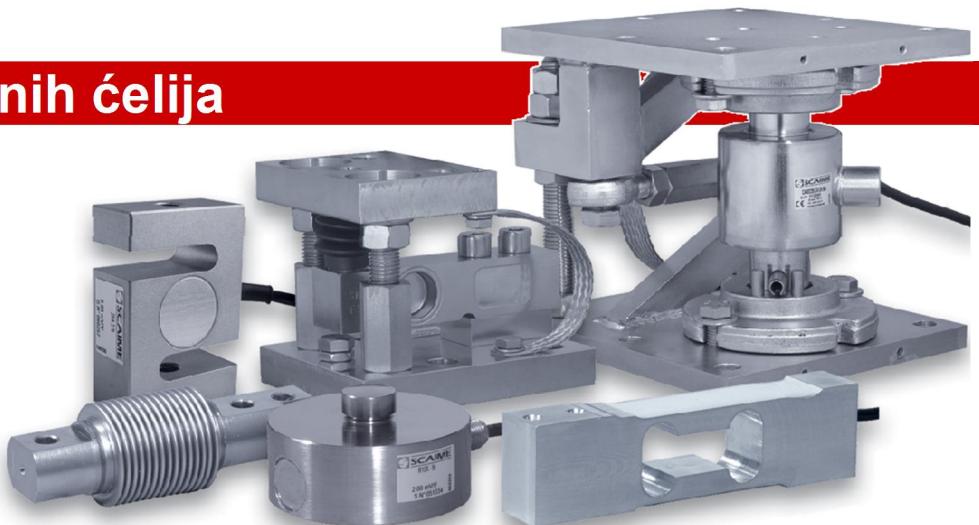


Tehnologija merenja težine

Upotreba mernih čelija

Uputstvo za
montažu
mernih čelija



Sadržaj

1 – Uvod	.....	4
2 – Princip mernih čelija	.....	5
2.1 – O mernim čelijama		
2.2 – Merne trake i merne čelije		
2.3 – Strujno kolo u vidu Vitstonovog mosta		
3 – Tipovi mernih čelija	.....	7
3.1 – Merne čelije oblika grede izložene savijanju (Bending beam)		
3.2 – Merne čelije oblika grede izložene smicanju (Shear beam)		
3.3 - S-tip mernih čelija		
3.4 – Merne čelije oblika stuba izložene sabijanju (Column)		
3.5 - "Pancake" (Kompaktne) merne čelije izložene sabijanju		
3.6 – Merne čelije sa jednom tačkom (Single point)		
3.7 – Klinovi opterećenja (Load pins)		
4 – Specifikacije mernih čelija	.....	17
4.1 – Specifikacije tačnosti u zakonskoj metrologiji		
4.2 – Specifikacije kapaciteta		
4.3 – Metrološke specifikacije		
4.4 – Električne specifikacije		
4.5 – Nivo zaštite okoline		
4 – Merenje težine tankova	.....	21
5.1 – Sabijanje (kompresija) naspram zatezanja (tenzija)		
5.2 – Performansa sistema za merenje težine		
5.3 – Koliko mernih čelija?		
5.4 – Sposobnosti sistema za merenje težine		
5.5 – Lokacija mernih čelija		
5.6 – Uvođenje opterećenja		
5.7 – Strukturni integritet		
5.8 – Sistemi za merenje težine sa pivot tačkama		
5.9 – Dodatne metode ograničavanja		
5.10 – Konekcije cevi		
5.11 – Faktori sredine		
5.12 - Kalibracija		
6 – Električno povezivanje	.....	37
5.1 – Opšta razmatranja		
5.2 – 4-žilne/6-žilne merne čelije		
5.3 – Povezivanje više mernih čelija		
5.4 – Producžni kablovi		
5.5 - Uzemljenje		
7 – Merne čelije-Identifikacija i rešavanje problema	.....	40
8 - Dodaci	.....	43
A1 – Preporuke i mere opreza u vezi mernih čelija		
A2 – Stepen zaptivenosti u skladu sa EN60529 (IP sistem)		
A3 – Stepen zaštite od prodora vode u skladu sa DIN40050 (IP69K)		
A4 – Bezbednosna uputstva		

Ovo uputstvo je osmišljeno kako bi Vam pružilo pregled tipova mernih čelija i pomoglo Vam u projektovanju najefikasnijeg sistema merenja težine koji će ispuniti Vaše specifične zahteve.

Merne čelije su projektovane kao senzori sile ili težine u veoma širokom opsegu nepovoljnih uslova; one nisu samo najvažniji deo elektronskog sistema za merenje težine već takođe i njegov najranjiviji deo.

U cilju što boljeg iskorišćenja mernih čelija, korisnik mora imati temeljno razumevanje tehnologije, konstrukcije i funkcionalnosti ovog jedinstvenog uređaja. Uz to, neophodno je da korisnik izabere odgovarajuću mernu čeliju za primenu kao i da obezbedi potrebnu negu merne čelije tokom njenog radnog veka.

Izbor merne čelije u kontekstu rada bez problema prvenstveno se odnosi na izbor pravog kapaciteta i klase tačnosti merne čelije, kao i na zaštitu životne sredine. Takođe treba imati u vidu da određeni princip merenja može pružiti posebne prednosti u pogledu mogućnosti preopterećenja ili jednostavnosti montiranja.

Ukoliko u bilo kojem trenutku tokom faza projektovanja Vašeg sistema za merenje težine imate bilo kakvih pitanja, slobodno nas pozovite radi pomoći. Mi u SCAIME kompaniji smo posvećeni tome da Vam obezbedimo upravo ono što Vam je potrebno i kada Vam je potrebno.

Simboli korišćeni u ovom uputstvu

Sledeći simboli i tipovi fontova se koriste u ovom uputstvu radi naglašavanja određenih delova teksta :



- **Upozorenje na moguće opasnu situaciju:** Nepridržavanje ovih uputstava može dovesti do oštećenja imovine i/ili fizičke povrede.
- **Ukazivanje na informacije od pomoći:** Davanje saveta ili važne informacije o proizvodu ili načinu rukovanja sa njim.

2 – Princip mernih čelija

2.1 – O mernim čelijama

Merne čelije su pretvarači koji mere mehaničku silu i daju izlaznu linearu promenu napona koja je proporcionalna toj sili. Merne čelije su normirane u jedinicama za težinu (grami, kilogrami ili tone).

Merna čelija će meriti od nule do naznačenog kapaciteta. Tačnost merne čelije se generalno deklariše u procentima ukupnog kapaciteta. Na primer, ukoliko merna čelija od 100kg ima ukupnu tačnost od $\pm 0.03\%$, tada će ta merna čelija meriti od nule do 100kg sa tačnošću od $\pm 30\text{g}$. Ovo važi za merenje težine od 5kg ili 95kg.

Tehnički podaci za mernu čeliju će Vam pružiti druge važne informacije:

- **Kapacitet:** Ukupni kapacitet merne čelije.
- **Preopterećenje:** Maksimalni procenat punog opterećenja koje merna čelija može da podnese pre nego što dođe do njenog oštećenja.
- **Tačnost:** Može biti izražena u smislu linearnosti, histerezisa, ponovljivosti i puzanja. Ove vrednosti su sve izražene kao procenat ukupnog kapaciteta merne čelije.
- **Osetljivost:** Osetljivost merne čelije određuje stvarni izlazni napon koji ćete dobiti kada postavite puno opterećenje na mernu čeliju. Sve ove vrednosti su izražene u mV/V .
- **Termalna osetljivost:** Termalna osetljivost Vam govori koliko će se izlaz promeniti sa promenom temperature. Termalna osetljivost se obično izražava u procentima punog opterećenja/ $^{\circ}\text{C}$.

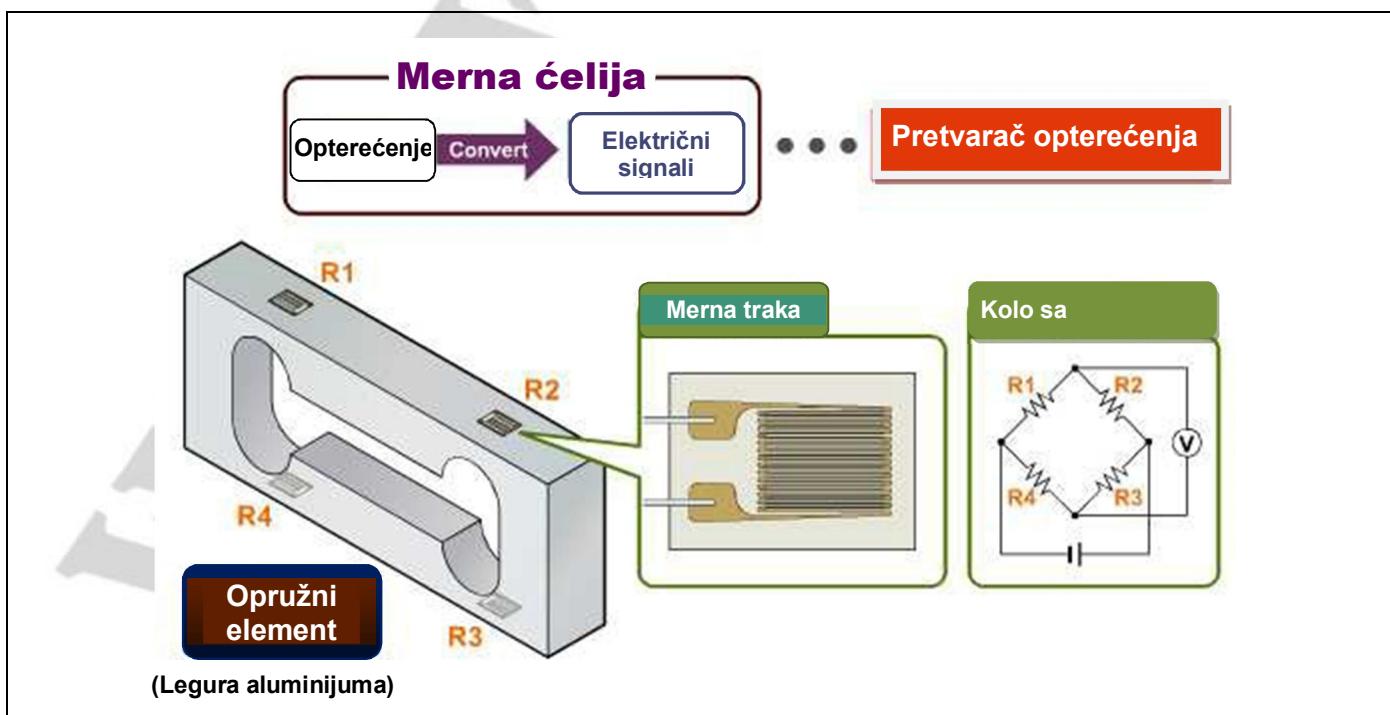
2.2 – Merne trake i merne čelije

Merne čelije predstavljaju metalne blokove koji su obrađeni na takav način da specifična područja dolaze pod visoka naprezanja kada se na njih primeni težina. Ova područja imaju merne trake pričvršćene lepkom velike jačine. Materijali koji se koriste za proizvodnju mernih čelija su aluminijum, legure čelika i nerđajući čelik.

Merne trake se sastoje od elemenata od tanke folije koji su zleppljeni na telo merne čelije. Merne trake su veoma vešto oblikovane tako da čak i mala pomeranja ili "zatezanja" merne trake rezultuju relativno velikim promenama otpornosti.

Odnos između naprezanja (napona) i promene otpornosti je gotovo savršeno linearan. Tačnosti između $\pm 0.01\%$ i $\pm 0.02\%$ nisu neuobičajene za merne čelije visoke tačnosti.

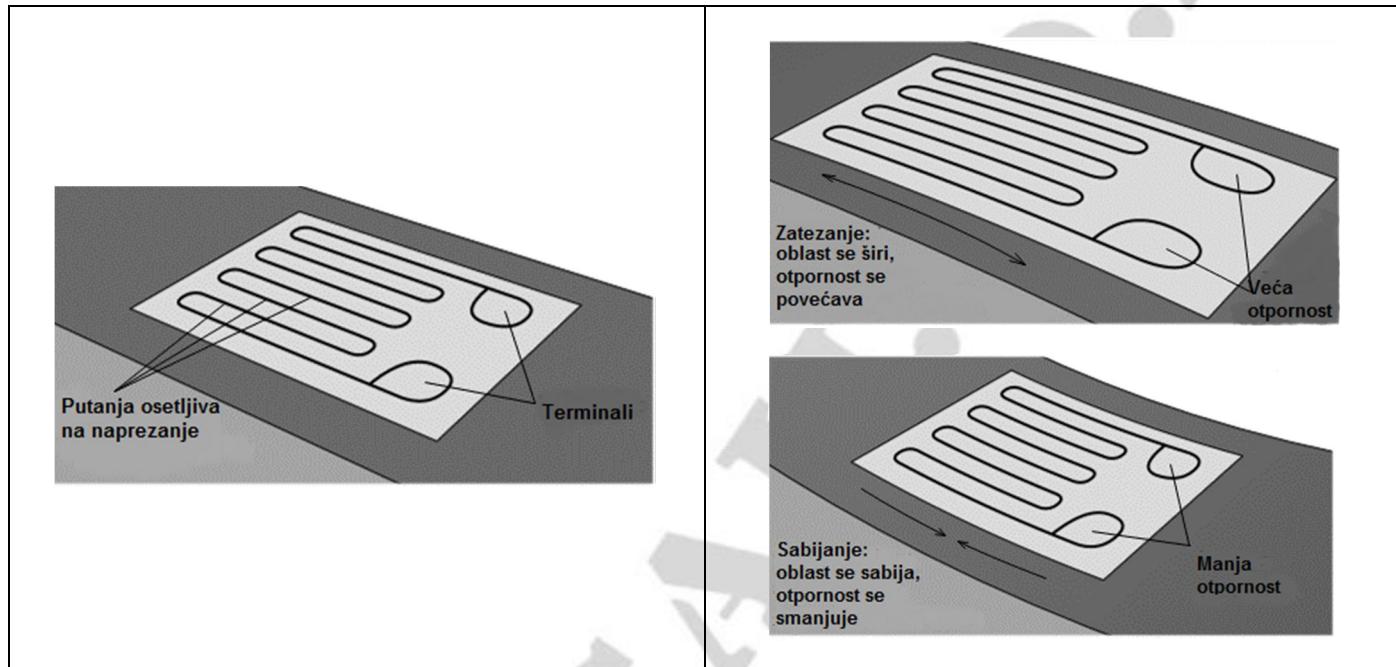
► Kapaciteti mernih čelija su opsega od nekoliko grama do više stotina tona.



2.3 – Strujno kolo u vidu Vitstonovog mosta (Wheatstone bridge)

Merne trake, obično četiri ili u broju koji je umnožak od četiri, su povezane u konfiguraciju Vitstonovog mosta kako bi se konvertovala vrlo mala promena otpornosti u upotrebljiv električni signal.

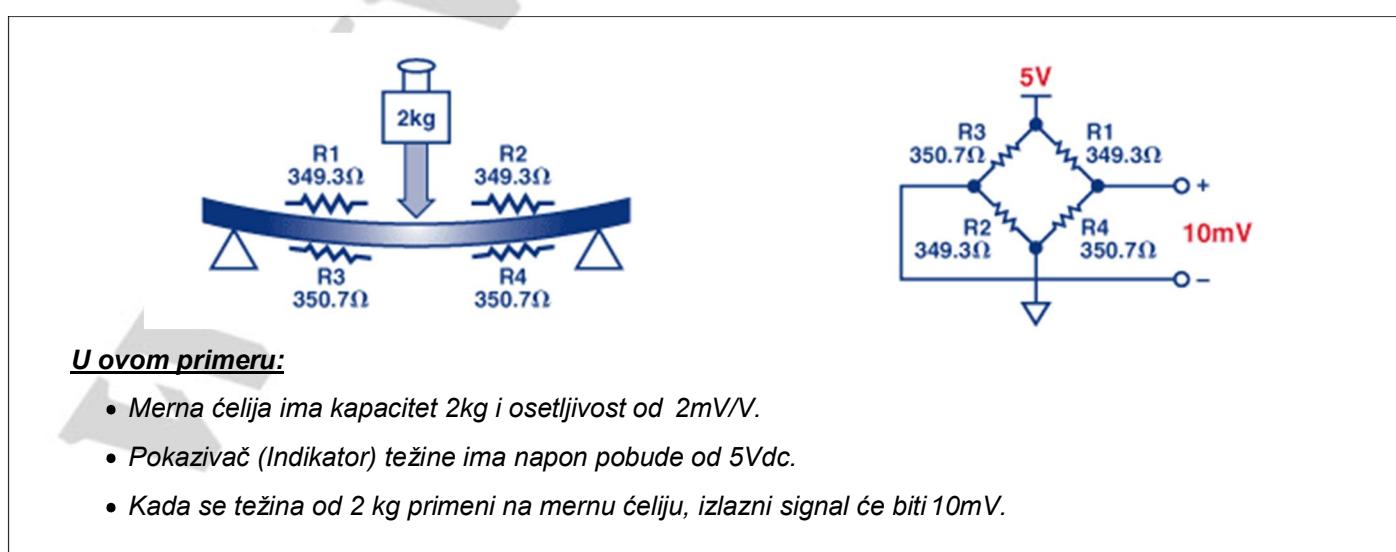
Merne ćelije obično imaju 4 ili 6 žica koje izlaze iz njih. Dve od tih žica služe za napajanje merne ćelije i to se naziva "pobuda". Druge dve žice služe za vraćanje signala ka pokazivaču težine i one se nazivaju "signalne" žice. Ukoliko merna ćelija ima 6-žičnu konekciju, preostale dve žice se nazivaju "detektorske" žice. Ove žice služe pokazivaču težine za kompenzaciju pada napona u pobudi na većim udaljenostima. Detektorske (osetljive) žice su povezane na istoj tački kao i žice pobude.



Ukoliko su merne trake unutar merne ćelije povezane u uravnoteženo strujno kolo u vidu Vitstonovog mosta, i ukoliko su pobuđene izvorom AC ili DC napona, pretvarač će proizvesti električnu izlaznu veličinu koja je direktna linearna funkcija napona pobude.

Merne ćelije obično imaju napon pobude od 3 do 15 Vdc. Izlazni signal merne ćelije zavisi od same merne ćelije, ali je obično u opsegu od 0 do 50 mV.

Izlazni signal merne ćelije se izražava u milivoltima po voltu (mV/V). To znači da će za svaki volt napona pobude primjenjenog na mernu ćeliju ona imati određenu izlaznu veličinu napona u milivoltima pri punoj skali. Ova vrednost se naziva **osetljivost** merne ćelije i obično se kreće u opsegu od 1mV/V do 3 mV/V.



3 – Tipovi mernih čelija

3.1 – Merne čelije oblika grede izložene savijanju (Bending beam)

3.1.1 - Princip

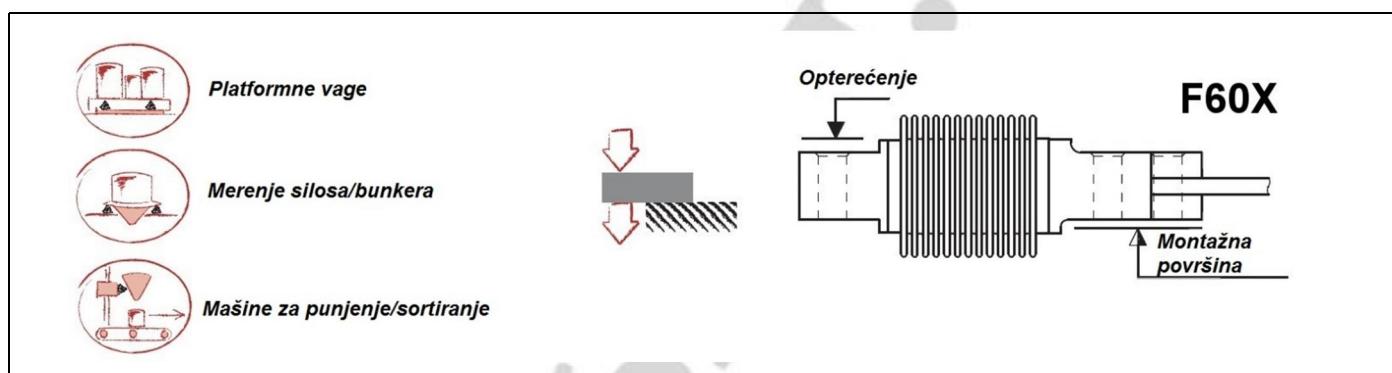
Savijanje kao merni princip pruža izvanrednu linearnost. Savijanje grede uz visoke nivoje naprezanja pri relativno malim silama daje veće ugibe (defleksije, deformacije) u poređenju sa drugim principima merenja. Ovo zauzvrat znači da, iako je čelija izložena većem statickom preopterećenju, mehanička zaustavljanja su lakše izvodljiva. Sposobnosti dinamičkog preopterećenja su izvanredne zbog tipično velikog ugiba.

Merne čelije oblika grede izložene savijanju se koriste kod platformnih vaga, merenja malih bunkera (hoppers), automatskih vaga sa sabiranjem kontinuiranih rezultata merenja (belt weighers), mernih dozatora i u drugim primenama koje zahtevaju visoku preciznost.

► **Bending beam merne čelije se obično koriste u kapacitetima od 5kg do 1,000kg.**

3.1.2 - F60X bending beam merna čelija

Najčešći tip komercijalno dostupnih mernih čelija je F60X od nerđajućeg čelika i koja ima veoma visok stepen zaptivenosti (klasa zaštite IP 68). Ovo ih čini veoma pogodnim u procesima ispiranja, kao na primer u postrojenjima za preradu hrane.



3.1.3 – Uvođenje opterećenja

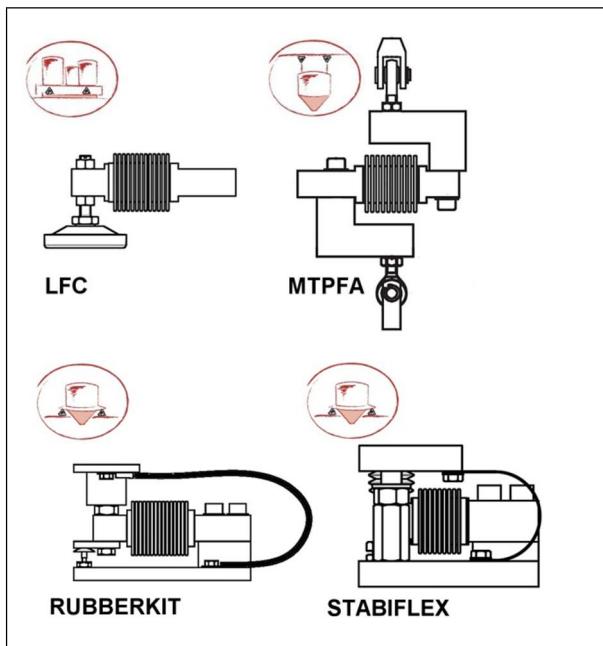
Opterećenja treba uvoditi u što je moguće bliže pravcu merenja. Torzioni momenti, opterećenja van centra i transverzalne ili bočne sile uzrokuju greške merenja i dovode do oštećenja mernih čelija. Ovi nepovoljni uticaji se moraju izbegavati, npr. korišćenjem sidrenih štapova ili vodećih valjaka. Ovi elementi ne smeju da apsorbuju opterećenje niti komponente sile u pravcu merenja (skretanje sile rezultuje greškama merenja).

Nužno je s pažnjom razmotriti sledeće:



- Sa mernom čelijom, a posebno sa mehovima tankih zidova se mora pažljivo rukovati.
- Nemojte preopterećivati mernu čeliju čak ni na kratko vreme. Kada rukujete i montirate mernu čeliju malog nazivnog kapaciteta, brzo ćete dostići dozvoljene granične vrednosti.
- Površina na koju naleže merna čelija mora biti horizontalna, ravna čitavom površinom i poput osnove mernih čelija, mora biti absolutno čista.
- Nikada ne primenjujte opterećenje u smeru suprotnom od specifikovanog smera (videti listu tehničkih podataka za mernu čeliju).
- Merne čelije treba da budu čvrsto stegnute u montažnim rupama. Konsultujte listu sa tehničkim podacima u vezi preporučenih momenata zatezanja.

SCAIME nudi različite komponente za uvođenje opterećenja koje su podesne za različite situacije montiranja kako bi se minimizirali nepovoljni efekti usled uvođenja opterećenja ili faktora okoline.



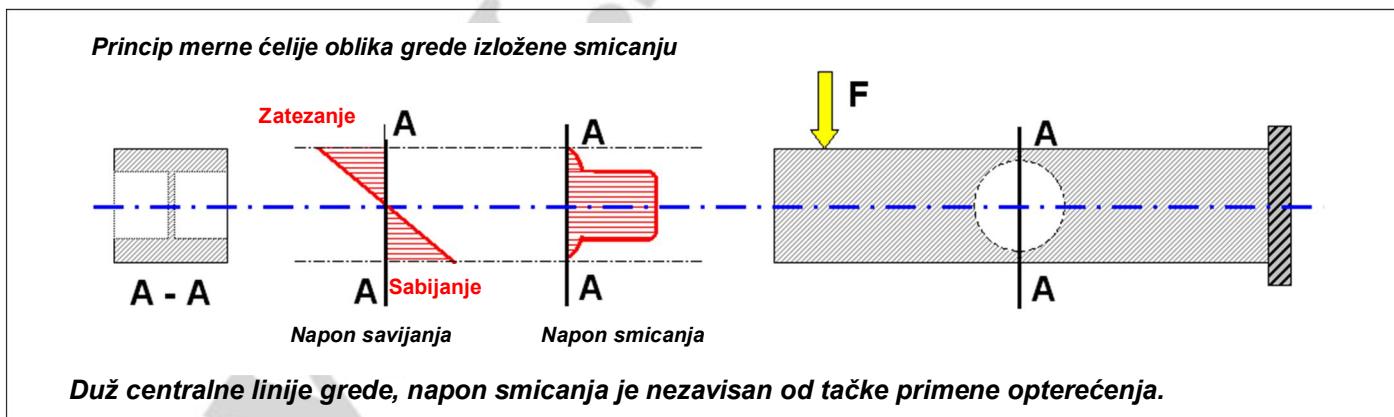
- **FC, LFD :** Okretna stopa projektovana za proizvodnju platformnih vaga.
- **MTPFA :** Montažni komplet sa valjkastim ili kuglastim zglobovima za merne čelije izložene zatezanju. Projektovan je za merenje višečih bunkera i modernizovanje mehaničkih kamionskih teretnih vaga.
- **RUBBERKIT :** Montažni komplet za merne čelije izložene sabijanju koji uključuje elastomer za kompenzaciju neporavnatosti i vibracija ili za apsorbovanje potresa. Projektovan za merenje malih tankova ili bunkera sa agitatorom.
- **STABIFLEX :** Montažni komplet za merne čelije izložene sabijanju koji uključuje ugrađene bočne stopere, sisteme za sprečavanje podizanja i ball-in-cup sistem razdvajanja velike preciznosti. Projektovan za merenje tankova ili bunkera.

3.2 – Merne čelije oblika grede izložene smicanju (Shear beam)

3.2.1 - Princip

Shear beam merne čelije su posebno pogodne za sve tipove merenja srednjeg i visokog kapaciteta. Merna čelija je pričvršćena na fiksiranu strukturu na jednom kraju, i sila se primjenjuje preko jedne tačke na drugom kraju čelije, uzorkujući savijanje grede i dovodeći oblast merne trake pod naprezanje na smicanje.

Smicanje kao princip merenja pruža dobru otpornost na bočna opterećenja i malu osjetljivost na varijacije pozicije opterećenja.



Duž centralne linije grede, napon smicanja je nezavisan od tačke primene opterećenja.

Najčešće se koriste u kombinaciji sa specijalnim okretnim stopama i montiraju se u uglovima velikih platformnih vaga. Takođe se koriste za merenje sudova (tankova).

U poređenju sa Bending beam mernim čelijama, Shear beam merne čelije pružaju:

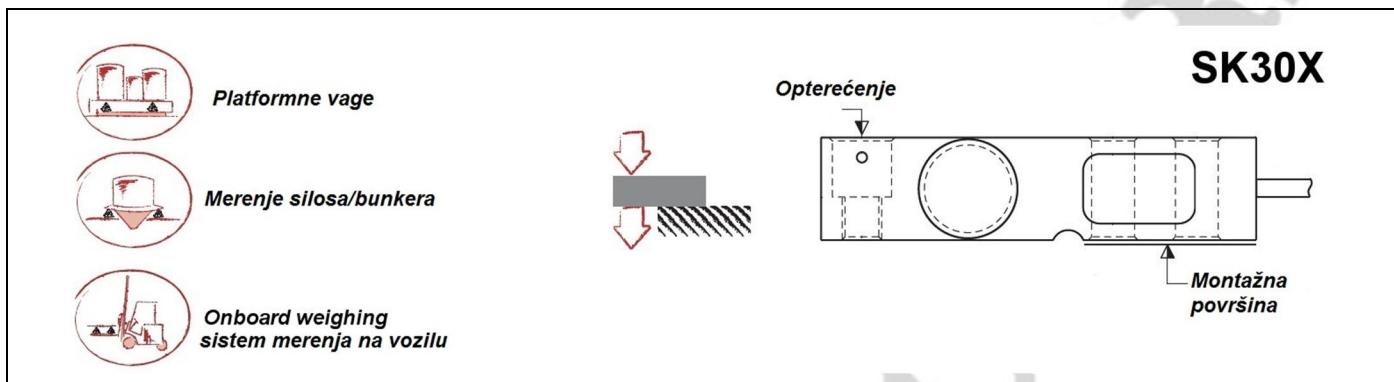
- Veću nezavisnost u pogledu tačke primene opterećenja.
- Veću otpornost na uticaj bočnih sila.
- Veću sposobnost preopterećenja.

Međutim, mehanički stopovi su teži za podešavanje zbog ograničenog ugiba u punom opsegu.

► **Shear beam merne čelije se obično koriste sa kapacitetima od 300kg do 5,000kg.**

3.2.2 - SK30X Shear beam merna čelija

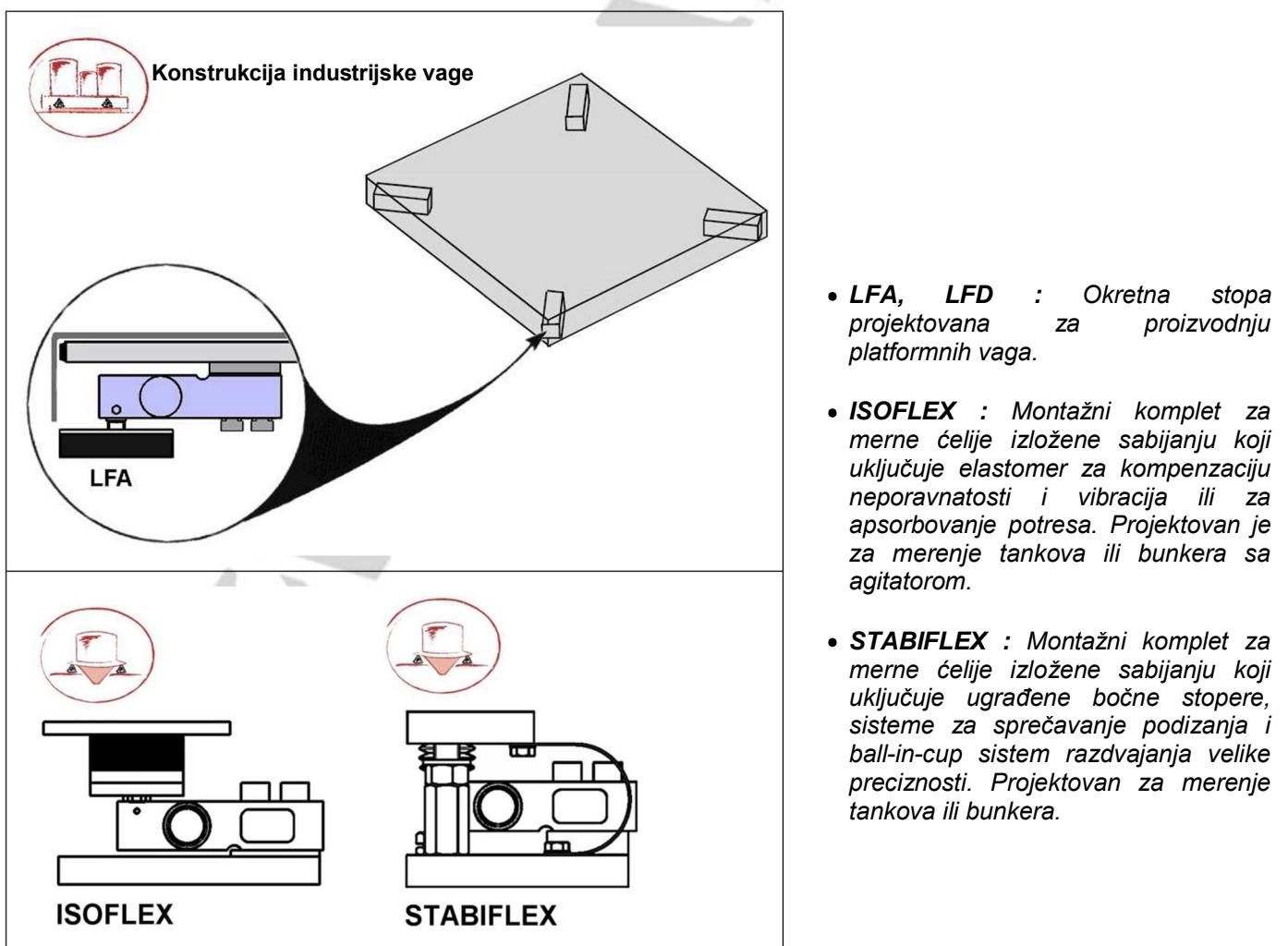
SCAIME ima u ponudi mernu čeliju SK30X kompletno od nerđajućeg čelika, koja je zaptivena do veoma visokog stepena zaštite (IP68). Ovo je čini iznimno pogodnom za pranje i za higijenska okruženja kao što su mlekare i fabrike za preradu hrane.



3.2.3 – Uvođenje opterećenja

Opterećenja treba uvoditi u što je moguće bliže pravcu merenja. Torzionalni momenti, opterećenja van centra i transverzalne ili bočne sile uzrokuju greške merenja i dovode do oštećenja merne čelije. Ovi nepovoljni uticaji se moraju izbegavati, npr. korišćenjem sidrenih štapova ili vodećih valjaka. Ovi elementi ne smeju da apsorbuju opterećenje niti komponente sile u pravcu merenja (skretanje sile rezultuje greškama merenja).

SCAIME ima u ponudi različite komponente za uvođenje opterećenja koje su podesne za različite situacije montiranja kako bi se smanjili štetni uticaji usled uvođenja opterećenja ili faktora okoline.



3.3 - S-tip mernih čelija

3.3.1 - Princip

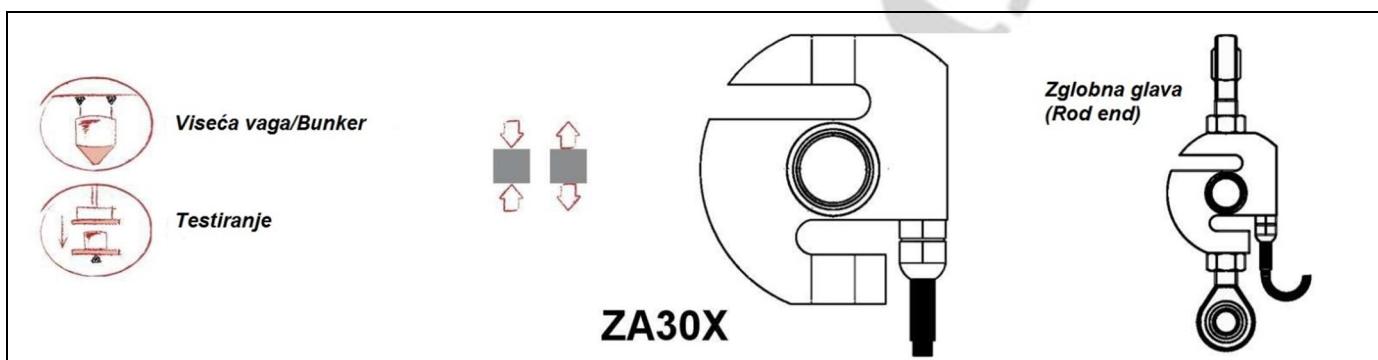
S-tip mernih čelija se najčešće koristi prilikom izlaganja čelije zatezanju (može se koristiti i za savijanje). S-tip mernih čelija koristi savijanje ili smicanje kao merni princip. Ona mora biti tako postavljena da primenjena sila prolazi pod pravim uglom kroz središte merne čelije. Da bi se ovo osiguralo, većina korisnika upotrebljava spojne osovinice ili štapne krajnje ležaje na mernim čelijama kako bi se izborili sa ekspanzionim silama i drugim odstupanjima (neporavnatost).

S-tip mernih čelija se koristi za merenje sudova, kod mašina za ispitivanje zatezne čvrstoće, za ograničenje momenta sile i u drugim aplikacijama.

► **S-tip mernih čelija se koristi u kapacitetima od 25kg do 5,000kg.**

3.3.2 - ZA30X S-tip merne čelije

SCAIME ima u ponudi merne čelije ZA30X kompletno od nerđajućeg čelika koje su zaptivene do veoma visokog stepena zaštite (IP 68). Ovo ih čini izuzetno podesnim za pranje i za upotrebu u higijenskim okruženjima kao što su postrojenja za hemijsku obradu.

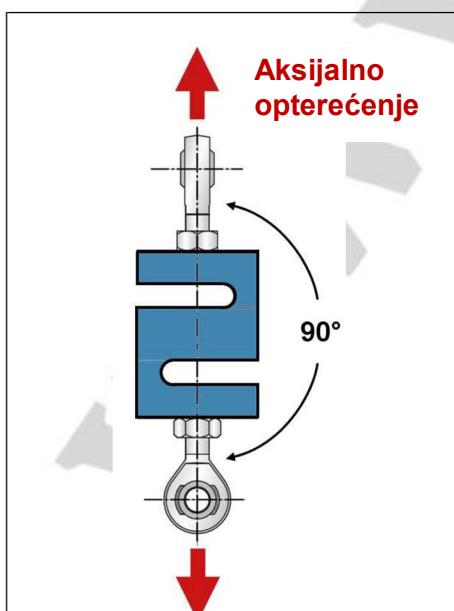


3.3.3 – Uvođenje opterećenja

Za uvođenje opterećenja se koriste ubušeni otvori sa navojem na vrhu i na dnu čelije. Opterećenje treba uvesti što je moguće bliže pravcu merenja. Torzioni moment i moment savijanja uzrokuju greške merenja i postoji verovatnoća da mogu oštetiti mernu čeliju. Ovi nepovoljni uticaji se moraju izbegavati putem konstrukcionih elemenata koji ne apsorbuju bilo kakvo opterećenje u pravcu merenja.

SCAIME ima u ponudi zglobne glave kako bi se smanjili nepovoljni efekti usled uvođenja opterećenja :

- Navrtke zglobnih glava moraju biti učvršćene pri max.opterećenju.
- Ne treba uvoditi moment zatezanja (tj. učvršćivanja) kroz mernu čeliju.



Prilikom korišćenja mernih čelija uz primenu zatezanja (tenzije) za merenje sudova :

- Pozicionirajte mernu čeliju oko tanka tako da svaka nosi jednaku težinu.
- Osigurajte da su gornja i donja zglobna glava (rod end) pod uglom od 90 stepeni. Ovim se smanjuje njihanje.
- Instalirajte sigurnosnu šipku pored svakog mernog modula.
- Osigurajte da merna čelija visi vertikalno.
- Ako je ovešani tank izložen horizontalnom pokretanju, instalirajte kontrolne šipke radi ograničenja horiz.kretanja.



Od najvećeg značaja je primeniti силу аksijalно на мерну челију.

3.4 – Merne čelije oblika stuba izložene sabijanju (Column)

3.4.1 - Princip

Mada jednostavnog koncepta, element oblika stuba ima niz specifičnih karakteristika koje čine ovaj tip mernih čelija teškim za projektovanje i proizvodnju. Sam stub mora biti dovoljno dug, u odnosu na njegov poprečni presek, kako bi se obezbedilo uniformno polje naprezanja. Merne čelije oblika stuba su po sebi nelinearne tokom njihovog deformisanja pod opterećenjem. Ova nelinearnost se kompenzuje poluprovodničkim mernim trakama.

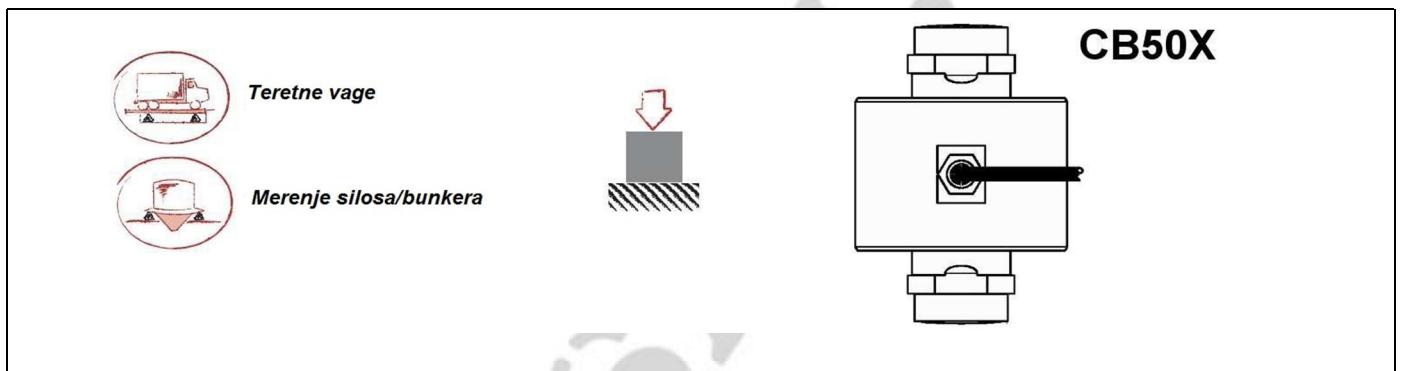
Merne čelije koje se izlažu kompresiji ne trpe momente sile koji se obično povezuju sa gredama. Iz tog razloga merne čelije oblika stuba imaju izvrsne sposobnosti preopterećenja. Međutim, relativno mali ugibi čine ovaj tip mernih čelija osetljivijim na udarna opterećenja.

Merne čelije oblika stuba nude visoku tačnost, tako da se često koriste kod kamionskih (teretnih) vaga i kod merenja sudova kada se zahteva visoka preciznost merenja.

► **Merne čelije oblika stuba se obično koriste u kapacitetima od 5t do 200t.**

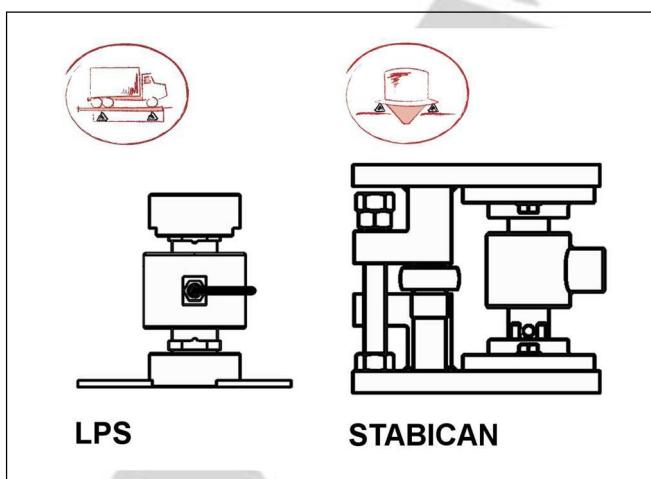
3.4.2 – CB50X merna čelija oblika stuba izložena sabijanju

SCAIME ima u ponudi mernu čeliju CV50X od nerđajućeg čelika koja je zaptivena do veoma visokog stepena zaštite (IP 68). Ovo je čini izuzetno podesnom za najnepogodnija okruženja, kao što su hemijska i prehrambena postrojenja.



3.4.3 – Uvođenje opterećenja

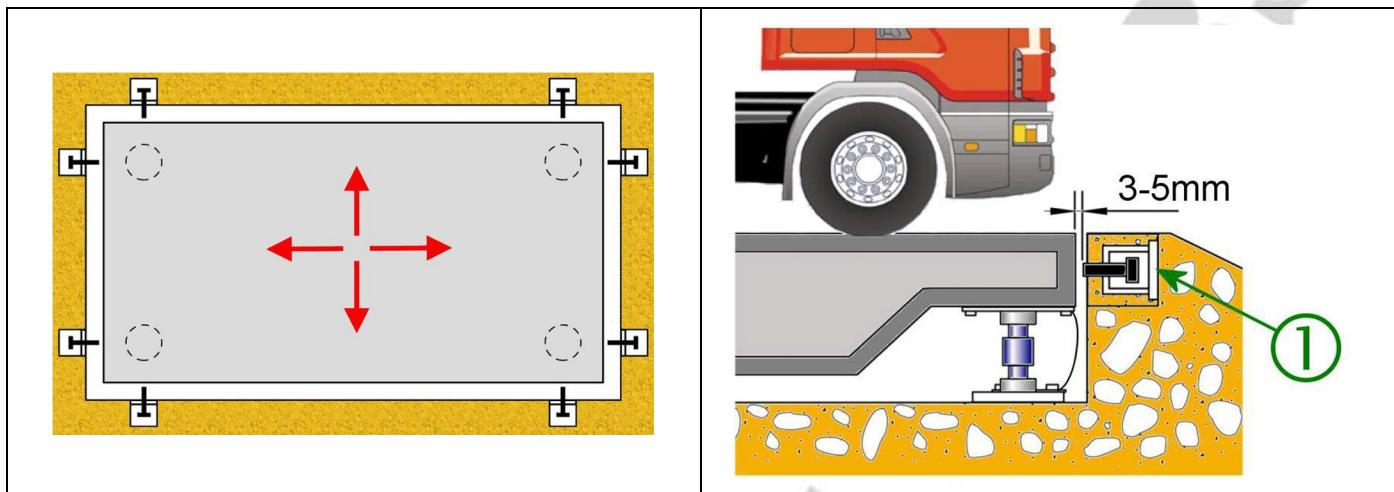
SCAIME ima u ponudi različite komponente uvođenja opterećenja kako bi se smanjili nepovoljni efekti usled uvođenja opterećenja ili faktora okoline.



- **LPS :** Montažni komplet za kamionske (teretne) vase sa uređajem protiv rotacije.
- **STABICAN :** Montažni komplet za mernu čeliju koja se izlaže kompresiji koji uključuje ugrađene stabilizacione šipke i zaštitu od podizanja. Projektovan je za merenje silosa.

3.4.4 – Instalacija CB50X merne čelije kod teretnih vaga

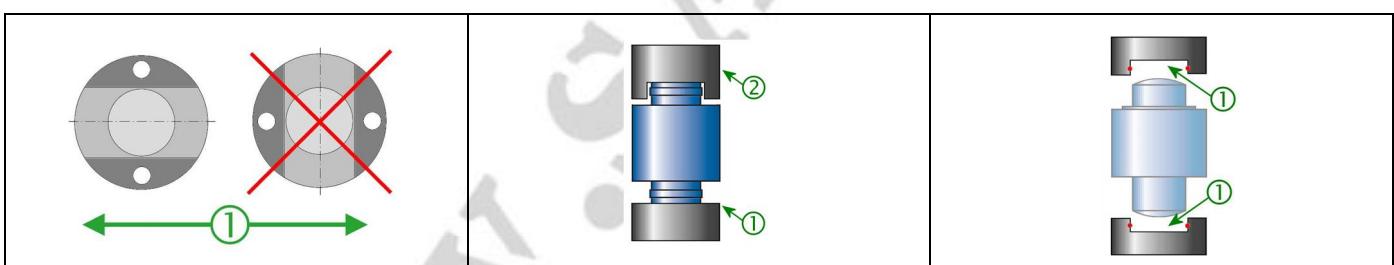
CB50X je merna čelija u vidu klatna koja je projektovana da automatski obnavlja montažnu konstrukciju u stabilnu inicijalnu poziciju u slučaju malog bočnog pomaka opterećenja koje se uvodi. Ovaj sklop, koji idealno odgovara za primenu kod teretnih vaga omogućava slobodno kretanje u bilo kom pravcu u horizontalnoj ravni.



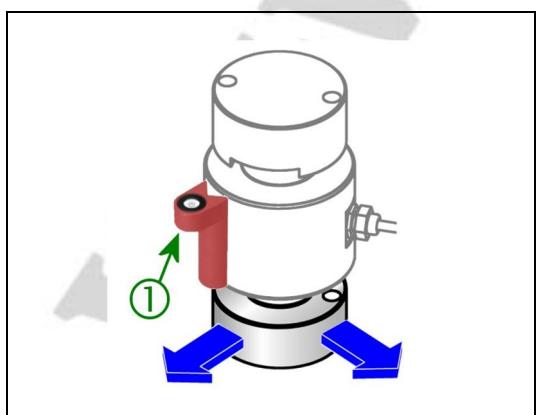
- Instalirati i podešiti odgovarajuće stopove ①
- Ploče osnove i ploče opterećenja treba postaviti na čelične ploče. Ove montažne površine treba da budu ravne <2/1000 i sa horizontalnošću od <4/1000.



- Merne čelije treba da budu postavljene u uspravnom položaju i na istom horizontalnom nivou.
- Max.dozvoljeno bočno pomeranje ili nagib ne smeju biti prekoračeni.



- Ploče treba poravnati na takav način da je ravni deo uređaja za rotaciju(obrtanje)-stop(zaustavljanje) paralelan sa glavnim smerom saobraćaja na teretnoj vagi ①.
- Radi zaštite površine ležaja od habanja, kidanja i nečistoće, čistite i podmazujte elemente ①.
- Da biste izbegli začepljenje uređaja za rotaciju i zaustavljanje, bolje je postaviti ga na visoku poziciju ②.



- Upotrebite odgovarajuću libelu da biste proverili ortogonalnost pozicije montiranja merne čelije.
- Poravnajte merne čelije vertikalno pomoću libele ①.

3.5 – “Pancake” (Kompaktne) merne čelije izložene sabijanju

3.5.1 - Princip

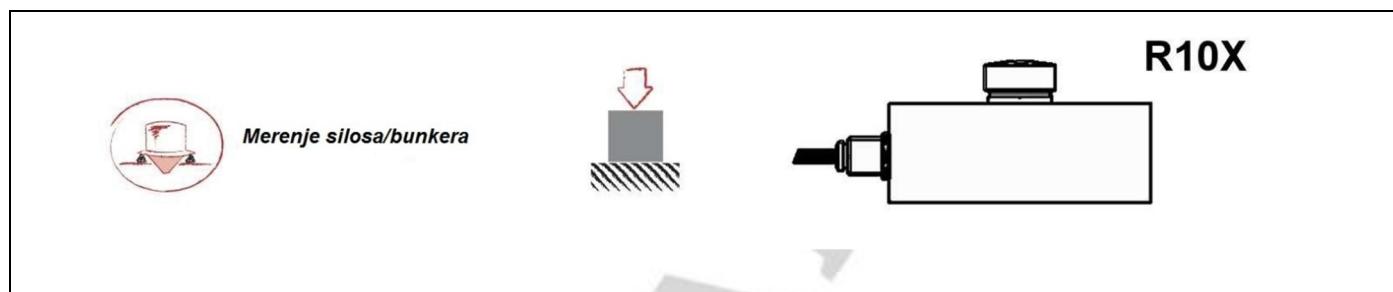
Ugib (deformacija) merne čelije pod dejstvom opterećenja se meri senzorskom mernom trakom od folije koja je potpuno zaptivena u šupljini unutar pretvarača. Senzor konvertuje deformaciju u električni signal koji je direktno proporcionalan povećanju ili smanjenju opterećenja. Neželjena bočna opterećenja neće uticati na tačnost.

“Pancake” merne čelije su manje tačne u poređenju sa kompresionim mernim čelijama u obliku stuba, ali merni princip omogućava niskoprofilni dizajn što ih čini idealnim za merenje silosa ili velikih sudova. Niskoprofilni dizajn za instalacije sa malim slobodnim prostorom takođe održava centar gravitacije suda na niskom i stabilnom nivou. Instalacija je pojednostavljena i sa manje hardvera u poređenju sa čelijama u obliku stuba.

► **Kompresione “Pancake” merne čelije se koriste u kapacitetima od 5t do 750t i većim.**

3.5.2 – R10X kompresione pancake merne čelije

SCAIME ima u ponudi R10X merne čelije od nerđajućeg čelika koje su zaptivene do veoma visokog stepena integriteta (IP68). Ovo ih čini izuzetno podesnim za merenje rasutog materijala u higijenskom okruženju sa CIP sistemom čišćenja.



3.5.3 – Uvođenje opterećenja

SCAIME ima u ponudi montažne komplete u cilju minimizovanja nepovoljnih efekata usled uvođenja opterećenja ili faktora sredine.



- **SILOKIT-R :** Kompresioni niskoprofilni komplet za montažu koji uključuje ugrađenu ploču za stabilizaciju i sprečavanje podizanja. Komplet je dizajniran za merenje silosa.

3.6 – Merne čelije sa jednom tačkom (Single point)

3.6.1 - Princip

Merne čelije sa jednom tačkom su zastupljene u verovatno najvećem procentu svih tipova mernih čelija koje se koriste širom sveta. One su srce većine malih stonih vaga i takođe se koriste u širokom spektru drugih aplikacija. Merne čelije sa jednom tačkom koriste savijanje kao merni princip.

“Single Point” je zaista loš naziv za ove merne čelije. Daleko bi više odgovarao naziv “Platformne” merne čelije.

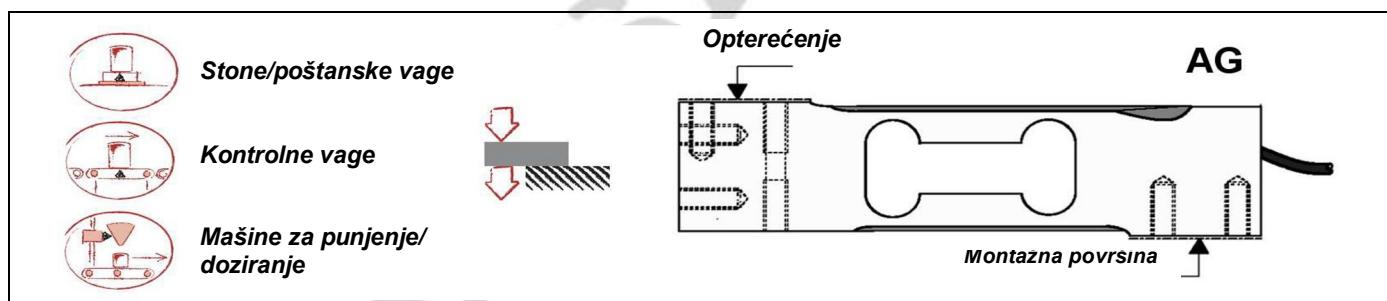
Ono što ove merne čelije čini različitim od do sad razmatranih tipova mernih čelija je da opterećenje nije potrebno primenjivati kroz jednu montažnu tačku na mernoj čeliji. Umesto toga, merna čelija sa jednom tačkom će se uklopiti sa platformom specifikovanih dimenzija (“Max.veličina platforme” na listi specifikacija) koja se može pričvrstiti zavrtnjima direktno na mernu čeliju. Opterećenje se zatim može primeniti na bilo kojoj tački platforme i merna čelija će precizno izmeriti to opterećenje.

► ***Uobičajeni kapaciteti ovih mernih čelija se kreću od 1kg do 1000kg.***

3.6.2 – AG merna čelija sa jednom tačkom

SCAIME ima u ponudi širok opseg mernih čelija sa jednom tačkom kapaciteta od 200g do 1500kg. Naš assortiman obuhvata aluminijumske merne čelije niske cene za primenu kod stonih vaga do potpuno zavarenih mernih čelija od nerđajućeg čelika koje su podesne za platformne vage za upotrebu u korozivnim okruženjima kao i u sredinama u kojima se izvode česta pranja.

Najčešći dostupni tip čelija su AG merne čelije, koje su izvanredno podesne za konstrukciju platforme sa mernom čeljom sa jednom tačkom.

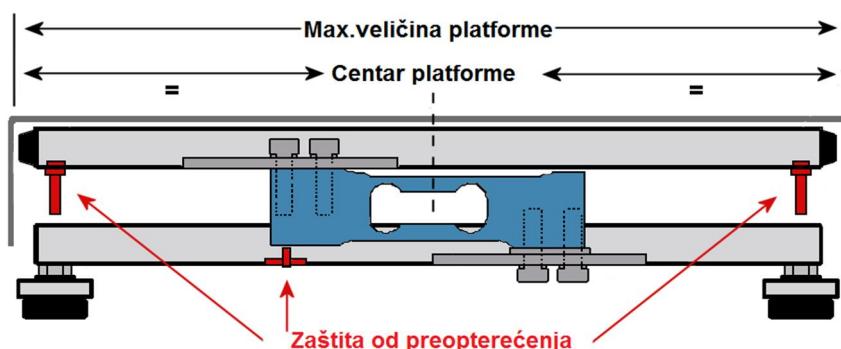


3.6.3 – Uvođenje opterećenja

Na sledećem crtežu je prikazana tipična single point merna čelija primenjena u platformnoj vagi.



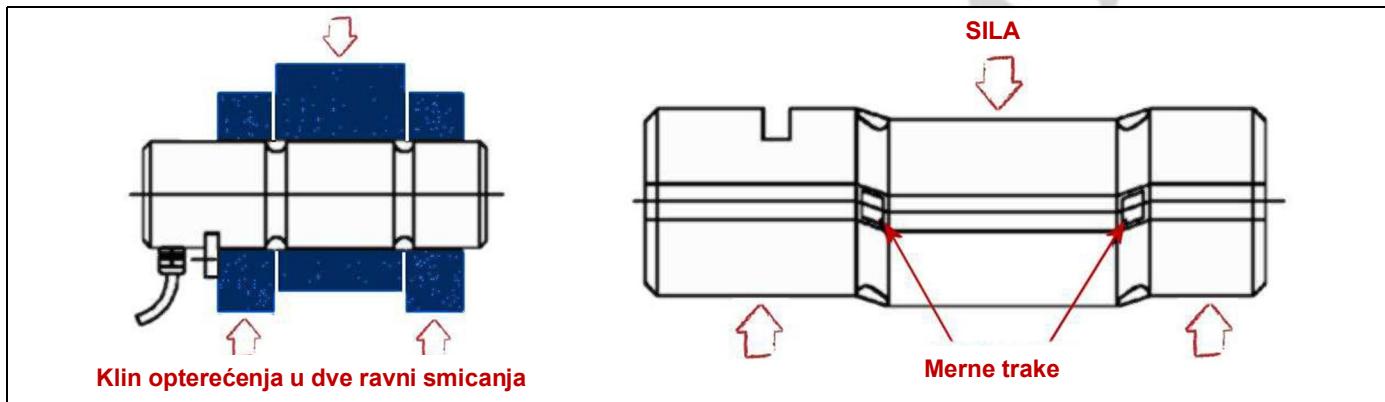
- *Instalirajte i podešite odgovarajuće stopove radi zaštite merne čelije.*
- *Nikada ne uvodite opterećenje u suprot.smeru od specifikovanog (v.specifikacije).*
- *Veličina platforme mora biti manja od “Max.veličina platforme” (v.specifikacije).*
- *Merne čelije se moraju čvrsto pričvrstiti u montažnim rupama, kao u konzolnu gredu. Konsultujte listu specifikacija radi preporučenog momenta zatezanja.*



3.7 – Klinovi opterećenja (Load pins)

3.7.1 - Princip

Klin za merenje opterećenja registruje silu koja se primjenjuje preko njega, putem merača naprezanja koji je instaliran u malom izbušenom otvoru u centru kлина. Dva žljeba su obrađena u spoljnem obimu klina radi definisanja ravni smicanja koje su locirane između sila koje se mere.

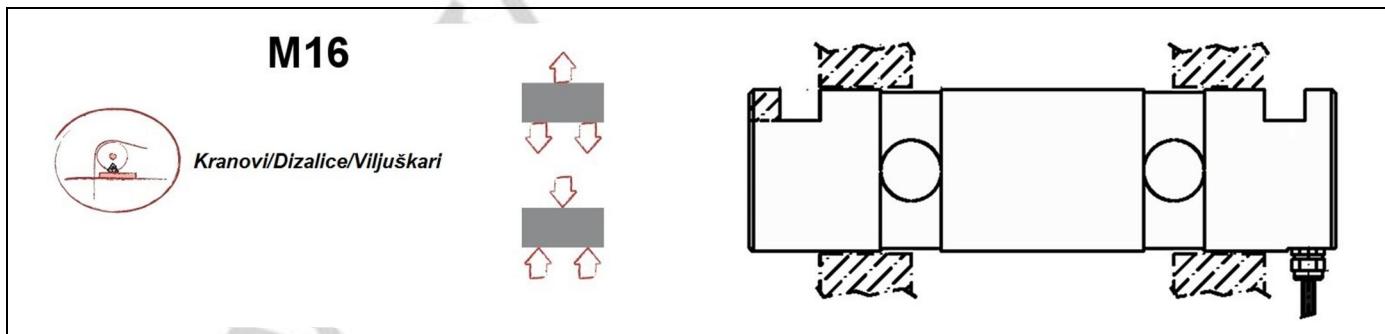


Klinovi za merenje opterećenja su projektovani za brojne različite primene kao direktna zamena za spojne osovinice ili zakretne klinove. Oni imaju mnoge prednosti nad drugim senzorima opterećenja stoga što normalno ne zahtevaju bilo kakve promene mehaničke strukture koja se nadgleda.

► Uobičajeni kapaciteti se kreću od 20kg do 100t.

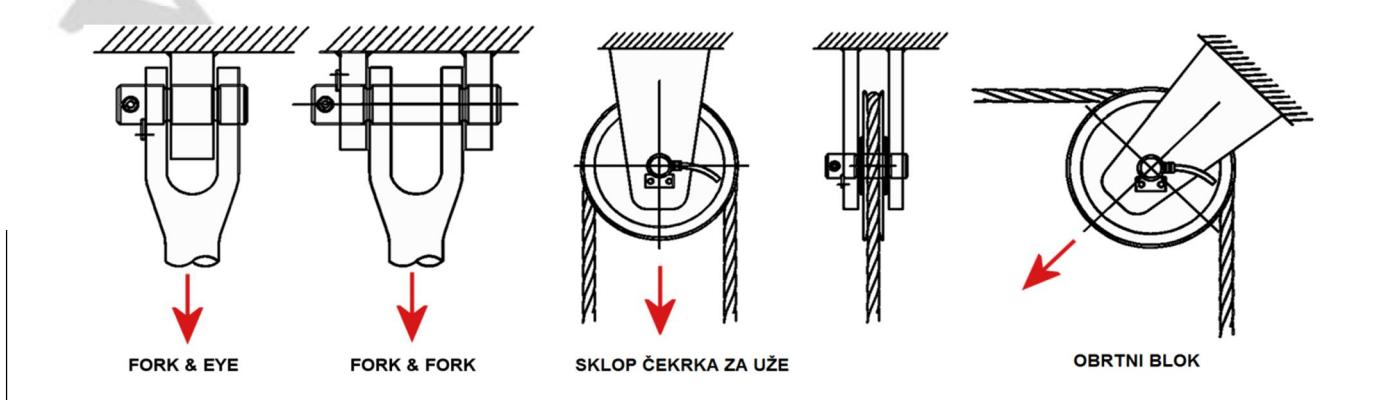
3.7.2 – M16 klin opterećenja

Najčešći dostupni tip je M16, idealan za merenje opterećenja i zaštitu od preopterećenja na dizalicama, kamion viljuškarima, čekrcima.



3.7.3 – Tipične lokacije klinova opterećenja

Ukoliko se klin nalazi na definisanoj putanji opterećenja ili se može ugraditi kako bi se izmerilo dejstvo sile, tada se M16 klin opterećenja može instalirati za nadgledanje tog opterećenja. Crteži ispod prikazuju tipične lokacije klinova opterećenja.

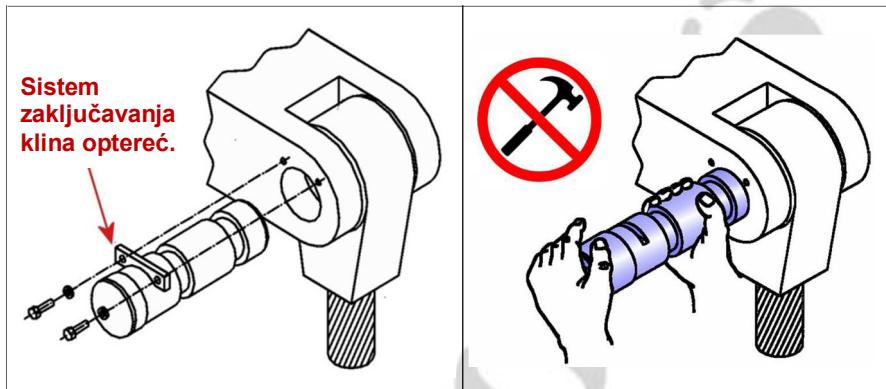


3.7.4 – Sistemi zaključavanja klinova opterećenja

Klin za merenje opterećenja mora biti zaključan radi fiksiranja njegove pozicije i orientacije i u aksijalnom i u rotacionom modu kako bi se osigurali precizni rezultati dobijeni od ugrađenog sistema zaključavanja.



Ručno uklizajte klin opterećenja u njegovo ležište. Ne koristite čekić ili neki drugi alat pri tom.



3.7.5 – Proračun sile merenja

Standardni klin opterećenja je projektovan tako da reaguje na silu samo u jednom pravcu. Vodite računa o položaju montiranja klina opterećenja kako biste izbegli greške merenja.

Rezultantna sila merena klinom opterećenja

Primetite da rezultantna sila merenja klinovima opterećenja može da se razlikuje od opterećenja primjenjenog na žicu.

Rezultantna sila može biti umnožena ili umanjena u zavisnosti od montaže klina.

Greška usled promjene pravca opterećenja

Pravac merenja opterećenja klinom treba da bude isti kao pravac rezultantne sile, u suprotnom se greška merenja (% primjenjenog opterećenja) može izračunati pomoću :

$$\text{Greška (\%)} = 100 (\cos \alpha - 1)$$

3.7.6 – Razmatranja montaže klina opterećenja

Klin opterećenja se mora slobodno savijati preko svoje potpore. Potrebno je proveriti sledeće:

Smer ose osetljivosti

$\sim 0,2\text{mm}$

$>0,5\text{mm} \rightarrow$

Antifrikcioni elementi

- $g \geq 0.01 \times b$ (obično: $g \geq 0.2\text{mm}$)
- Ostavite zazor ($\sim 0,2\text{mm}$) između sistema zaključavanja i ureza klina. Na taj način neće doći do prenosa naprezanja (napona) kroz sistem zaključavanja.
- Radi veće tačnosti, senzor ne treba da trpi radij. naprezanje ili obrtni moment.
- Radi izbegavanja svih momenata sile, opterećenje treba slobodno da rotira oko klina (koristiti antifrikcione elemente ili ležaje).

4 – Specifikacije mernih čelija

Sledeće definicije će Vam pomoći u boljem razumevanju tehničkih podataka za merne čelije.

4.1 – Specifikacije tačnosti u zakonskoj metrologiji

U ovom delu uputstva su izneti stepeni tačnosti merne čelije prema OIML. Takođe će biti izneta ključna terminologija i metrološki termini koje koriste proizvođači mernih čelija i vaga.

Zakonska metrologija predstavlja celovitost zakonskih, administrativnih i tehničkih procedura ustanovljenih od strane javnih tela radi osiguravanja, na propisani način, odgovarajućeg kvaliteta merenja u vezi sa zvaničnim kontrolama, trgovinom, zdravljem, bezbednošću i okruženjem.

Nekoliko organizacija postavlja standarde za industriju mernih instrumenata i mernih čelija i zahteve u vezi mernih čelija kako bi se osigurala tačnost vaga.

- U Evropi, ateste izdaje od EEC (Evropska ekonomska zajednica) ovlašćeno telo u skladu sa preporukama postavljenim od strane OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale).



OIML je međudržavna sporazumna organizacija. OIML je ustanovljena kako bi se promovisala globalna harmonizacija zakonskih metroloških procedura. OIML obezbeđuje svojim članovima smernice za elaboraciju zahteva u pogledu proizvodnje i upotrebe mernih instrumenata.

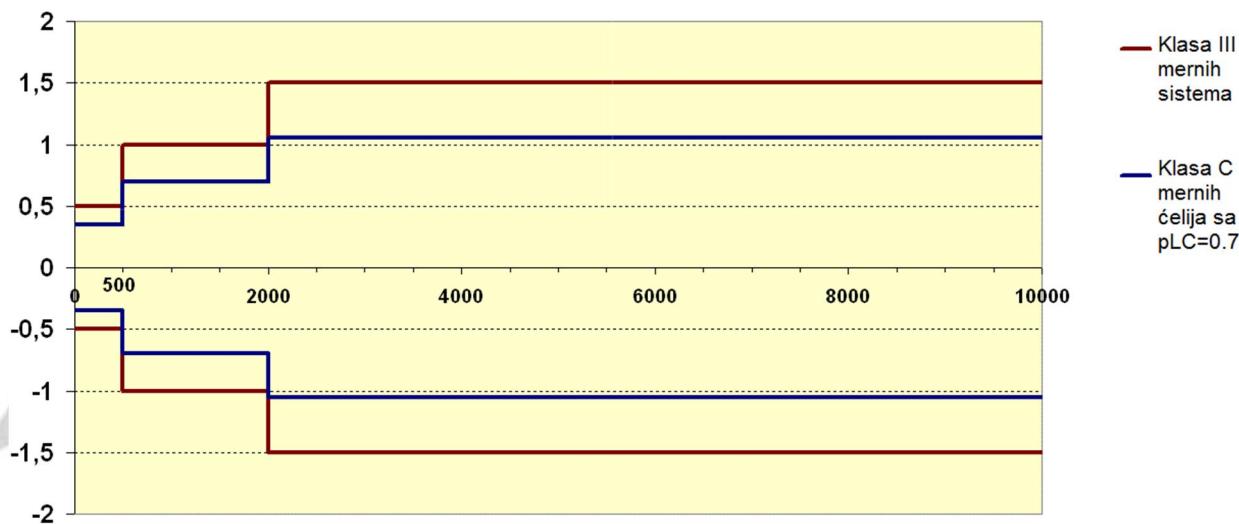
Proizvođač može dobiti OIML sertifikat koji ukazuje na to da je instrument u saglasnosti sa zahtevima relevantnih OIML međunarodnih preporuka.

- OIML R60 : preporuke koje se odnose na zahteve u vezi mernih čelija.
- OIML R76 : preporuke koje se odnose na neautomatske vase (NAWI).

► Klasa tačnosti

- Instrumenti za merenje težine se testiraju i sertificuju u skladu sa OIML R76 (EN45501), klasa III pokriva komercijalne primene u merenju težine između 500 i 10,000 podeoka.
- Merne čelije se testiraju i sertificuju u skladu sa OIML R60.
- Merne čelije su rangirane u skladu sa njihovom ukupnom performansom. Merna čelija se klasificiše pomoću slova abecede (od A do D) i pomoću **maksimalnog broja podeoka merne čelije (n_{LC})**, izraženim u jedinicama od 1000; npr. C3 predstavlja klasu C merne čelije sa 3000 podeoka.
- Klasa C mernih čelija je podesna za klase III i IIII sistema za merenje težine.

OIML grafikon prihvatljivih tolerancija



► Maksimalno dozvoljena greška (mpe)

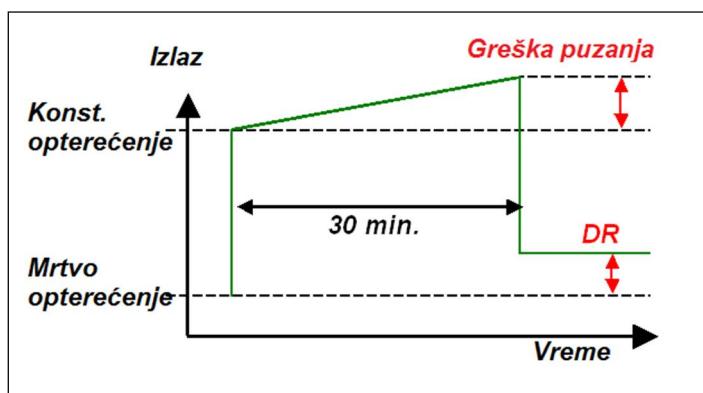
Slika iznad prikazuje maksimalno dozvoljenu grešku (mpe) u zavisnosti od broja verifikacionih podeoka:

- za vase klase III (OIML R76).
- za merne čelije klase C sa $p_{LC}=0,7$ (OIML R60).

Bezdimenzionalni razlomak p_{LC} izražen kao decimalni broj (0,7 po defaultu) predstavlja udeo greške proizvedene mernim instrumentom koji se pripisuje mernoj čeliji.

► Minimalni verifikacioni podeok merne čelije (v_{min})

V_{min} je najmanja vrednost kvantiteta (mase) na koju se može podeliti merni opseg merne čelije bez prevazilaženja maksimalno dozvoljene greške.



► Povratni signal minimalnog mrvog opterećenja (DR)

Razlika izlaznog signala merne čelije pri minimalnom mrvom opterećenju, izmerenog pre i nakon 30 min od primene opterećenja (>90% kapaciteta merne čelije).

► Greška puzanja

Odstupanje izlaznog signala merne čelije koje nastaje u vremenu pod stalnim opterećenjem.

4.2 – Specifikacije kapaciteta

► Minimalno mrvlo opterećenje (E_{min})

Najmanja vrednost kvantiteta (masa) koja se može primeniti na mernu čeliju bez prevazilaženja "mpe".

► Maksimalni kapacitet merne čelije (E_{max})

Najveća vrednost kvantiteta (masa) koja se može primeniti na mernu čeliju bez prevazilaženja "mpe".

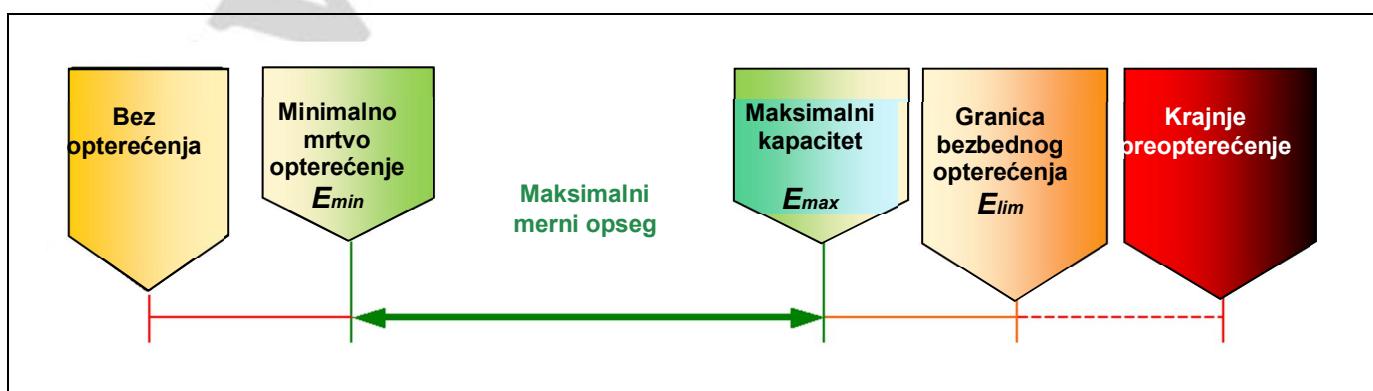
- **Merni opseg merne čelije :** Zakoniti operativni opseg merne čelije razgraničen sa E_{min} i E_{max} .
- **Nominalni kapacitet :** Vrednost opterećenja koja se može primeniti kako bi se dobio izlazni napon jednak nominalnoj osetljivosti. Ovo opterećenje je često jednako sa E_{max} .

► Granica bezbednog opterećenja (E_{lim})

Max.opterećenje koje se može primeniti bez stvaranja trajne promene karakteristika performanse m.čelije.

► Krajnje preopterećenje

Max.opterećenje koje se može primeniti bez fizičkog uništenja merne čelije.

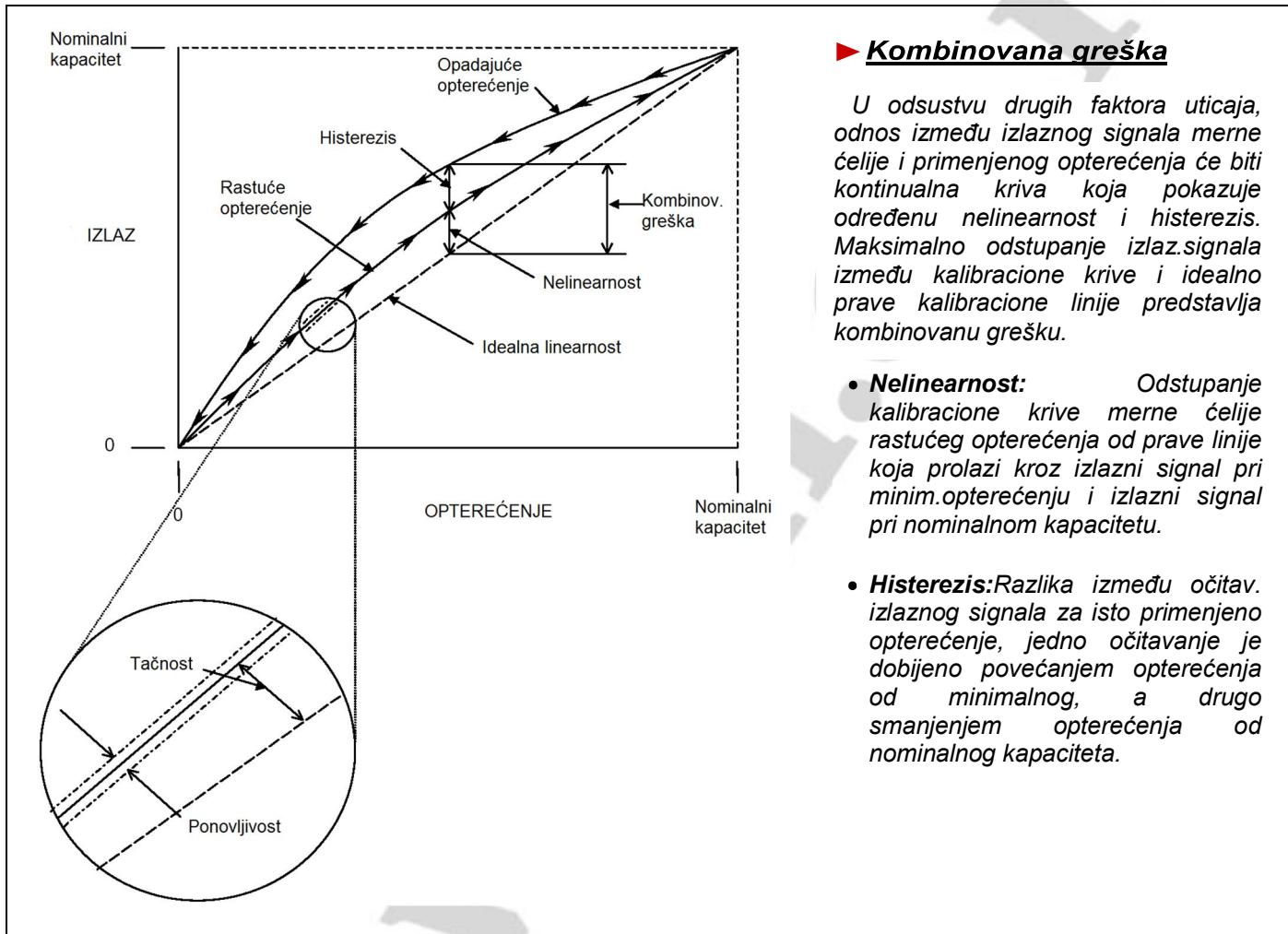


4.3 – Metrološke specifikacije

U ovom odeljku se daje pregled osnovnih parametara koji se mogu koristiti za određivanje tačnosti merenja.

► Nominalna osetljivost

Vrednost dobijena oduzimanjem izlaznog signala merne ćelije bez opterećenja od signala pod nominalnim opterećenjem. Osetljivost se izražava vrednošću izlaznog napona jedinicom napona pobude.



► Kombinovana greška

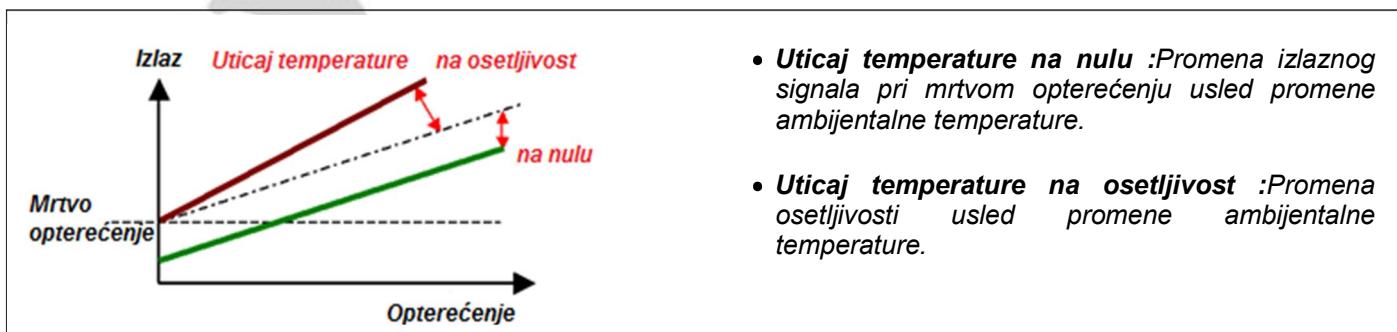
U odsustvu drugih faktora uticaja, odnos između izlaznog signala merne ćelije i primjenjenog opterećenja će biti kontinualna kriva koja pokazuje određenu nelinearnost i histerezis. Maksimalno odstupanje izlaznog signala između kalibracione krive i idealno prave kalibracione linije predstavlja kombinovanu grešku.

- **Nelinearnost:** Odstupanje kalibracione krive merne ćelije rastućeg opterećenja od prave linije koja prolazi kroz izlazni signal pri minim. opterećenju i izlazni signal pri nominalnom kapacitetu.

- **Histerezis:** Razlika između očitav. izlaznog signala za isto primjeno opterećenje, jedno očitavanje je dobijeno povećanjem opterećenja od minimalnog, a drugo smanjenjem opterećenja od nominalnog kapaciteta.

► Temperaturni efekat

- **Opseg kompenzovane temperature :** Temperaturni opseg za koji su izlazni signal i nula kompenzovani zbog toga što nisu pod uticajem greške veće od maksimalno dozvoljene.
- **Radni opseg temperatura :** Temperaturni opseg u kojem merna ćelija može da funkcioniše bez trajnih promena njenih svojstava.



- **Uticaj temperature na nulu :** Promena izlaznog signala pri mrvvom opterećenju usled promene ambijentalne temperature.

- **Uticaj temperature na osetljivost :** Promena osetljivosti usled promene ambijentalne temperature.

4.4 – Električne specifikacije

► Električna otpornost

- **Ulagna otpornost** : Otpornost merena na ulaznim terminalima sa otvorenim izlaznim terminalima i bez opterećenja na mernoj ćeliji.
- **Izlazna otpornost** : Otpornost merena na izlaznim terminalima sa otvorenim ulaznim terminalima i bez opterećenja na mernoj ćeliji.
- **Otpornost izolacije** : Otpornost jednosmerne struje izmerena između kola merne ćelije i njenog kućišta pod naponom 50 VDC prilikom izvođenja testa.

► Nominalni opseg napona pobude

Opseg napona pobude, DC ili AC, za koji rezultat merenja ne bi trebalo da bude pod uticajem greške koja prevaziđa specifikacije merne ćelije.

4.5 – Nivo zaštite okoline

Nisu razvijeni standardi koji bi pokrivali podesnost mernih ćelija u pogledu uslova sredine .

U nedostatku takvih standarda, potrebno je ispitati karakteristike nekih mernih ćelija radi određivanja pogodnosti mernih ćelija za specifične uslove sredine:

► IP klasa zaštite (EN60529)

IP standard opisuje stepen zaštite koji pružaju kućišta električne opreme od prodora čvrstih stranih predmeta i od prodora vode.

Iako je IP standard prihvatljiva polazna tačka, primećeni su neki nedostaci:

- IP sistem ne može jasno razlikovati merne ćelije koje imaju različitu konstrukciju.
- IP sistem ne uzima u obzir probleme interne kondenzacije ili vlage u kućištu.

► Metoda zaptivanja mernih ćelija

- **Zaptivanje epoksidom** : Odnosi se na merne ćelije koje su izolovane od okoline pomoću zaštitnog sloja ili ispunjavanjem šupljine merne trake materijalom koji štiti merni instrument od okolne vlage i sl. Ove merne ćelije su normalno predviđene za upotrebu u zatvorenom prostoru.
- **Zatvaranje merne ćelije** : Odnosi se na merne ćelije sa popunjavanjem šupljine posebnim materijalom. Šupljina je takođe mehanički zaštićena bočnim pločama. Ove merne ćelije su zaštićene od normalnih faktora okoline i namenjene su za upotrebu i u zatvorenom i na otvorenom prostoru.
- **Hermetičko zaptivanje mernih ćelija**: Odnosi se na merne ćelije koje imaju metalni zaštitni poklopac koji je zavaren kako bi se zaštitila šupljina merne trake. Ove merne ćelije obezbeđuju najbolju zaštitu u okruženju sa prisutnim agresivnim hemikalijama kao i zaštitu prilikom pranja.

► Pažnja:

Merna ćelija od nerđajućeg čelika nije sinonim za hermetički zaptivenu mernu ćeliju. Dok zatvorene merne ćelije od nerđajućeg čelika mogu biti podesne za rad u suvom okruženju sa prisustvom korozivnih hemikalija, modeli hermetički zaptivenih mernih ćelija od nerđajućeg čelika su najbolji izbor za rad u okruženju sa visokom vlažnošću ili gde se izvodi pranje.

SCAIME klasifikacija mernih ćelija

Metoda zaptivanja	IP oznaka
Zaptivanje epoksidom	IP64 - IP65
Zatvaranje merne ćelije	IP67
Hermetičko zaptivanje	IP68 - IP69K

5 – Merenje težine tanka

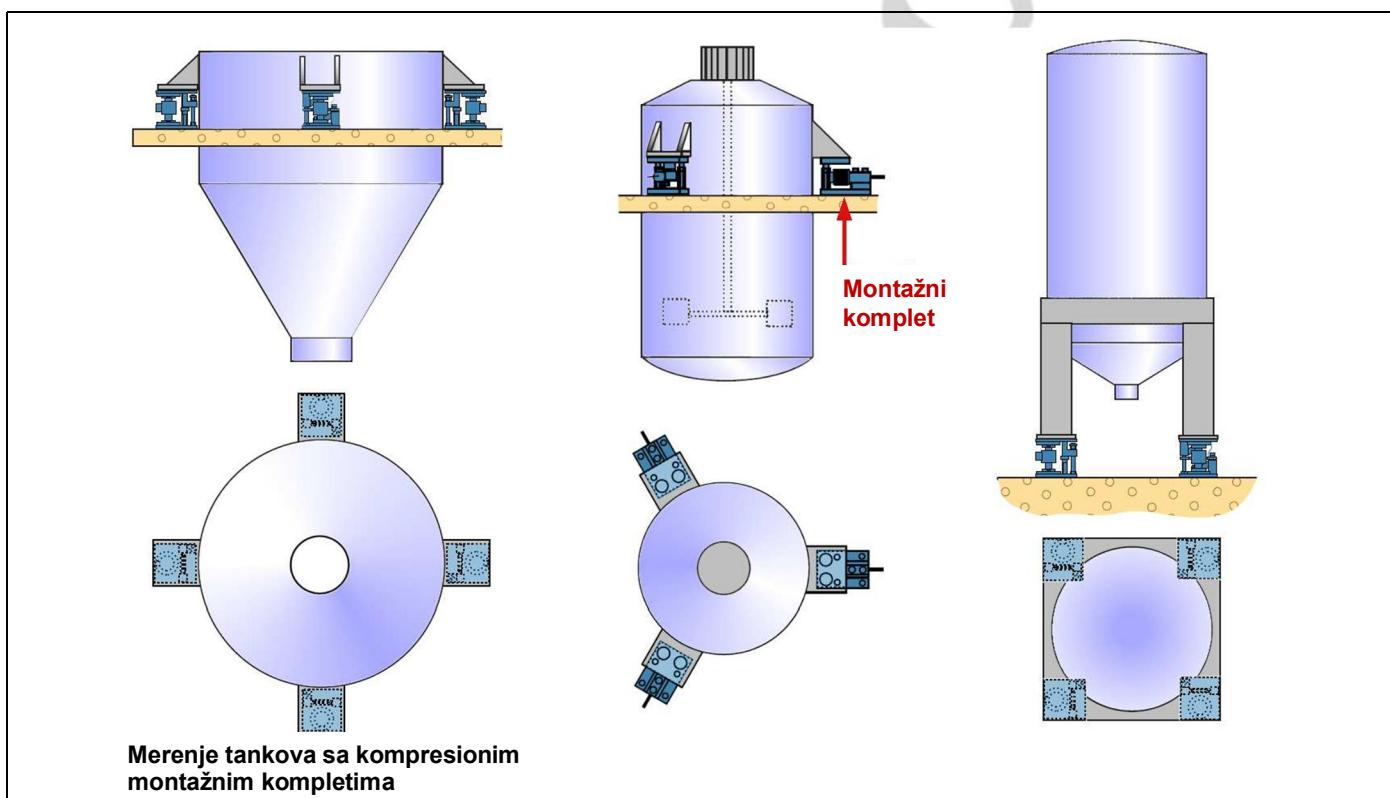
Merne ćelije se mogu koristiti za merenje tankova, bunkera ili velikih sudova u različitim konfiguracijama instalacija. Instalacija mernih ćelija u praktičnoj primeni na terenu zahteva pridržavanje sledećih osnovnih pravila kao i pažljivo projektovanje ukoliko sistem treba da bude tačan i da obezbeđuje dug radni vek bez održavanja.

5.1 – Sabijanje (kompresija) naspram zatezanja (tenzija)

Merne ćelije mere silu u jednom ili dva smera; zatezanje ili sabijanje. Da li će se upotrebiti sistem koji se zasniva na zatezanju ili kompresiji zavisi od mehaničke strukture oko merenog suda i jednostavnosti stvaranja sistema.

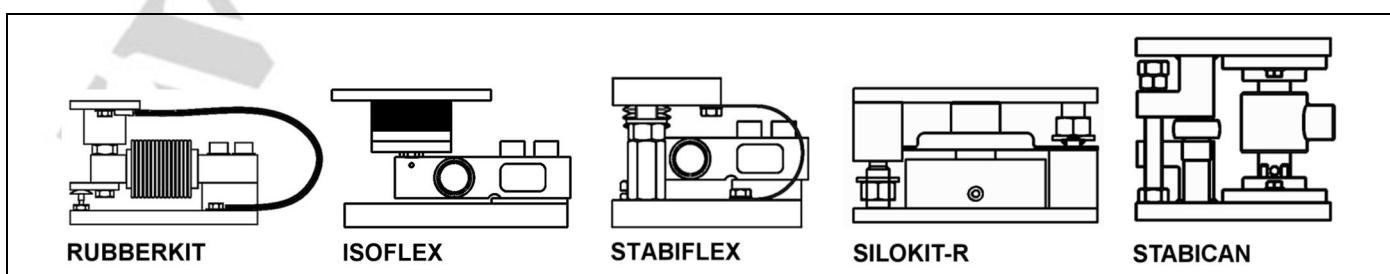
5.1.1 – Kompresivni mod

U kompresivnom modu merenja, sud se oslanja na merne ćelije. Ukoliko sud mora da se postavi na otvorenu betonsku podlogu, kompresija će biti logičan način rada, jer bi tenzioni sistem zahtevao skupu dodatnu nadkonstrukciju.



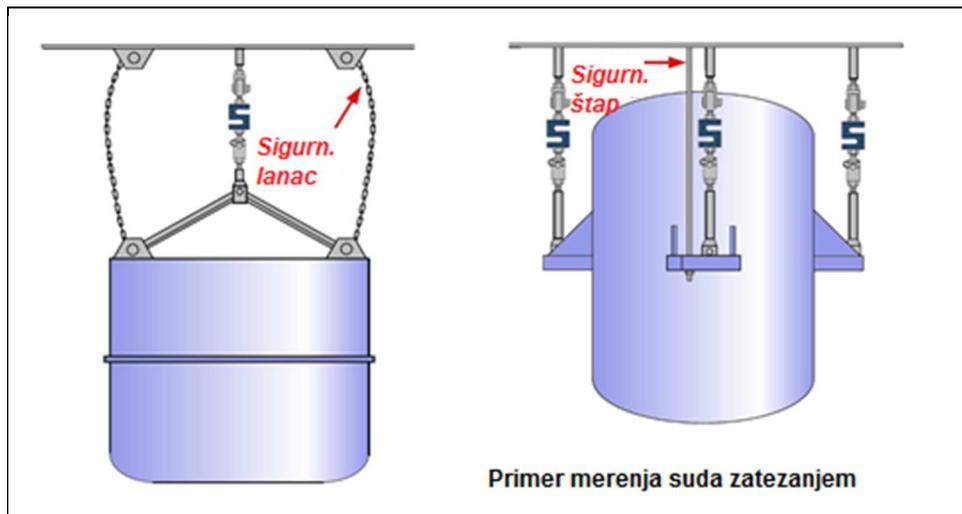
Kao pomoć u montiranju mernih ćelija, SCAIME ima u ponudi kompresione montažne komplete specijalno projektovane za merenje tankova (rezervoara). Tipični kompresioni montažni komplet uključuje gornju ploču (koja prima opterećenje), i osnovnu ploču (koja je zavrtnjima pričvršćena za pod ili drugu potpornu površinu). Neki kompleti pružaju i dodatne uređaje (videti listu tehničkih podataka) kao što su :

- Fiksirajući zavrtanj koji se koristi za sprečavanje naginjanja suda.
- Fiksirajući štap ili ograničavajuće stopove radi eliminiranja neželjenih bočnih sila.
- Elastomer damper za apsorbovanje udara ili vibracija.



5.1.2 – Tenzilni mod merenja (uz primenu napona zatezanja)

U tenzilnom modu merenja, sud je ovešan o jednu ili više mernih čelija. Ukoliko je na raspolaganju podesna struktura za primenu zatezanja merne čelije, obično je jednostavnije i jeftinije vešanje sudova kapaciteta do 10 tona. Kada kapacitet suda prevaziđa ovu vrednost, veći su i troškovi obezbeđivanja odgovarajućeg hardvera u poređenju sa troškovima obezbeđivanja adekvatne osnove za kompresione sklopove.

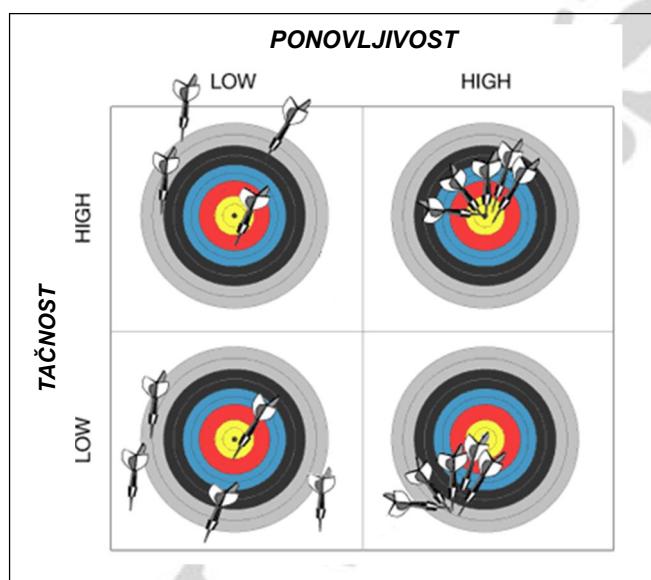


- Teoretski bi vešanje suda o jednu mernu čeliju bilo idealno rešenje, ali takve tenzione instalacije obično nisu izvodljive.
- Najčešće se koriste konfiguracije sa 3 ili 4 potporne tačke.

5.2 – Performansa sistema za merenje težine

Tačnost, rezolucija i ponovljivost su osnovni koncepti koji se koriste za merenje performanse sistema merenja.

- **Rezolucija** je najmanja promena težine koju digitalna vaga može da detektuje. Rezolucija se meri u veličini inkrementa, koji je određen sposobnostima mernih čelija i digitalnog indikatora. Digitalni indikator težine može biti u stanju da prikaže veoma male veličine inkrementa, kao što je 0.01kg (rezolucija); međutim, to ne znači da je sistem merenja tačan do 0.01kg.



(HIGH-VISOKA; LOW-NISKA)

Sledeći faktori mogu uticati na tačnost i ponovljivost sistema za merenje težine. Oni će se detaljno razmatrati kasnije u ovom uputstvu :

- **Faktori merne čelije** : Tip, broj, kapacitet, specifikacija (v.pogl. 4)
- **Mehanički faktori** : Konstrukcija tanka, podkonstrukcije, cevovoda
- **Faktori okruženja**: Vetur, temperatura, vibracije
- **Kalibracija**

5.3 – Koliko mernih čelija ?

Broj mernih čelija koje podupiru sud koji se meri obično je fiksiran oblikom tanka. Idealna situacija je podupiranje suda sa 3 merne čelije. Ukoliko je mereni tank podupiran sa 4 ili više mernih čelija, 3 ili u najgorem slučaju samo 2 merne čelije će nositi ukupnu težinu. U tom slučaju može doći do preopterećenja tih mernih čelija. Merenjem izlaznog signala svake pojedine merne čelije se može prepoznati i korigovati takva situacija uz postavljanje podložnih ploča ispod mernih čelija sa manjim izlaznim signalom.



Merne čelije treba pozicionirati tako da svaka merna čelija nosi jednaku težinu.

► Proračun применjenog opterećenja

Merne čelije moraju izdržati ukupno primjeno opterećenje pod normalnim i iznimnim uslovima.

Minimalni kapacitet merne čelije, C_{LC} mora zadovoljiti:

$$C_{LC} \geq \frac{Q \times (Tara + C_{live})}{N} \quad \text{gde je } \begin{aligned} \text{Tara} &: \text{Tara ili mrtvo opterećenje (kg)} \\ C_{live} &: \text{Živo opterećenje, maksimal.primenjena težina (kg)} \\ Q &: \text{faktor sigurnosti (korekcioni faktor)} \\ N &: \text{broj mernih čelija} \end{aligned}$$

Sigurnosni faktor Q

Ne postoje pravila za definisanje faktora Q, jer on obično zavisi od sledećih uslova okoline :

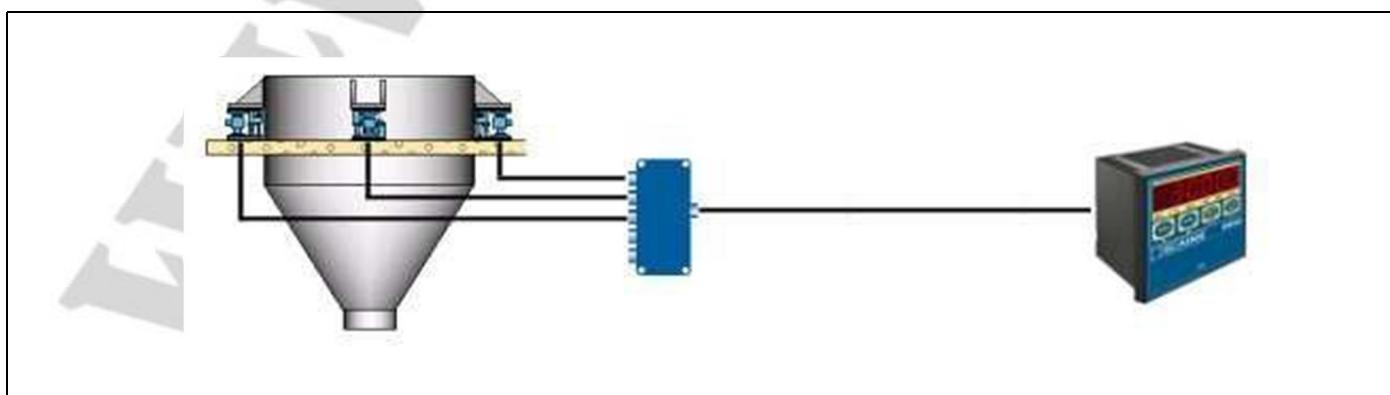
- Ekscentrično opterećenje
- Potresi i dinamičko opterećenje
- Snaga veta
- Konstrukcija prijemnika opterećenja

Informativni primeri :

	Q
Platformna vaga sa 4 merne čelije	1,8
Sud u zatvorenom prostoru	1,3
Sud sa agitatorom	1,7
Teretna vaga	2
Platformna vaga sa 1 mernom čelijom	1,4

5.4 – Sposobnosti sistema za merenje težine

Mora se odrediti sposobnost kombinacije mernih čelija i indikatora za davanje željene rezolucije sistema ili veličine inkrementa.



5.4.1 – Rezolucija sistema

Željena rezolucija sistema ili veličina inkrementa se mogu odrediti pomoću sledeće formule:



$$\text{Signal po inkrementu } (\mu\text{V}) = \frac{\text{Željena vel.inkrementa} \times \text{Osetljivost merne čelije (mV/V)} \times \text{Napon pobude (V)} \times 1000}{\text{Kapacitet pojed.merne čelije} \times \text{Broj mernih čelija}}$$

Unesite željenu veličinu inkrementa u formulu, zajedno sa parametrima merne čelije i indikatora. Ako signal po inkrementu (μV) prevaziđa dozvoljeni minimum za indikator, sistem bi trebalo da bude u mogućnosti da isporuči željenu rezoluciju.

► Primer

Prepostavimo da vaga za merenje tanka ima 4 merne čelije (2 mV/V) kapaciteta 5,000kg povezane na IPE50 indikator. Želite da merite težinu do 15 000 kg sa inkrementima od 2 kg (7,500 prikazanih inkremenata).

$$\text{Formula za određivanje potrebnog signala po inkrementu: } \frac{2 \text{ kg} \times 2 \text{ mV/V} \times 5 \text{ VDC} \times 1000}{5000 \text{ kg} \times 4} = 1 \mu\text{V}$$

Minimalni dozvoljeni signal po inkrementu za IPE50 je 0.3 μV po inkrementu. S obzirom da je 1 μV signal izведен iz formule iznad ovih 0.3 μV , trebalo bi da budete u mogućnosti da imate prikaz inkrementa od 2kg.

5.4.2 – Napon pobude

U lancu merenja, napon pobude koji obezbeđuje transmiter treba da bude odgovarajući za napajanje mernih čelija strujom.

$$\text{Otpornost sistema za merenje } Z = \frac{R_{LC}}{N} \Omega \quad \text{gde je } R_{LC} : \text{ulazna otpornost merne čelije}$$

$N : \text{broj mernih čelija}$

$$\text{Indikator mora obezbediti struju} \quad (A) \quad I_{exc} = \frac{U_{exc}}{Z} \quad \text{gde je } U_{exc} : \text{napon pobude mernih čelija}$$

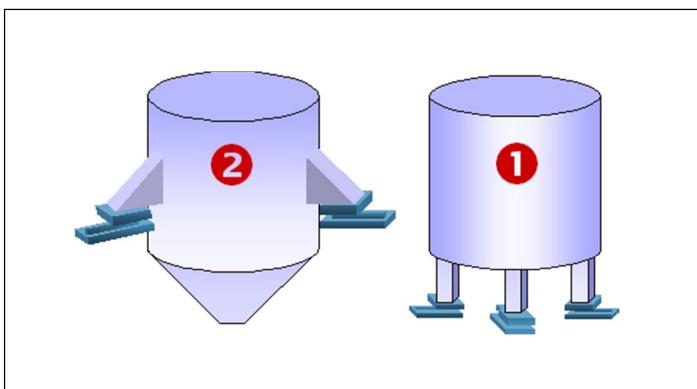


Mora se proveriti da je $Z > R_{min}$ ili $I_{exc} < I_{max}$ sa

$R_{min} : \text{minimalna otpornost transmitera}$
 $I_{max} : \text{maksimalna struja transmitera}$

5.5 – Lokacija mernih čelija

Dva najčešća mesta na kojima se montiraju sklopovi mernih čelija su:

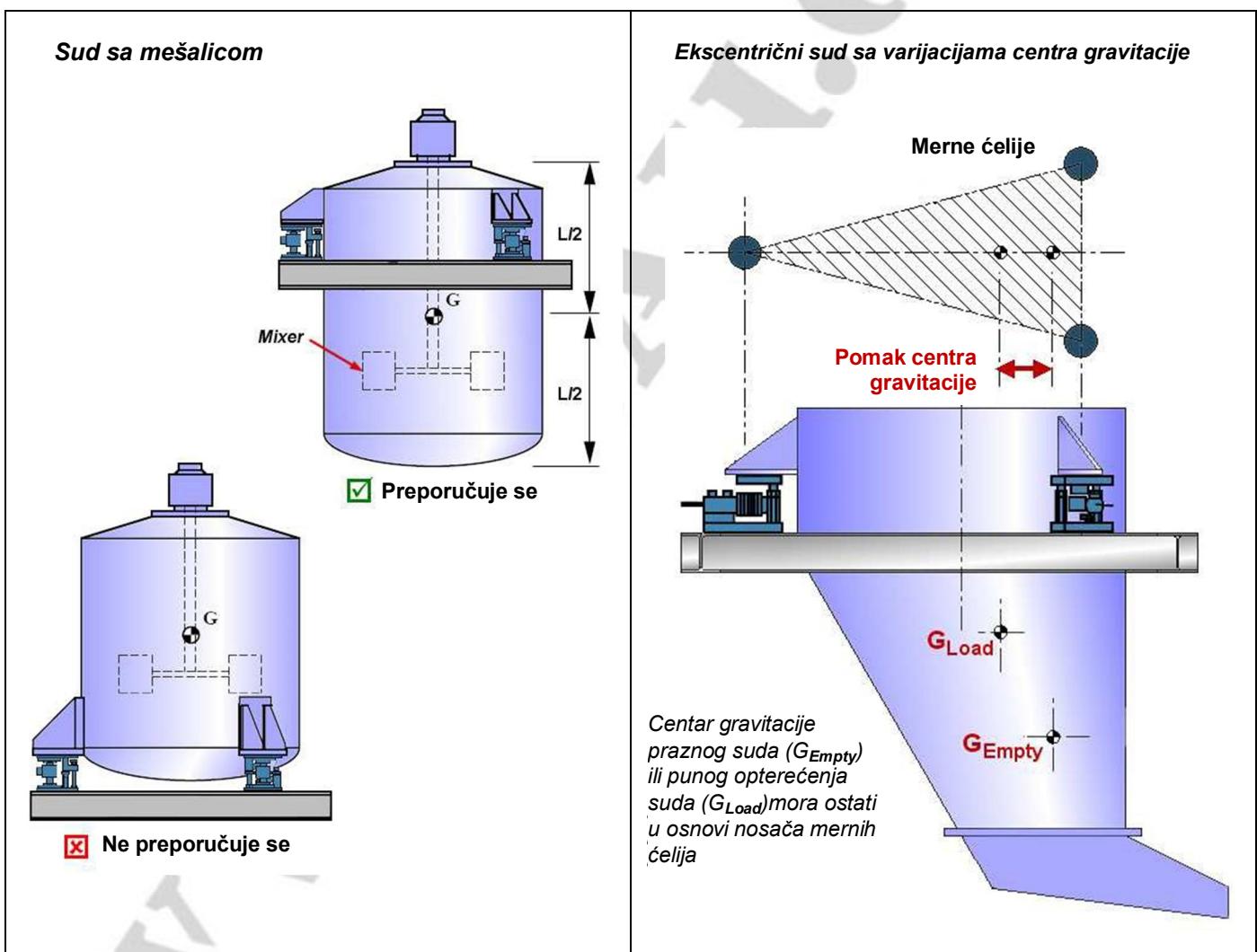


① Ispod nogu suda.

② Između nosača i mehaničkog poda.

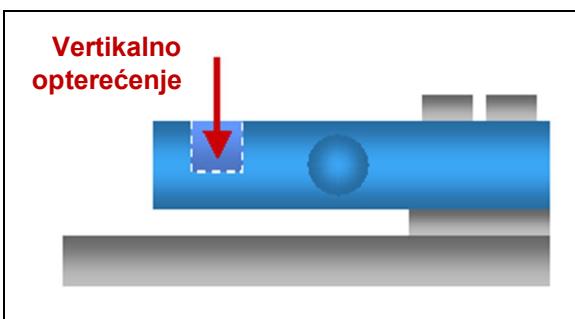
Montiranje sklopova mernih čelija ispod nogu suda je savršeno prihvativljivo. Međutim, drugi slučaj je najbolji, usled prirodne stabilnosti koju daje nizak centar gravitacije.

► Primeri lokacije mernih čelija



5.6 – Uvođenje opterećenja

Merne čelije koje koriste merne trake su dovoljno osetljive da mogu da detektuju veoma male promene težine. Stvar je u tome da treba da osigurate da one reaguju samo na težinu koju želite da izmerite, a ne na druge sile. Kako biste dobili tačna očitavanja težine, morati pažljivo kontrolisati kako i gde se primjenjuje težina.

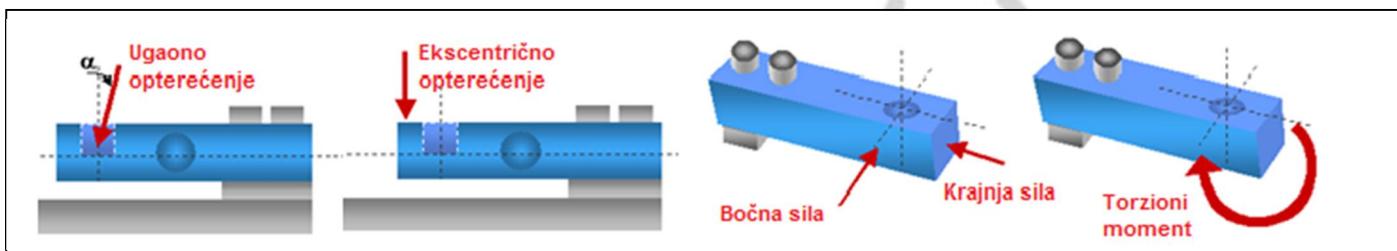


Merna čelija treba da bude instalirana tako da se opterećenje primjenjuje vertikalno u čitavom opsegu težine.

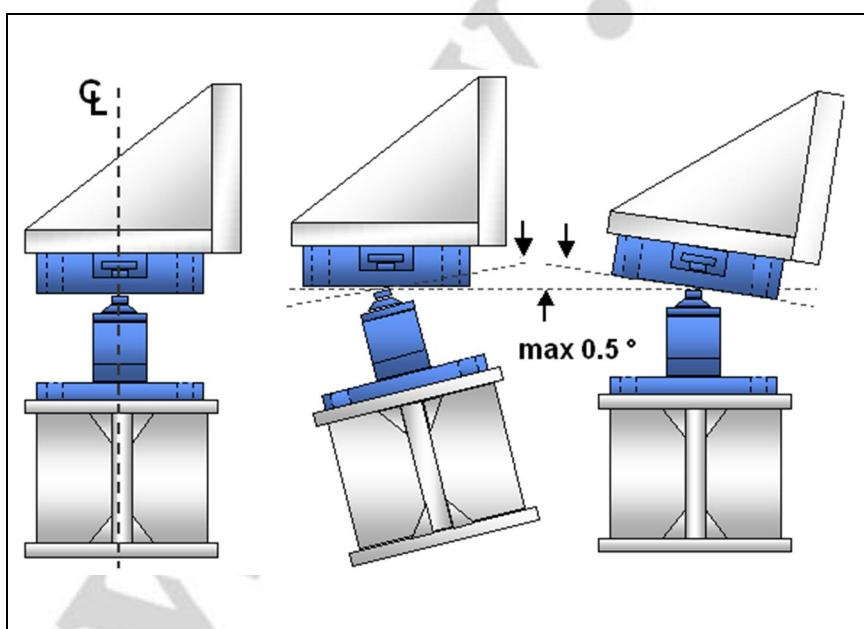
Da bi se postigla ta idealna situacija, nosač čelije bi trebalo da bude nivelisan, paralelan i krut.

► Problemi u vezi sa silom opterećenja

Kada merna čelija nije pravilno instalirana, postoji nekoliko vrsta sila koje mogu da utiču na njenu tačnost.



- **Ugaono opterećenje** se dešava kada je na mernu čeliju primenjena sila koja nije savršeno vertikalna.
- **Ekscentrično opterećenje** se dešava kada se vertikalna sila primjenjuje na mernu čeliju u drugoj tački umesto na njenoj centralnoj liniji. Ovaj problem može biti uzrokovani termičkim širenjem.
- **Bočno i krajnje opterećenje** se dešava kada su horizontalne sile primjenjene na bočnim stranama ili na kraju mjerne čelije. One mogu biti uzrokovane termičkim širenjem, neporavnatošću ili kretanju usled dinamičkog opterećenja.
- **Torziono opterećenje** se dešava kada bočne sile uvijaju mernu čeliju. Uzrok ovome mogu biti strukturne deformacije, dinamika sistema, termičko kretanje ili neporavnatost.



- Gornji oslonac i potpora nosača treba da budu poravnati i nivelisani.
- Gornji oslonac i potpora nosača ne smeju da imaju otklon veći od 0.5°
- Centralna linija (CL) opterećenja na čeliji treba da bude poravnata sa central. linijom potpore kako bi se spričila deformacija strukture..

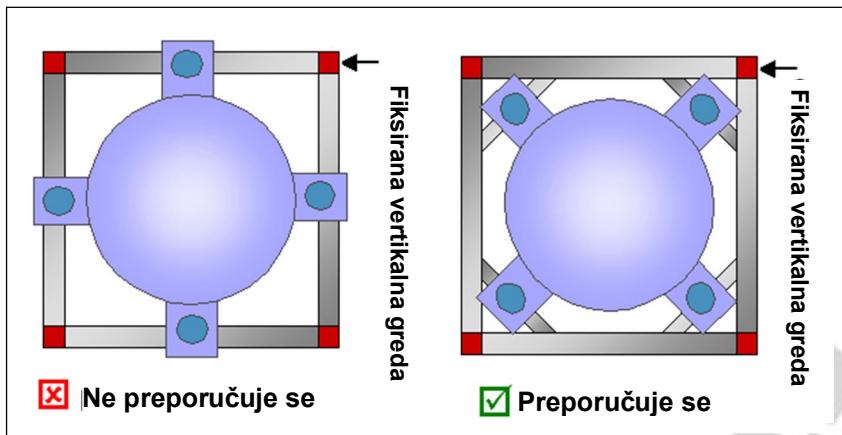
Greška merenja će se povećati sa uglom naginjanja potpore : (Greška) $Error = 1 - \frac{1}{\cos(\text{ugao})} \times \text{težina}$

5.7 – Strukturni integritet

Veoma je često pogrešno shvatanje da se merna ćelija može smatrati čvrstim komadom metala na koji mogu biti oslonjeni sudovi, silosi ili bunkeri. Performansa merne ćelije zavisi prvenstveno od njene sposobnosti deformacije pod visoko ponovljivim uslovima primenjivanja ili uklanjanja opterećenja.

5.7.1 – Konstrukcija potporne strukture

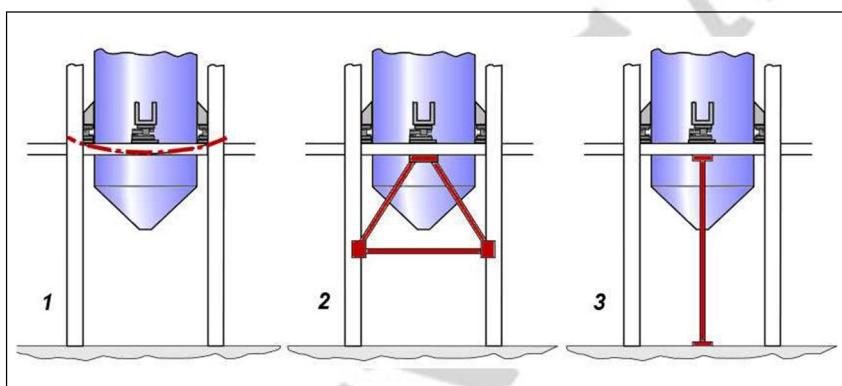
Metalne noseće strukture imaju tendenciju savijanja ili deformisanja sa povećanjem težine koja se postavlja na njih. Prevelika deformacija strukture može uticati na tačnost vase za merenje tanka.



- Montiranje mernih ćelija na sredini nosećih greda će uzrokovati najveće ugibanje greda pri visokim opterećenjima.
- Bolji način za smanjenje deformacije strukture je montaža mernih modula u blizini vertikalnih stubova fiksiranih za pod. Osigurajte da sve ćelije budu podržane istom veličinom strukturalnih greda kako bi se sprečile razlike u deformacijama.

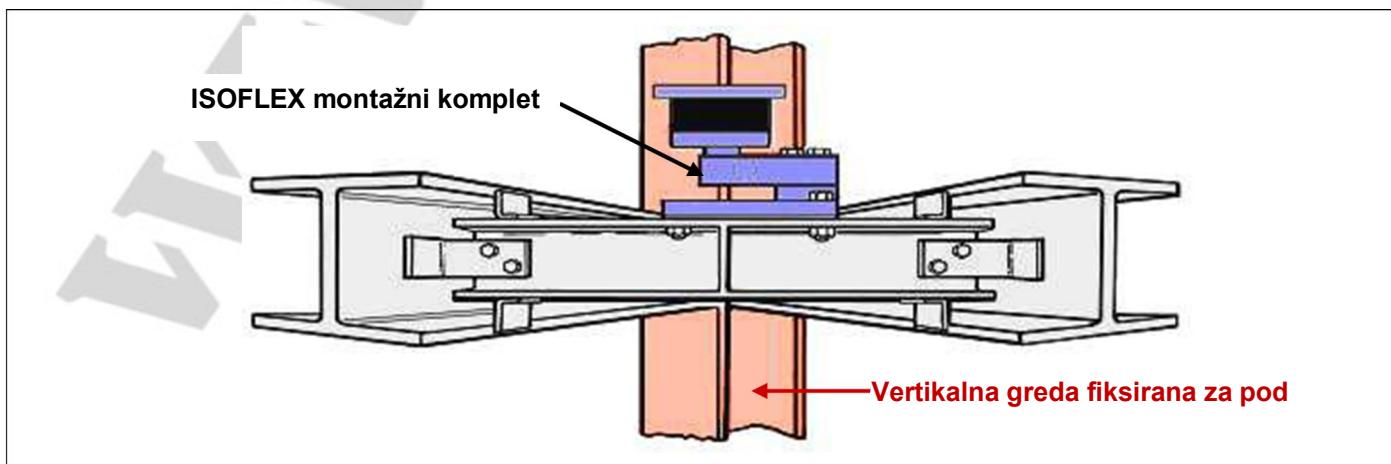


Preporučuje se ojačanje nosećih greda radi minimizovanja deformacije.

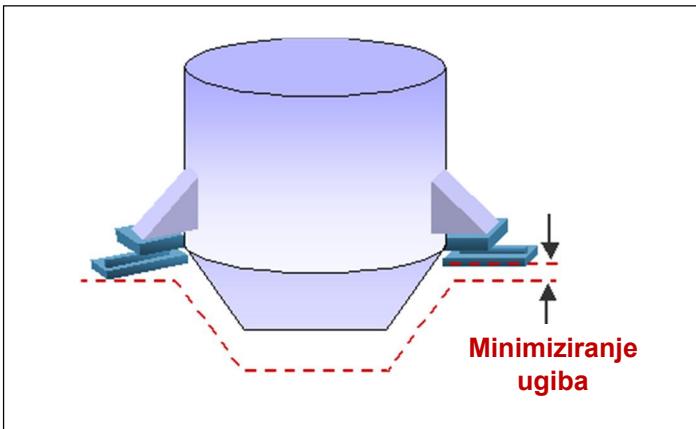


- Na Sl. 1 je prikazano kako se noseća greda može deformisati kada je merni modul montiran na njenoj sredini. Ukoliko ne možete da izbegnete ovaj tip montaže, trebalo bi da ojačate noseće grede radi minimizovanja deformacije.
- Na Sl. 2 i Sl. 3 su prikazane tipične metode ojačanja.

► Metode montiranja mernih ćelija pored vertikalnih greda fiksiranih za pod



5.7.2 – Deformacija strukture

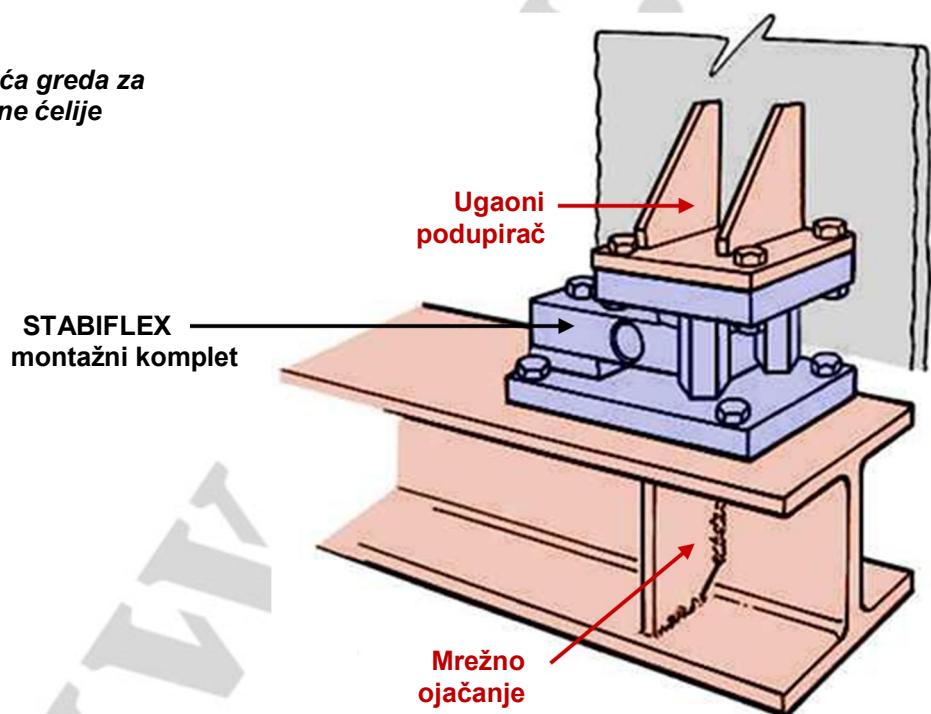


- Struktura vase za tankove treba da se deformeše što je manje moguće, i deformacija treba da bude uniformna na svim tačkama oslonca.
- Noseće strukture i osnova treba da budu nivelišane ($+/-0.5$ stepeni) i u istoj ravni.

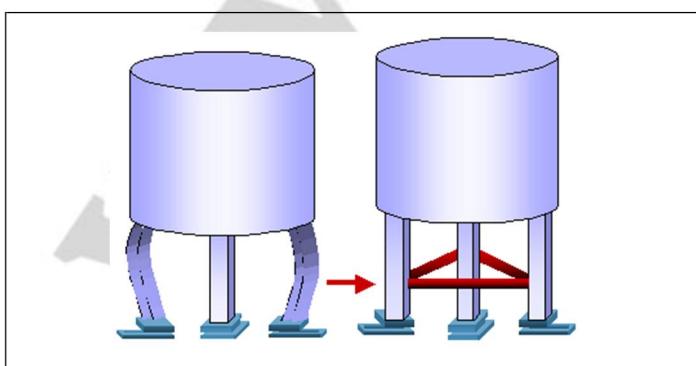


Dodajte poprečna mrežna ojačanja ili ugaone podupirače kako biste sprečili uvrtanje grede pod dejstvom opterećenja.

► **Ojačana noseća greda za montažu merne čelije**



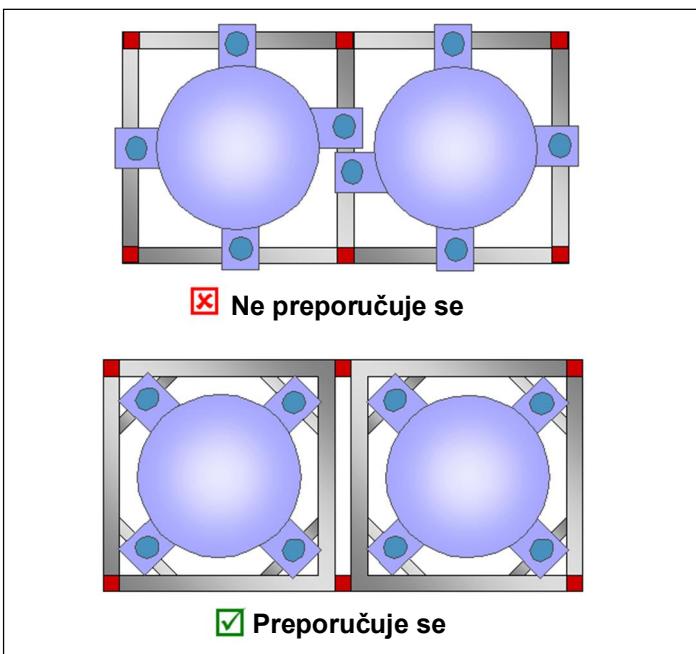
5.7.3 – Strukture za ukrućivanje



- U nekim slučajevima noge rezervoara će se deformisati pod njegovom težinom. Ukoliko je deformacija dovoljno velika da utiče na očitavanje težine, treba da poduprete noge tanka kako biste ih održali krutim.
- Upotrebite noseće grede istih dimenzija kako biste izbegli neuniformne deformacije.

5.7.4 – Interakcija tankova

Tankovi koji dele istu noseću strukturu će međusobno uticati na performansu merenja svakog od njih. Svako pomeranje ili poremećaj na jednom tanku se lako prenosi na drugi tank na zajedničkoj nosećoj strukturi.



- Najgori izbor je montiranje mernih ćelija na sredini horizontalne grede, kada dva tanka dele istu potpornu strukturu. Ova situacija omogućava i deformaciju i interakciju sudova.
- Najbolji izbor je montiranje mernih ćelija pored vertikalnih greda, sa odvojenim potpornim strukturama za svaki tank.

5.8 – Sistemi za merenje težine sa pivot tačkama

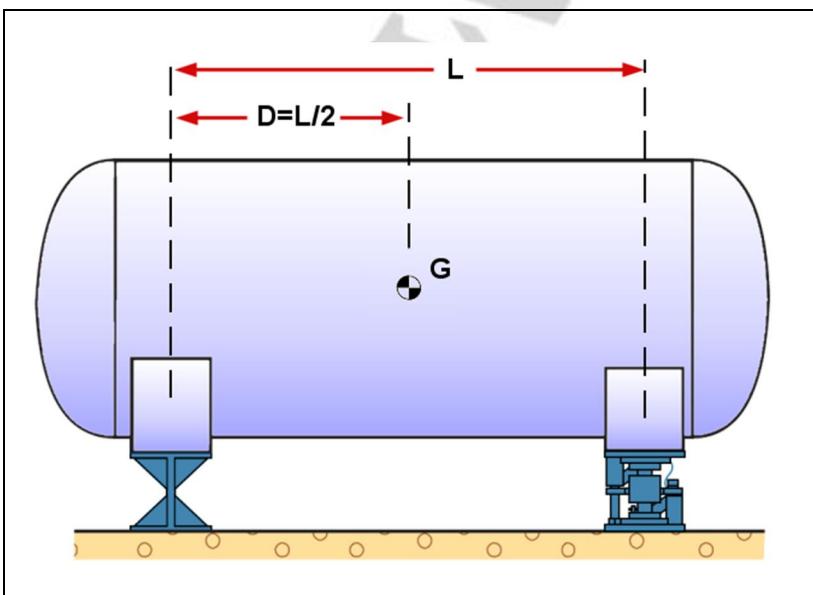
U određenim primenama moguće je meriti samo polovinu suda, dok je druga polovina oslonjena na ćelije lažnog opterećenja ili savitljive grede koje se ponašaju kao pivot tačke (središnje tačke, glavna osovina).

Sistemi za merenje težine sa pivot tačkama mogu pružiti ekonomičnu metodu merenja niske tačnosti ($\pm 1\%$).

Postoje dosta ozbiljna ograničenja u vezi sa upotrebom ovih sistema merenja:

- Sud mora biti simetričan u odnosu na vertikalnu liniju koja prolazi kroz centar gravitacije suda.
- Sud mora biti nivelisan i njegovi krajevi moraju biti identičnog oblika.
- Sud se mora nalaziti u zatvorenom prostoru i ne sme biti izložen snazi veta.

Ovim ograničenjima se osigurava da će se, kako se sud puni, centar gravitacije sadržaja suda podizati duž vertikalne linije. Ovo takođe praktično ograničava primenu ovih sistema na merenje sudova sa tečnostima.



Zapravo se mernim ćelijama meri sila, ne težina. Sila na mernim ćelijama se može izračunati pomoću formule :

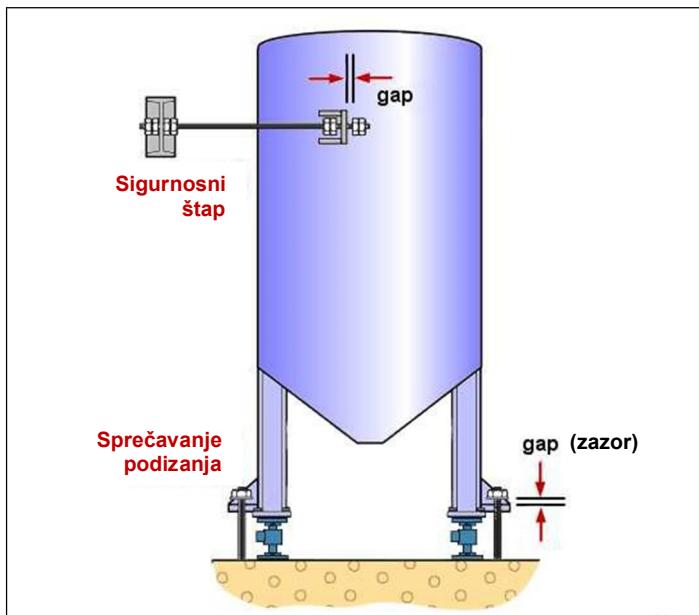
$$F_{LC} = \frac{D \times F_{total}}{L}$$

Rastojanje između "žive" i merne ćelije "lažnog opterećenja" (L) treba biti što je moguće veće.

5.9 – Dodatne metode ograničavanja

Mada većina montažnih kompleta obezbeđuje ugrađenu zaštitu od bočnih sila i podizanja, dodatni uređaji za ograničavanje se moraju koristiti u aplikacijama sa potencijalno prisutnim snažnim vетrom, silama sezmičkog opterećenja ili usled dejstva vibratora ili miksera.

Ovi sklopovi su projektovani kako bi omogućili dovoljnu slobodu senzorima težine uz istovremeno eliminisanje bočnih sila.

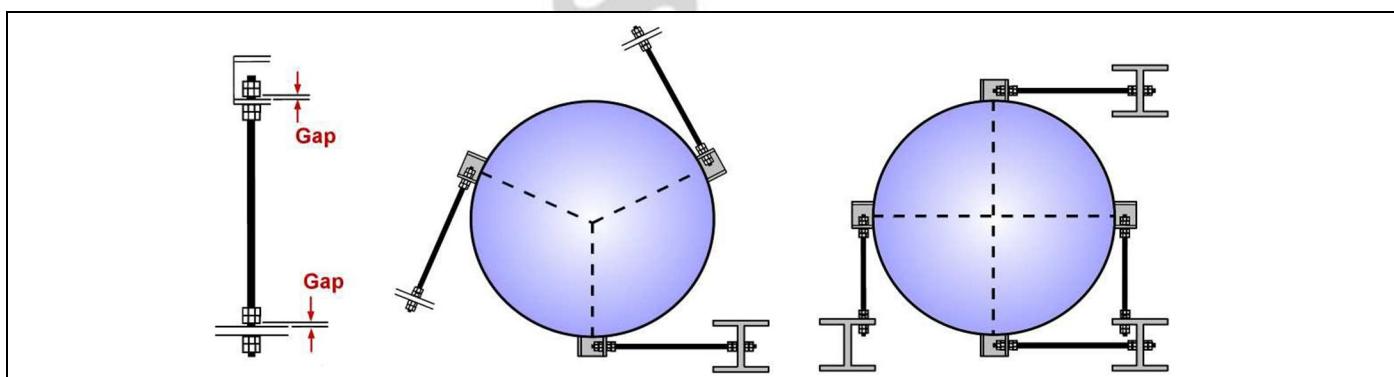


- Fiksirajući štapovi se koriste za ograničavanje horizontalnog pokretanja tanka tako da je onemogućeno njegovo naginjanje ili obrtanje. Ovi štapovi treba da budu pozicionirani na ili iznad centra gravitacije punog tanka.

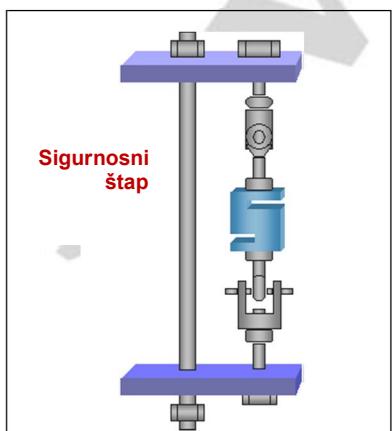


Mora se koristiti štap za sprečavanje podizanja u slučaju da u montažnom kompletu nije obezbeđen ugrađeni uređaj za sprečavanje podizanja.

- Primetite da su štapovi u tangencijalnom položaju u odnosu na tank, sa zazorima između navrtki na kraju štapova i držača na tanku. Ovim je omogućeno da štapovi ograničavaju tank dok u isto vreme omogućavaju manje termičko širenje.



► Sigurnosni štapovi u merenju primenom napona zatezanja (tenzije)

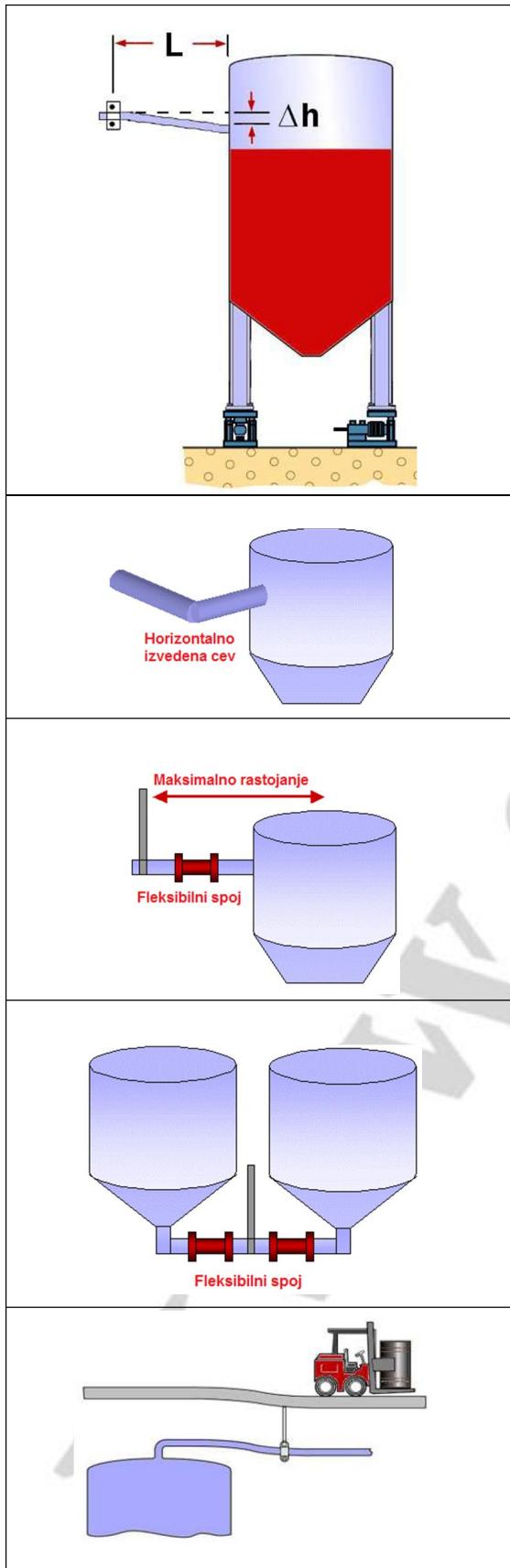


Svaki tank koji je ovešan o tenzioni merni modul treba da ima sekundarni sigurnosni sistem ograničavanja pomeranja.

- Postavite svaki sigurnosni štap kroz rupu većih dimenzija u držač tako da štap ne utiče na očitavanje težine tanka.
- Sigurnosni štapovi moraju biti dovoljno jaki da bi podupirali napunjeni tank u slučaju da primarni sistem vešanja tanka zakaže.
- Horizontalni kontrolni štapovi ili odbojnici se mogu instalirati po obodu tanka kako bi sprečili njegovo ljuštanje.

5.10 – Konekcije cevi

Uvek kada se cevi povezuju na vagu za merenje tanka, postoji potencijal mehaničkog povezivanja. Ukoliko cevi nisu pravilno instalirane, moguće su greške merenja usled guranja ili povlačenja tanka.



► Sila koja potiče od cevi

Kada je tank napunjen, on se pomera nadole zbog deformacije (Δh) merne ćelije i strukture. Usled prisustva cevi prisutno je dejstvo sile na tank koja utiče na merenje težine. Što su cevi fleksibilnije, manje je dejstvo sile na tank.

Sila koja deluje na tank:

$$F_p = \frac{0,6 \times (D^4 - d^4) \times \Delta h \times E}{L^3}$$

Gde je: D = Spoljni prečnik cevi (mm)

d = Unutrašnji prečnik cevi (mm)

E = Young-ov modul elastičnosti (za čelik: $E=210.000$ N/mm², za bakar: $E= 110.000$ N/mm²)

- Izvedite sve cevi iz rezervoara u horizontalnom pravcu. Cevno koleno od 90 stepeni će učiniti cevi fleksibilnijim.
- Koristite cevi najmanjeg prečnika i najlakši merni instrument. To će učiniti cevovod fleksibilnijim.

- Kad god je moguće koristite fleksibilne cevi ili priključke.
- Locirajte prvu čvrstu potporu za cev što dalje od tanka. To će učiniti cevovod fleksibilnijim.

- Kada susedni tankovi imaju po jednu cev za odvod, projektujte sistem tako da odvodne cevi svakog tanka imaju nezavisne potpore i tako da ne postoji interakcija sa drugim tankom.

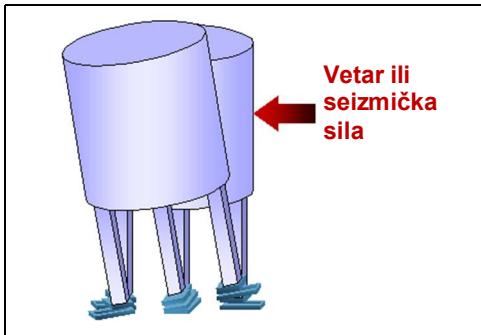
- Nemojte pričvršćivati cevi na potpore za strukturu koja se deformatiše odvojeno od tanka.
- Umesto toga, pričvrstite cevi na noseću strukturu tanka tako da se cevi pomiču zajedno sa tankom.

5.11 – Faktori sredine

Iz razloga što faktori sredine mogu uticati na tačnost i sigurnost sistema za merenje težine, oni moraju biti uzeti u obzir tokom faze projektovanja.

5.11.1 – Vetar ili seizmičko opterećenje

Vetar i seizmičke sile mogu imati veliki uticaj na sisteme za merenje težine na otvorenom prostoru. Na merne ćelije deluju sile u smeru na gore, na dole kao i sile smicanja.



- Upotrebite merne ćelije većeg kapaciteta radi prilagođavanja dodatnim opterećenjima.
- Radi održavanja pozicije vase mogu se koristiti mehanička ograničenja.

► Uticaj vetra

Uticaj vetra na sistem za merenje težine je značajan prilikom izbora odgovarajućeg kapaciteta merne ćelije i za određivanje najboljeg montažnog sklopa za upotrebu u spoljnem prostoru. Ovi efekti su kompleksni i zavise od faktora kao što su stepen izloženosti, lokalna topografija i maksimalna brzina vetra.

► Beaufort skala za određivanje brzine vetra

	Beaufort	Km/h	m/s
Umereno jak vetar	5	30-40	8-11
Jak vetar	6	40-50	11-14
Veoma jak vetar	7	50-60	14-17
Olujni vetar	8	60-72	17-20
Jak olujni vetar	9	72-85	20-24
Orkanski vetar	10	85-100	24-28
Jak orkanski vetar	11	100-115	28-32
Orkan	12	115-180	32-50

Udari vetra na izloženi tank ili silos će stvoriti bočne sile koje uzrokuju moment prevrtanja i manje vertikalne sile.

- **Kada je silos prazan:** Sile vetra mogu biti dovoljno jake da mogu prevrnuti strukturu.
- **Kada je silos pun:** Kombinacija reaktivne sile prevrtanja i ukupne težine silosa može dovesti do preopterećenja mernih ćelija.

➤ Sila vetra

Instalacija je pod dejstvom horizontalnih sila, koje deluju u smeru vetra.

Ove sile se mogu izračunati u Njutnima: $F = \frac{1}{2} \times \delta \times C \times A \times V^2$

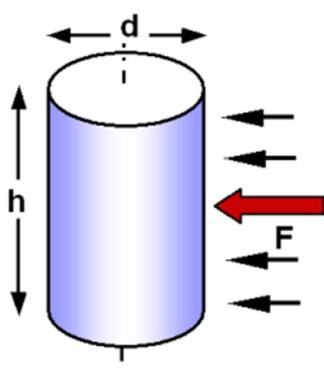
δ : Gustina vazduha ($1,293 \text{ kg/m}^3$),

C : Koef. otpora strujanju (0,8 za uspravni kružni cilindar)

A : Izloženi poprečni presek (m^2)

V : Brzina vetra (m/s)

Primer



Specifikacije

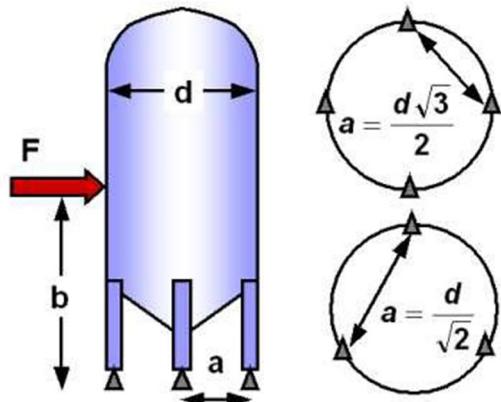
- $V = 30 \text{ m/s}$
- $h = 10 \text{ m}$
- $d = 3 \text{ m}$
- $A = h \times d$

$$F = 0,5 \times 1,293 \times 0,8 \times h \times d \times V^2$$

$$F = 13960 \text{ N}$$

► Sila prevrtanja

Sila veta generiše moment prevrtanja tanka, kojoj će se suprotstaviti reaktivni moment mernih čelija.



$$F_{ov} = \frac{F \times b}{a}$$

- F_{ov} : Sila prevrtanja uzrokovana snagom veta
- a : Rastojanje između mernih čelija
- b : Visina na kojoj deluje sila veta

Koristeći prethodno izračunatu silu veta od **13960 N** i vrednost za **b** koja je polovina visine silosa:

$$F_{ov} = \frac{13960 \times 5}{3} = 23300 \text{ N}$$

Sila prevrtanja i reakcija preopterećenja u kg je:

$$F_{ov} = \frac{23300(\text{Newton})}{9,8} = 2380 \text{ kg}$$

► Zaključak

• U slučaju praznog silosa:

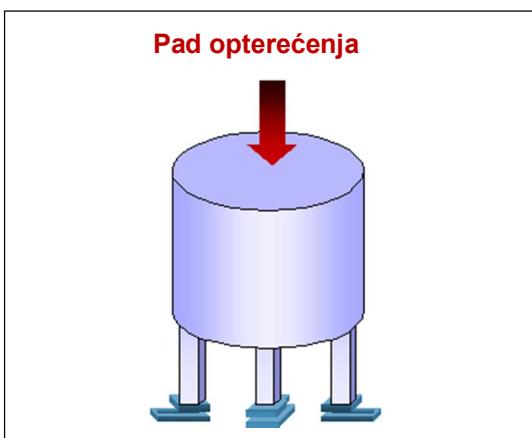
Treba uzeti u obzir zaštitu od podizanja ukoliko je mrtva težina tanka na svakoj mernoj čeliji manja od **2380 kg**.

• U slučaju potpuno napunjene silosa:

2380 kg se mora dodati izračunatom kapacitetu merne čelije.

5.11.2 – Udarno opterećenje

Opterećenje koje padne na vagu od gore može izazvati snažne sile koje mogu oštetiti merne čelije. Koristite merne čelije većeg kapaciteta radi prilagođavanja velikim udarnim opterećenjima i koristite materijale koji apsorbuju udare kako bi umanjili opterećenje.



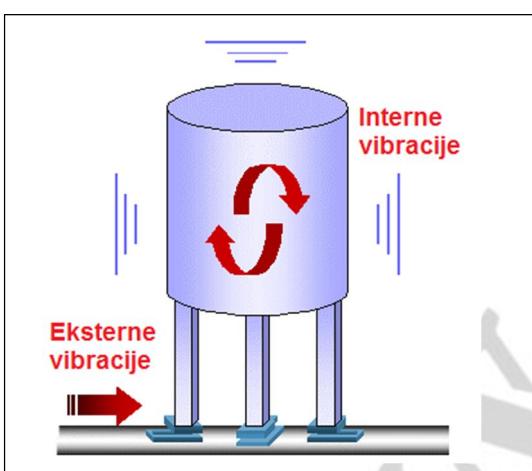
- Udarne sile uzrokovane padom težine :

$$W_1 \times \left(1 + \sqrt{\frac{(1+2H) \times K}{W_1 + W_2}} \right) + W_2$$

Gde je:
 W_1 = Težina koja je ispuštena (kg)
 W_2 = Mrtva težina (kg)
 K = Fleksibilnost opruge merne čelije: nominalni kapacitet podelen sa deformacijom merne čelije pri nominalnom kapacitetu (kg/m).
 H = Visina sa koje je predmet ispušten

5.11.3 - Vibracije

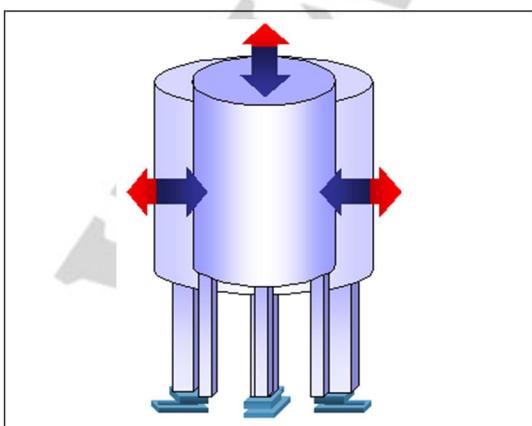
Uzrok vibracija može biti u okolnoj sredini ili one mogu poticati od mešalice. Vibracije indukuju elektromagnetnu buku koja deluje na signal merne čelije.



- Odvojite okolnu strukturu od nosača merne čelije.
- Koristite interne deflektore.
- Koristite izolacione tampone između merne čelije i strukture.

5.11.4 – Uticaji temperature

Temperatura može uticati na mernu čeliju uzrokujući širenje ili skupljanje noseće strukture ili prekoračenje operativnih granica merne čelije. Kako se tank širi ili skuplja, on istovremeno gura ili povlači priključene cevi. Ukoliko su cevni spojevi kruti, to može uzrokovati greške merenja težine.



- Izolacioni materijali i materijali niske termalne provodljivosti se mogu koristiti između mernih čelija i tanka.

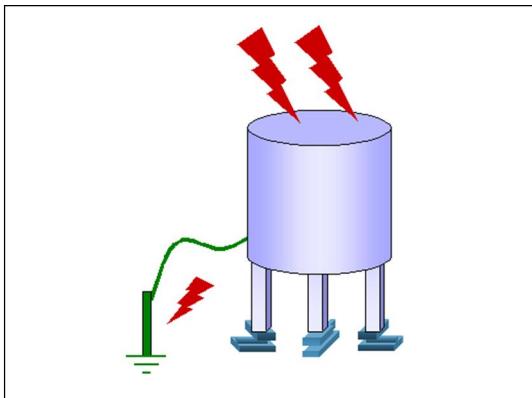
5.11.5 – Vlaga, korozija i ostaci

Vlaga i korozivne supstance mogu fizički oštetiti mernu čeliju i dovesti do kratkog spoja u njenoj elektronici. Nakupljeni ostaci na mernim čelijama uzrokuju greške merenja mehaničkim vezivanjem sa vagom.

- Obezbedite adekvatno odvođenje tečanosti sa mernih čelija.
- Redovno čistite nagomilane ostatke. Održavajte kablove u čistom i dobrom stanju.
- Zaštitite merne čelije i kablove od dejstva korozivnih materijala.

5.11.6 – Zaštita od groma i strujnog udara

Strujni udari mogu trajno oštetiti merne čelije. Njih mogu izazvati munje, velike električne mašine ili izvođenje zavarivanja.



- Proverite celovitost postojećih sistema uzemljenja.
- Koristite sistem uzemljenja u jednoj tački i uređaje za zaštitu od strujnog udara.
- Nemojte izvoditi električno zavarivanje u blizini mernih čelija.



Svaka merna čelija treba da ima šant u vidu bakarnog použenog kabla radi sprečavanja proticanja struјa od zavarivanja kroz m.čeliju.

5.12 - Kalibracija

5.12.1 – Priprema kalibracije

Pre kalibracije izvodi se merenje izlaznog signala svake merne čelije radi osiguravanja jednakе raspodele opterećenja.

Obesite test teg u blizini jednog montažnog sklopa merne čelije i očitajte težinu. Pomerite test teg na drugu mernu čeliju izvedite očitavanje i ponovite isto za svaki montažni sklop mernih čelija.

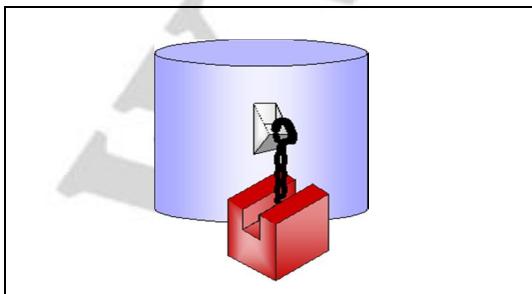
Montažni sklopovi mernih čelija treba da imaju postavljene podložne pločice i to tako da izlazni signal svake pojedine merne čelije pokazuje varijacije manje od 25%.



Montažni sklopovi mernih čelija treba da imaju postavljene podložne pločice i to tako da izlazni signal svake pojedine merne čelije pokazuje varijacije manje od 25%.

Ovo se najviše primenjuje na sudove sa 4 ili više mernih čelija. Sudovi sa 3 mernih čelija koji su automatski nivelisani treba da obezbeđuju automatsku raspodelu težine. Cilj je da svaki nosač merne čelije nosi istu težinu.

Međutim, zdrav razum mora prevladati. Ukoliko sud ima veliki pomak opterećenja, tada će najbliža merna čelija imati najveći izlazni signal. Sve dok merna čelija nije preopterećena dok je sud pun, ova situacija je prihvatljiva.



Ugradite nosače, ravnomođno raspoređene oko tanka za vešanje test tegova.

Kada je sistem za merenje težine instaliran, on se mora kalibrirati tako da očitavanja na indikatoru precizno odražavaju težinu koja je postavljena na vagu. Postoje 4 glavne metode kalibracije mernog sistema:

5.12.2 – Kalibracija sa test tegovima

Najtačniji, pouzdani sistem kalibrisanja vase je pomoću test tegova. Ova metoda je obično ograničena na merenje sudova malog kapaciteta usled poteškoća prilikom rukovanja test tegovima velike težine i pronalaženja mesta na sudu gde će se okačiti ili postaviti test tegovi :

- ▶ Ispraznite sud i osigurajte da nema interakcija sa njim.
- ▶ Postavite merni instrument na nulu.
- ▶ Okačite test tegove na sud.
- ▶ Kalibrišite merni instrument, tako da pokazuje težinu primjenjenog tega.
- ▶ Uklonite kalibracione tegove i proverite da li se vaga vratila na nulu.
- ▶ Ako imate dovoljno tegova, dodajte tegove jedan po jedan na sud i proverite linearnost sistema. Ukoliko sistem jako odstupa od linearnosti, proverite prisustvo mehaničkih interferencija .

5.12.3 – Kalibracija uz zamenu tegova materijalom

U slučaju vase za merenje velikih tankova, često je fizički nemoguće ovešati test tegove jednake težine kao i pun kapacitet tanka. U tim slučajevima, možete koristiti kombinaciju test tegova i materijala (kao što je voda) za kalibraciju vase.

- ▶ Na primer, nakon što očitate nulu, možete ovešati tegove od 1000kg i očitati vrednost.
- ▶ Zatim uklonite test tegove i dodajte vodu u tank sve dok ne očitate istu težinu kao sa test tegovima.
- ▶ Sa i dalje prisutnom vodom u tanku, ovešajte iste test tegove i izvedite drugo očitavanje.
- ▶ Nastavite sa zamjenjivanjem vode za tegove i očitavajte težine sve do postizanja punog kapaciteta.

5.12.4 – Kalibracija sa prenosom materijala

Ova metoda koristi drugi merni instrument za merenje težine postavljene količine materijala, a zatim koristi taj materijal kao test teg. Najčešće metode koriste volumetrijski merač protoka za merenje protoka vode u sud, ili koriste drugu vagu.

- ▶ Ova metoda često predstavlja jednostavan način kalibracije mernih sudova, ali tačnost mernog suda će uvek biti dobra samo kao i tačnost mernog instrumenta.

5.12.5 – Simulacija merne ćelije

Prilikom korišćenja metode elektronske kalibracije, zamenite kablove mernih ćelija sa vodičima iz simulatora merne ćelije. Simulator šalje signal koji je jednak signalu koji treba da proizvede merna ćelija.

Glavni nedostatak ovog simulatora je u tome da on ne simulira uticaj varijacija uzrokovanih neporavnatošću ili usled uticaja mehaničkih konekcija sa sistemom za merenje težine.

- ▶ Kada je simulator podešen na nulti izlazni signal, postavite indikator na nulu.
- ▶ Podesite simulator na puni izlazni signal (signal koji je jednak signalu koji treba da proizvedu sve merne ćelije pri njihovom nominalnom kapacitetu).
- ▶ Podesite indikator tako da prikazuje ukupni kapacitet svih mernih ćelija u sistemu.
- ▶ Povežite ulaz signala merne ćelije sa indikatorom.
- ▶ Postavite indikator tako da pokazuje nulu za težinu praznog tanka.

6 - Električno povezivanje

6.1 – Opšta razmatranja

Merne ćelije sa sistemom mernih traka se mogu povezati na merna pojačala noseće frekvencije ili DC merna pojačala projektovana za sisteme mernih traka.



Električna i magnetna polja često uzrokuju interferirajuće napone koji su skopčani sa mernim kolom.

- Koristite samo oklopljene merne kablove niskog kapaciteta (merni kablovi koje obezbeđuje SCAIME ispunjavaju ove zahteve).
- Nemojte polagati ove merne kablove paralelno sa napojnim i kontrolnim linijama. Ukoliko to nije moguće, zaštitite merni kabl (npr. pomoću čelikom obloženih cevi).
- Nastojite da izbegnete polja curenja struje transformatora, motora i kontaktora.

6.2 - 4-žilne/6-žilne merne ćelije

Merna ćelija može imati kabl sa četiri ili šest žica. Šesto-žilni kabl, pored toga što ima +/- linije pobude (Exc) i +/- signalne (Sig) linije, takođe ima i + i - linije detekcije (Sen).

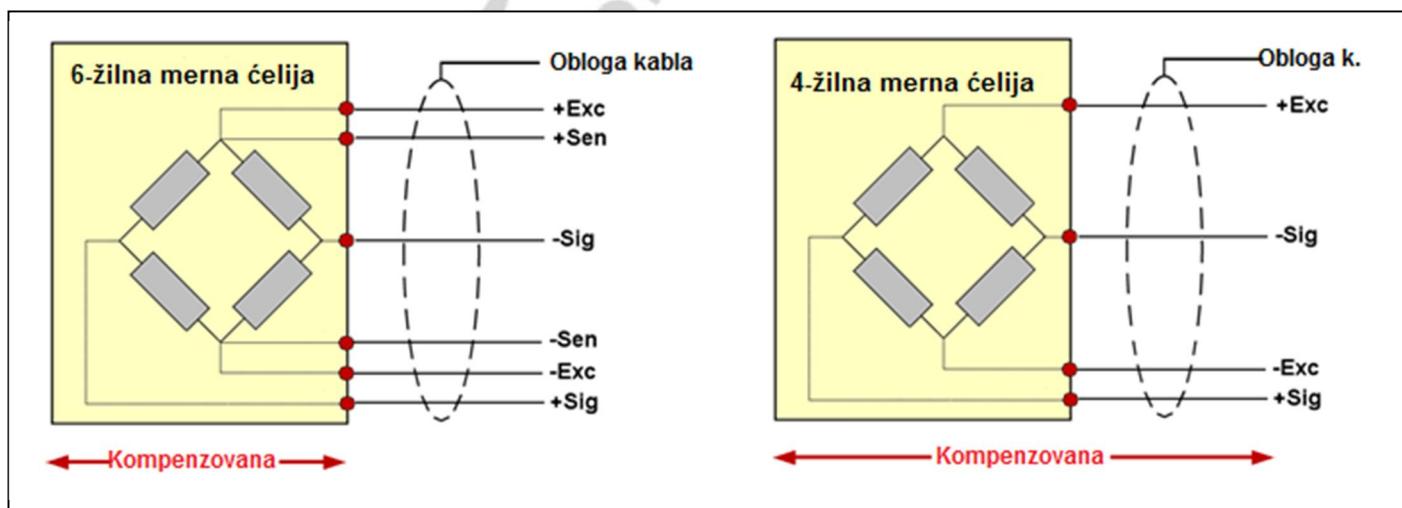
Molimo da konsultujete relevantnu listu tehničkih podataka merne ćelije radi dodele pinova.

► 4-žilna merna ćelija

4-žilni kabl je deo sistema merne ćelije za kompenzovanje temperature. Merna ćelija je kalibrirana i kompenzovana priključivanjem kabla određene dužine.

► 6-žilna merna ćelija

6-žilni kabl nije deo sistema merne ćelije za kompenzovanje temperature. Linije detekcije (Sen) su povezane sa indikatorom koji podešava svoj izlazni napon kako bi kompenzovao svaku promenu otpornosti u kablu. Prednost upotrebe ovog sistema je mogućnost skraćivanja 6-žilnog kabla merne ćelije na bilo koju dužinu.



- Kabl 6-žilne merne ćelije se može skraćivati, bez promene kalibracije.
- Kabl 4-žilne merne ćelije se ne sme skraćivati.

6.3 – Povezivanje više mernih čelija

U mernim sistemima sa više mernih čelija, merne čelije mogu biti paralelno povezane spajanjem krajeva jezgra kablova čelija koji su iste boje. Radi ovoga, SCAIME obezbeđuje ALCJB razvodne kutije. U tom slučaju izlazni signal je prosečna vrednost pojedinačnih izlaznih signala.



Preopterećenje merne čelije ne može biti detektovano iz izlaznog signala.

Kada je više mernih čelija povezano paralelno, potrebna struja za napajanje ovih mernih čelija može prekoračiti maksimalni izlaz indikatora.

Za izračunavanje potrebne izlazne struje za datu instalaciju, upotrebite sledeću formulu:

$$\text{Potrebna struja} = V_{\text{exc}} \times \left(\frac{1}{R_{\text{LC}}} \right) \times N_{\text{LC}}$$

V_{exc} : Napon pobude

R_{LC} : Ulazna otpornost merne čelije

N_{LC} : Broj mernih čelija

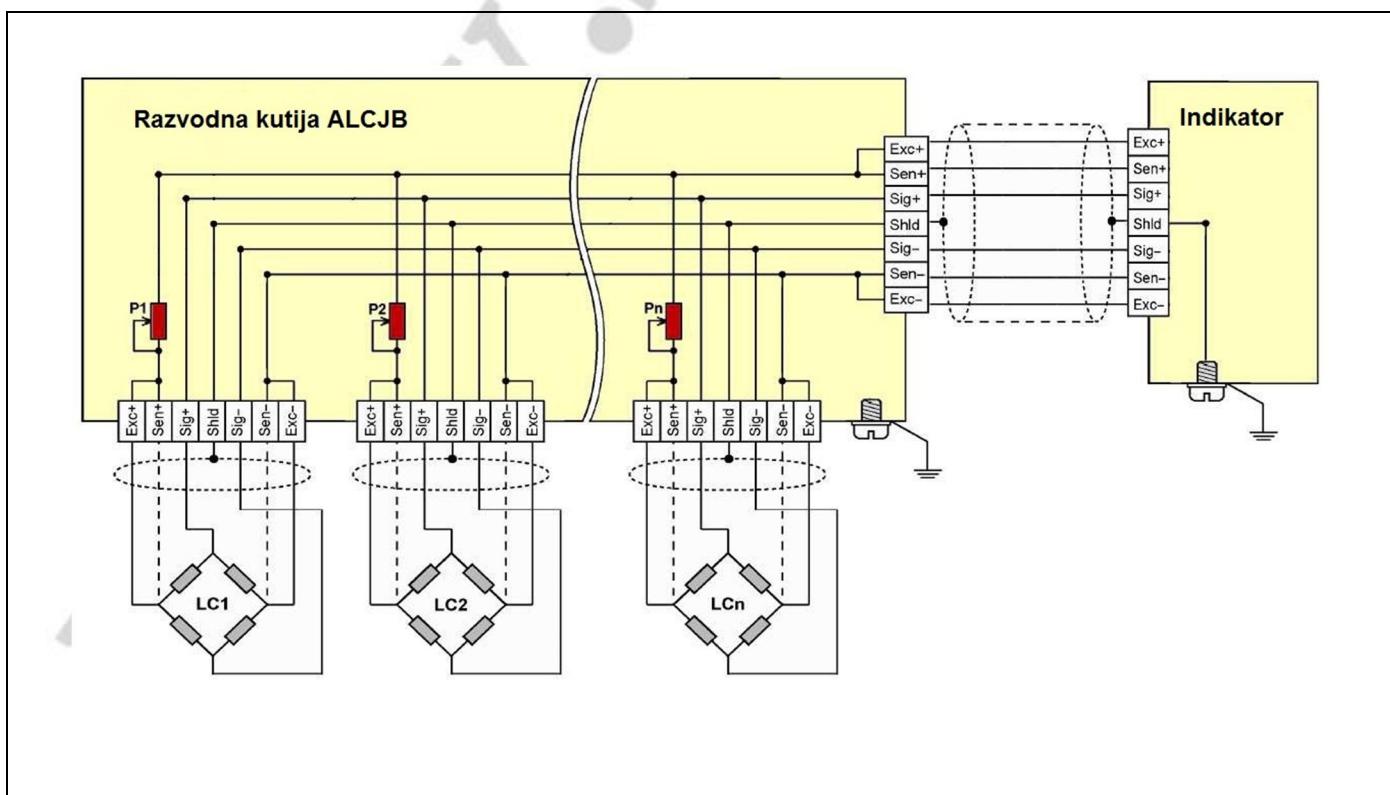


Proverite nominalnu vrednost napona pobude merne čelije za indikator da biste potvrdili da li je u stanju da napaja merne čelije.

Ponekad je potrebno podešavanje izlaza svake pojedine merne čelije kako bi se izbegle razlike ugaonih opterećenja, koje su uzrokovane sledećim faktorima:

- Razlika u izlaznoj otpornosti mernih čelija.
- Nejednaka raspodela opterećenja.

Podešavanje se može izvesti podešavanjem promenljivih otpornika ($P_1 \dots P_n$) postavljenih na putanjama pobude u razvodnoj kutiji ALCJB.



6.4 – Producni kablovi

Producni kablovi moraju imati zaštitnu oblogu i nisku kapacitivnost. Preporučujemo upotrebu SCAIME kablova, koji zadovoljavaju ove zahteve.

Kada radite sa produžnim kablovima, bitno je osigurati dobru konekciju sa minimalnom kontaktom otpornošću i dobrom izolacijom.

Kada se upotrebljava kolo sa šesto-žilnim kablovima, efekti promena otpornosti u produžnom kablu su kompenzovani.

Ukoliko produžavate kabl pomoću 4-žilnog kola, devijacija osetljivosti se može eliminisati podešavanjem pojačala. Međutim, efekti temperature se mogu kompenzovati samo kada se radi sa 6-žilnim kolom.

6.5 - Uzemljenje

Pravilno uzemljenje i odgovarajuća zaštitna obloga kablova mogu biti ključni za uspešnu primenu mernih ćelija koje generišu signale niskog nivoa ($<5\mu V$ / podela vase).

SCAIME kablovi za merne ćelije su opremljeni sa upletenom zaštitnom oblogom koja pruža zaštitu od elektrostatičkih interferencija kada se pravilno koriste. Ova obloga uglavnom pluta (nije povezana) oko merne ćelije čime se izbegava nenamerno stvaranje "petlje uzemljenja".

Kutija merne ćelije i razvodna kutija su uzemljene mehaničkim povezivanjem na strukturu na koju su montirane.

Upletena zaštitna obloga koja zatvara vodove mernih ćelija je uzemljena kod indikatora, koji je uzemljen kroz napojni kabl ili kućište.



- Kablovi mernih ćelija treba da budu udaljeni od kola napajanja, sa minim.rastojanjem od 1m.
- Kablovi napajanja treba da se ukrštaju pod pravim uglom.

7 – Merne čelije-Identifikacija i rešavanje problema

Merne čelije se mogu oštetiti usled preopterećenja (udari), snažnih električnih udara (udari groma), prodora hemikalija ili vlage, pogrešnog rukovanja (padanja, podizanja vučenjem kabla), vibracija ili neispravnosti unutrašnjih komponenti. Kao direktni rezultat toga, vaga ili merni sistem (nula) može skretati, dajući nestabilna/nepouzdana očitavanja ili izostanak registrovanja težine.

7.1 - Uopšteno

Pažljivo proverite integritet sistema pre procenjivanja mernih čelija:

- Izvedite proveru po pitanju prisustva skretanja sile (usled nečistoće, trenja ili mehan.neporavnanja).
- Proverite konekcije kablova na razvodnoj kutiji i indikatoru.

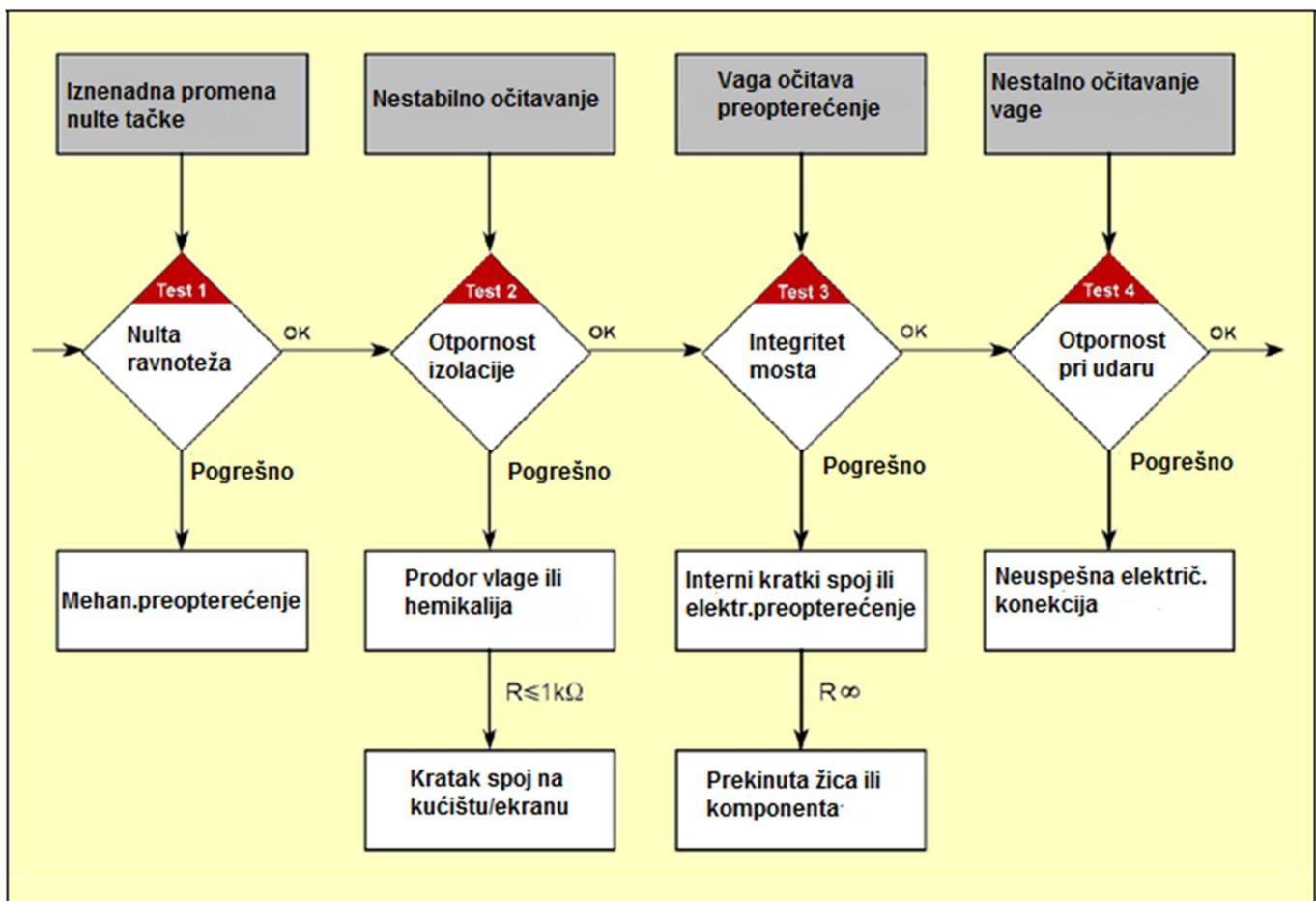
Izvedite vizuelnu kontrolu mernih čelija pre izvođenja testa koji je opisan na sledećim stranicama. Obratite pažnju na znake korozije i na integritet kablova.

Radi pravilnog procenjivanja mernih čelija potrebna je sledeća test oprema:

- Digitalni voltmetar i ommeter sa tačnošću merenja od $\pm 0.5\Omega$ i $\pm 0.1 \text{ mV}$, radi merenja nulte ravnoteže i integriteta strujnog kola u vidu mosta.
- Niskonaponski megaommetar koji može očitavati $1000 \text{ M}\Omega$ pri 50 V, radi merenja otpornosti izolacije.
- Sredstvo za podizanje mrvog tereta (teretna vaga, tank, konvejer, itd.) za uklanjanje merne čelije, npr. hidraulična dizalica, itd.

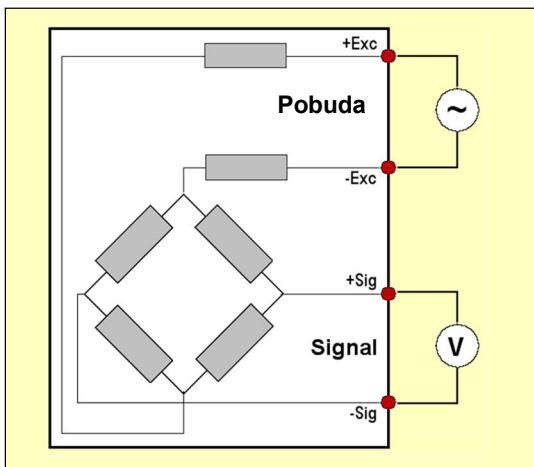
Specifikacije merne čelije se mogu naći na kalibracionoj listi koja je upakovana sa svakom mernom čelijom.

7.2 – Procedura testa



7.2.1 - Test 1: Nulta ravnoteža

Nulta ravnoteža se definiše kao signal merne čelije u stanju bez opterećenja ili "no-load".



- Povežite mernu čeliju na stabilan izvor napajanja (indikator merenja) sa naponom pobude od najmanje 5V. Isključite sve druge merne čelije u sistemu sa više mernih čelija.
- Izmerite napon na signalnim vodovima merne čelije pomoću voltmetra i podelite tu vrednost sa ulaznim naponom ili naponom pobude da biste dobili nullu ravnotežu u mV/V.
- Izmerena vrednost mora biti unutar granica nulte ravnoteže merne čelije.

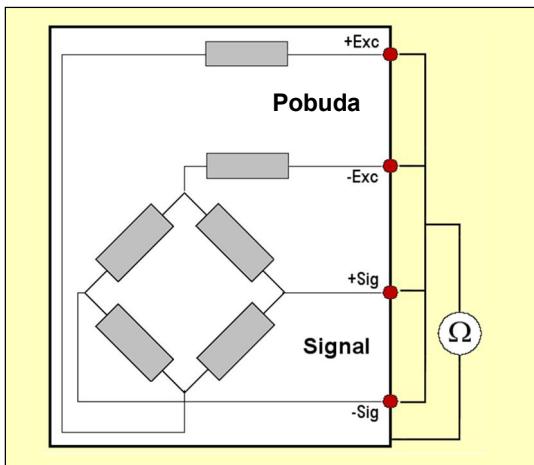
► Analiza

Promene nulte ravnoteže se dešavaju ukoliko je merna čelija trajno deformisana preopterećenjem ili udarima.

Merna čelija koja pokazuje progresivne promene nulte ravnoteže u određenom vremenskom periodu verovatno ima promene otpornosti merne trake usled prodora vlage. Međutim, u ovom slučaju izolacije i/ili integritet mosta su takođe ugroženi.

7.2.2 - Test 2: Otpornost izolacije

Otpornost izolacije se meri između kola merne čelije i tela senzora ili zaštitne obloge kabla.



- Isključite mernu čeliju iz razvodne kutije ili indikatora i povežite zajedno vodove pobude, signalne vodove i vodove detekcije (ako je primenljivo).
- Izmerite otpornost izolacije pomoću niskonaponskog megaommetra između ovih 4 ili 6 povezanih vodova i tela merne čelije.
- Ponovite merenje između ovih vodova i zaštitne obloge kabla.
- Konačno izmerite otpornost izolacije između tela merne čelije i zaštitne obloge kabla.

► Analiza

Otpornost izolacije treba da bude $1000 M\Omega$. Manja vrednost ukazuje na curenje struje, koje je obično uzrokovano vlagom ili kontaminacijom hemikalijama unutar merne čelije ili kabla.

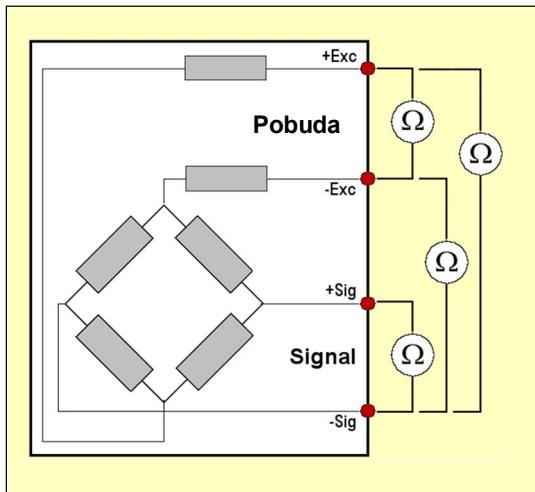
Ekstremno niske vrednosti ($< 1k\Omega$) ukazuju na to da je u pitanju kratak spoj pre nego prodor vlage. Curenje struje rezultira obično nestabilnom mernom čelijom ili nestabilnim očitavanjem vase. Stabilnost može da varira sa temperaturom.



- Neki megaommetri dovode napon od 500V i mogu oštetiti strujno kolo čelije sa mostom.
- Ne dovodite na mernu čeliju napon pobude koji je veći od 50V.

7.2.3 - Test 3: Integritet Vitstonovog mosta

Integritet mosta se proverava merenjem ulazne i izlazne otpornosti kao i uravnoveženosti mosta.

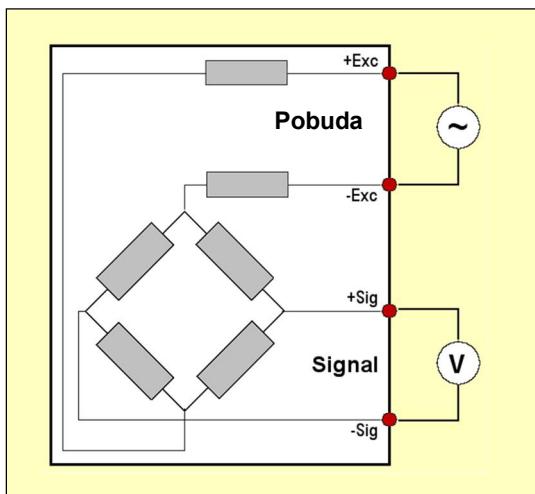


Analiza

Promene u otpornosti mosta ili ravnoteži mosta su najčešće uzrokovane prekinutom žicom, kvarom električne komponente ili internim kratkim spojem.

Ovo može biti posledica prekomernog napona (grom ili varenje), fizičkog oštećenja usled udara, vibracija, previsoke temperature ili kao posledica nedoslednosti u proizvodnji.

7.2.4 - Test 4: Otpornost pri udaru



Analiza

Nestalna očitavanja voltmetra mogu ukazivati na neispravnu električnu konekciju ili oštećeni sloj lepka između merne trake i tela merne čelije kao rezultat električnog tranzijenta (kratkotrajne, prolazne pojave).

A1 – Preporuke i mere opreza u vezi mernih čelija

► Preporučuje se:

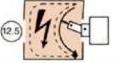
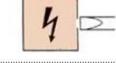
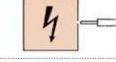
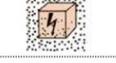
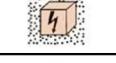
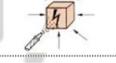
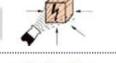
UPAMTITE, iako merne čelije mogu delovati izuzetno robusne, one sadrže delikatne senzorske uređaje i veoma lako se mogu oštetiti pogrešnom upotrebom usled čega mogu postati neupotrebljive.

1. **Izaberite** odgovarajuću mernu čeliju u smislu tipa čelije i njene kompatibilnosti sa okolinom.
2. **Izaberite** odgovarajući kapacitet merne čelije.
3. **Uzmite u obzir** zahtevanu klasu tačnosti.
4. **Uzmite u obzir** uticaje okoline na tačnost (vetar, trenje, termičko širenje, priključivanje ožičenja ili cevi).
5. **Projektujte** adekvatnu zaštitu od pre/pod opterećenja kao i zaštitu od druge vrste mehaničkog oštećenja (npr. fizičko oštećenje, problemi sa glodarima...).
6. **Upotrebite** merne čelije lažnog opterećenja (dummy load cell) pre instalacije.
7. **Pazite** na udarna opterećenja koja mogu biti veoma velika, i mada kratkotrajna, mogu lako uzrokovati trajno oštećenje.
8. **Čuvajte i rukujte sa** mernim čelijama pažljivo pre i tokom instalacije.
9. **Upotrebite** zavrtnje visokog kvaliteta i primenjujte preporučeni moment zatezanja.
10. **Proverite** površinu na koju treba da se pričvrsti merna čelija. Površina treba da bude ravna i njena završna obrada treba da je ispravna.
11. **Proverite** bojeni kod kabla za mernu čeliju pre priključivanja.
12. **Koristite** terminale za priključenje/razvodne kutije dobrog kvaliteta.
13. **Kontrolišite** redovno merne čelije i sistem za merenje naročito nakon ekstremnih vremenskih prilika (električne oluje, poplave, seizmička aktivnost, itd), kao i pre i nakon godišnjih doba.
14. **Kontrolišite** mernu čeliju i montažni sklop u pogledu prisustva oštećenja usled korozije.

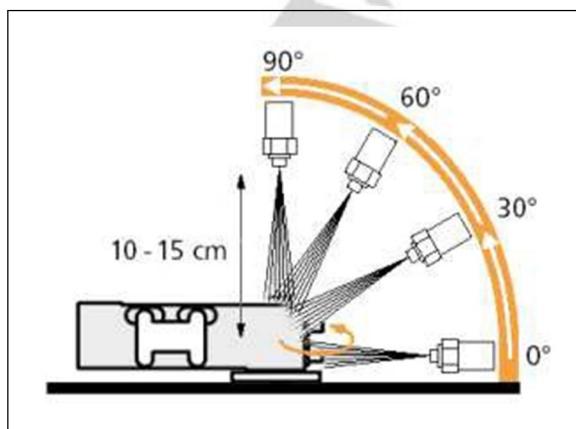
► Mere opreza:

1. **Ne dozvolite** da merne čelije rade iznad njihovog nominalnog kapaciteta.
2. **Ne dozvolite** da merna čelija padne na pod.
3. **Nemojte čekićem** postavljati mernu čeliju. Udarno opterećenje ih može trajno oštetiti.
4. **Nemojte koristiti** merne čelije kao mehaničke veze.
5. **Ne zaboravite** da zaštitite kabl merne čelije.
6. **Nemojte izvoditi** električno zavarivanje u blizini merne čelije.
7. **Nemojte nositi** merne čelije vučenjem njihovih kablova.
8. **Nemojte delovati prevelikom silom** na zavrtnje ili druge sklopove sa navojem.
9. **Nemojte seći** kablove mernih čelija ako nije neophodno zbog mogućeg uticaja na njih. performansu.
10. **Ne dozvolite** da merna čelija bude električna veza između zemlje i metalne merne strukture. Predvidite upotrebu adekvatnih traka za pričvršćivanje i izolatora.
11. **Nemojte prekoračivati** specifikovani nominalni ulazni napon prilikom napajanja merne čelije.
12. **Nemojte prekoračivati** operativni temperaturni opseg.
13. **Ne dozvolite** nagomilavanje vode/ostataka oko merne čelije.

A2 – Stepen zaptivenosti (Zaštita od prodora) u skladu sa EN60529

IP I broj Zaštita od čvrstih predmeta	0		Nema zaštite
	1		Zaštita od prodora čvrstih predmeta do 50mm i slučajnog dodira rukom
	2		Zaštita od prodora čvrstih predmeta do 12 mm i slučaj.dodira prstima
	3		Zaštita od čvrstih predmeta do 2.5 mm i slučajnog dodira alatima
	4		Zaštita od čvrstih predmeta do 1mm i slučaj.dodira alatima i malim žicama
	5		Zaštita od prodora prašine. Prašina ne sme da ometa rad.
	6		Potpuna zaštita od prodora prašine.
IP II broj Zaštita od tečnosti	0		Nema zaštite.
	1		Zaštita od kapi vode koje padaju vertikalno
	2		Zaštita od direktnog prskanja vode do 15° u odnosu na vertikalu
	3		Zaštita od direktnog prskanja vode do 60° u odnosu na vertikalu
	4		Zaštita od direktnog prskanja vode pod bilo kojim uglom
	5		Zaštita od mlazova vode niskog pritiska iz svih pravaca
	6		Zaštita od mlazova vode visokog pritiska iz svih pravaca
	7		Zaštita od uticaja uranjanja između 15cm do 1m
	8		Zaštita od dugih perioda uranjanja na određenoj dubini.

A3 – Stepen zaštite od prodora vode u skladu sa DIN40050



► IP69K test u skladu sa DIN 40050 / deo 9

- Ciklus od 30 sekundi
- Protok 14 - 16 litara u minuti
- Temperatura vode 80°C

Cilj testa je simuliranje uslova čišćenja čelije pod pritiskom. Fiksirana merna čelija se izlaže vodenom mlazu pritiska 100bar i temp.80°C. Trajanje svakog ciklusa čišćenja je 30s. Test se izvodi pomoću mlaznice koja se locira pod različitim uglovima i na rastojanju od 10-15cm od merne čelije.

Visok stepen zaštite garantuje apsolutnu otpornost na prodor vode u primenama kad je merna čelija izložena čestim procesima čišćenja, kao npr.u prehrambenoj industriji.

A4 – Bezbednosna uputstva

U slučajevima kada kvar može uzrokovati povredu osoba ili oštećenje opreme, korisnik mora primeniti odgovarajuće bezbednosne mere (kao što su zaštita od pada, od preopterećenja, itd.). Siguran rad mernih čelija bez problema zahteva odgovarajući transport, pravilno čuvanje, sklapanje i montažu kao i pažljiv rad i održavanje.

Od ključnog značaja je uvažavati relevantne propise o sprečavanju udesa. Posebno treba da uzimate u obzir granice opterećenja koje su navedene u specifikacijama.

► Upotreba u skladu sa propisima

SCAIME merne čelije su projektovane za primenu u merenju težine. Njihova upotreba za bilo koju dodatnu svrhu će se smatrati da nije u skladu sa propisima.

Kako bi se osigurao bezbedan rad, merne čelije treba da se koriste samo na način koji je opisan u ovom uputstvu. Takođe je od ključnog značaja uvažavati odgovarajuće zakonske i bezbednosne propise tokom upotrebe mernih čelija. Isto se odnosi i na upotrebu dodataka.

Merne čelije se mogu koristiti kao komponente mašina (npr. sa merenjem tankova). Molimo da primetite da, u cilju obezbeđivanja visoke osetljivosti, merne čelije nisu projektovane sa bezbednosnim faktorima koji se normalno primenjuju u projektovanju mašina.

Merne čelije ne predstavljaju sigurnosne elemente u smislu njihove upotrebe u skladu sa propisima.

► Kvalifikovano osoblje

Ove merne čelije treba da instalira samo kvalifikovano osoblje strogo u skladu sa specifikacijama čelija i uz pridržavanje bezbednosnih pravila i propisa. Takođe je od ključnog značaja uvažavanje odgovarajućih zakonskih i bezbednosnih propisa u vezi predmetne primene. Isto se primenjuje i na upotrebu dodataka.

Pod kvalifikovanim osobljem se podrazumevaju osobe kojima su poverene instalacija, sklapanje, puštanje u rad i rad sa proizvodom i koje poseduju odgovarajuće kvalifikacije za svoje funkcije.

► Uslovi okoline

U kontekstu Vaše primene mernih čelija, molimo da primetite da će kiseline i svi materijali koji oslobođaju hloridne jone delovati agresivno na sve vrste nerđajućeg čelika i njihove zavarene šavove. Ovo može rezultirati korozijom koja može dovesti do neispravnosti merne čelije.

► Zabранa izvođenja modifikacija

Merne čelije se ne smeju modifikovati sa aspekta projektovanja ili bezbednosti, izuzev u slučaju naše izričite saglasnosti. Svaka modifikacija će isključiti svaku odgovornost sa naše strane za bilo koju štetu koja rezultira iz eventualnih samostalnih modifikacija mernih čelija.

► Opcija: Verzija uređaja sa zaštitom od eksplozije

Korisnici se tokom instaliranja moraju pridržavati svih važećih procesa o montaži.

Moraju se uvažavati uslovi instaliranja navedeni u sertifikatu o usaglašenosti i/ili sertifikatu o izvršenom ispitivanju tipa uređaja.

Napomene

Notes