vage za trgovinu i industriju</i>
<i>IV Grube vage</i>	<i>100</i>	<i>1000</i>	<i>Ind. građevinske vage</i>



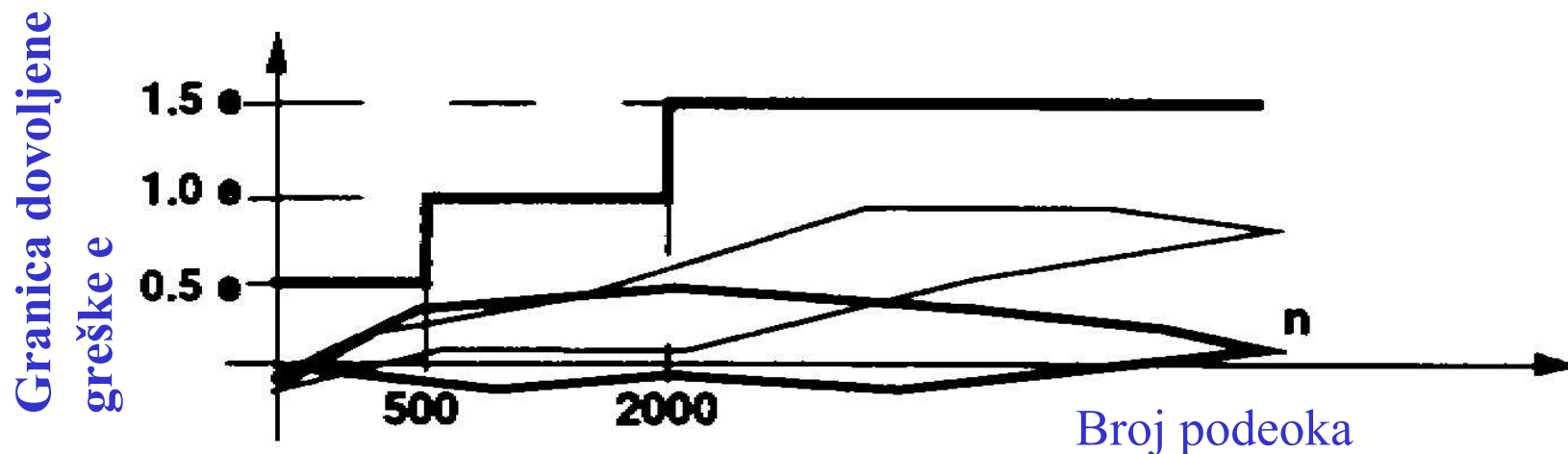
n - Broj podeoka vage

e - Vrednost podeoka vage

$$e = \frac{(MAX)}{n} = \frac{100}{n} (\%)$$



Postoji veza između veličine greške i broja podeoka.



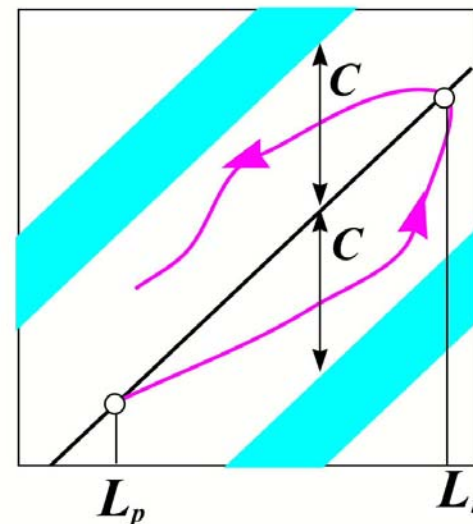
## *PRIMER:*

$$n = 3000$$

$$ERROR = 1.5e = 1.5 \frac{100}{n} = 1.5 \frac{100}{3000} = 0.05\%$$

## Uzroci greške:

- ✓ **Lineranost**
- ✓ **Histereza**
- ✓ **Uticaj temp. na osetljivost**
- ✓ **Uticaj temp. na nulu**



## *Kombinovana greška (C) obuhvata:*

nelinearnost, histerezu i uticaj temperature na osetljivost.

OIML (preporuka R60, EN 45501) definiše usaglašenost merne ćelije sa vagom u zavisnosti od 3 parametra:

1. **KAPACITET (opseg) mernog pretvarača mora da zadovolji sledeći uslov :**

$$E_{\max} \geq Q \cdot MAX \cdot \frac{R}{N}$$

**$E_{\max}$  - kapacitet mernog pretvarača**

**$N$  - Broj mernih pretvarača**

**$R$  - Odnos redukcije**

**$Q$  - Korekcionni faktor ( $\geq 1$ )**



## 2. NAJVEĆI BROJ PODELJAKA MERNOG PRETVARAČA ( $n_{LC}$ )

$$n_{LC} \geq \frac{MAX}{e}$$

## 3. NAJMANJA VREDNOST PODELJKA PRETVARAČA ( $v_{min}$ )

$$U_{min} \leq e \cdot \frac{R}{\sqrt{N}}$$

**e** - vrednost podeljka vage

**R** - odnos redukcije

**N** - broj mernih pretvarača

***VIDETI HBM KATALOG!***

## PRIMER:

Kolska vaga od 50T sa 8 oslonaca i klase 3000 podeoka:

- Max. kapacitet vage  $MAX=50.000$  kg
- Mrtav teret vage  $F=15.000$  kg
- Redukcija  $R=1$
- Broj pretvarača  $N=8$
- Klasa tačnosti (broj podeoka)  $n=3000$
- Vrednost podeoka  $e=MAX/3000=16.66$  (20 kg)



Podaci za pretvarač: TIP C16 AC3/30 T, prospekt HBM:

- Max. kapacitet pretvarača  $F_{max}=30.000$  kg
- Max. broj podeljaka  $n_{LC}=3000$
- Min. vrednost podeljka  $v_{min}=0.01$  %

I USLOV: Provera kapaciteta pretvarača (30T)

$$E_{\max} \geq Q \cdot \text{MAX} \cdot \frac{R}{N} = \frac{(15000 + 50000)}{8} = 8125 \text{ kg}$$
$$30.000 > 8.125 \text{ kg}$$

II USLOV: Provera najvećeg broja podeljaka mernog pretvarača

$$n_{\text{LC}} \geq \frac{\text{MAX}}{e} \quad n_{\text{LC}} \geq \frac{5000}{20} = 2500$$

za C16AC3/30T  $n_{\text{LC}} = 3000$

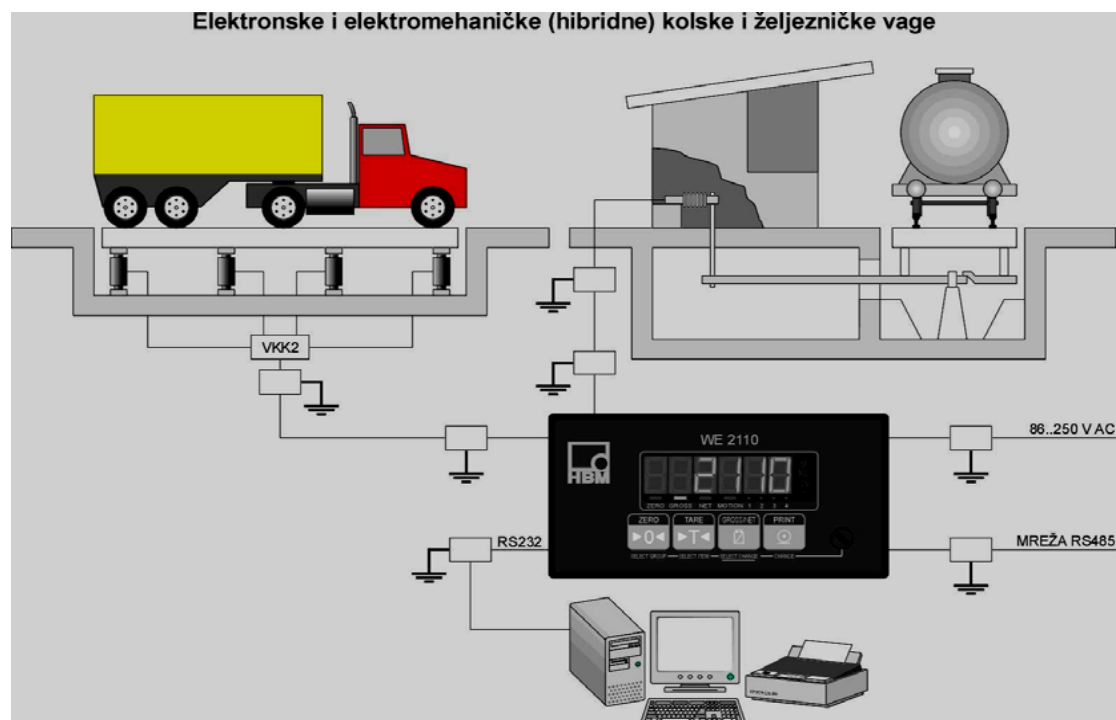
III USLOV: Najmanja vrednost podeljka  $v_{\min}$

$$U_{\min} \leq e \frac{R}{\sqrt{N}} \quad U_{\min} \leq 20 \frac{1}{\sqrt{8}} = 7.07 \text{ kg}$$

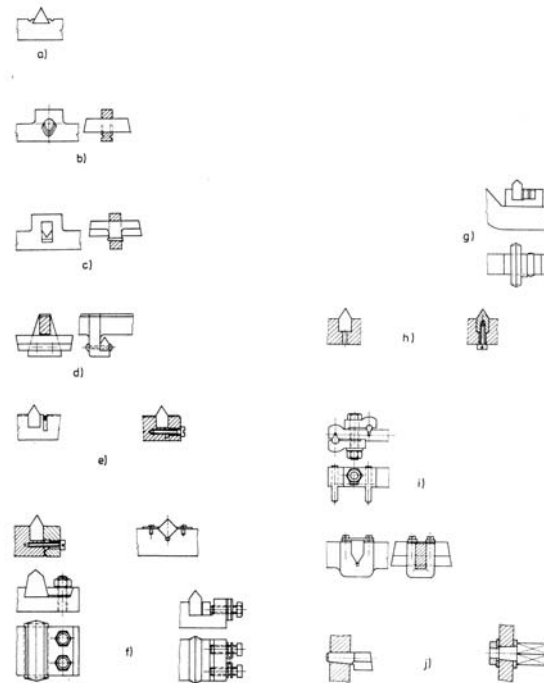
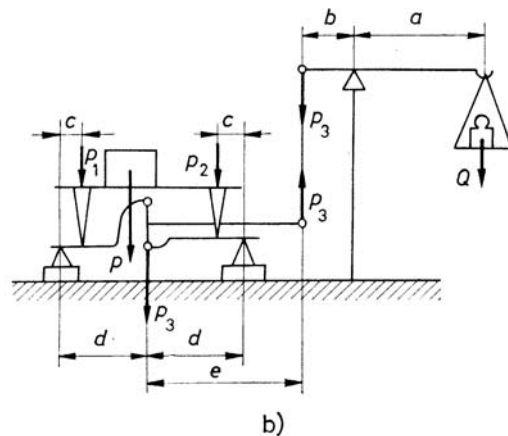
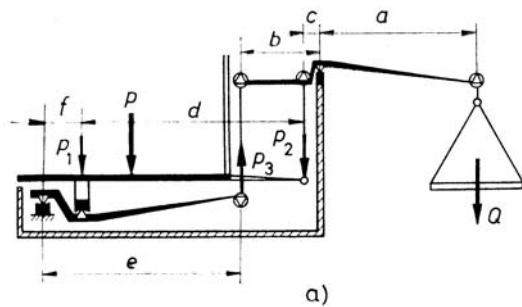
za C16AC3/30T  $U_{\min} = 0.01\% = 3 \text{ kg}$

**Pretvarač C16 AC3/30 T zadovoljava sve uslove!**

- Mehanička konstrukcija
- Merne ćelije
- Merno - pojačivačka elektronika
- Upravljanje
- Softver

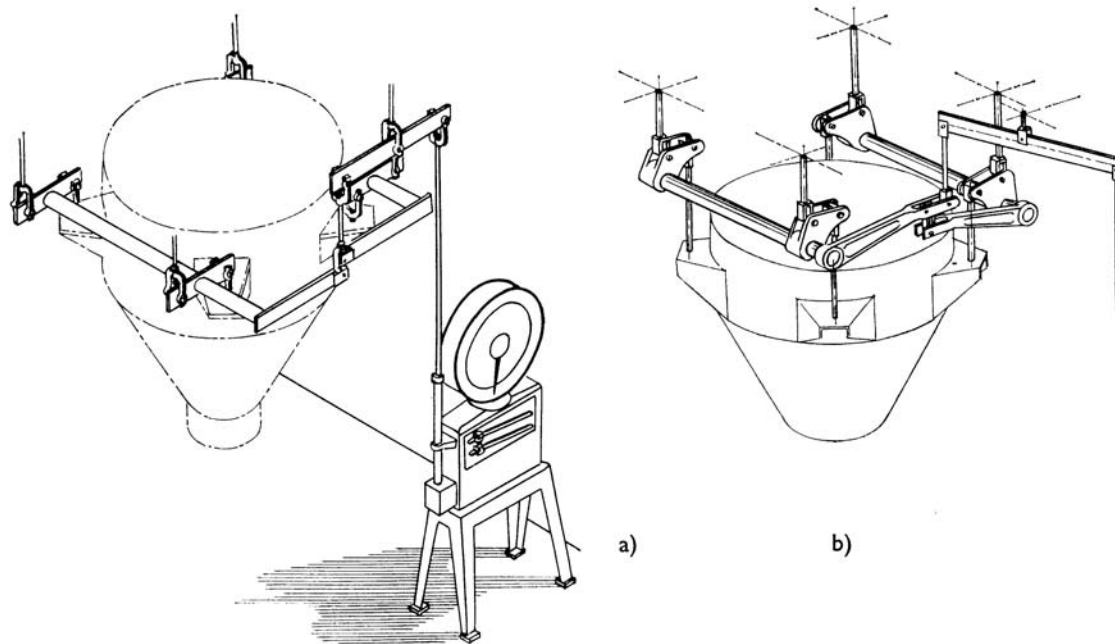


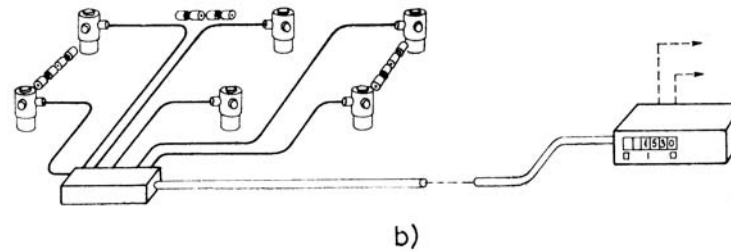
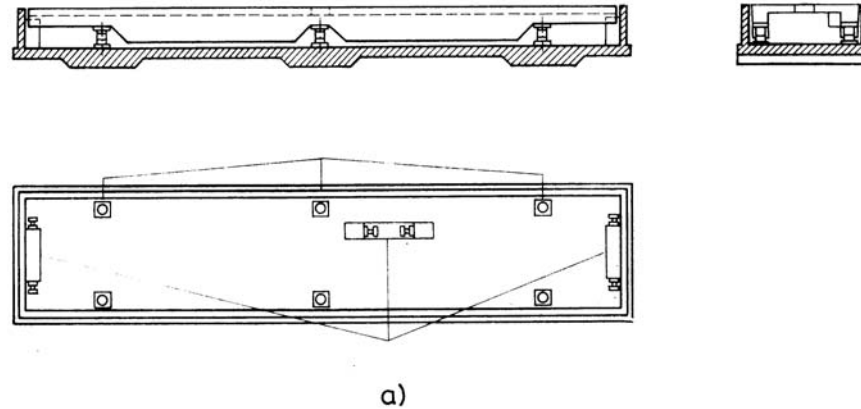
### *Uvodjenje sile*



# KONSTRUKCIJA VAGE

## Hibridna vaga (mehanika + elektronika)





# TEME KOJE SLEDE:

---



- 1. Metrološki uslovi...*
- 2. Mehanički aspekti mernih ćelija....*
- 3. Električni aspekti mernih ćelija....*
- 4. Elektronika za vage...*
- 5. Specijalna rešenja u vagarstvu...*





**hvala...**

**... na pažnji**

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH  
Im Tiefen See 45  
D-64293 Darmstadt

[www.hbm.com](http://www.hbm.com)

Dr . Ličen Hotimir

TRCpro

PETROVARADIN

[trcpro@neobee.net](mailto:trcpro@neobee.net)



measurement with confidence