



# UJEMI

## V poglavju Ujemi bomo spoznali:

- pojme ujem, ohlap in nadmera,
- vrste ujemov: ohlapni, vmesni in tesni ujem, jih s skicami prikazali, jih določali in skicirali,
- sistema ujemov: sistem enotne luknje in sistem enotnega čepa,
- priporočila ISO za izbiro ujemov v splošnem strojništvu in standard za odčitavanje odstopkov priporočenih ujemov,
- predpise za označevanje ujemov na sestavnih risbah in ujeme bomo označevali.

## CILJI

- Poznamo pojme ujem, ohlap, nadmera, jih znamo pojasniti in za določeno toleranco zunanje in notranje mere določiti najmanjši in največji ohlap oziroma nadmero.
- Poznamo vrste ujemov, jih znamo pojasniti, in prepoznamo vrsto ujema za določen zapis ujema.
- Znamo pojasniti sistem enotne izvrtine in enotnega čepa ter prepoznamo, po katerem sistemu je bil ujem določen.
- Poznamo splošne smernice za izbiro ujemov; znamo pojasniti prednostne ujeme, prednostne stopnje in iz preglednic odčitati največji ohlap oziroma nadmero, prepoznamo vrsto ujema in sklepamo o uporabi določenega ujema.
- Znamo ujem pravilno zapisati na sestavni risbi ter zapisan ujem na sestavni risbi prepoznamo.

Ujem je skladnost, dobljena iz razlike med merama dveh združenih strojnih delov. Združena strojna dela imata enako imensko mero in različno toleranco. Glede na to lahko med njima nastane ohlap ali nadmera.

- **Ohlap** ( $O$ ) je pozitivna razlika med mero luknje ( $D$ ) in mero čepa ( $d$ ).

$$O = D - d$$

pri tem je:

$$D > d$$

Glede na lego in velikost tolerančnega polja notranje in zunanje mere je ohlap znotraj mejnih vrednosti:

- **najmanjši ohlap:**

$$O_{min} = D_{min} - d_{maks}$$

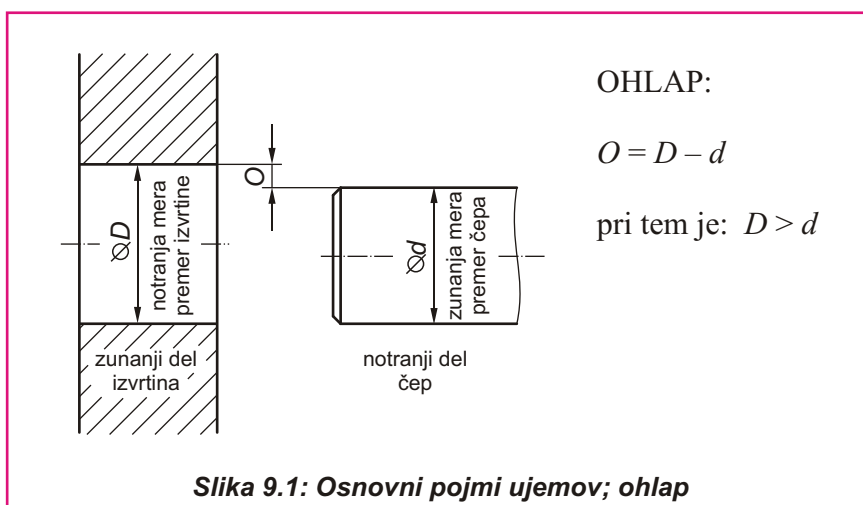
- **največji ohlap:**

$$O_{maks} = D_{maks} - d_{min}$$

## 9.1 OSNOVNI POJMI

Ujem je skladnost, dobljena iz razlike med dvema merama dveh sestavljenih strojnih elementov (npr. luknja in čep). Če smo tolerance predpisovali strojnim delom na delavniških risbah, podajamo ujeme na sestavnih risbah, ki so namenjene montaži. Dva strojna dela, ki tvorita ujem, imata enako imensko mero in različni toleranci. Glede na toleranco lahko med sestavljema deloma nastopi ohlap ali nadmera.

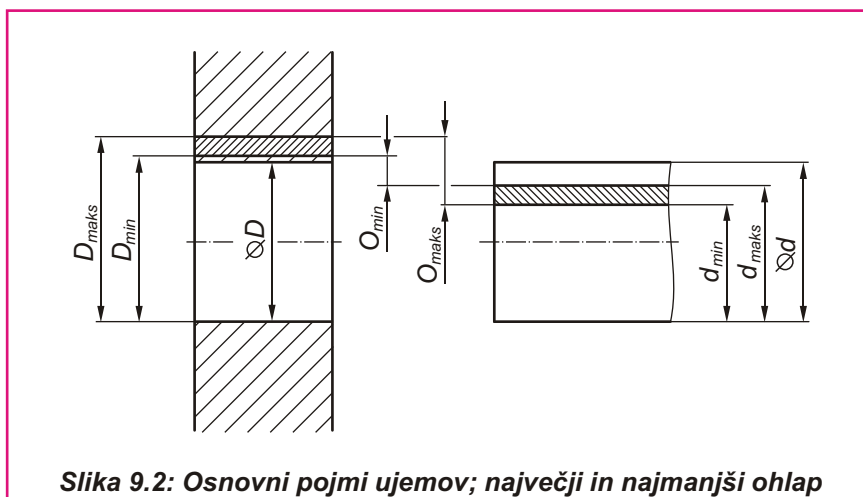
- **Ohlap** je pozitivna razlika med dejansko notranjo mero na zunanjem delu (premer izvrtine) in dejansko zunanjo mero na notranjem delu (premer čepa). Pri tem je vedno notranja mero (premer izvrtine  $D$ ) večja od zunanje mere (premer čepa  $d$ ).



Slika 9.1: Osnovni pojmi ujemov; ohlap

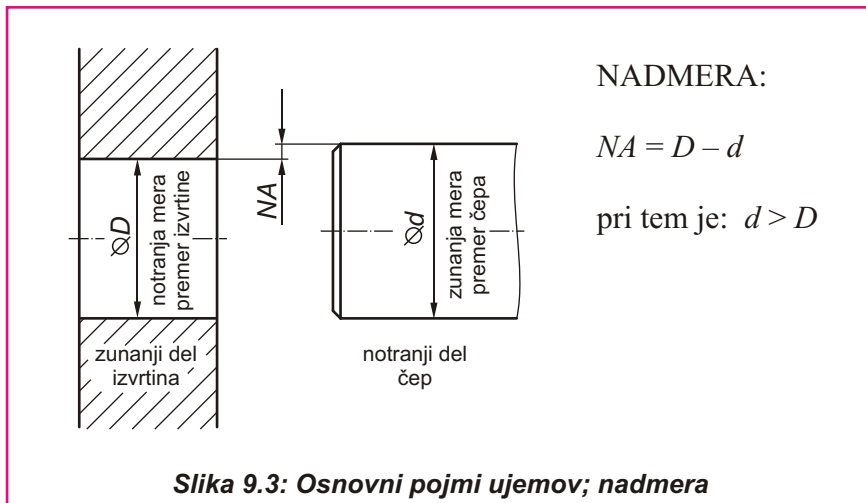
Glede na lego in velikost tolerančnega polja zunanje in notranje mere, ki določata mejni meri obeh delov, je lahko ohlap znotraj najmanjše in največje vrednosti.

- **Najmanjši ohlap** ( $O_{min}$ ) je pozitivna razlika med najmanjšo notranjo mero (najmanjša mero luknje  $D_{min}$ ) in največjo zunanjo mero (največja mero čepa  $d_{maks}$ ).
- **Največji ohlap** ( $O_{maks}$ ) je pozitivna razlika med največjo notranjo mero (največja mero luknje  $D_{maks}$ ) in najmanjšo zunanjo mero (najmanjša mero čepa  $d_{min}$ ).



Slika 9.2: Osnovni pojmi ujemov; največji in najmanjši ohlap

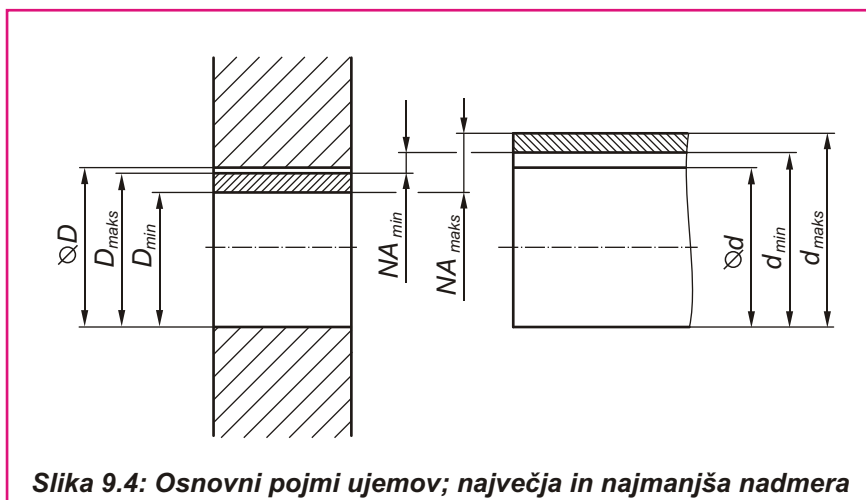
- **Nadmera** je negativna razlika med dejansko notranjo mero na zunanjem delu (premer izvrtine) in dejansko zunanjo mero na notranjem delu (premer čepa). Pri tem je vedno notranja mero (premer izvrtine  $D$ ) manjša od zunanje mere (premer čepa  $d$ ).



Slika 9.3: Osnovni pojmi ujemov; nadmera

Glede na lego in velikost tolerančnega polja zunanje in notranje mere, ki določata mejni meri obeh delov, je lahko nadmera znotraj najmanjše in največje vrednosti.

- **Najmanjša nadmera** ( $NA_{min}$ ) je negativna razlika med največjo notranjo mero (največja mero luknje  $D_{maks}$ ) in najmanjšo zunanjo mero (najmanjša mero čepa  $d_{min}$ ).
- **Največja nadmera** ( $NA_{maks}$ ) je negativna razlika med najmanjšo notranjo mero (najmanjša mero luknje  $D_{min}$ ) in največjo zunanjo mero (največja mero čepa  $d_{maks}$ ).



Slika 9.4: Osnovni pojmi ujemov; največja in najmanjša nadmera

## 9.2 VRSTE UJEMOV

Ločimo tri vrste ujemov: ohlapni, vmesni ali prehodni in tesni. Kateri ujem dobimo pri sestavi dveh strojnih delov, je odvisno od predpisanih toleranc in razlike dejanskih mer.

- **Nadmera** ( $NA$ ) je negativna razlika med mero luknje ( $D$ ) in mero čepa ( $d$ ).

$$NA = D - d$$

pri tem je:

$$d > D$$

Glede na lego in velikost tolerančnega polja notranje in zunanje mere je nadmera znotraj mejnih vrednosti:

- **najmanjša nadmera:**

$$NA_{min} = D_{maks} - d_{min}$$

- **največja nadmera:**

$$NA_{maks} = D_{min} - d_{maks}$$

Ohlapni ujem nastane med strojnima deloma, katerih tolerančno polje je izbrano tako, da leži tolerančno polje notranje mere (izvrtine) nad tolerančnim poljem zunanje mere (čepa).

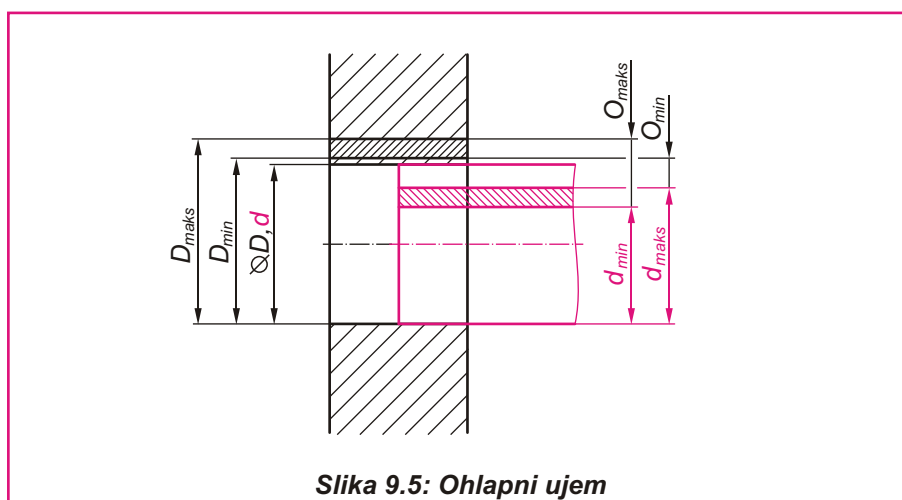
Dela, med katerima nastopa ohlapni ujem, lahko sestavimo brez sile in se prosto gibljeta drug proti drugemu.

Tesni ujem nastane med strojnima deloma, katerih tolerančno polje je izbrano tako, da leži tolerančno polje zunanje mere (čepa) nad tolerančnim poljem notranje mere (izvrtine).

Delov, med katerima nastopa tesni ujem, ne moremo sestaviti brez sile. Z uporabo sile dela deformiramo, da ju je mogoče sestaviti. Če med sestavljenima deloma nastopa tesni ujem, dela nista gibljiva drug proti drugemu.

### 9.2.1 Ohlapni ujem

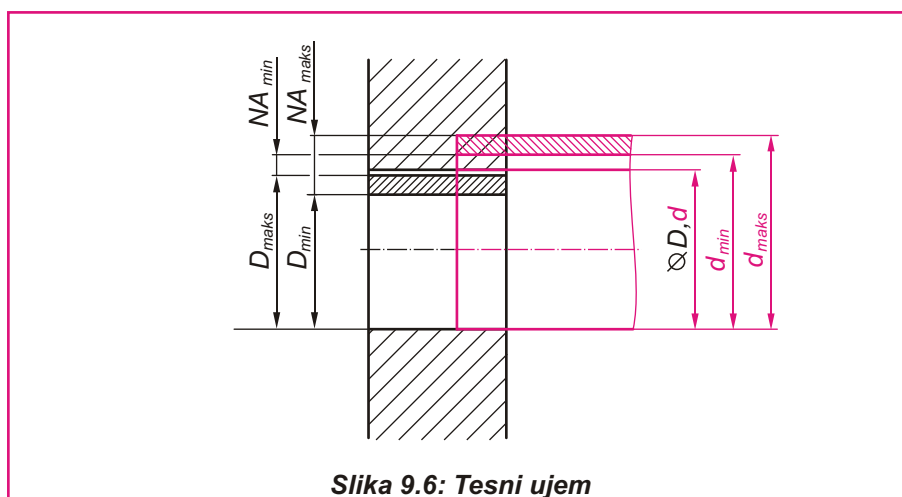
Ohlapni ujem nastopa med dvema strojnima elementoma, med katerima je vedno prisoten določen ohlap (zračnost). Zato takšna dela sestavimo brez sile in se lahko prosto gibljeta drug proti drugemu. Da zagotovimo med sestavljenima deloma ohlapni ujem, morata biti tolerančni polji strojnih delov izbrani tako, da je zgornja mejna mera notranjega dela  $d_{maks}$  (čepa) vedno manjša od spodnje mejne mere zunanjega dela  $D_{min}$  (izvrtine).



Slika 9.5: Ohlapni ujem

### 9.2.2 Tesni ujem

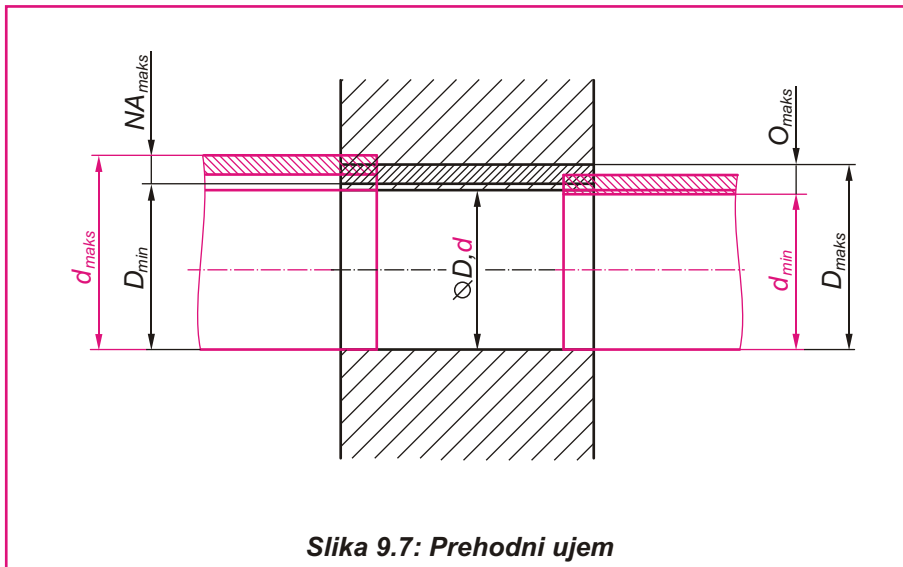
Tesni ujem nastopa med dvema strojnima elementoma, med katerima je vedno prisotna določena nadmera (presežek). Zato takšnih delov ne moremo sestaviti brez sile, da dosežemo potrebno deformacijo. Deformacijo lahko dosežemo tudi s segrevanjem zunanjega dela (izvrtine) ali z ohlajanjem notranjega dela (čepa). Dela sta s tesnim ujemom trdno povezana in se ne moreta prosto gibati drug proti drugemu. Da zagotovimo med sestavljenima deloma tesni ujem, morata biti tolerančni polji strojnih delov izbrani tako, da je spodnja mejna mera notranjega dela  $d_{min}$  (čepa) vedno večja od zgornje mejne mere zunanjega dela  $D_{maks}$  (izvrtine).



Slika 9.6: Tesni ujem

### 9.2.3 Prehodni ali vmesni ujem

Prehodni ujem nastopa med dvema strojnima elementoma, med katerima je lahko prisoten določen ohlap (zračnost) ali nadmera (presežek). Zato takšna dela ponavadi sestavimo ročno z uporabo manjše osne sile. Gibljivost delov je odvisna od dejanskih mer; dela sta gibljiva drug proti drugemu, če nastopa ohlap, in nista gibljiva, če nastopa nadmera. Da zagotovimo med sestavljenima deloma prehodni ujem, morata biti tolerančni polji strojnih delov izbrani tako, da se prekrivata.



Slika 9.7: Prehodni ujem

## 9.3 SISTEMI UJEMOV

Razlike v velikosti ohlapa in nadmere dajejo različne ujeme. Vrsto smiselno izbranih toleranc naležnih površin imenujemo sistem ujemov. Po SIST ISO 286 ločimo dva med seboj enakovredna sistema ujemov: sistem enotne luknje in sistem enotnega čepa.

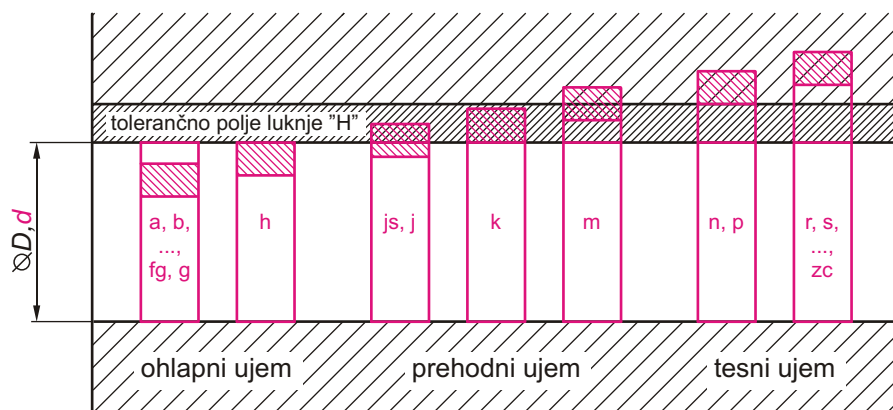
- Sistem enotne luknje je ujemni sistem, pri katerem ima notranja mera (luknja) tolerančno polje H. Tolerančno polje H ima zgornji odstopok pozitiven, spodnji pa je enak nič. Tako je zgornja mejna mera izvrtine vedno večja od imenske mere, spodnja pa je enaka imenski meri. Glede na zahtevano nadmero ali ohlap med deloma, izberemo ustrezno toleranco za zunanjo mero (čep), npr. H8/f7 – ohlapni ujem, H8/j7 – prehodni ujem, H8/u8 – tesni ujem.
- Sistem enotnega čepa je ujemni sistem, pri katerem ima zunanja mera (čep) tolerančno polje h. Tolerančno polje h ima zgornji odstopok enak nič, spodnjega pa ima negativnega. Tako je zgornja mejna mera čepa enaka imenski meri, spodnja pa je vedno manjša od imenske mere. Glede na zahtevano nadmero ali ohlap med deloma izberemo ustrezno toleranco za notranjo mero (izvrtina), npr. D10/h9 – ohlapni ujem, J7/h6 – prehodni ujem, R7/h6 – tesni ujem.

Prehodni ujem nastane med strojnima deloma, katerih tolerančni polji se prekrivata.

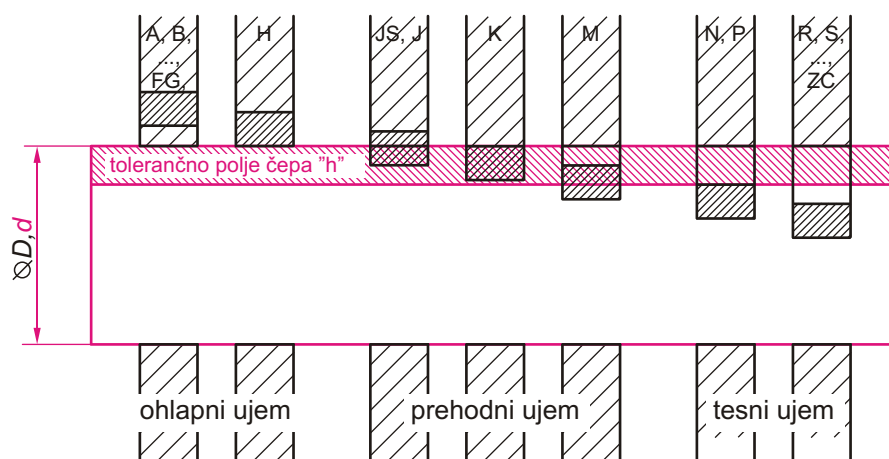
Dela, med katerima nastopa prehodni ujem, sestavimo z uporabo manjše osne sile.

Gibljivost delov je odvisna od dejanskih mer; dela sta gibljiva drug proti drugemu, če nastopa ohlap, in nista gibljiva, če nastopa nadmera.





Slika 9.7: Sistem enotne luknje



Slika 9.8: Sistem enotnega čepa

#### 9.4 PRIPOROČILA ISO ZA IZBIRO UJEMOV

Po priporočilih ISO dajemo prednost nekaterim ujemom. Razporejeni so v tri prednostne stopnje:

- ujem 1. prednosti,
- ujem 2. prednosti,
- ujem 3. prednosti.

Praviloma vedno izberemo ujem 1. prednosti.

Načeloma bi lahko ujeme izbirali povsem poljubno. Po ISO priporočilih pa dajemo nekaterim ujemom prednost. Imenujemo jih prednostni ujemi in so razporejeni v tri prednostne stopnje:

- ujem 1. prednosti,
- ujem 2. prednosti,
- ujem 3. prednosti.

Praviloma vedno izberemo ujem 1. prednostne stopnje, če tega ni, izberemo ujem 2. oziroma 3. prednostne stopnje. Izbira prednostnih ujemov nam omogoča uporabo standardnih orodij za izdelavo strojnih delov, kar poceni njihovo izdelavo in zniža končno ceno.

Standard ISO ne daje nobenemu sistemu prednost pri izbiri ujemov. V splošnem strojništvu pa v glavnem uporabljamo sistem enotne luknje, ker je lažje in ceneje prilagajati čep izvrtini.

**Preglednica 9.1: Prednostni ujem po priporočilih ISO**

Prednostne stopnje	Sistem enotne luknje						
	H6	H7	H8	H9	H11	H12	H13
1. prednost	/	f6, h6, n6, r6	f7, h9, u8, x8	h9	h9	/	/
2. prednost	j6, k6	g6, j6, k6, s6	d9, e8	c11, h11	a11, c11, d9, h11	/	/
3. prednost	g5, h5, j5, k5, m5, n5, p5, r5	f6, m6, p6	c9, f8, h8	d10, e9, f8, h8	b11, d11	h12	h13

Prednostne stopnje	Sistem enotnega čepa						
	h5	h6	h8	h9	h11	h12	h13
1. prednost	/	F8, H7, N6, R6	F8, H8	C11, D10, E9, F8, H8	C11, D10	/	/
2. prednost	/	G7	D9, E8	H11	A11, H11	/	/
3. prednost	G6, H6, J6, K6, M6, N6, P6, R6	F7, J7, K7, M7, N7, P7, R7, S7	B9, C9, D9, E8, F7, H9	H9	B11, D9, D11, H9	H12	H13

Prednostni ujem po priporočilih ISO so navedeni v Krautovem strojniškem priročniku in v preglednici 9.1. Za navedene ujeme so prav tako v Krautovem strojniškem priročniku in v preglednicah 9.3 in 9.4 že izračunane vrednosti ohlapov in nadmer. Ohlap ima predznak +, nadmera pa predznak –.



Delovni zvezek  
**VAJA 41**

Preglednica 9.2: Ohlap (+) in nadmera (-) prednostnih ujemov v sistemu enotne luknje v m

Imenska mera v mm	H6 j6	H6 k6	H7 f7	H7 g6	H7 j6	H7 k6	H7 n6	H7 r6	H7 s6	H11 a11	H11 c11	H11 d9	H9 c11	H8 d9	H8 e8	H8 f7
do 3	+8 -4	+6 -6	+26 +6	+18 +2	+12 -4	+10 -6	+6 -10	0 -16	-4 -20	+390 +270	+180 +60	+105 +20	+145 +60	+59 +20	+42 +14	+30 +6
nad 3 do 6	+10 -6	+7 -9	+34 +10	+24 +4	+14 -6	+11 -9	+4 -16	-3 -23	-7 -27	+420 +270	+220 +70	+135 +30	+175 +70	+78 +30	+56 +20	+40 +10
nad 6 do 10	+11 -7	+8 -10	+43 +13	+29 +5	+17 -7	+14 -10	+5 -19	-4 -28	-8 -32	+460 +280	+260 +80	+166 +40	+206 +80	+98 +40	+69 +25	+50 +13
nad 10 do 18	+14 -8	+10 -12	+52 +16	+35 +6	+21 -8	+17 -12	+6 -23	-5 -34	-10 -39	+510 +290	+315 +95	+203 +50	+248 +95	+120 +50	+86 +32	+61 +16
nad 18 do 30	+17 -9	+11 -15	+62 +20	+41 +7	+25 -9	+19 -15	+6 -28	-7 -41	-14 -48	+560 +300	+370 +110	+247 +65	+292 +110	+150 +65	+106 +40	+74 +20
nad 30 do 40	+21	+14	+75	+50	+30	+23	+8	-9	-18	+630 +310	+440 +120	+302	+342 +120	+181	+128	+89
nad 40 do 50	-11	-18	+25	+9	-11	-18	-33	-50	-59	+640 +320	+450 +130	+80	+352 +130	+80	+50	+25
nad 50 do 65	+26	+17	+90	+59	+37	+28	+10	-11 -60	-23 -72	+720 +340	+520 +140	+364	+404 +140	+220	+152	+106
nad 65 do 80	-12	-21	+30	+10	-12	-21	-39	-13 -62	-29 -78	+740 +360	+530 +150	+100	+414 +150	+100	+60	+30
nad 80 do 100	+31	+19	+106	+9	+44	+32	+12	-16 -73	-36 -93	+820 +380	+610 +170	+427	+477 +170	+261	+180	+125
nad 100 do 120	-13	-25	+36	+12	-13	-25	-45	-19 -76	-44 -101	+850 +410	+620 +180	+120	+487 +180	+120	+72	+36
nad 120 do 140	+36	+22	+123	+79	+51	+37	+13	-23 -88	-52 -117	+960 +460	+700 +200	+495	+550 +200	+308	+211	+146
nad 140 do 160	-14	-28	+43	+14	-14	-28	-52	-25 -90	-60 -125	+1020 +520	+710 +210	+145	+560 +210	+145	+85	+43
nad 160 do 180								-28 -93	-68 -133	+1080 +580	+730 +230		+580 +230			
nad 180 do 200								-31 -106	-76 -151	+1240 +660	+820 +240		+645 +240			
nad 200 do 225	+42 -16	+25 -33	+142 +50	+90 +15	+59 -16	+42 -33	-15 +60	-34 -109	-84 -159	+1320 +740	+840 +260	+575 +170	+665 +260	+357 +170	+244 +100	+168 +50
nad 225 do 250								-38 -113	-94 -169	+1400 +820	+860 +280		+685 +280			
nad 250 do 280	+48	+28	+160	+101	+68	+48	+18	-42 -126	-106 -190	+1560 +920	+940 +300	+640	+750 +300	+401	+272	+189
nad 280 do 315	-16	-36	+56	+17	-16	-36	-66	-46 -130	-118 -202	+1690 +1050	+970 +330	+190	+780 +330	+190	+110	+56
nad 315 do 355	+54	+32	+176	+111	+75	+53	+20	-51 -144	-133 -226	+1920 +1200	+1080 +360	+710	+860 +360	+439	+303	+208
nad 355 do 400	-18	-40	+62	+18	-18	-40	-73	-57 -150	-151 -244	+2070 +1350	+1120 +400	+210	+900 +400	+210	+125	+62
nad 400 do 450	+60	+35	+194	+123	+83	+58	+23	-63 -166	-169 -272	+2300 +1500	+1240 +440	+785	+995 +440	+482	+329	+228
nad 450 do 500	-20	-45	+68	+20	-20	-45	-80	-69 -172	-189 -292	+2450 +1650	+1280 +480	+230	+1035 +480	+230	+135	+68

Preglednica 9.3: Ohlap (+) in nadmera (-) prednostnih ujemov v sistemu enotnega čepa v m

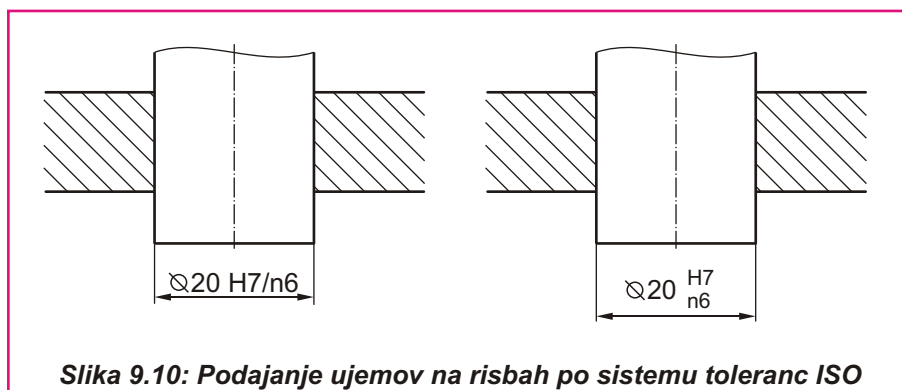
Imenska mera v mm	A11 h11	C11 h11	D10 h11	C11 h9	D10 h9	E9 h9	F8 h9	F8 h8	F8 h6	G7 h6	H11 h11	H9 h11	H9 h9	H8 h9	H8 h8	H7 h6
do 3	+390 +270	+180 +60	+120 +20	+145 +60	+85 +20	+64 +14	+45 +6	+34 +6	+26 +6	+18 +2	+120 0	+85 0	+50 0	+39 0	+28 0	+16 0
nad 3 do 6	+420 +270	+220 +70	+153 +30	+175 +70	+108 +30	+80 +20	+58 +10	+46 +10	+36 +10	+24 +4	+150 0	+105 0	+60 0	+48 0	+36 0	+20 0
nad 6 do 10	+460 +280	+260 +80	+188 +40	+206 +80	+134 +40	+97 +25	+71 +13	+57 +13	+44 +13	+29 +5	+180 0	+126 0	+72 0	+58 0	+44 0	+24 0
nad 10 do 18	+510 +290	+315 +90	+230 +50	+248 +95	+163 +50	+118 +32	+86 +16	+70 +16	+54 +16	+35 +6	+220 0	+153 0	+86 0	+70 0	+54 0	+29 0
nad 18 do 30	+560 +300	+370 +110	+279 +65	+292 +110	+201 +65	+144 +40	+105 +20	+86 +20	+66 +20	+41 +7	+260 0	+182 0	+104 0	+85 0	+66 0	+34 0
nad 30 do 40	+630 +310	+440 +120	+340	+342 +120	+242	+174	+126	+103	+80	+50	+320	+222	+124	+101	+78	+41
nad 40 do 50	+640 +320	+450 +130	+80	+352 +130	+80	+50	+25	+25	+25	+9	0	0	0	0	0	0
nad 50 do 65	+720 +340	+520 +140	+410	+404 +140	+294	+208	+150	+122	+95	+59	+380	+264	+148	+120	+92	+49
nad 65 do 80	+740 +360	+530 +150	+100	+414 +150	+100	+60	+30	+30	+30	+10	0	0	0	0	0	0
nad 80 do 100	+820 +380	+610 +170	+480	+477 +170	+347	+246	+177	+144	+112	+69	+440	+307	+174	+141	+108	+57
nad 100 do 120	+850 +410	+620 +180	+120	+487 +180	+120	+72	+36	+36	+36	+12	0	0	0	0	0	0
nad 120 do 140	+960 +460	+700 +200	+555	+550 +200	+405	+285	+206	+169	+131	+79	+500	+350	+200	+163	+126	+65
nad 140 do 160	+1020 +520	+710 +210	+145	+560 +210	+145	+85	+43	+43	+43	+14	0	0	0	0	0	0
nad 160 do 180	+1080 +580	+730 +230	+580	+580 +230	+645	+240	+645	+240	+645	+240	+645	+240	+645	+240	+645	+240
nad 180 do 200	+1240 +660	+820 +240	+645	+665 +260	+470	+330	+237	+194	+151	+90	+580	+405	+230	+187	+144	+75
nad 200 do 225	+1320 +740	+840 +260	+170	+685 +280	+170	+100	+50	+50	+50	+15	0	0	0	0	0	0
nad 225 do 250	+1400 +820	+860 +280	+720	+750 +300	+530	+370	+267	+218	+169	+101	+640	+450	+260	+211	+162	+84
nad 250 do 280	+1560 +920	+940 +300	+190	+780 +330	+190	+110	+56	+56	+56	+17	0	0	0	0	0	0
nad 280 do 315	+1690 +1050	+970 +330	+800	+860 +360	+580	+405	+291	+240	+187	+111	+720	+500	+280	+229	+178	+93
nad 315 do 355	+1920 +1200	+1080 +360	+210	+900 +400	+210	+125	+62	+62	+62	+18	0	0	0	0	0	0
nad 355 do 400	+2070 +1350	+1120 +400	+880	+995 +440	+635	+445	+320	+262	+205	+123	+800	+555	+310	+252	+194	+103
nad 400 do 450	+2300 +1500	+1240 +440	+230	+1035 +480	+230	+135	+68	+68	+68	+20	0	0	0	0	0	0
nad 450 do 500	+2450 +1650	+1280 +480														

## 9.5 OZNAČEVANJE UJEMOV NA RISBAH

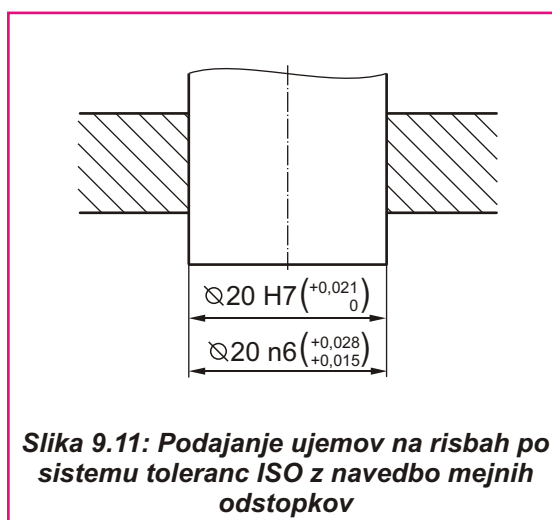
Ujeme podajamo na sestavnih risbah. Lahko jih podajamo na več načinov, vendar na eni risbi uporabljamo le en način.

Po tolerančnem sistemu ISO navedemo ujem na risbi tako, da za imensko mero zapišemo toleranco luknje, poševno črto in toleranco čepa. Tolerance lahko zapišemo tudi tako, da za imensko mero zapišemo toleranco luknje zgoraj, toleranco čepa pa spodaj. Odstopke navajamo v posebni tabeli na risbi.

Delovni  
zvezek  
**VAJA 42**



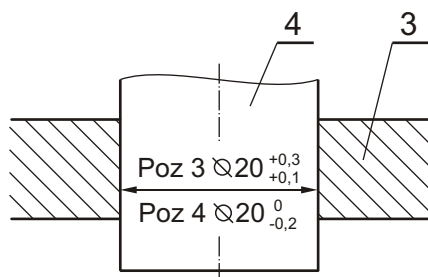
**Slika 9.10: Podajanje ujemov na risbah po sistemu toleranc ISO**



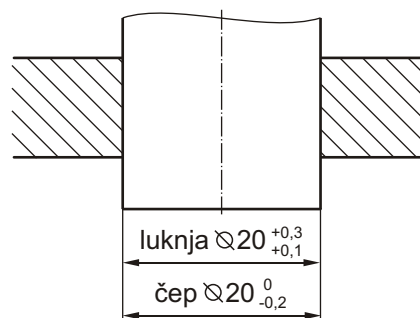
**Slika 9.11: Podajanje ujemov na risbah po sistemu toleranc ISO z navedbo mejnih odstopkov**

Če želimo zraven mer podati odstopke, kotiramo luknjo in čep posebej ter za označbo ISO v oklepaju navedemo odstopke.

Na podoben način kotiramo ujeme, ko so tolerance podane z mejnimi odstopki. V tem primeru moramo zraven mere zapisati besedo "luknja" oziroma "čep", da povemo, na kateri del se kotirana mera nanaša.



**Slika 9.12: Podajanje ujemov na risbah po pozicijah in navedbo mejnih odstopkov**



**Slika 9.13: Podajanje ujemov na risbah s pojasnilom in navedbo mejnih odstopkov**