

Stručno obrazovanje u BiH

Drugi modul:
**MJERENJE I
KALIBRIRANJE**

Priručnik za nastavnike

Sarajevo, 2021.

IMPRINT

Izdavač: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sjedište Bonn i Eschborn, Savezna Republika Njemačka
Projekat „Stručno obrazovanje u BiH“
Splitska 7, 71 000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
T + 387 33 223 785
F + 387 33 200 494
www.giz.de

Naslov publikacije: Mjerenje i kalibriranje,
priručnik za nastavnike
Autor sadržaja: Hans Stingl, GIZ
Priređivački tim: Anela Jamak, Alma Dervišević, Esed Ahmić,
Srđan Đukanović, Mile Vajkić
Koordinator tima: Damir Kadribašić
Dizajn: Emir Isović

Mjesto i godina
izdavanja: Sarajevo, januar 2021.

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost GIZ-a.

Projekat je sufinansiran od strane Ministarstva za ekonomsku saradnju i razvoj
Savezne Republike Njemačke (BMZ) i Švicarske agencije za razvoj i saradnju (SDC).

Upotreba ženskog ili muškog roda: Terminološko korištenje ženskog ili muškog
roda u ovom dokumentu podrazumijeva uključivanje oba roda.

Nivo znanja I

Stručna oblast: **Osnovna obrada metala**

Drugi modul: Mjerenje i kalibriranje



Ishodi učenja:

1. Razlikovanje metričkog i imperijalnog sistema mjera
2. Klasifikacija mjernih instrumenata, mjerila i šablona
3. Očitavanje mjernih instrumenata
4. Izračunavanje ukupne dužine radnog komada
5. Obavljanje projektnog rada

Sadržaj

1. Uvod i osnovne napomene	9
2. Imperijalni sistem mjera	11
3. SI – količine i metričke mjerne jedinice	13
4. Mjerni alat.....	16
4.1. Pregled mjernih instrumenata.....	20
4.2. Pregled mjerila i šablona	23
4.3. Etaloni za umjeravanje	25
5. Komparator	26
6. Vernierovo pomično mjerilo (šubler) – kljunasto pomično mjerilo	27
7. Mikrometar za vanjski prečnik	29
8. Vježba očitavanja za univerzalni uglomjer	30
9. Kontrolnici oblika i položaja.....	31
10. Mjerenje hrapavosti	34
11. Senzori u mjernoj tehnici	35
12. Održavanje alata za mjerenje i označavanje.....	37
13. Pitanja i zadaci za ponavljanje i produbljivanje znanja	37
14. Proračuni vezani za obradni materijal:	38
15. Izračunavanje efektivne dužine savijenih oblika	40
16. Konverzijske tablice – inči u milimetre	42
17. Tehničke tablice/ formule za dužinu luka, dužina kompozitnog materijala	45
18. Projektni rad: Kuka za vješanje odjeće	46
19. Popis slika	51
20. Popis tabela.....	53
21. Literatura.....	53

Uputstvo za korištenje, distribuiranje i reproduciranje sadržaja:

Ovaj priručnik se smije koristiti u nastavne svrhe, na način da podatke, informacije, fotografije i slikovne prikaze iz Priručnika mogu koristiti nastavnici ili mentori u srednjim školama za stručno obrazovanje, za izradu vlastitog nastavnog materijala u okviru neposrednog poučavanja i predavanja na nastavi. Navedene sadržaje dozvoljeno je shodno broju učenika umnožavati u papirnom obliku. Nije dozvoljeno bilo kakvo daljnje reproduciranje, distribuiranje, prenošenje podataka, informacija, fotografija i slikovnih prikaza u digitalnom obliku ili objavljivanje Priručnika ili dijela Priručnika putem interneta ili intraneta.

Učenici mogu koristiti podatke, informacije, fotografije i slikovne prikaze u okviru školske nastave za izradu svojih radova, referata, PowerPoint prezentacija i slično. Umnožavanje navedenog sadržaja je dozvoljeno u broju primjerenom i neophodnom za nastavu, a daljnje reproduciranje, distribuiranje te prenošenje podataka, informacija, fotografija i slikovnih prikaza digitalnim putem ili objavljivanje na internetu ili intranetu nije dozvoljeno.

Upotreba Priručnika u gore navedenim slučajevima dopuštena je isključivo uz obavezu da se navedu izvor i ime autora.

Ovaj priručnik se dostavlja korisnicima uz upozorenje da bilo kakva upotreba u druge svrhe koja nije izričito dozvoljena podliježe obaveznom prethodnom pisanom odobrenju GIZ-a.

Primjena sadržaja:

Priručnik se može primjeniti u izvođenju nastave iz stručnih predmeta i praktične nastave u zanimanjima i zvanjima iz porodice mašinstvo i obrada metala a kako slijedi:

RS	<p>Tehničar CNC tehnologija, Mašinski tehničar za kompjutersko konstruisanje, Tehničar mehatronike, Bravar-zavarivač, Automehaničar, Alatničar, Obradivač metala rezanjem, Varilac, Bravar i Instalater.</p> <p>U zanimanjima trećeg stepena Priručnik se može upotrijebiti za izvođenje sadržaja Praktične nastave u 1. razredu kao i u izvođenju nastave iz predmeta Tehnologija zanimanja.</p> <p>U zanimanjima četvrtog stepena priručnik se može upotrijebiti za izvođenje sadržaja Praktične nastave u 1., 3. i 4. razredu, kao i za izvođenje nastave iz predmeta Mjerna tehnika.</p> <p>Sadržaj Priručnika je prilagođen za upotrebu i u ostalim zanimanjima: Limar, Monter, Mehaničar, Mehaničar mehatronike, hidraulike i pneumatike, Mehaničar grejne i rashladne tehnike, Operater savremenim tehnologijama, Operater za obradu brizganjem, Mašinski tehničar energetike (2. razred – Mjerenje i kontrola) i Mašinski tehničar za kompjutersko konstruisanje (Praktična nastava 1. i 3. razred).</p>
FBiH	<p>Mašinski tehničar za CNC tehnologiju, Automehaničar, CNC operater, Vozač motornih vozila, Zavarivač, Obradivač metala rezanjem i Prerađivač plastike.</p> <p>U zanimanju četvrtog stepena Priručnik se može upotrijebiti za izvođenje sadržaja iz predmeta Praktična nastava za 1. razred u okviru modula “Mjerenje i kalibriranje”.</p>

FBiH	<p>U zanimanjima trećeg stepena Priručnik se može upotrijebiti za izvođenje sadržaja praktične nastave 1. razred kao i za predmete Tehnologija materijala i Tehnologija obrade, a za 2. razred u predmetu Praktična nastava te Tehnologija obrade i Konstruisanje.</p> <p>Sadržaj Priručnika je prilagođen za upotrebu i u ostalim zanimanjima: Instalater, Mehaničar i Mašinski tehničar unutar predmeta Tehničko crtanje, Konstrukcije alata, Tehnologija obrade te u toku izvođenja Praktične nastave.</p>
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Autor sadržaja i priređivački tim:

Hans Stingl, autor sadržaja – GIZ

Anela Jamak, prof. mašinske grupe predmeta – JU Srednja stručna škola “Džemal Bijedić”, Gorazde

Alma Dervišević, prof. mašinske grupe predmeta – JU Srednja tehnička škola ”Hasib Hadžović”, Gorazde

Esed Ahmić, prof. mašinske grupe predmeta – JU Mješovita srednja škola, Tešanj

Srđan Đukanović, prof. mašinske grupe predmeta – JU Tehnička škola, Gradiška

Mile Vajkić, prof. mašinske grupe predmeta – JU Mašinska škola, Prijedor

Damir Kadribašić, prof. – koordinator tima

Učenik je nakon završetka modula Mjerenje i kalibriranje u stanju da:

- zna mjerne jedinice SI sistema,
- izvrši podjelu mjernih alata,
- objasni njihovu namjenu,
- navede dijelove pomičnog mjerila,
- definiše tačnost i upotrebu pomičnog mjerila,
- izvrši podjelu mikrometara,
- definiše tačnost mikrometra,
- nabroji dijelove mikrometra,
- navede jedinice za mjerenje uglova,
- izvrši podjelu uglomjera,
- nabroji dijelove uglomjera,
- navede razlike između kontrolnih i mjerila za mjerenje dužine i uglova,
- nabroji tolerancijska mjerila,
- navede namjenu i primjenu komparatora,
- nabroji dijelove komparatora,
- definiše tolerancijska mjerila za osovine i otvore,
- objasni kada se koriste račve i čepovi,
- kratko opiše etalone,
- objasni gdje se koriste etaloni,
- definiše u koliko garnitura se najčešće izrađuju etaloni,
- objasni u koliko stepeni tačnosti se izrađuju garniture etalona,
- navede vrste kontrolnika.

1. Uvod i osnovne napomene

Nauka o mjerenju ili metrologija je specijalizirani dio pojedinih prirodnih i tehničkih nauka koji se bavi metodama mjerenja fizikalnih veličina, razvojem i izradom mjernih uređaja, reprodukcijom i pohranjivanjem mjernih jedinica, te svim ostalim aktivnostima koje omogućavaju mjerenje i usavršavanje mjernih postupaka.

Mjerenje predstavlja skup aktivnosti čiji je cilj dobivanje vrijednosti mjerne veličine (fizičke veličine).

Kontrola je upoređivanje kontrolisane mjere sa standardnim kontrolnikom.

Razlika između mjerenja i kontrole se ogleda u tome što mjerenjem utvrđujemo brojčanu vrijednost (očitanu) veličine, a kontrolom utvrđujemo ispravnost upoređene veličine sa zadatom na crtežu.

Tačnost u mjerenju se definiše kao razlika između postignute mjere i crtežom zadate mjere, a preciznost je odstupanje zadate mjere na crtežu i gotovo očitane mjere, a naziva se odstupanje ili **tolerancija**.

Značaj mjerenja kao praktične tehničke djelatnosti od prvenstvene je važnosti kako u svakodnevnom životu tako i u svim područjima privrede i nauke. Kuda god krenemo susrećemo se sa mjerenjem.

U trgovinama se roba kupuje na komad, po dužini i težini, voda, električna energija i toplota se mjere, a posljedice toga se osjećaju i u našim ličnim finansijama.

Industrijska proizvodnja zahtijeva česta mjerenja. U tehničkoj dijagnostici se vrše mjerenja u cilju utvrđivanja stanja tehničkih sistema. Nakon konstrukcije novog proizvoda vrše se ispitivanja karakteristika prototipnog rješenja. Kontrola i mjerenje se vrše u svrhu automatskog upravljanja procesima. Bez mjerenja se ne može zamisliti kontrola kvaliteta proizvoda kao uslova za njegovu prodaju.

Izradi ili proizvodnji bilo kakvog radnog komada mora prethoditi odgovarajuće planiranje radnih koraka. Radni komad se može izraditi, na zadovoljstvo kupca, samo ukoliko se pitanja poput sljedećih riješe unaprijed:

Koje su dimenzije radnog komada?

Da li postoji tehnički crtež?

Koja će se vrsta materijala koristiti za proizvod?

Koja opterećenja, sile proizvod mora izdržati?

Koje će se metode/ tehnologije izrade primijeniti?

Koliki će biti trošak proizvoda?

U slučaju da nije dostupan tehnički crtež, to će morati obaviti stručan majstor kako bi zabilježio sve bitne podatke (dimenzije, materijali, pribor...) potrebne za izradu.

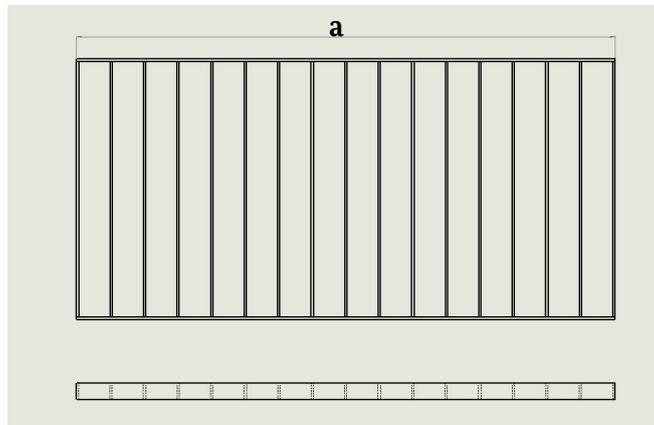
Pogledajmo tipičan primjer. Kupac za svoju novu kuću želi balkonsku ogradu sličnu fotografiji ispod.



Slika 1

Majstor daje zadatak učeniku da ode do kupca u kuću, napravi skicu balkonske ograde, obavi sva mjerenja i unese mjere u skicu, tako da se ograda kasnije može izraditi u radionici.

Zadatak 1: Skica ispod prikazuje balkonsku ogradu koju treba izraditi u vašoj radionici. Upišite sve mjere koje su potrebne za izradu! (Umjesto mjera u mm ili inčima koristiti slova a, b, c, d,... za dužinu, visinu, debljinu, itd. Širina **a** je već upisana, slijedite dati primjer.)



Slika 2

Grupni rad 1: Razgovarajte o tome kako se balkonska ograda može sigurno ugraditi u cigle zida i pod balkona.

Balkonska ograda mora pružati zaštitu i spriječiti da ljudi padnu kada se naslone na nju. Stoga, mora biti spojena vijcima s obje strane i na dnu uz cigle ili beton pomoću sidrenih vijaka za velika opterećenja koji su cementirani/ odlijeveni u zid i betonski temelj.

Važno je da budete svjesni da se svaki radni komad mora izraditi **vrhunski kvalitetno i na zadovoljstvo kupca**. Ugled preduzeća, moguće dodatne narudžbe i ekonomski uspjeh radionice za proizvodnju i izradu zavise od toga.

Nakon završetka izrade balkonske ograde, potrebno je obaviti temeljitu provjeru prije nego se ugradi kod kupca. Sve mjere se provjeravaju prema dimenzijama navedenim na crtežu.

Pitanje: Šta mislite koje će posljedice biti ukoliko se tokom provjere ustanovi da su neke mjere pogrešne?

- Zavarena konstrukcija se mora rezati, moraju se umetnuti novi dijelovi s ispravnim mjerama i ponovo zavariti.
- Ovo prouzrokuje dodatne troškove za materijal i radnu snagu.
- Rok (ciljni datum završetka radova) se možda neće ispoštovati.
- Mušterija nije zadovoljna i možda se neće odlučiti za dodatnu narudžbu zbog nezadovoljstva.

Na osnovu odgovora, vjerovatno shvatate da znanje i vještine u **mjeranju i označavanju** igraju ključnu ulogu u vašem zanimanju.

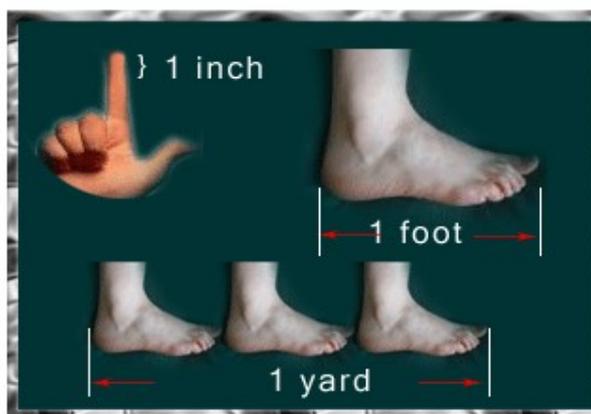
Ishod učenja 1: Razlikovanje metričkog i imperijalnog sistema mjera

Mjerenje je bilo ključan element u razvijanju ljudske sredine od početaka zabilježene historije (otprilike prije 6000 godina). U mnogim kulturama su se dijelovi ljudskoga tijela koristili kao jedinice mjere. Naprimjer, stopa i inč (što je širina prosječnog ljudskog palca). Tvrdi se da je jard izmislio Henry I, kralj Engleske od 1100. do 1135. godine, kao udaljenost od vrha njegovog nosa do kraja njegovog palca.

Jedan jard (kralj Henry I)



Jard, stopa, inč



Slika 3 - Historijske jedinice mjere

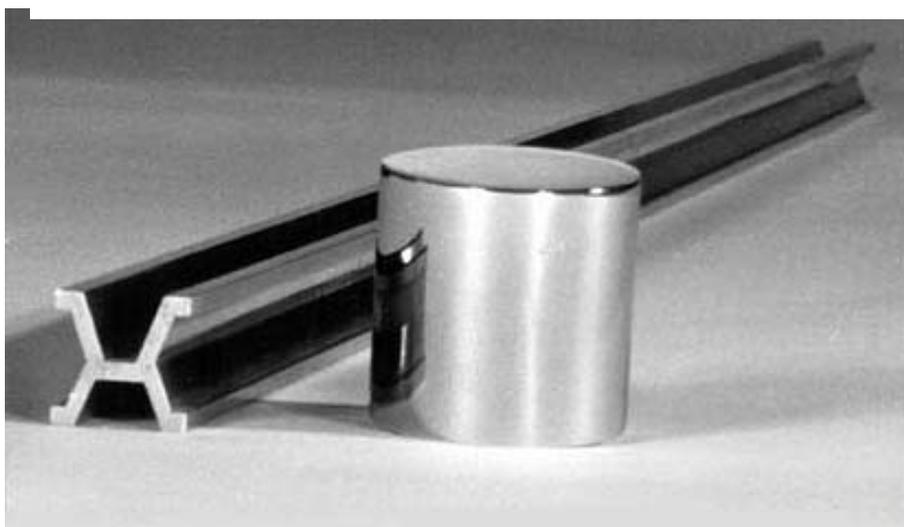
Pitanje: Šta mislite o pouzdanosti i primjenjivosti ovakvih historijskih mjernih jedinica?

Ljudski udovi različite su veličine. Stoga nisu pogodni za mjerenje.

Kako bi se standardizirale jedinice mjere, vlade su proizvele mjerila, izrađena od izdržljivih metalnih legura, koja su korištena kao uzorci.



Slika 4 - Standardne dužine na zidu Kraljevskog opservatorija, Greenwich, London, osnova imperijalnog sistema mjera



Slika 5 - Uzorak metra, osnova metričkog sistema dužina, izrađen od legure platine/iridijuma, deponovan u Međunarodnom uredu za utege i mjere

2. Imperijalni sistem mjera

Imperijalni sistem mjera je prvi put definisan u Engleskoj 1824. godine, a kasnije je dalje razrađen. Ubrzo se sistem počeo zvanično koristiti širom Britanskog carstva. Do kraja 20. vijeka, većina zemalja Imperije zvanično je, također, usvojila metrički i to paralelno s imperijalnim sistemom. Iako metričke jedinice mjere prevladavaju u upotrebi u međunarodnoj industriji, postoje oblasti u kojima se još uvijek upotrebljava imperijalni sistem:

Imperijalni sistem koristi se za:	Upotreba:
Imperijalni navoji	Međunarodno
Cijevni navoji	Međunarodno
Američki nacionalni navoj	SAD
Kvadratne cijevi	Velika Britanija, SAD, Kanada, Australija, Afrika
Okrugle cijevi	Velika Britanija, SAD, Kanada, Australija, Afrika
Konstruktivski čelik (jednaki uglovi, nejednaki uglovi, T-čelik, I-profil...)	Velika Britanija, SAD, Kanada, Australija, Afrika
Limovi	Velika Britanija, SAD, Kanada, Australija, Afrika

Tablica imperijalnih jedinica za dužinu:

Jedinica	Skraćenica	Konverzija u mm	Informacija
1 inč	1"	1" = 25,4 mm	12 inča = 1 stopa
1 stopa	ft ili 1'	1' = 304,8 mm	3 stope = 1 jard
1 jard	yd	1 yd = 914,4 mm	1760 yd = 1 milja

Prilikom izrade, jedinica inč se koristi češće nego stopa ili jard. Inč se dalje dijeli na razlomke ($\frac{1}{2}$ ", $\frac{1}{4}$ ", $\frac{1}{8}$ ", $\frac{1}{16}$ "...) ili na decimale, obično do 4 decimalne tačke.

Tablica podjele inča:

Razlomak	Decimale
1/2"	0,5"
1/4"	0,25"
1/8"	0,125"
1/16"	0,0625"
1/32"	0,03125"
5/8"	0,625"
7/16"	0,4375"

Konverzija inč → mm (Uporediti konverzijsku tablicu na 31. strani)

Kako je 1" jednako 25,4 mm, da bi se dobio tačan ekvivalent u metričkoj jedinici mm jednostavno se multiplicira vrijednost inča sa 25,4 mm.

Primjer: 7/16" je potrebno konvertovati u mm.

Rješenje: 7/16" konvertovano u decimale: = 0,4375" i zatim konvertovano u metrički sistem:

$$0,4375" \times 25,4 \text{ mm}/" = \underline{\underline{11,1125 \text{ mm}}}$$

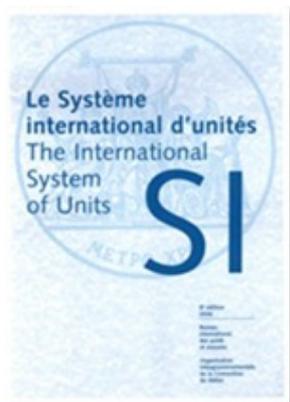
Zadatak: Obavi konverziju sljedećih mjera koje su date u **inčima** u **mm!**

Inč	Mm
7/8"	22,225 mm
3 3/4"	95,25 mm
15 3/8"	390,525 mm
100"	2540 mm
12,125"	307,975 mm
47,8125"	1214,4375 mm

3. SI – količine i metričke mjerne jedinice

Jedinice mjere definirane su u Međunarodnom sistemu mjernih jedinica zasnovanom na sedam osnovnih jedinica (osnovne jedinice SI) iz kojih se dobijaju druge jedinice.

Tablica : Osnovne jedinice SI



Slika 6

Osnovna količina	Osnovna jedinica SI	
	Naziv	Simbol
Dužina	metar	m
Masa	kilogram	kg
Vrijeme	sekunda	s
Električna struja	amper	A
Termodinamička temperatura kelvin		K
Količina tvari	mol	mol
Jačina svjetlosti	kandela	cd

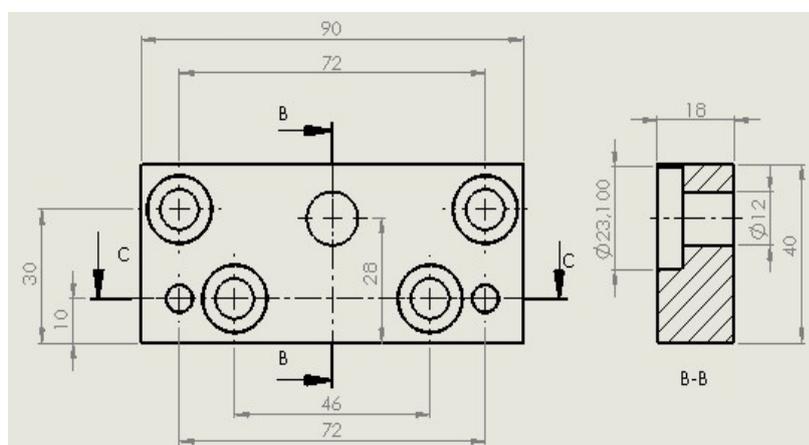
Tablica nekih izvedenih jedinica SI

Veličina	Naziv	Simbol
Frekvencija	herc (herz)	Hz
Sila	njutn (newton)	N
Energija	džul (joule)	J
Snaga	vat (watt)	W
Pritisak	paskal	Pa
Osvjetljenost	luks	lx
Brzina	metar u sekundi	m/s
Ubrzanje	metar u sekundi na kvadrat	m/s ²
Električni otpor	om (ohm)	Ω
Gustoća	kilogram po kubnom metru	ρ

Dužina: **1 metar = 1000 milimetara (1m = 1000 mm)**

Prilikom obrade metala, preferira se metrička jedinica milimetar (mm) u odnosu na druge jedinice kao što su decimetar (dm) ili centimetar (cm). Postoji konvencija da se sve dimenzije na tehničkim crtežima, npr. dužina, visina, širina, dijametar, udaljenosti i tako dalje, uvijek upisuju u jedinici **mm**. Nema potrebe da se dodaje "mm". Upisuju se samo brojevi.

Primjer:
Mjere na ovom crtežu su navedene u **mm**!



Slika 7

Konverzija mm u inče:

25,4 mm = 1"

Ukoliko želite konvertovati neku dimenziju koja je izražena u **mm** u dimenziju izraženu u **inčima**, jednostavno podijelite dimenziju u mm sa **25,4 mm**.

Primjer: Koliko inča je jednako 1500 mm?

Rješenje: $1500 \text{ mm} / 25,4 \text{ mm} = \underline{59,0551''}$

Zadatak: Konvertujte sljedeće metričke dimenzije u inče!

Dimenzija (mm)	Dimenzija (inči)
9,525 mm	0,375 = 3/8"
774,7 mm	30,5 = 30 1/2"
76,2 mm	3"
23,8125 mm	0,9375 = 15/16"
304,8 mm	12"

Metričke jedinice u odnosu na imperijalni sistem mjera

Širenjem ISO standarda svugdje po svijetu i ogromnim povećanjem uvoza i izvoza, SI jedinice su zamijenile imperijalni sistem mjera u mnogim područjima. Međutim, mnoge zemlje se još uvijek drže imperijalnih mjera zbog tradicije, iako su zakoni nametnuli upotrebu metričkih jedinica.

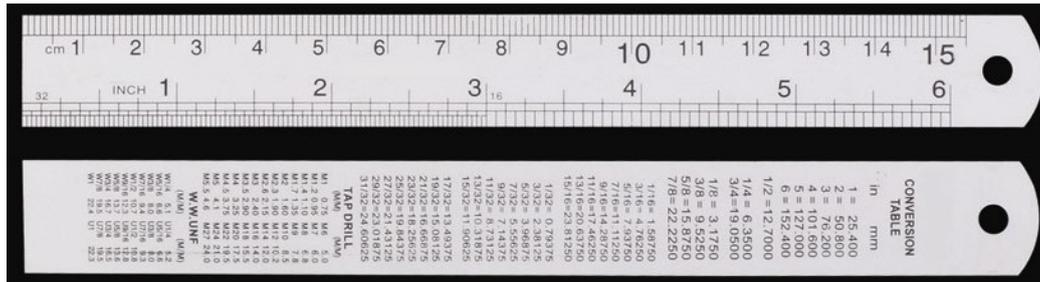
Ujedinjeno Kraljevstvo je okončalo djelimični zakonski prelazak na metrički sistem 1995. godine, pri čemu je nekoliko imperijalnih jedinica još uvijek zakonski predviđeno za određene primjene. Udaljenosti na saobraćajnim znakovima moraju biti navedene u jardima i miljama, ograničenja dužine i širine moraju biti u stopama i inčima na saobraćajnim znakovima (iako se može prikazati i ekvivalent u metrima), a ograničenja dozvoljene brzine moraju biti navedena u miljama po satu.

U drugim zemljama engleskog govornog područja kao što su Kanada, Irska i Australija, prelazak na metrički sistem je uglavnom okončan, iako se imperijalne jedinice i dalje koriste u nekim oblastima, obično tamo gdje međunarodni standard ostaje neprilagođen

metričkom sistemu (kao što je upotreba inča za televizijske i kompjuterske ekrane, i slično).

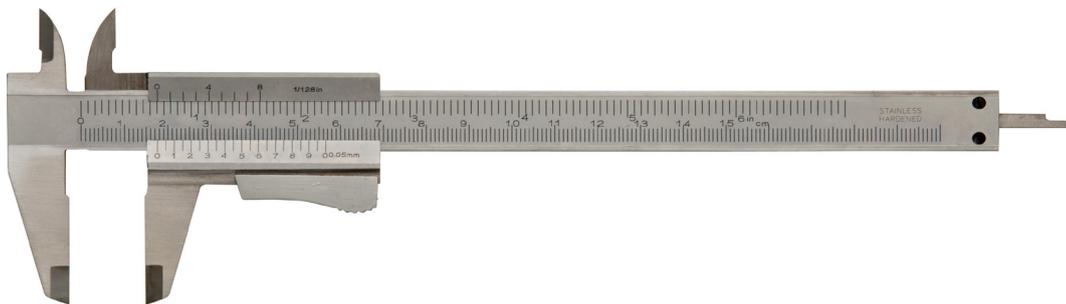
Ako se prilikom rada koriste oba sistema mjerenja, korisno je na mjernim instrumentima imati kombiniranu skalu u inčima i metričku skalu:

Primjer 1: Čelični linijar koji posjeduje skalu i u mm i u inčima



Slika 8

Primjer 2: Vernierovo kljunasto pomično mjerilo (šubler) ima skalu i u milimetrima i u inčima.



Slika 9

Prednosti/ nedostaci dva mjerna sistema

Metrički koristi sistem kojem je osnova 10 (deset) za sve jedinice mjere zbog čega je konverzija veoma jednostavna.

U budućnosti će vjerovatno metrički prevladati kao jedini sistem mjerenja koji se primjenjuje širom svijeta, a oni koji ga ne budu koristili ili nastave koristiti nemetričke jedinice mjere će zaostati u globalnoj ekonomiji.

Veoma je skupo preći sa imperijallog na metrički sistem i to je razlog zašto u SAD-u imperijalni sistem još uvijek prevladava u mnogim područjima.

Mnoge osobe u zemljama engleskog govornog područja ne vole metrički sistem jer drže do svoje tradicije, žele živjeti u izolaciji i ne žele mijenjati navike.

Ishod učenja 2: Klasifikacija mjernih instrumenata, mjerila i šablona

4. Mjerni alat

Mjerni alat koji se koristi prilikom izrade i proizvodnje u radionicama mora biti otporan na trošenje i izdržljiv kako bi izdržao grubo rukovanje, hemijske i okolinske utjecaje. Mjerni alat se može klasificirati prema:

Području mjerenja (maksimalna mjerna dužina)

Skaliranju, što predstavlja udaljenost od jedne linije do sljedeće linije podjele, tj. granicu greške prema ISO klasifikaciji.

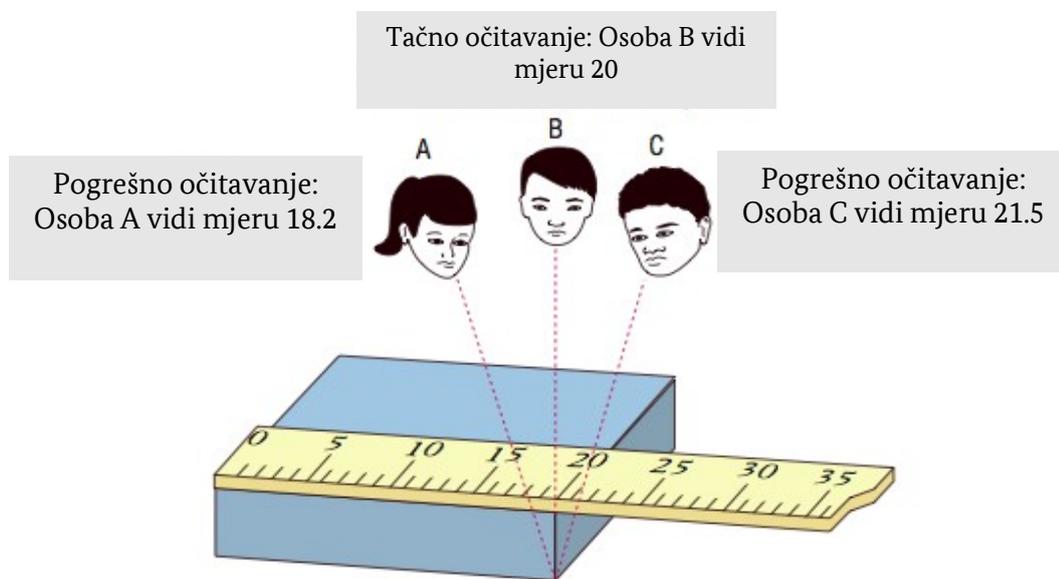
Najmanjoj vrijednosti očitavanja (*Least count*) što je najviši stepen preciznosti očitavanja koji se može postići pomoću mjernog instrumenta.

Dužina se može izraziti kao udaljenost između dvije linije (= mjerenje dužine) npr. čeličnim linijarima, mjernim trakama, zidarskim metrima ili udaljenost između dvije strane (= mjerenje od kraja do kraja) npr. Vernierovim pomičnim mjerilom (šublerom).

Kada se uzimaju mjere pomoću mjernog instrumenta treba ga držati tako da skalirane linije budu što bliže (po mogućnosti da ih dodiruju) stranama koje se mjere. Oko kojim se vrši očitavanje trebalo bi biti što bliže oznaci koja se očitava. Na ovaj način se izbjegava pojava poznata pod nazivom "paralaks".

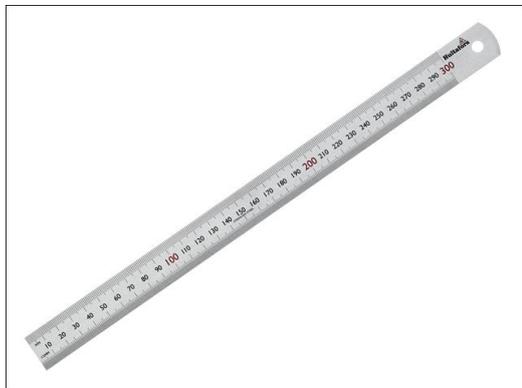
Prema mogućnostima, potrebno je držati kraj mjernog instrumenta ravno s jednom od strana koje se mjere, a u tom slučaju se očitavanje vrši negdje duž linijara.

Paralaks greška u očitavanju A i C – ispravno čitanje B



Slika 10

4.1. Pregled mjernih instrumenata:



Slika 11

Čelični linijar:

Područje mjerenja:

0 mm–150 mm... 200 mm... 2000 mm

Udaljenost na skali: 1 mm



Slika 12

Džepna mjerna traka:

Područje mjerenja: 0 m – 1 m... 5 m

Udaljenost na skali: 1 mm

Materijal: čelik, obložen plastikom



Slika 13

Mjerna traka:

Područje mjerenja: 0 m – 10 m... 50 m

Udaljenost na skali: 1 mm

Materijal: plastično kućište, tekstilna traka



Slika 14

Vernierovo pomično mjerilo (šubler)

Područje mjerenja: 0 m – 150 mm... 500 mm

Najmanja vrijednost očitavanja¹⁾: 0,1 mm... 0,02 mm

Materijal: nehrđajući čelik

Primjena: za mjerenje dužine, dijametra, unutrašnje i vanjske dubine



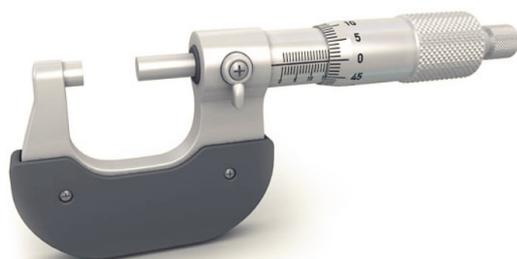
Slika 15

Vernierov dubinomjer

Područje mjerenja: 0 mm – 150 mm... 500 mm

Najmanja vrijednost očitavanja¹⁾: 0,1 mm... 0,02 mm

Primjena: za mjerenje dubine rupa ili udubljenja



Slika 16

Mikrometar za vanjski prečnik

Područje mjerenja: 0 – 25 mm, 25 mm – 50 mm, 50 mm – 75 mm...

Najmanja vrijednost očitavanja¹⁾: 0,01 mm

Primjena: za vanjsko mjerenje – dužina, dijametar/ prečnik



Slika 17

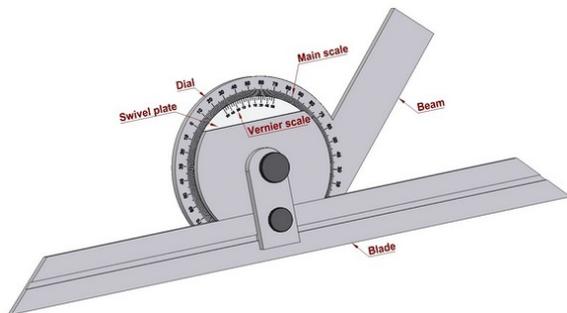
Mikrometar za unutrašnji prečnik

Područje mjerenja: 5 – 55 mm

Najmanja vrijednost očitavanja¹⁾: 0,01 mm

Primjena: za vanjsko mjerenje – dužina, dijametar/ prečnik, udubljenja

1) Najmanja vrijednost očitavanja (eng. *least count*) predstavlja najviši mogući stepen preciznosti očitavanja koji je moguće postići.



Slika 18

Univerzalni uglomjer

Područje mjerenja: 0 – 360°

Najmanja vrijednost očitavanja: 5 lučnih minuta

Primjena: za mjerenje uglova



Slika 19

Mikrometar za mjerenje dubine

Područje mjerenja: 0 mm... 25 mm... 300 mm

Najmanja vrijednost očitavanja¹⁾: 0,1 mm... 0,02 mm

Primjena: za mjerenje dubine rupa ili udubljenja

U savremenoj industrijskoj praksi, koja svakim danom teži unapređenju, poboljšanju i ubrzanju proizvodnje, sve više se koriste **digitalna univerzalna mjerna sredstva** (digitalno pomično mjerilo, digitalni mikrometri, digitalni subitori, digitalni dubinomjeri, digitalni šestari). Oni omogućuju lakše mjerenje koje daje pouzdanost. Ova mjerna sredstva obično imaju veću preciznost tj. skala očitavanja je preciznija.



Slika 20 – Digitalno pomično mjerilo



Slika 21 – Digitalni mikrometar

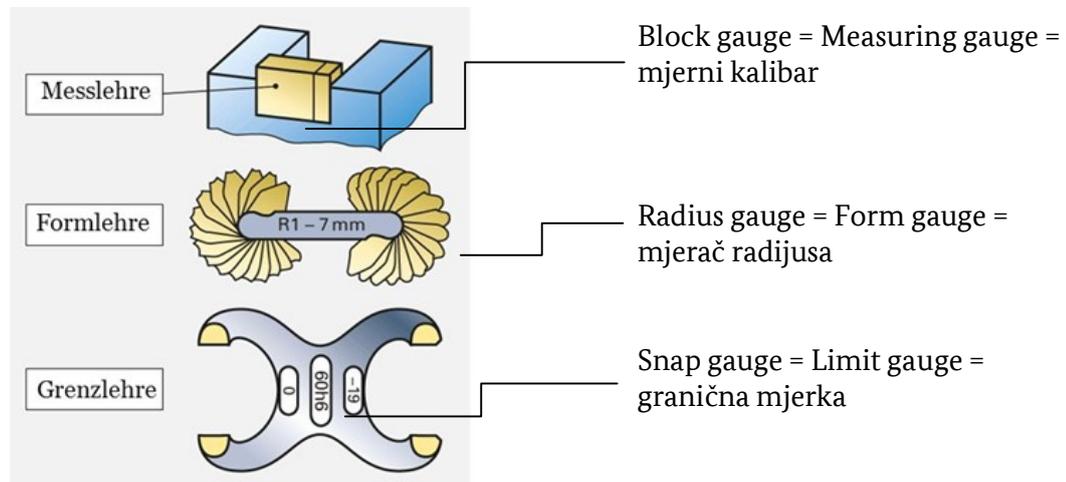


Slika 22 – Digitalni subitor



Slika 23 – Digitalni dubinomjer

4.2. Pregled mjerila i šablona:



Slika 24



Slika 25

Granična mjerka

Primjena: za provjeravanje vanjskih dimenzija i da li potpadaju unutar datih tolerancija.

Posjeduje dvije strane: **Ide** i **Ne ide** (**go** i **no go**). Spada u granične mjerke.



Slika 26

Graničnik za unutrašnje mjere

Primjena: za provjeravanje unutrašnjih dijametara.

Posjeduje dvije strane: **Ide** i **Ne ide** (**go** i **no go**). Spada u granične mjerke.



Slika 27

Šestar za unutrašnje mjerenje

Primjena: za provjeravanje unutrašnjih dijametara ili udaljenosti između površina nekog predmeta.



Slika 28

Šablon za navoje

Primjena: za provjeravanje nagiba navoja i oblika navoja metodom svjetlosne zračnosti (eng. light gap method).



Slika 29 - Mjerac radijusa

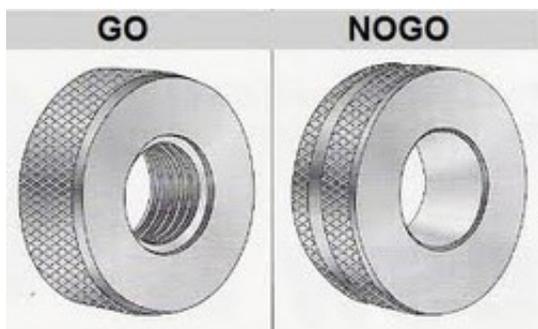


Slika 30 - Mjerni listići



Slika 31 - Graničnik za unutrašnje mjere za navoje

Graničnik za unutrašnje mjere za navoje koristi se za provjeravanje unutrašnjih navoja i posjeduje dvije strane: **Ide** i **Ne ide** (**go** i **no go**). Da bi se izvršila provjera ispravnosti izrađenog navoja strana "Ide" treba lako da se uvrti u navoj, dok ne bi trebalo biti moguće da se strana "Ne ide" uvrti u navoj.



Slika 32 - Kontrolni prsten

Kontrolni prstenovi koriste se za provjeravanje vanjskih navoja. Postoje prstenovi Ide i Ne ide (**go-rings** i **no go-rings**). Trebalo bi biti moguće da se prsten "Ide" lako uvrti u vijak, dok ne bi trebalo biti moguće da se prsten "Ne ide" uvrti u vijak.

4.3. Etaloni za umjeravanje:

Etaloni ili mjerne pločice nam služe za preciznu kontrolu mjernih instrumenata.

Njihova osnovna namjena je kontrola ostalih mjera pa su zato etaloni rađeni od čelika otpornih na toplotnu dilataciju, habanje, koroziju, vlagu, obavezno su kaljeni, brušeni, lepovani i polirani do visokog sjaja.

Prilikom umjeravanja mjernih instrumenata i/ili mjerenja etalone je moguće slagati jedan na drugi kako bi se dobila željena vrijednost. Veoma je bitno da se prilikom manipulacije s etalonima koriste kožne rukavice ili čak pinceta kako bi se etaloni što bolje zaštitili od negativnih utjecaja uzrokovanih vlagom ili temperaturom.



Slika 33 – Garnitura etalona za umjeravanje – mjerne pločice

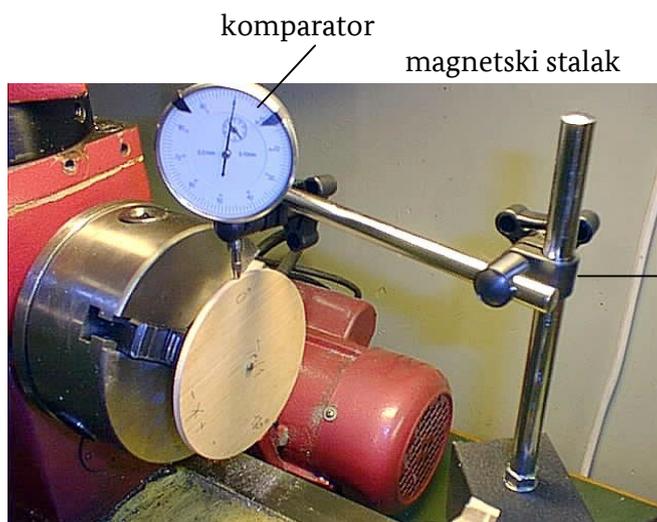
5. Komparator



Slika 34

Kada se mjerni šiljak gurne prema gore, igla komparatora rotira i prikazuje rezultat očitavanja.

Najmanja vrijednost očitavanja:
0,01 mm ili 0.001



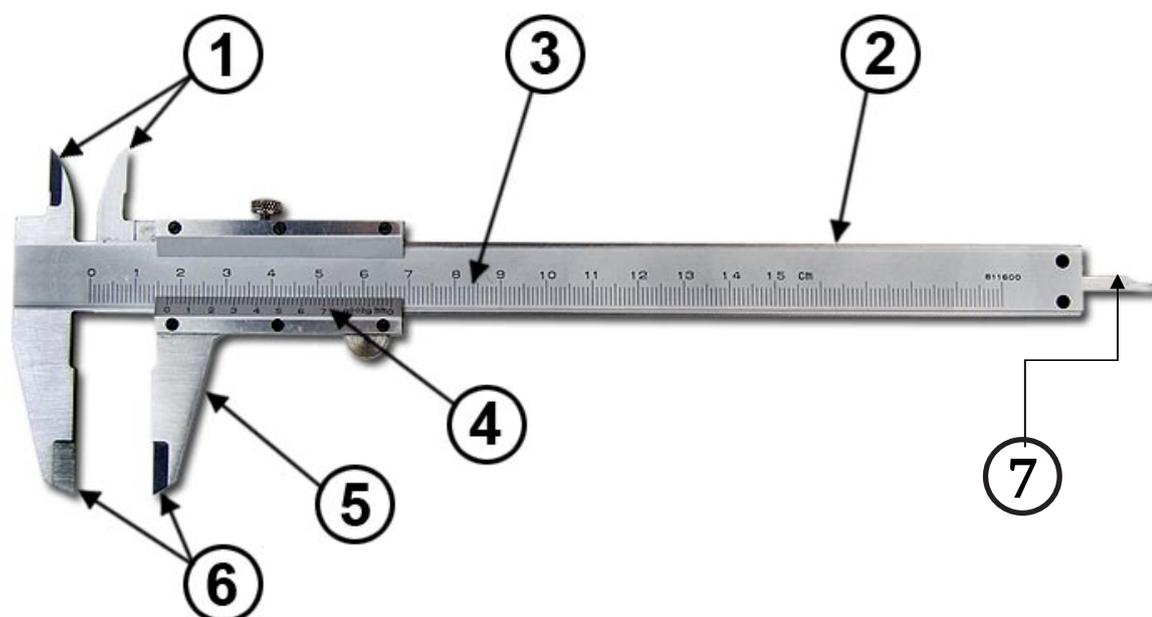
Slika 35



Slika 36

Mjerenje koncentričnosti cilindričnih dijelova u osi dijela (zabušena gnijezda).

6. Vernierovo pomično mjerilo (šubler) – kljunasto pomično mjerilo



Slika 37

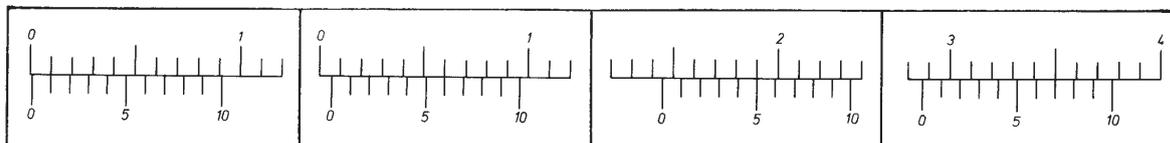
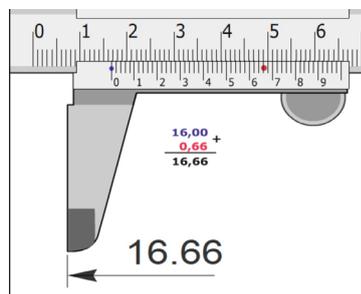
Br.	Opis
1	Kljun za unutrašnje mjerenje
2	Okvir
3	Mjerna letva
4	Nonius skala
5	Kliznik s pomičnim hvataljkama
6	Kljun za vanjsko mjerenje
7	Dubinomjer za mjerenje dubine

Mjerna letva: (3) prikazuje milimetre.

Nonius skala: (4) Očitavanje 0,1 mm... 0,02 mm u zavisnosti od Nonius skale.

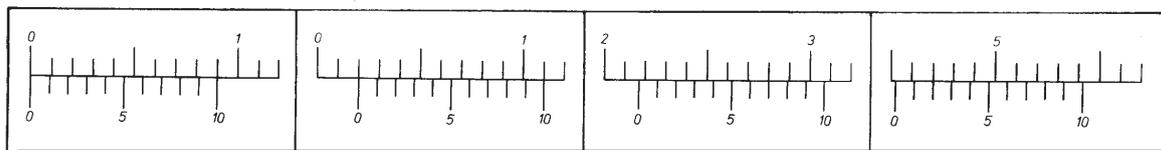
Vježbe očitavanja za Vernierovo pomično mjerilo (šubler)

Primjer:



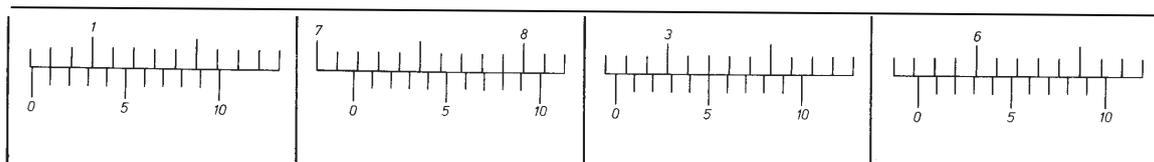
Mjere:

- 1) 0,1 mm ___ 2) 0,6 mm ___ 3) 2,5 mm ___ 4) 0,7 mm ___



Mjere:

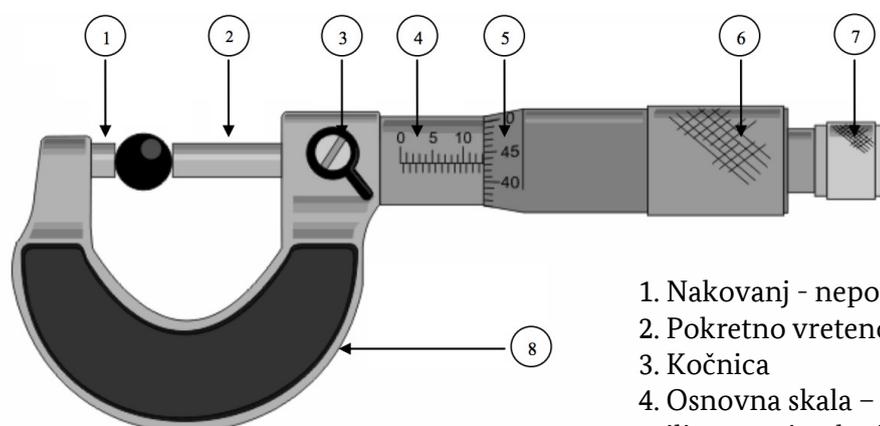
- 5) 0,0 mm ___ 6) 2,0 mm ___ 7) 1,7 mm ___ 8) 0,2 mm ___



Mjere:

- 9) 0,1 mm ___ 10) 1,8 mm ___ 11) 0,5 mm ___ 12) 1,2 mm ___

7. Mikrometar za vanjski prečnik

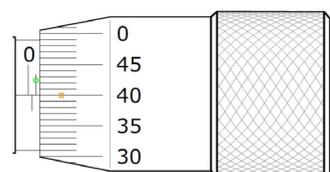


Slika 38

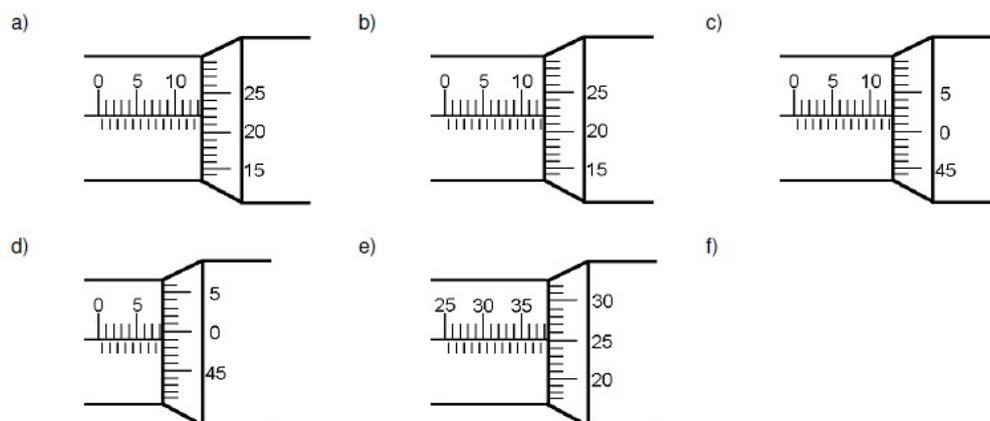
1. Nakovanj - nepomični mjerni trn
2. Pokretno vreteno
3. Kočnica
4. Osnovna skala - očitavanje milimetara i polovine milimetara
5. Skala na bubnju - očitavanje stotih dijelova milimetra
6. Bubanj
7. Graničnik sile, čegrtaljka
8. Tijelo

Vježbe očitavanja za mikrometar za vanjski prečnik:

Primjer:

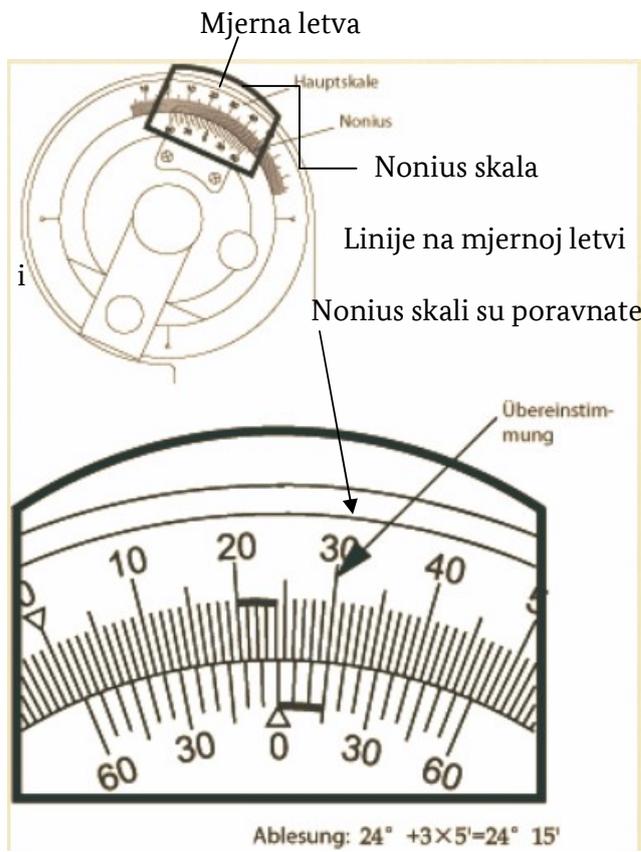


$$\begin{array}{r}
 1.00\text{mm} \quad \color{green}{\bullet} \\
 0.00\text{mm} \quad \color{blue}{\bullet} \\
 + 0.40\text{mm} \quad \color{orange}{\bullet} \\
 \hline
 1.40\text{mm}
 \end{array}$$



Rješenja: a) 13,22 mm... b) 12,72 mm... c) 12,52 mm... d) 7,99 mm e) 38,25 mm...

8. Vježba očitavanja za univerzalni uglomjer



Jedna linija na mjernoj letvi jednaka je 1°
linija na Nonius skali jednaka je $5'$

Očitavanje:
 $24^\circ + 3 \times 5' = \underline{24^\circ 15'}$

Slika 39

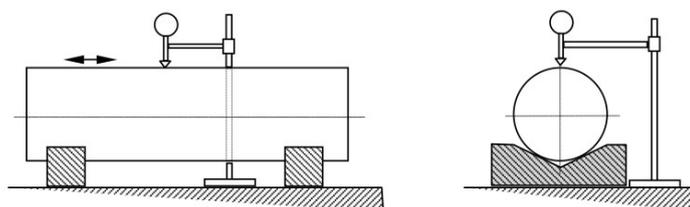
9. Kontrolnici oblika i položaja

Kontrolnici oblika i položaja su naprave koje nam omogućuju da pouzdano utvrdimo eventualna odstupanja površine u smislu oblika i položaja na predmetu u odnosu na predmet prikazan tehničkim crtežom.

TOLERANCIJE OBLIKA		TOLERANCIJE POLOŽAJA	
Karakteristika koja se toleriše	Simbol	Karakteristika koja se toleriše	Simbol
Pravost		Paralelnost	
Ravnoća		Okomitost	
Kružnost		Ugao nagiba	
Cilindričnost		Lokacija	
Oblik linije		Koncentričnost	
Oblik površine		Simetričnost	

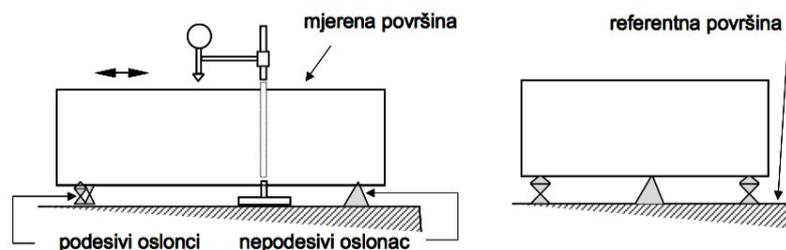
9.1. Mjerenje odstupanja od pravosti (pravocrtnosti) i ravnosti

Pravost (pravocrtnost) je stanje kod kojeg je element površine prava linija. Dozvoljeno odstupanje od pravosti (u ravnini) određeno je površinom između dva paralelna pravca, koji su udaljeni za vrijednost naznačenog odstupanja.



Slika 40 - Mjerenje odstupanja od pravosti (pravocrtnosti) pomoću lineala sa komparatorom

Ravnost je stanje površine kod koje su sve tačke u jednoj ravnini. Dozvoljeno odstupanje od ravnosti određeno je prostorom između dvije ravnine, koje su udaljene za vrijednost naznačenog odstupanja.



Slika 41 - Mjerenje odstupanja od ravnosti pomoću lineala sa komparatorom

Na raspolaganju je veliki broj metoda mjerenja odstupanja od pravosti (pravocrtnosti) i ravnosti, a prvenstveno se dijele s obzirom na korištenu mjernu opremu:

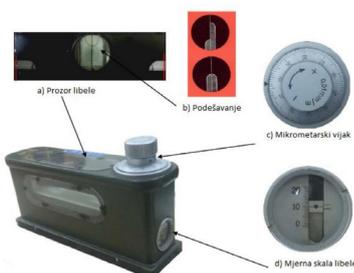
- lineal s komparatorom
- 3D mjerni uređaji
- autokolimator
- laserski mjerni sistem
- libela i dr.



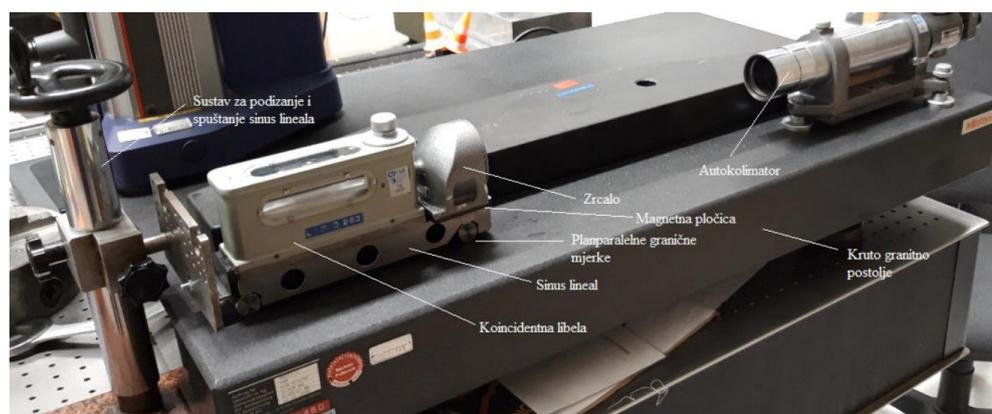
3D mjerni uređaj



Autokolimator



Koincidentna libela

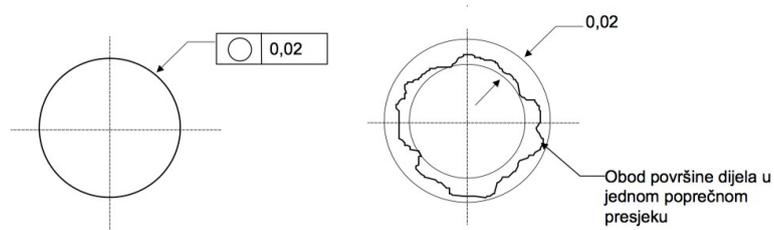


Slika 42 - Primjer mjernog sistema

9.2. Mjerenje odstupanja od kružnosti

Kružnost se odnosi na stanje kružne linije ili površine kružnog dijela, kod kojeg su sve tačke na liniji, ili na obodu poprečnog presjeka dijela, jednako udaljene od središnje tačke.

Dozvoljeno odstupanje od kružnosti određeno je površinom između dvije koncentrične kružnice, u istoj ravnini. Linija profila dijela ne smije ni jednom tačkom izlaziti van kružnog vijenca.



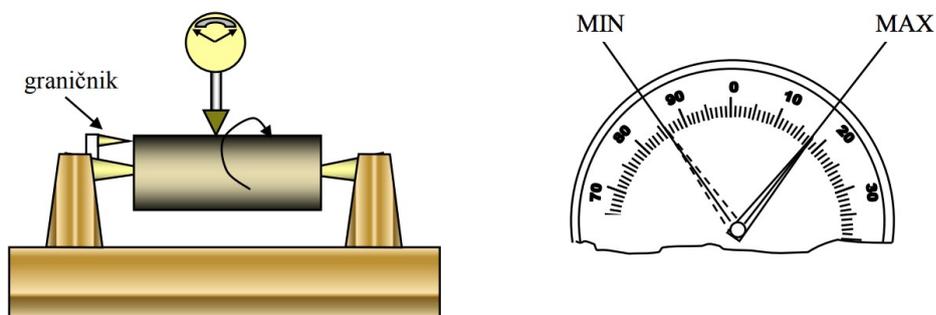
Slika 43 - Kružnost



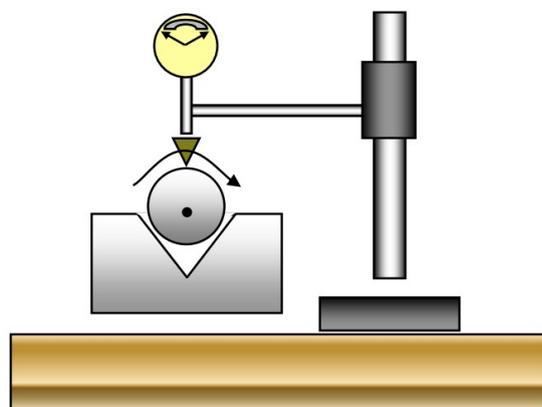
Slika 44 - Karakteristične greške kružnosti

Metode mjerenja odstupanja od kružnosti su:

1. Ispitivanje kružnosti sa unutrašnjom mjernom referencom (konvencionalne metode)
2. Ispitivanje kružnosti sa vanjskom mjernom referencom



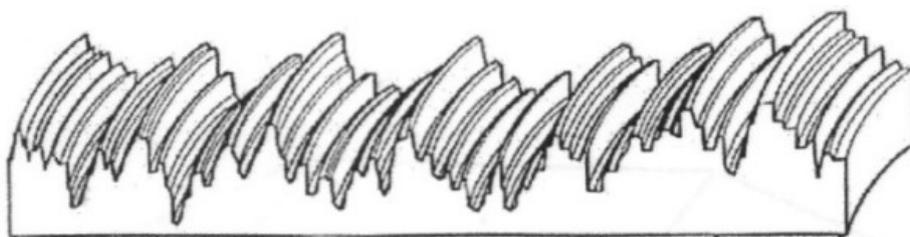
Slika 45 - Mjerenje kružnosti primjenom mjernih šiljaka



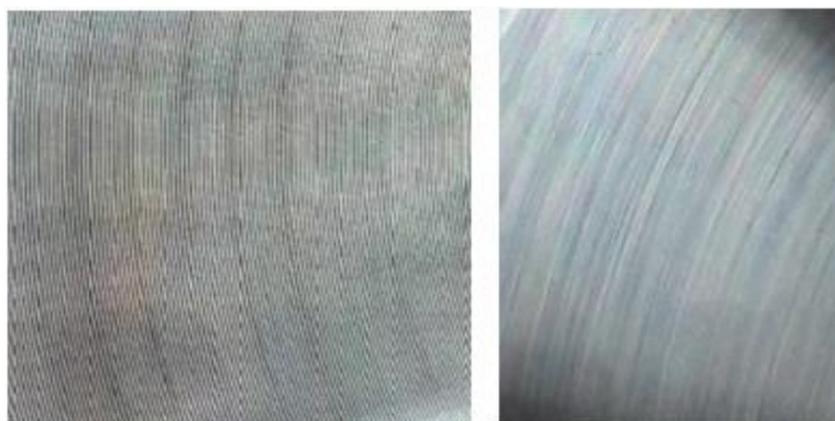
Slika 46 - Mjerenje kružnosti primjenom V-prizmi

10. Mjerenje hrapavosti

Hrapavost površine je, u najjednostavnijem smislu, mikrogeometrijska nepravilnost površine koja nastaje tokom postupka obrade. Hrapavost površine u određenim slučajevima bitno utječe na radna svojstva mašinskih dijelova, posebno na mjestima međusobnog spoja pojedinih elemenata (trenje, podmazivanje). Mašinski dijelovi s manjom hrapavošću imaju veću dinamičku čvrstoću, veću otpornost na koroziju, veću sposobnost nalijeganja, bolje prenose toplinu, itd. Kako je postizanje niskog stepena hrapavosti uvijek povezano s dužim i skupljim postupcima obrade, ono ima za posljedicu povećanje cijene dijela koji se obrađuje.



Slika 47 - Izgled nepravilnosti na površini obrađenog dijela (uvećanje mikroskopom)



Slika 48 - Izgled površine sa grubljom obradom (lijevo) i finijom obradom (desno)

Mjerenje hrapavosti površine se vrši pomoću različitih mjernih instrumenata, a njihova podjela je zasnovana na fizikalnim načelima snimanja površine. Prema tome postoje:

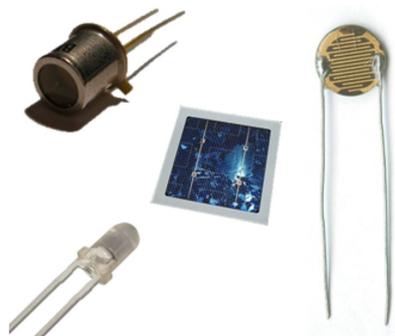
1. Skenirajući mikroskopi
2. Optički uređaji
3. Uređaji sa ticalom



Slika 49 - Različiti primjeri mjerenja hrapavosti površine pomoću uređaja sa ticalom

11. Senzori u mjernoj tehnici

Senzor je uređaj koji mjeri fizičke veličine i pretvara ih u signal prepoznatljiv (čitljiv) posmatraču i/ili instrumentu. Senzori imaju široku primjenu u svakodnevnom životu: kod ekrana osjetljivih na dodir, kod vrata liftova i elevatora, kod osvjetljenja i alarma i mnogih drugih uređaja: automobila, aviona, medicinskih uređaja, robota, industrijskih mašina ali i kod mjernih instrumenata i tokom procesa mjerenja i kontrole.



Slika 50 - Primjeri svjetlosnih senzora

Senzori se dijele na: toplotne, mehaničke, kinematičke, geometrijske, radijacijske, vremenske i električne, hemijske i fizikalne.

- Toplotni se koriste za mjerenje temperature, toplotnog kapaciteta, toplote izgaranja.
- Mehanički senzori se koriste za mjerenje sile i momenta, pritiska, vakuuma, mehaničkog naprezanja.
- Kinematički senzori se koriste za mjerenje linearnog i ugaonog ubrzanja i brzine protoka.
- Geometrijski senzori se koriste za mjerenje položaja (koordinata) tijela razmjere, nivoa.
- Radijacijski senzori se koriste za mjerenje intenziteta toplotnog, nuklearnog, akustičnog i elektromagnetnog zračenja, boje, parametara talasnog procesa.
- Vremenski senzori se koriste za mjerenje vremenskog perioda i frekvencije.
- Električni senzori se koriste za mjerenje elektromotorne sile, struje, otpora, induktivnosti, kapaciteta, provodnosti.
- Hemijski senzori se koriste za mjernje hemijskog sastava.
- Fizikalni senzori se koriste za mjerenje mase, gustine, vlažnosti, tvrdoće, plastičnosti, hrapavosti.

Važno je znati:

Pred početak mjerenja, sva mjerna sredstva moraju proći provjeru da li su ispravna, kako bi proces mjerenja ili očitavanja mjerenja bio što pouzdaniji i tačniji.

Kod univerzalnih mjernih sredstava sa skalnom podjelom provjeravanje ispravnosti se vrši pomjeranjem pokretnog dijela mjernog instrumenta tri do pet puta pri čemu se kazaljka treba vratiti uvijek u istu tačku.

Kod digitalnih univerzalnih mjerila provjeravanje se vrši dovođenjem pokretnog dijela u početni položaj i nuliranjem – resetovanjem vrijednosti na displeju mjernog sredstva.

U industrijskoj praksi od velike je važnosti da sva mjerna sredstva – koja se koriste u procesu mjerenja pa samim tim i u procesu proizvodnje – budu redovno kontrolisana od strane ovlaštene osobe.

12. Održavanje alata za mjerenje i označavanje

Kada ga ne koristite, držite mjerni alat u drvenim kutijama kako bi izbjegli izloženost prašini, vlažnosti, koroziji.

Nakon upotrebe mjerne instrumente uvijek očistiti mekanom krpom.

Prije uzimanja mjera očistiti površine koje treba premjeriti.

Često provjeravati mjerni alat u pogledu habanja i oštećenja.

Ne odlagati mjerne instrumente blizu magnetskih materijala.

Ne izlagati mjerne instrumente suncu koje ga može zagrijati i prouzrokovati pogrešna mjerenja.

Nanijeti ulje na površinu mekog čelika radi izbjegavanja korozije.

13. Pitanja i zadaci za ponavljanje i produblјivanje znanja

Šta podrazumijevate pod paralaksom u vezi s mjerenjem?

Kada se očitavanje mjere na linijaru ne vrši vertikalno, nego sa strane, pojavljuju se greške u očitavanju.

Koja je najmanja vrijednost očitavanja Vernierovog pomičnog mjerila (šublera)?

Varira od 0,1 – 0,05 – 0,02.

Koji mjerni instrument predlažete za identificiranje dijametra okruglih predmeta?

Ili Vernierovo pomično mjerilo (šubler) ili mikrometar ili tvrde mjerke za prečnike – kontrolni prstenovi.

Zašto se metrički sistem mjera preferira u odnosu na imperijalni sistem, u većini industrijskih zemalja?

Jer koristi decimale, a ne razlomke. Zbog toga je izračunavanje jednostavno.

Okrugli i cilindrični predmeti se moraju premjeriti do tačnosti 0,01. Koji mjerni instrument predlažete i zašto?

Mikrometar, jer Vernierovo pomično mjerilo ima najmanju vrijednost očitavanja od samo 0,02 mm.

Nekoliko rupa $\varnothing 16H7$ treba provjeriti. Koji mjerni instrument predlažete?

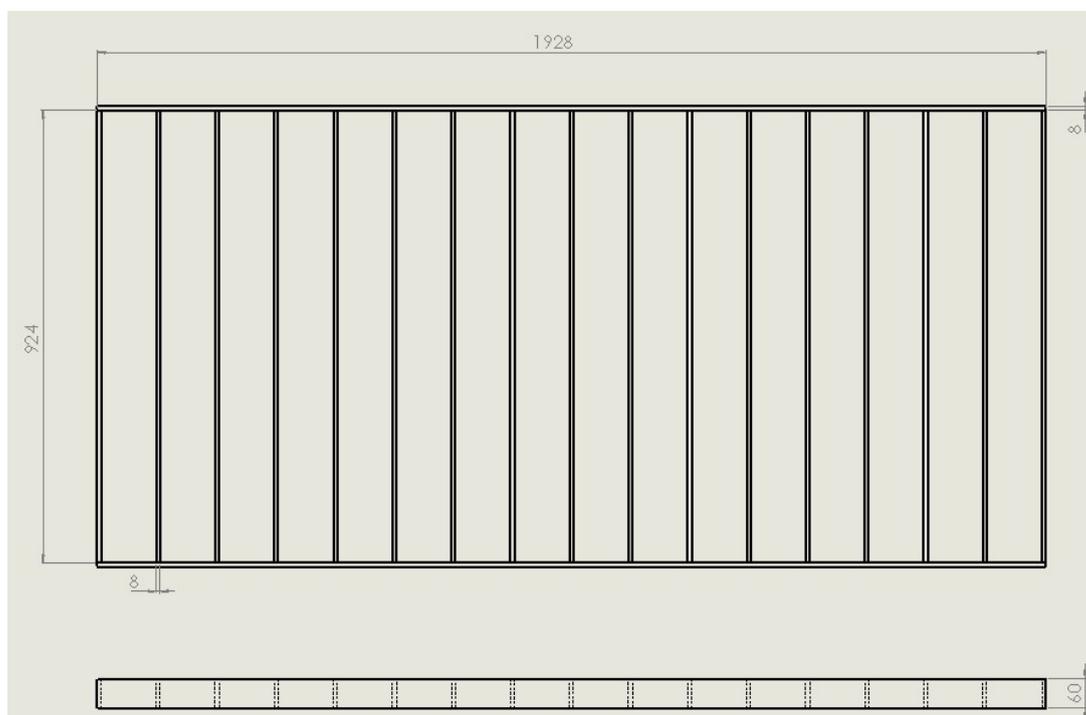
Koristiti graničnik za unutrašnje mjere – na ovaj način se provjera obavlja brzo i jednostavno.

Ishod učenja 3: Izračunavanje ukupne dužine radnog komada

14. Proračuni vezani za obradni materijal

Radni komadi se često izrađuju od građevinskog čelika koji se reže na željenu dužinu prema tehničkom crtežu nakon čega se obavljaju montaža, zavarivanje, spajanje vijcima, itd. da bi se obavio radni nalog. Prije izrade se mora identificirati dužina dijelova i mora se izračunati ukupno potrebni (ukupna dužina) građevinski čelik (tj. šipke). Ovo je neophodno radi naručivanja materijala i izračunavanja troškova.

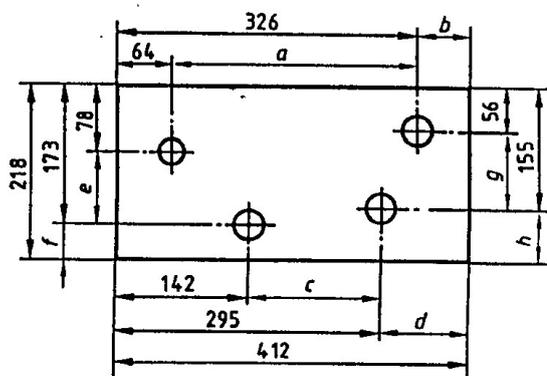
Zadatak 1: Ispod je skica za ogradu balkona. Izrađena je od šipki valjanog čelika 60 x 8. Izračunaj koliko je ukupno potrebno šipke!



Slika 51

Izračunavanje nedostajućih dimenzija: (Također uporediti tehničke tablice na str. 34)

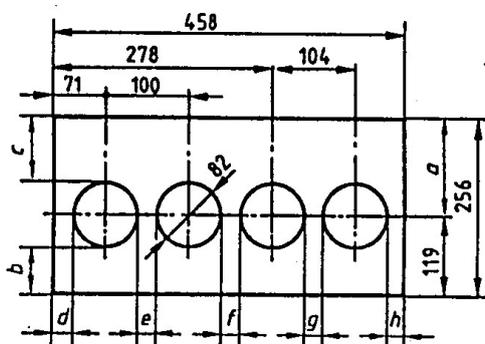
Zadatak 2:



Slika 52

Izračunajte dimenzije koje nedostaju! Morate dodati i oduzeti dimenzije da biste odredili vrijednosti: a, b, c, d, e, f, g, h.

Zadatak 3:



Slika 53

Izračunajte dimenzije a, b, c, d, e, f, g, h koje nedostaju.

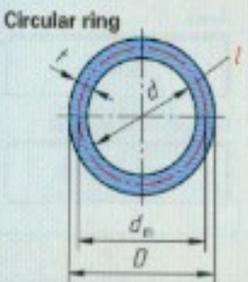
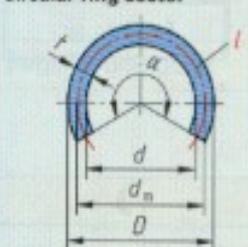
15. Izračunavanje efektivne dužine savijenih oblika

Kada se neki radni komad treba saviti, potrebno je uzeti u obzir radijus odnosno dijametar (prečnik) radnog komada radi izračunavanja. U takvim slučajevima moramo koristiti srednji dijametar radnog komada (d_m) radi izračunavanja. Ovaj d_m se računa kada je vanjski dijametar (D) naveden kao:

$$D_m = D - t$$

Kada je unutrašnji dijametar (d) naveden kao: $d_m = d + t$

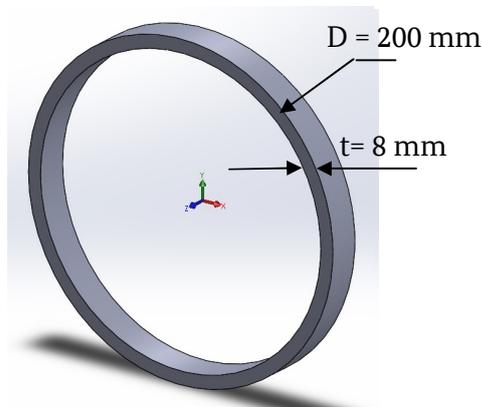
Uporedite ilustracije i formule ispod.

Effective lengths		
 <p>Circular ring</p>	<p>D outside diameter d inside diameter d_m mean diameter t thickness l effective length α angle at center</p>	<p>Effective length of a circular ring</p> $l = \pi \cdot d_m$
 <p>Circular ring sector</p>	<p>Example (circular ring sector):</p> <p>$D = 36 \text{ mm}; t = 4 \text{ mm}; \alpha = 240^\circ; d_m = ?; l = ?$</p> <p>$d_m = D - t = 36 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 32 \text{ mm}$</p> <p>$l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{\pi \cdot 32 \text{ mm} \cdot 240^\circ}{360^\circ} = 67.02 \text{ mm}$</p>	<p>Effective length of a circular ring sector</p> $l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$ <p>Mean diameter</p> $d_m = D - t$ $d_m = d + t$

Slika 54

Primjer:

Od valjanog čelika je potrebno izraditi prsten. $T = 8 \text{ mm}$ i $D = 200 \text{ mm}$ (vanjski dijametar). Izračunajte efektivnu dužinu materijala!



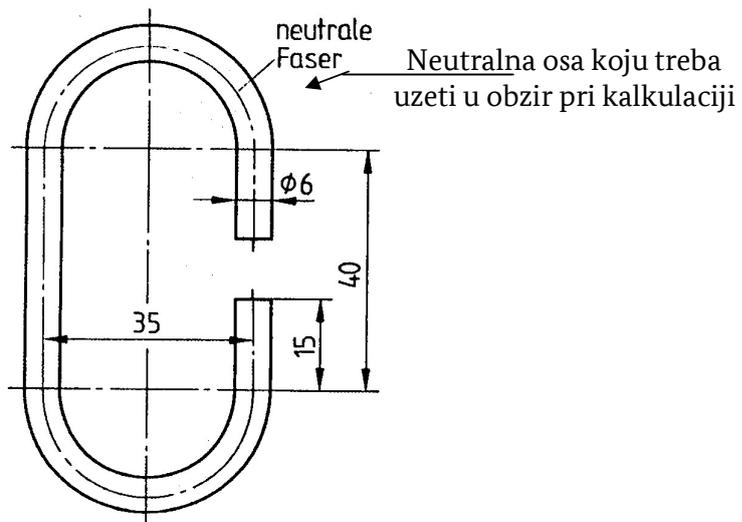
Slika 55

$$d_m = D - t = 200 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = 192 \text{ mm}$$

$$L_{\text{eff}} = \pi \times d_m = 3,1415 \times 192 \text{ mm} = \underline{\underline{603,19 \text{ mm}}}$$

(π iznosi 3,1415)

Zadatak 4:



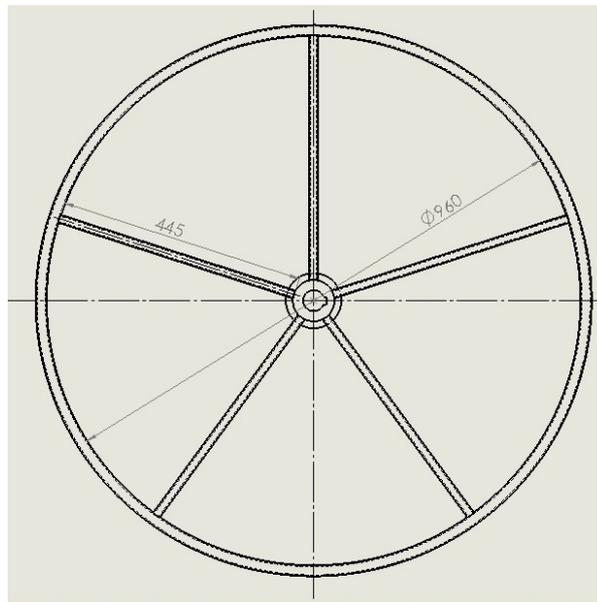
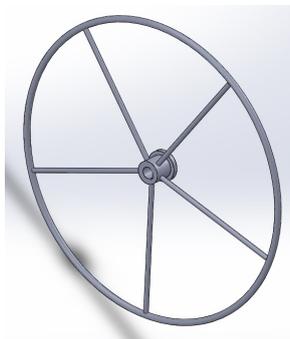
Izračunajte efektivnu dužinu kuke.
Prilikom kalkulacije uzmite u obzir neutralnu osu!

$$= 179,95$$

Slika 56

Zadatak 5:

Izračunajte ukupno potrebni materijal za cijev $\varnothing 20$ mm, debljina zida 5 mm, za ručno kolo.



Slika 57

$$\begin{aligned} dm1 &= 960 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 980 \text{ mm} \\ L1 &= dm1\pi = 980 \text{ mm} \times 3,1415 = 3078,6 \text{ mm} \\ L3 &= 5 \times 445 \text{ mm} = 2225 \text{ mm} \\ dm2 &= 70 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 90 \text{ mm} \\ L2 &= dm2\pi = 282,14 \text{ mm} \\ L &= L1 + L2 + L3 = 5585,81 \text{ mm} \end{aligned}$$

Utvrdjivanje znanja i tehničke tablice

16. Konverzijske tablice – inči u milimetre

Konverzijska tablica 1:

INČI		METRIČKI	INČI		METRIČKI	INČI		METRIČKI
RAZLOMAK	DECIMALA	mm	RAZLOMAK	DECIMALA	mm	RAZLOMAK	DECIMALA	mm
.	0.0039	0.1000	.	0.5512	14.0000	.	1.8898	48.0000
.	0.0079	0.2000	9/16	0.5625	14.2875	.	1.9291	49.0000
.	0.0118	0.3000	.	0.5709	14.5000	.	1.9685	50.0000
1/64	0.0156	0.3969	37/64	0.5781	14.6844	2	2.0000	50.8000
.	0.0157	0.4000	.	0.5906	15.0000	.	2.0079	51.0000
.	0.0197	0.5000	19/32	0.5938	15.0813	.	2.0472	52.0000
.	0.0236	0.6000	39/64	0.6094	15.4781	.	2.0866	53.0000
.	0.0276	0.7000	.	0.6102	15.5000	.	2.1260	54.0000
1/32	0.0313	0.7938	5/8	0.6250	15.8750	.	2.1654	55.0000
.	0.0315	0.8000	.	0.6299	16.0000	.	2.2047	56.0000
.	0.0354	0.9000	41/64	0.6406	16.2719	.	2.2441	57.0000
.	0.0394	1.0000	.	0.6496	16.5000	2 1/4	2.2500	57.1500
.	0.0433	1.1000	21/32	0.6563	16.6688	.	2.2835	58.0000
3/64	0.0469	1.1906	.	0.6693	17.0000	.	2.3228	59.0000
.	0.0472	1.2000	43/64	0.6719	17.0656	.	2.3622	60.0000
.	0.0512	1.3000	11/16	0.6875	17.4625	.	2.4016	61.0000
.	0.0551	1.4000	.	0.6890	17.5000	.	2.4409	62.0000
.	0.0591	1.5000	45/64	0.7031	17.8594	.	2.4803	63.0000
1/16	0.0625	1.5875	.	0.7087	18.0000	2 1/2	2.5000	63.5000
.	0.0630	1.6000	23/32	0.7188	18.2563	.	2.5197	64.0000
.	0.0669	1.7000	.	0.7283	18.5000	.	2.5591	65.0000
.	0.0709	1.8000	47/64	0.7344	18.6531	.	2.5984	66.0000
.	0.0748	1.9000	.	0.7480	19.0000	.	2.6378	67.0000
5/64	0.0781	1.9844	3/4	0.7500	19.0500	.	2.6772	68.0000
.	0.0787	2.0000	49/64	0.7656	19.4469	.	2.7165	69.0000
.	0.0827	2.1000	.	0.7677	19.5000	2 3/4	2.7500	69.8500
.	0.0866	2.2000	25/32	0.7813	19.8438	.	2.7559	70.0000
.	0.0906	2.3000	.	0.7874	20.0000	.	2.7953	71.0000
3/32	0.0938	2.3813	51/64	0.7969	20.2406	.	2.8346	72.0000
.	0.0945	2.4000	.	0.8071	20.5000	.	2.8740	73.0000
.	0.0984	2.5000	13/16	0.8125	20.6375	.	2.9134	74.0000
7/64	0.1094	2.7781	.	0.8268	21.0000	.	2.9528	75.0000
.	0.1181	3.0000	53/64	0.8281	21.0344	.	2.9921	76.0000
1/8	0.1250	3.1750	27/32	0.8438	21.4313	3	3.0000	76.2000
.	0.1378	3.5000	.	0.8465	21.5000	.	3.0315	77.0000
9/64	0.1406	3.5719	55/64	0.8594	21.8281	.	3.0709	78.0000
5/32	0.1563	3.9688	.	0.8661	22.0000	.	3.1102	79.0000

.	0.1575	4.0000	7/8	0.8750	22.2250	.	3.1496	80.0000
11/64	0.1719	4.3656	.	0.8858	22.5000	.	3.1890	81.0000
.	0.1772	4.5000	57/64	0.8906	22.6219	.	3.2283	82.0000
3/16	0.1875	4.7625	.	0.9055	23.0000	.	3.2677	83.0000
.	0.1969	5.0000	29/32	0.9063	23.0188	.	3.3071	84.0000
13/64	0.2031	5.1594	59/64	0.9219	23.4156	.	3.3465	85.0000
.	0.2165	5.5000	.	0.9252	23.5000	.	3.3858	86.0000
7/32	0.2188	5.5563	15/16	0.9375	23.8125	.	3.4252	87.0000
15/64	0.2344	5.9531	.	0.9449	24.0000	.	3.4646	88.0000
.	0.2362	6.0000	61/64	0.9531	24.2094	3 1/2	3.5000	88.9000
1/4	0.2500	6.3500	.	0.9646	24.5000	.	3.5039	89.0000
.	0.2559	6.5000	31/32	0.9688	24.6063	.	3.5433	90.0000
17/64	0.2656	6.7469	.	0.9843	25.0000	.	3.5827	91.0000
.	0.2756	7.0000	63/64	0.9844	25.0031	.	3.6220	92.0000
9/32	0.2813	7.1438	1	1.0000	25.4000	.	3.6614	93.0000
.	0.2953	7.5000	.	1.0039	25.5000	.	3.7008	94.0000
19/64	0.2969	7.5406	.	1.0236	26.0000	.	3.7402	95.0000
5/16	0.3125	7.9375	.	1.0433	26.5000	.	3.7795	96.0000
.	0.3150	8.0000	.	1.0630	27.0000	.	3.8189	97.0000
21/64	0.3281	8.3344	.	1.0827	27.5000	.	3.8583	98.0000
.	0.3346	8.5000	.	1.1024	28.0000	.	3.8976	99.0000
11/32	0.3438	8.7313	.	1.1220	28.5000	.	3.9370	100.0000
.	0.3543	9.0000	.	1.1417	29.0000	4	4.0000	101.6000
23/64	0.3594	9.1281	.	1.1614	29.5000	.	4.3307	110.0000
.	0.3740	9.5000	.	1.1811	30.0000	4 1/2	4.5000	114.3000
3/8	0.3750	9.5250	.	1.2205	31.0000	.	4.7244	120.0000
25/64	0.3906	9.9219	1 ¼	1.2500	31.7500	5	5.0000	127.0000
.	0.3937	10.0000	.	1.2598	32.0000	.	5.1181	130.0000
13/32	0.4063	10.3188	.	1.2992	33.0000	.	5.5118	140.0000
.	0.4134	10.5000	.	1.3386	34.0000	.	5.9055	150.0000
27/64	0.4219	10.7156	.	1.3780	35.0000	6	6.0000	152.4000
.	0.4331	11.0000	.	1.4173	36.0000	.	6.2992	160.0000
7/16	0.4375	11.1125	.	1.4567	37.0000	.	6.6929	170.0000
.	0.4528	11.5000	.	1.4961	38.0000	.	7.0866	180.0000
29/64	0.4531	11.5094	1 ½	1.5000	38.1000	.	7.4803	190.0000
15/32	0.4688	11.9063	.	1.5354	39.0000	.	7.8740	200.0000
.	0.4724	12.0000	.	1.5748	40.0000	8	8.0000	203.2000
31/64	0.4844	12.3031	.	1.6142	41.0000	.	9.8425	250.0000
.	0.4921	12.5000	.	1.6535	42.0000	10	10.0000	254.0000
1/2	0.5000	12.7000	.	1.6929	43.0000	20	20.0000	508.0000
.	0.5118	13.0000	.	1.7323	44.0000	30	30.0000	762.0000
33/64	0.5156	13.0969	1 ¾	1.7500	44.4500	40	40.0000	1016.0000
17/32	0.5313	13.4938	.	1.7717	45.0000	60	60.0000	1524.0000
.	0.5315	13.5000	.	1.8110	46.0000	80	80.0000	2032.0000
35/64	0.5469	13.8906	.	1.8504	47.0000	100	100.0000	2540.0000

**Inches to Millimeter
Conversion Table**

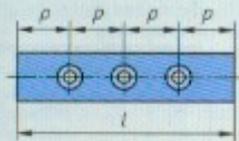
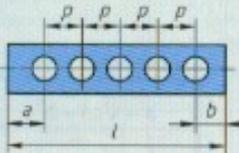
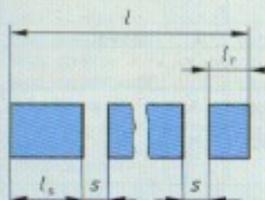
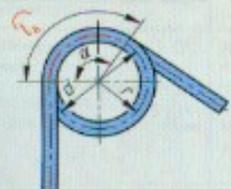
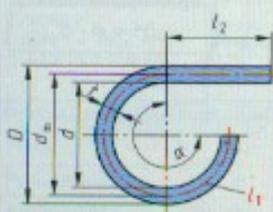
Inches (decimal)	Inches (Fraction)	Millimeters												
0.0625	1/16	1.5875	0.0625	1 1/16	26.9876	2.0625	2 1/16	52.3877	3.0625	3 1/16	77.7878	4.0625	4 1/16	103.1879
0.1250	1/8	3.1750	1.1250	1 1/8	28.5751	2.1250	2 1/8	53.9752	3.1250	3 1/8	79.3753	4.1250	4 1/8	104.7754
0.1875	3/16	4.7625	1.1875	1 3/16	30.1626	2.1875	2 3/16	55.5627	3.1875	3 3/16	80.9628	4.1875	4 3/16	106.3629
0.2500	1/4	6.3500	1.2500	1 1/4	31.7501	2.2500	2 1/4	57.1502	3.2500	3 1/4	82.5503	4.2500	4 1/4	107.9504
0.3125	5/16	7.9375	1.3125	1 5/16	33.3376	2.3125	2 5/16	58.7377	3.3125	3 5/16	84.1378	4.3125	4 5/16	109.5379
0.3750	3/8	9.5250	1.3750	1 3/8	34.9251	2.3750	2 3/8	60.3252	3.3750	3 3/8	85.7253	4.3750	4 3/8	111.1254
0.4375	7/16	11.1125	1.4375	1 7/16	36.5126	2.4375	2 7/16	61.9127	3.4375	3 7/16	87.3128	4.4375	4 7/16	112.7129
0.5000	1/2	12.7001	1.5000	1 1/2	38.1002	2.5000	2 1/2	63.5003	3.5000	3 1/2	88.9004	4.5000	4 1/2	114.3005
0.5625	9/16	14.2876	1.5625	1 9/16	39.6877	2.5625	2 9/16	65.0878	3.5625	3 9/16	90.4879	4.5625	4 9/16	115.8880
0.6250	5/8	15.8751	1.6250	1 5/8	41.2752	2.6250	2 5/8	66.6753	3.6250	3 5/8	92.0754	4.6250	4 5/8	117.4755
0.6875	11/16	17.4626	1.6875	1 11/16	42.8627	2.6875	2 11/16	68.2628	3.6875	3 11/16	93.6629	4.6875	4 11/16	119.0630
0.7500	3/4	19.0501	1.7500	1 3/4	44.4502	2.7500	2 3/4	69.8503	3.7500	3 3/4	95.2504	4.7500	4 3/4	120.6505
0.8125	13/16	20.6376	1.8125	1 13/16	46.0377	2.8125	2 13/16	71.4378	3.8125	3 13/16	96.8379	4.8125	4 13/16	122.2380
0.8750	7/8	22.2251	1.8750	1 7/8	47.6252	2.8750	2 7/8	73.0253	3.8750	3 7/8	98.4254	4.8750	4 7/8	123.8255
0.9375	15/16	23.8126	1.9375	1 15/16	49.2127	2.9375	2 15/16	74.6128	3.9375	3 15/16	100.0129	4.9375	4 15/16	125.4130
1.0000	1	25.4001	2.0000	2	50.8002	3.0000	3	76.2003	4.0000	4	101.6004	5.0000	5	127.0005

Inches (decimal)	Inches (Fraction)	Millimeters												
5.0625	5 1/16	128.5880	6.0625	6 1/16	153.9881	7.0625	7 1/16	179.3882	8.0625	8 1/16	204.7883	9.0625	9 1/16	230.1884
5.1250	5 1/8	130.1755	6.1250	6 1/8	155.5756	7.1250	7 1/8	180.9757	8.1250	8 1/8	206.3758	9.1250	9 1/8	231.7759
5.1875	5 3/16	131.7630	6.1875	6 3/16	157.1631	7.1875	7 3/16	182.5632	8.1875	8 3/16	207.9633	9.1875	9 3/16	233.3634
5.2500	5 1/4	133.3505	6.2500	6 1/4	158.7506	7.2500	7 1/4	184.1507	8.2500	8 1/4	209.5508	9.2500	9 1/4	234.9509
5.3125	5 5/16	134.9380	6.3125	6 5/16	160.3381	7.3125	7 5/16	185.7382	8.3125	8 5/16	211.1383	9.3125	9 5/16	236.5384
5.3750	5 3/8	136.5255	6.3750	6 3/8	161.9256	7.3750	7 3/8	187.3257	8.3750	8 3/8	212.7258	9.3750	9 3/8	238.1259
5.4375	5 7/16	138.1130	6.4375	6 7/16	163.5131	7.4375	7 7/16	188.9132	8.4375	8 7/16	214.3133	9.4375	9 7/16	239.7134
5.5000	5 1/2	139.7006	6.5000	6 1/2	165.1007	7.5000	7 1/2	190.5008	8.5000	8 1/2	215.9009	9.5000	9 1/2	241.3010
5.5625	5 9/16	141.2881	6.5625	6 9/16	166.6882	7.5625	7 9/16	192.0883	8.5625	8 9/16	217.4884	9.5625	9 9/16	242.8885
5.6250	5 5/8	142.8756	6.6250	6 5/8	168.2757	7.6250	7 5/8	193.6758	8.6250	8 5/8	219.0759	9.6250	9 5/8	244.4760
5.6875	5 11/16	144.4631	6.6875	6 11/16	169.8632	7.6875	7 11/16	195.2633	8.6875	8 11/16	220.6634	9.6875	9 11/16	246.0635
5.7500	5 3/4	146.0506	6.7500	6 3/4	171.4507	7.7500	7 3/4	196.8508	8.7500	8 3/4	222.2509	9.7500	9 3/4	247.6510
5.8125	5 13/16	147.6381	6.8125	6 13/16	173.0382	7.8125	7 13/16	198.4383	8.8125	8 13/16	223.8384	9.8125	9 13/16	249.2385
5.8750	5 7/8	149.2256	6.8750	6 7/8	174.6257	7.8750	7 7/8	200.0258	8.8750	8 7/8	225.4259	9.8750	9 7/8	250.8260
5.9375	5 15/16	150.8131	6.9375	6 15/16	176.2132	7.9375	7 15/16	201.6133	8.9375	8 15/16	227.0134	9.9375	9 15/16	252.4135
6.0000	6	152.4006	7.0000	7	177.8007	8.0000	8	203.2008	9.0000	9	228.6009	10.0000	10	254.0010

Inches (decimal)	Inches (Fraction)	Millimeters												
10.0625	10 1/16	255.5885	11.0625	11 1/16	280.9886	12.0625	12 1/16	306.3887	13.0625	13 1/16	331.7888	14.0625	14 1/16	357.1889
10.1250	10 1/8	257.1760	11.1250	11 1/8	282.5761	12.1250	12 1/8	307.9762	13.1250	13 1/8	333.3763	14.1250	14 1/8	358.7764
10.1875	10 3/16	258.7635	11.1875	11 3/16	284.1636	12.1875	12 3/16	309.5637	13.1875	13 3/16	334.9638	14.1875	14 3/16	360.3639
10.2500	10 1/4	260.3510	11.2500	11 1/4	285.7511	12.2500	12 1/4	311.1512	13.2500	13 1/4	336.5513	14.2500	14 1/4	361.9514
10.3125	10 5/16	261.9385	11.3125	11 5/16	287.3386	12.3125	12 5/16	312.7387	13.3125	13 5/16	338.1388	14.3125	14 5/16	363.5389
10.3750	10 3/8	263.5260	11.3750	11 3/8	288.9261	12.3750	12 3/8	314.3262	13.3750	13 3/8	339.7263	14.3750	14 3/8	365.1264
10.4375	10 7/16	265.1135	11.4375	11 7/16	290.5136	12.4375	12 7/16	315.9137	13.4375	13 7/16	341.3138	14.4375	14 7/16	366.7139
10.5000	10 1/2	266.7010	11.5000	11 1/2	292.1012	12.5000	12 1/2	317.5013	13.5000	13 1/2	342.9014	14.5000	14 1/2	368.3015
10.5625	10 9/16	268.2886	11.5625	11 9/16	293.6887	12.5625	12 9/16	319.0888	13.5625	13 9/16	344.4889	14.5625	14 9/16	369.8890
10.6250	10 5/8	269.8761	11.6250	11 5/8	295.2762	12.6250	12 5/8	320.6763	13.6250	13 5/8	346.0764	14.6250	14 5/8	371.4765
10.6875	10 11/16	271.4636	11.6875	11 11/16	296.8637	12.6875	12 11/16	322.2638	13.6875	13 11/16	347.6639	14.6875	14 11/16	373.0640
10.7500	10 3/4	273.0511	11.7500	11 3/4	298.4512	12.7500	12 3/4	323.8513	13.7500	13 3/4	349.2514	14.7500	14 3/4	374.6515
10.8125	10 13/16	274.6386	11.8125	11 13/16	300.0387	12.8125	12 13/16	325.4388	13.8125	13 13/16	350.8389	14.8125	14 13/16	376.2386
10.8750	10 7/8	276.2261	11.8750	11 7/8	301.6262	12.8750	12 7/8	327.0263	13.8750	13 7/8	352.4264	14.8750	14 7/8	377.8265
10.9375	10 15/16	277.8136	11.9375	11 15/16	303.2137	12.9375	12 15/16	328.6138	13.9375	13 15/16	354.0139	14.9375	14 15/16	379.4140
11.0000	11	279.4011	12.0000	12	304.8012	13.0000	13	330.2013	14.0000	14	355.6014	15.0000	15	381.0015

Inches (decimal)	Inches (Fraction)	Millimeters												
15.0625	15 1/16	382.5890	16.0625	16 1/16	407.9891	17.0625	17 1/16	433.3892	18.0625	18 1/16	458.7893	19.0625	19 1/16	484.1894
15.1250	15 1/8	384.1765	16.1250	16 1/8	409.5766	17.1250	17 1/8	434.9767	18.1250	18 1/8	460.3768	19.1250	19 1/8	485.7769
15.1875	15 3/16	385.7640	16.1875	16 3/16	411.1641	17.1875	17 3/16	436.5642	18.1875	18 3/16	461.9643	19.1875	19 3/16	487.3644
15.2500	15 1/4	387.3515	16.2500	16 1/4	412.7516	17.2500	17 1/4	438.1517	18.2500	18 1/4	463.5518	19.2500	19 1/4	488.9519
15.3125	15 5/16	388.9390	16.3125	16 5/16	414.3391	17.3125	17 5/16	439.7392	18.3125	18 5/16	465.1393	19.3125	19 5/16	490.5394
15.3750	15 3/8	390.5265	16.3750	16 3/8	415.9266	17.3750	17 3/8	441.3267	18.3750	18 3/8	466.7268	19.3750	19 3/8	492.1269
15.4375	15 7/16	392.1140	16.4375	16 7/16	417.5141	17.4375	17 7/16	442.9142	18.4375	18 7/16	468.3143	19.4375	19 7/16	493.7144
15.5000	15 1/2	393.7016	16.5000	16 1/2	419.1017	17.5000	17 1/2	444.5018	18.5000	18 1/2	469.9019	19.5000	19 1/2	495.3020
15.5625	15 9/16	395.2891	16.5625	16 9/16	420.6892	17.5625	17 9/16	446.0893	18.5625	18 9/16	471.4894	19.5625	19 9/16	496.8895
15.6250	15 5/8	396.8766	16.6250	16 5/8	422.2767	17.6250	17 5/8	447.6768	18.6250	18 5/8	473.0769	19.6250	19 5/8	498.4770
15.6875	15 11/16	398.4641	16.6875	16 11/16	423.8642	17.6875	17 11/16	449.2643	18.6875	18 11/16	474.6644	19.6875	19 11/16	500.0645
15.7500	15 3/4	400.0516	16.7500	16 3/4	425.4517	17.7500	17 3/4	450.8518	18.7500	18 3/4	476.2519	19.7500	19 3/4	501.6520
15.8125	15 13/16	401.6391	16.8125	16 13/16	427.0392	17.8125	17 13/16	452.4393	18.8125	18 13/16	477.8394	19.8125	19 13/16	503.2395
15.8750	15 7/8	403.2266	16.8750	16 7/8	428.6267	17.8750	17 7/8	454.0268	18.8750	18 7/8	479.4269	19.8750	19 7/8	504.8270
15.9375	15 15/16	404.8141	16.9375	16 15/16	430.2142	17.9375	17 15/16	455.6143	18.9375	18 15/16	481.0144	19.9375	19 15/16	506.4145
16.0000	16	406.4016	17.0000	17	431.8017	18.0000	18	457.2018	19.0000	19	482.6019			

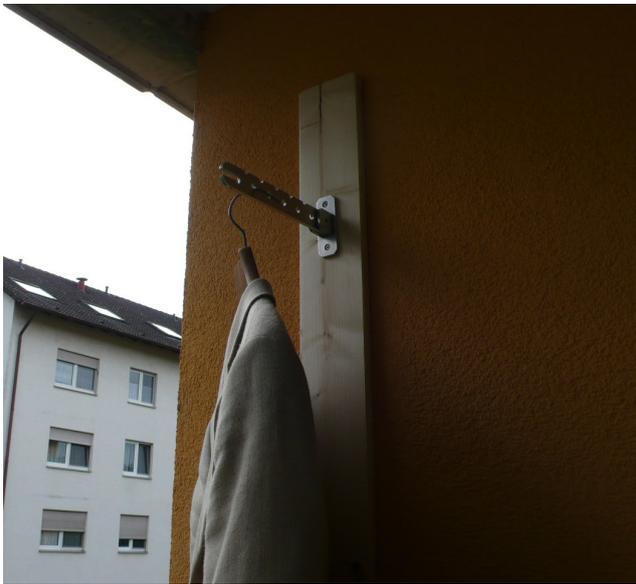
17. Tehničke tablice/ formule za dužinu luka, dužina kompozitnog materijala

Division of lengths, Arc length, Composite length		
Sub-dividing lengths		
<p>Edge distance = spacing</p> 	<p>l total length n number of holes p spacing</p> <p>Example: $l = 2 \text{ m}; n = 24 \text{ holes}; p = ?$ $p = \frac{l}{n+1} = \frac{2000 \text{ mm}}{24+1} = 80 \text{ mm}$</p>	<p>Spacing</p> $p = \frac{l}{n+1}$
<p>Edge distance \neq spacing</p> 	<p>l total length n number of holes p spacing a, b edge distances</p> <p>Example: $l = 1950 \text{ mm}; a = 100 \text{ mm}; b = 50 \text{ mm};$ $n = 25 \text{ holes}; p = ?$ $p = \frac{l - (a + b)}{n - 1} = \frac{1950 \text{ mm} - 150 \text{ mm}}{25 - 1} = 75 \text{ mm}$</p>	<p>Spacing</p> $p = \frac{l - (a + b)}{n - 1}$
<p>Subdividing into pieces</p> 	<p>l bar length s saw cutting width z number of pieces l_r remaining length l_s piece length</p> <p>Example: $l = 6000 \text{ mm}; s = 230 \text{ mm}; s = 1.2 \text{ mm}; z = ?; l_r = ?$ $z = \frac{l}{l_s + s} = \frac{6000 \text{ mm}}{230 \text{ mm} + 1.2 \text{ mm}} = 25.95 = 25 \text{ pieces}$ $l_r = l - z \cdot (l_s + s) = 6000 \text{ mm} - 25 \cdot (230 \text{ mm} + 1.2 \text{ mm}) = 220 \text{ mm}$</p>	<p>Number of pieces</p> $z = \frac{l}{l_s + s}$ <p>Remaining length</p> $l_r = l - z \cdot (l_s + s)$
Arc length		
<p>Example: Torsion spring</p> 	<p>l_a arc length α angle at center r radius d diameter</p> <p>Example: $r = 36 \text{ mm}; \alpha = 120^\circ; l_a = ?$ $l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 36 \text{ mm} \cdot 120^\circ}{180^\circ} = 75.36 \text{ mm}$</p>	<p>Arc length</p> $l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$ $l_a = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$
Composite length		
	<p>D outside diameter d inside diameter d_m mean diameter t thickness l_1, l_2 section lengths L composite length α angle at center</p> <p>Example (composite length, picture left): $D = 360 \text{ mm}; t = 5 \text{ mm}; \alpha = 270^\circ; l_2 = 70 \text{ mm};$ $d_m = ?; L = ?$ $d_m = D - t = 360 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 355 \text{ mm}$ $L = l_1 + l_2 = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360} + l_2$ $= \frac{\pi \cdot 355 \text{ mm} \cdot 270^\circ}{360} + 70 \text{ mm} = 906.45 \text{ mm}$</p>	<p>Composite length</p> $L = l_1 + l_2 + \dots$

Slika 59

Ishod učenja 5: Obavljanje projektnog rada

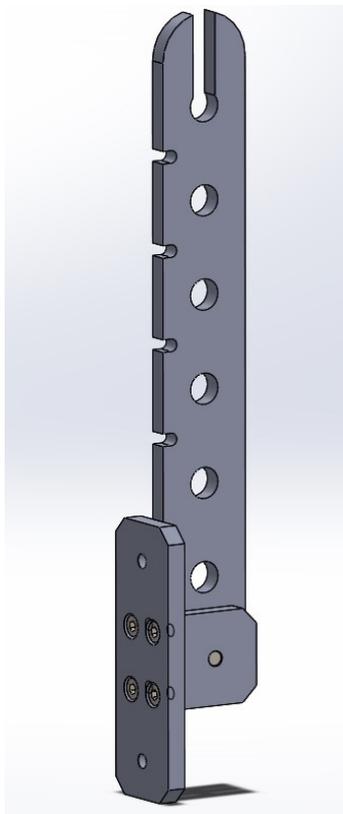
18. Projektni rad: Kuka za vješanje odjeće



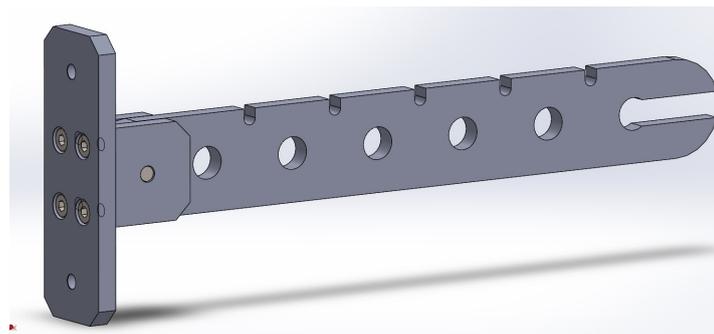
Slika 60

Kuka za vješanje odjeće je prilično koristan dodatak vašem domu i može se pričvrstiti na zid izvan doma da bi se vješala i provjetrala odjeća na način prikazan na slici pored. U isto vrijeme ovaj zadatak sadrži dosta označavanja i uključuje sav alat za označavanje poput čeličnog linijara, ugaonika, razdjelnika, Vernierovog visinskog mjerila i kao takav predstavlja odgovarajući zadatak za ovu jedinicu. Nakon proizvodnje, sve dimenzije se moraju provjeriti prema tehničkom crtežu uz upotrebu različitih vrsta mjernih instrumenata. Najbolje je kuku izraditi od aluminija da bi se izbjegla korozija. Ukoliko se izrađuje od čelika, trebao obratiti pažnju na sprečavanje hrđanja.

Kuka za vješanje odjeće, podignuti položaj



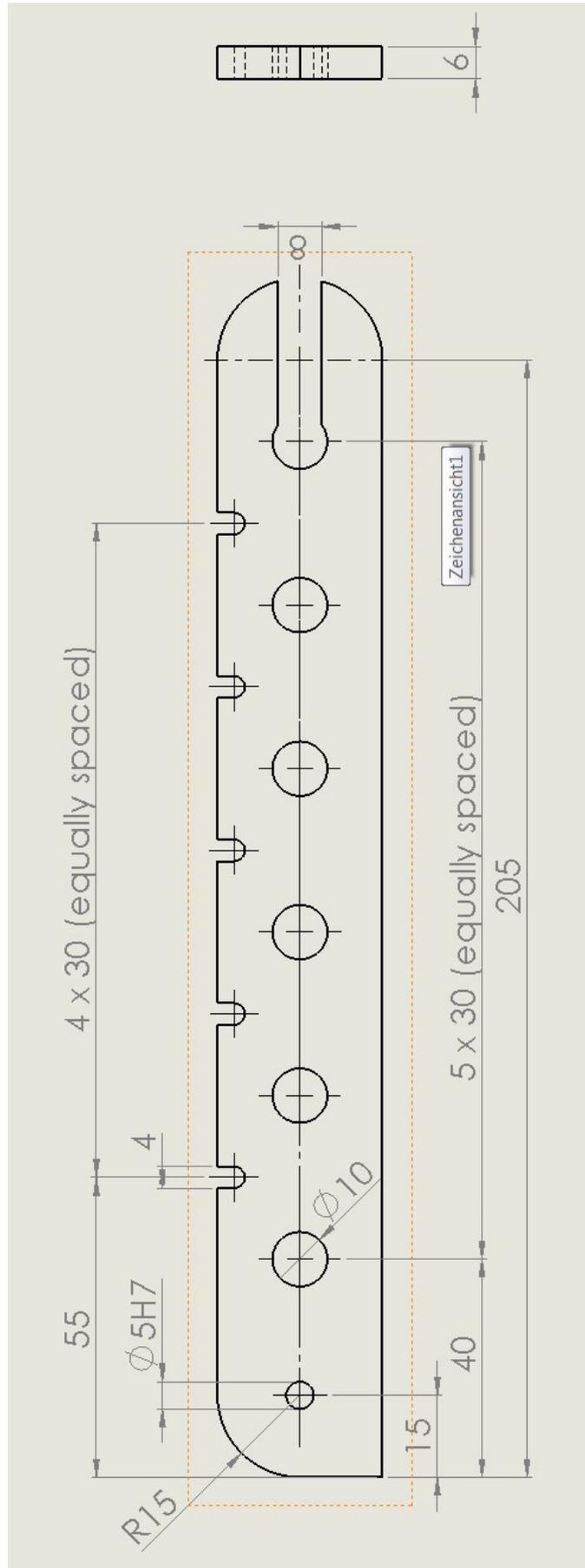
Kuka za vješanje odjeće, spuštenu položaj



Slika 61

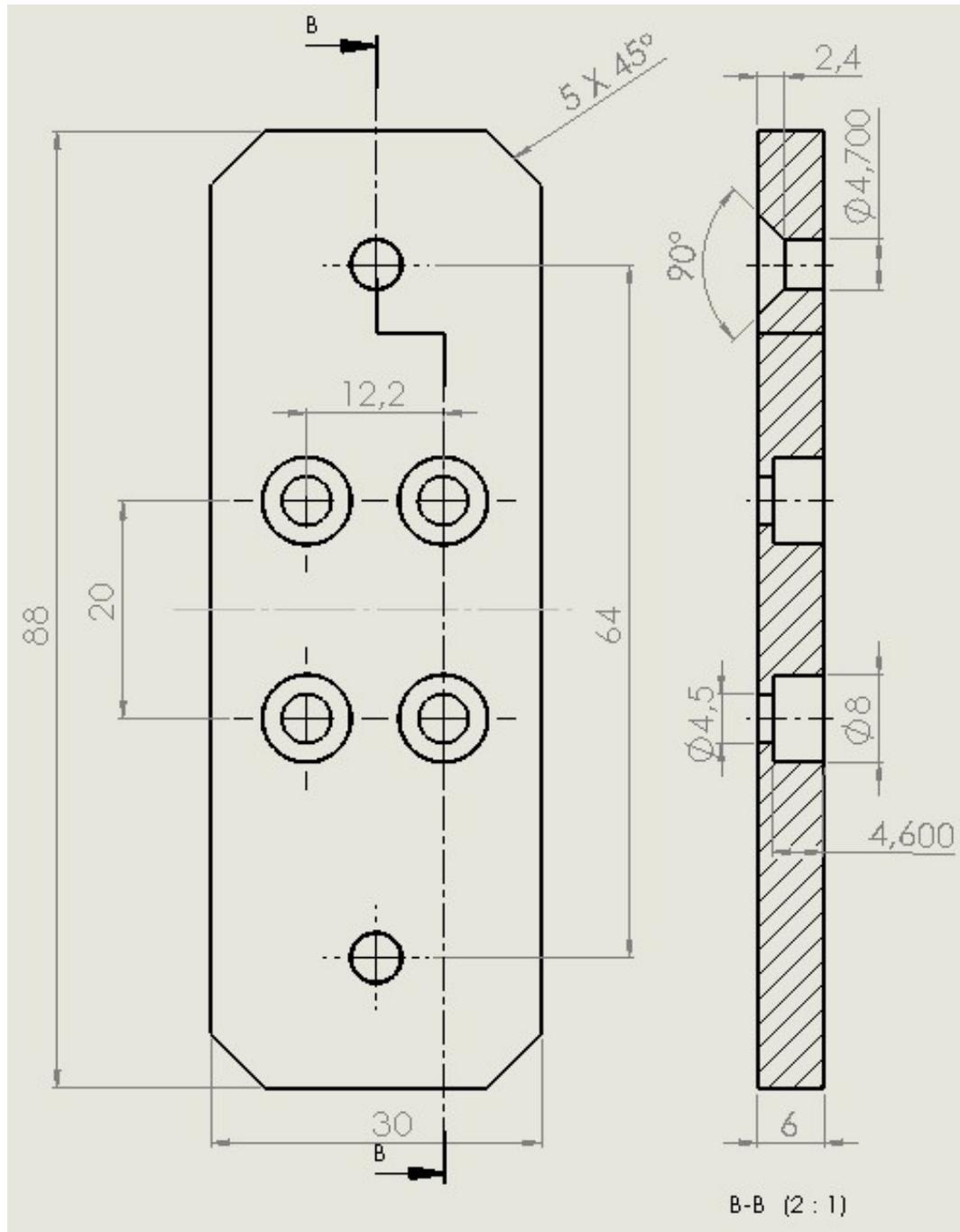
Tehnički crteži za kuku za vješanje odjeće

1. Kuka



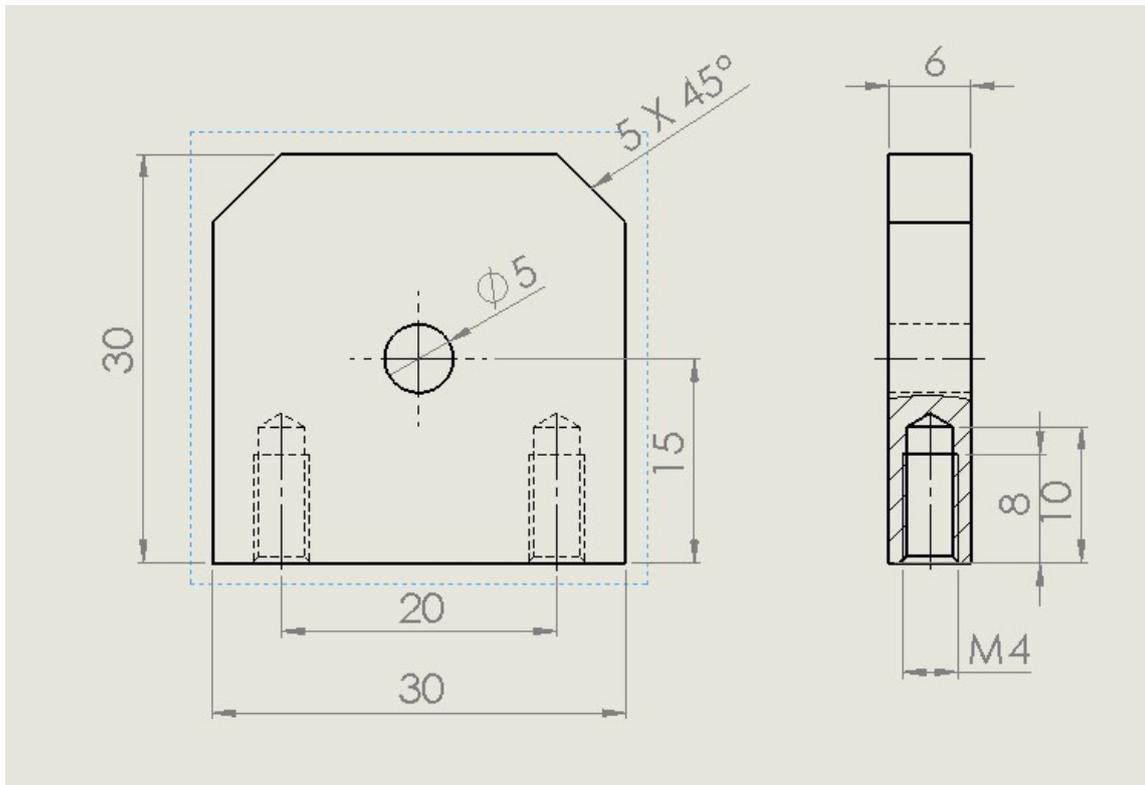
Slika 62

2. Osnovna ploča



Slika 63

3. Limena vodilica



Slika 64

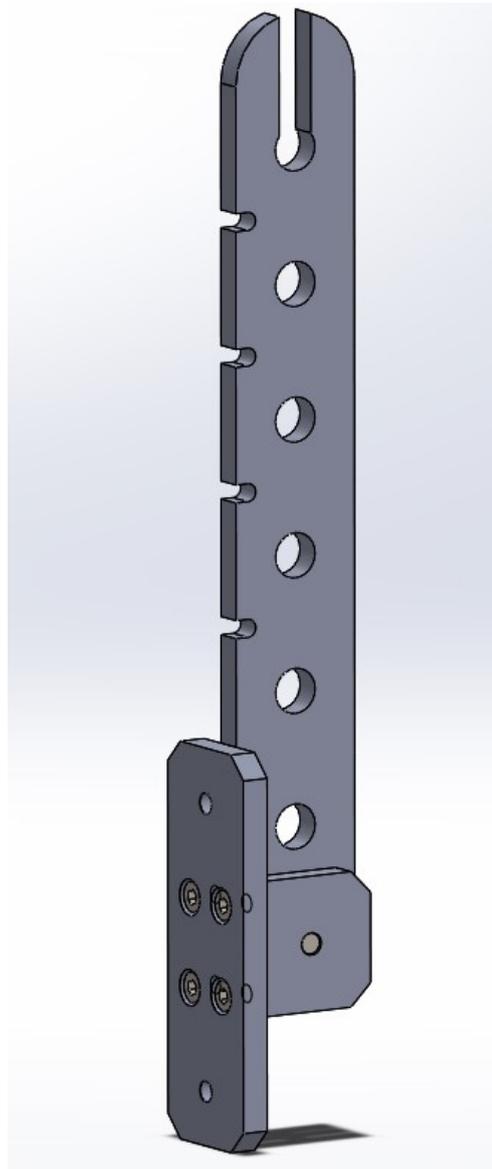
Nakon izrade svih dijelova potrebno je provjeriti sve dimenzije. Upotrijebiti Vernierovo pomično mjerilo (šubler), naročito za mjerenje udaljenosti rupa od centra do centra. Za montažu su potrebni sljedeći pričvršćivači:

Količina	Opis
1	Zakovica $\text{Ø} 5 \text{ m } 6 \times 18$, ISO 8734
4	Imbus vijak s upuštenom glavom, M4 x 8, ISO4762
2	Upušteni drveni vijci $\text{Ø} 4 \times 30$ i odgovarajući klinovi

Zadatak konstruisanja: (Grupni rad)

Kuka za vješanje odjeće ima dva položaja: podignuti i spuštenu (uporedite slike na strani 30).

No, postoji nedostatak – u podignutom položaju bi mogla pasti jer ne postoji kvaka da je drži u tom položaju. Razgovarajte u grupama o tome kako se dizajn može promijeniti da kuka bude osigurana kada je u podignutom položaju. Nakon što dođete do nekog rješenja, promijenite dizajn i predstavite svoje rezultate ostalima.



Slika 65

19. Popis slika

Br.	Izvor
Slika 1	Fotografija autora
Slika 2	Fotografija autora
Slika 3	Units & measurements cool-info.co.uk - Google.com/search
Slika 4	Standard imperial units of length measures in Greenwich, London ...en.wikipedia.com
Slika 5	Das Ur-Meter in Paris – blikk.it - Google.com/search
Slika 6	BIMP – SI – Base units
Slika 7	Crtež autora
Slika 8	https://www.linear-tools.com Google.com/search
Slika 9	https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Vernier_Caliper_150mm.svg Google.com/search
Slika 10	https://slideplayer.com/slide/8162070/ Google.com/search
Slika 11	https://hardwaredepot.co.nz/product/lufkin-stainless-steel-rule-150mm/ Google.com/search
Slika 12	https://www.keyclampstore.com/stanley-pocket-tape-measure-3m-5m-10m
Slika 13	https://www.stanleytools.com/products/hand-tools/tape-measures/fatmax
Slika 14	https://www.messschieber-24.com/messschieber-150-mm
Slika 15	https://www.helios-preisser.com/en/Products/Metrology/Calipers/Depth-gauge/
Slika 16	https://www.wabeco-remscheid.de/catalog/product/view/id/6561/s/.
Slika 17	https://www.bautec-hoefer.de/Inside-micrometers-w-Measuring-jaws
Slika 18	https://www.shakedeal.com/ajanta/measuring-layout-tools-testing...
Slika 19	bakergauges.com/product-showcase/micrometers
Slika 20	https://geek.hr/e-kako/drustvo/koristiti-pomicno-mjerilo/
Slika 21	https://www.meusburger.com/SR/RS/radionicka-oprema/measuring-equipment/micrometres/external-micrometres/mbd-50002
Slika 22	https://metal-kovis.hr/shop/cijena/subitor-digitalni-50-100-mm-insize
Slika 23	https://metal-kovis.hr/shop/cijena/digitalni-dubinomjer-0-150-mm-insize
Slika 24	Dobler H.D., Doll W., Fischer U., Günter W., Heinzler M., Ignatiwitz Dr. E., Vetter R.; Europa Fachkunde Metall, (2003); Verlag Europa Lehrmittel; str.18
Slika 25	Dobler H.D., Doll W., Fischer U., Günter W., Heinzler M., Ignatiwitz Dr. E., Vetter R.; Europa Fachkunde Metall, (2003); Verlag Europa Lehrmittel; str.18
Slika 26	www.vogel-germany.de - Messwerkzeuge
Slika 27	https://www.indiamart.com/proddetail/plain-plug-gauge-13737735448.html
Slika 28	https://www.starrett.com/caliper
Slika 29	https://www.chronos.ltd.uk/product/combined-screw-pitch-gauge-metric-whitworth/
Slika 30	www.hoffmann-group.com/DE/de/hom/Messtechnik/Lehren/Formlehren/Radienlehre,-rostfreier-Stahl
Slika 31	Master Metrology Thread Plug Gauge, M8x1.25-6H Google.com/search
Slika 32	https://www.moglix.com/yuzuki-go-and-not-go-6g-thread-ring-gauge-m20x150/mp/msn2vow4q2b581
Slika 33	https://www.helios-preisser.com Messuhren
Slika 34	https://www.helios-preisser.com Messuhren
Slika 35	http://hebeplattform.blogspot.com/2017/01/rundlauf-messuhr.html

- Slika 36 <https://horst-benzing.de/DE:Messgeraete-Rundlauf.asp>
- Slika 37 <https://www.dictum.com/de/messsschieber-und-mikrometer-baic/analoger-messsschieber->
- Slika 38 <https://www.msdirect.com/basicsof/outside-micrometers>
- Slika 39 <https://www.messwerkzeug.org/ablesung-des-nonijs-beim-universal-winkelmesser.html>
- Slika 40 <https://pdfslide.tips/documents/jus-m-a1-240-tolerancije-oblika-definicije-i-primjeri-mjerenja.html>
- Slika 41 <https://pdfslide.tips/documents/jus-m-a1-240-tolerancije-oblika-definicije-i-primjeri-mjerenja.html>
- Slika 42 [doc/251571752/TNovačić-4rtB-Ref-Automatizacija-Mjernih-i-Ispitnih-Sustava](https://www.mscdirect.com/doc/251571752/TNovačić-4rtB-Ref-Automatizacija-Mjernih-i-Ispitnih-Sustava)
- Slika 43 <https://pdfslide.tips/documents/jus-m-a1-240-tolerancije-oblika-definicije-i-primjeri-mjerenja.html>
- Slika 44 <https://pdfslide.tips/documents/jus-m-a1-240-tolerancije-oblika-definicije-i-primjeri-mjerenja.html>
- Slika 45 <https://pdfslide.tips/documents/jus-m-a1-240-tolerancije-oblika-definicije-i-primjeri-mjerenja.html>
- Slika 46 <https://pdfslide.tips/documents/jus-m-a1-240-tolerancije-oblika-definicije-i-primjeri-mjerenja.html>
- Slika 47 https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frepozitorij.unin.hr%2Fislandora%2Fobject%2Ffunin%253A1412%2Fdatastream%2FPDF%2Fview&psig=AOvVaw0_OXn6BL2IHRebrhqp3ze&ust=1604428878729000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCPDAm8LB5OwCFQAAAAAdAAAAABAD
- Slika 48 https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frepozitorij.unin.hr%2Fislandora%2Fobject%2Ffunin%253A1412%2Fdatastream%2FPDF%2Fview&psig=AOvVaw0_OXn6BL2IHRebrhqp3ze&ust=1604428878729000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCPDAm8LB5OwCFQAAAAAdAAAAABAD
- Slika 49 https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frepozitorij.unin.hr%2Fislandora%2Fobject%2Ffunin%253A1412%2Fdatastream%2FPDF%2Fview&psig=AOvVaw0_OXn6BL2IHRebrhqp3ze&ust=1604428878729000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCPDAm8LB5OwCFQAAAAAdAAAAABAD
- Slika 50 https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_8554/objava_30673/fajlovi/senzori1.pdf
- Slika 51 Crtež autora
- Slika 52 Hamm; Burk; Technische Mathematik für KFZ-Berufe; Holland und Josenhans Verlag (1990) str.32
- Slika 53 Hamm; Burk; Technische Mathematik für KFZ-Berufe; Holland und Josenhans Verlag (1990) str.32
- Slika 54 U.Fischer, M.Heinzler, F.Näher, H, Paetzold, R.Gomeringer, R.Kilgus, S.Oesterle, A. Stephan; (2012) Mechanical and Metal Trades Handbook; Verlag Europa Lehrmittel; str. 21
- Slika 55 Crtež autora
- Slika 56 Crtež autora
- Slika 57 Crtež autora
- Slika 58 <https://www.pinterest.de/pin/493496071667708174/>
- Slika 59 U.Fischer, M.Heinzler, F.Näher, H, Paetzold, R.Gomeringer, R.Kilgus, S.Oesterle, A. Stephan; (2012) Mechanical and Metal Trades Handbook; Verlag Europa Lehrmittel; p. 20
- Slika 60 Fotografija autora
- Slika 61 Crtež autora
- Slika 62 Crtež autora
- Slika 63 Crtež autora
- Slika 64 Crtež autora
- Slika 65 Crtež autora

20. Popis tabela

Tabela	Opis	Izvor
T1	Konverzija inča u milimetre	https://www.pinterest.de/pin/493496071667708174/
T2	Konverzija inča u milimetre	https://www.pinterest.de/pin/493496071667708174/

21. Literatura

Br.	Opis
1	Dobler H.D., Doll W., Fischer U., Günter W., Heinzler M., Ignatiwitz Dr. E., Vetter R.; Europa Fachkunde Metall, (2003); Verlag Europa Lehrmittel;
2	Hamm; Burk; Technische Mathematik für KFZ-Berufe; Holland und Josenhans Verlag (1990)
3	U.Fischer, M.Heinzler, F.Näher, H, Paetzold, R.Gomeringer, R.Kilgus, S.Oesterle, A. Stephan; (2012) Mechanical and Metal Trades Handbook; Verlag Europa Lehrmittel;