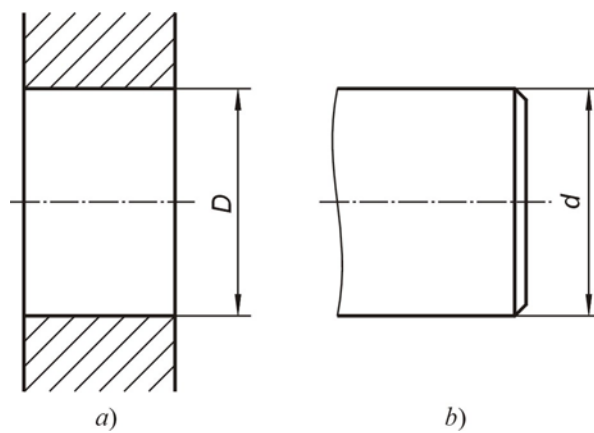


TOLERANCE IN UJEMI

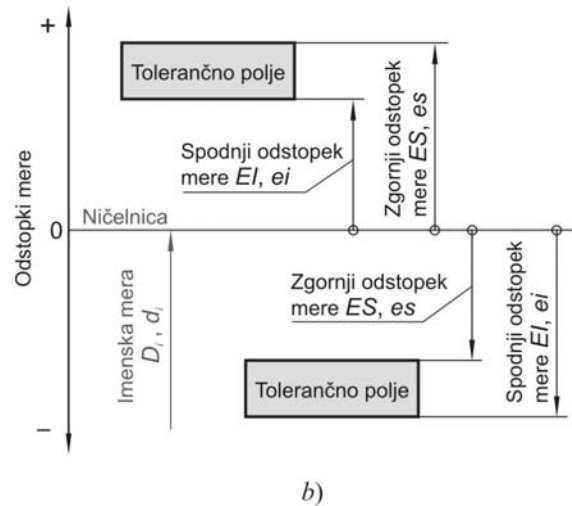
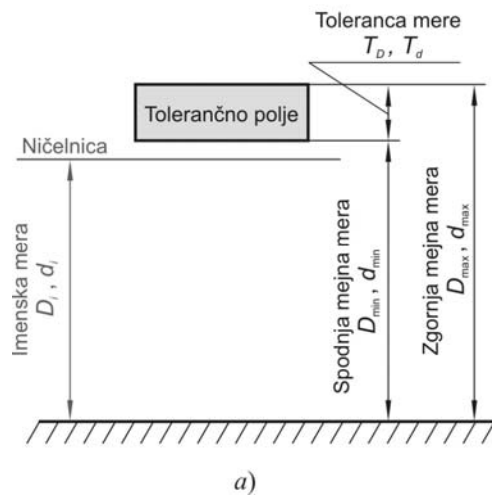
- tolerance dolžin in kotov,
- geometrične tolerance.

Osnovna elementa po tolerančnem sistemu ISO

a) premer luknje D (notranja mera), b) premer čepa d (zunanja mera)



Veličine za opis toleranc dolžinskih mer po tolerančnem sistemu ISO
 a) dopustna odstopanja dejanske mere, b) dopustni odstopki mere



Ničelnica je pri grafični ponazoritvi mejnih mer in odstopkov ravna črta, ki predstavlja imensko mero (npr. Ø20 pomrni, da je ničelnica 20.000 mm)

Imenska mera (D_i za luknjo, d_i za čep) je teoretična (želena) mera, na osnovi katere sta izpeljani obe mejni meri. Imenska mera je lahko celo ali decimalno število.

Zgornja mejna mera je največja dopustna mera, ki jo lahko ima luknja ($D_{\max}$) oziroma čep ($d_{\max}$):

$$D_{\max} = D_i + ES \quad \text{za luknjo}$$

$$d_{\max} = d_i + es \quad \text{za čep}$$

Spodnja mejna mera je najmanjša dopustna mera, ki jo lahko ima luknja ($D_{\min}$) oziroma čep ($d_{\min}$):

$$D_{\min} = D_i + EI \quad \text{za luknjo}$$

$$d_{\min} = d_i + ei \quad \text{za čep}$$

Zgornji odstopek mere (**ES** za luknjo, **es** za čep) je algebrska razlika med zgornjo mejno mero in pripadajočo imensko mero:

$$ES = D_{\max} - D_i \quad \text{za luknjo}$$

$$es = d_{\max} - d_i \quad \text{za čep}$$

Spodnji odstopek mere (**EI** za luknjo, **ei** za čep) je algebrska razlika med spodnjo mejno mero in pripadajočo imensko mero:

$$EI = D_{\min} - D_i \quad \text{za luknjo}$$

$$ei = d_{\min} - d_i \quad \text{za čep}$$

Zgled:

Kolikšen je zgornji imenski odstopek gredi es , če je znana imenska mera gredi $d = 40$ mm in zgornja mejna mera $d_{max} = 40,6$ mm?

Izračunaj!!

Dejanska mera (D za luknjo, d za čep) je mera, ki jo določimo z merjenjem. Dejanska mera ne sme biti večja od zgornje mejne mere in ne manjša od spodnje mejne mere, kar izrazimo s pogojem

$$D_{\min} \leq D \leq D_{\max} \quad \text{za luknjo}$$

$$d_{\min} \leq d \leq d_{\max} \quad \text{za čep}$$

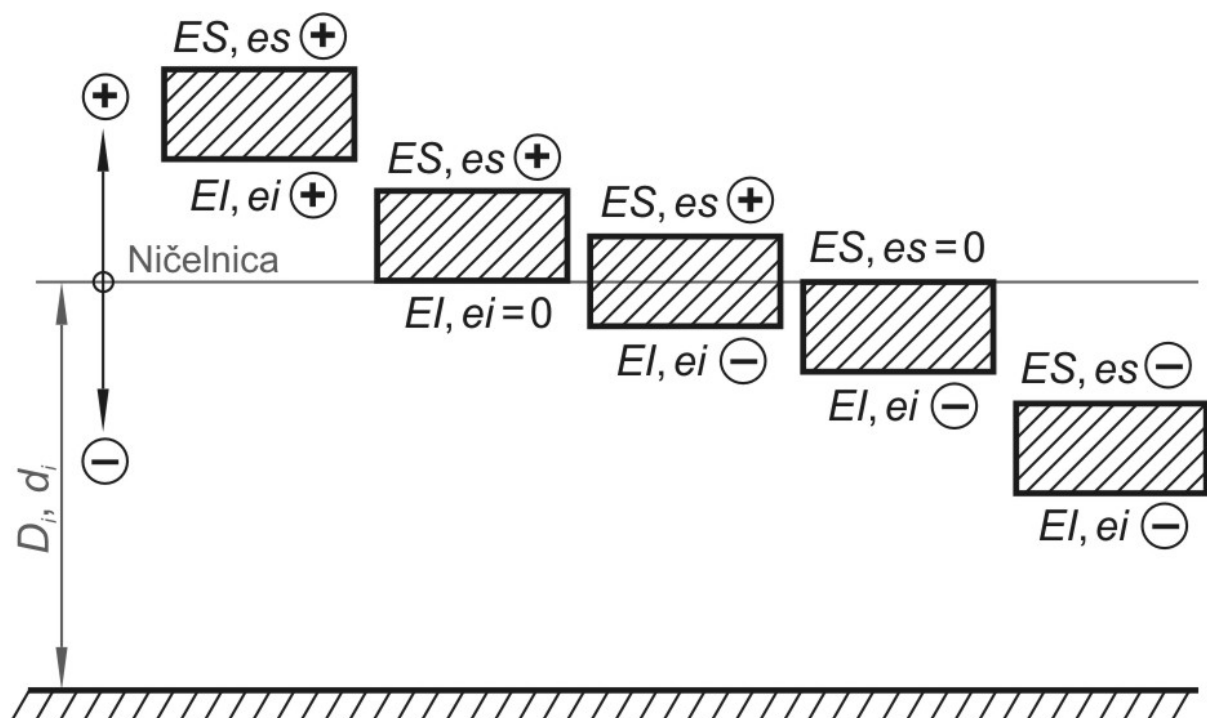
Tolerančno polje je pri grafični ponazoritvi toleranc območje med zgornjo in spodnjo mejno mero.

Toleranca mere (T_D za luknjo, T_d za čep) predstavlja velikost tolerančnega polja in je algebrska razlika med zgornjo in spodnjo mejno mero oziroma zgornjim in spodnjim odstopkom mere:

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad \text{za luknjo}$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad \text{za čep}$$

Splošni primeri dopustnih odstopkov strojnih delov



Velikost tolerančnega polja

Po tolerančnem sistemu ISO je velikost tolerančnega polja (toleranca mere T_D za luknjo oziroma T_d za čep; slika 6.2 a) odvisna od:

- kakovosti izdelovalnega postopka,
- velikosti imenske mere.

Glede na kakovost izdelovalnega postopka navaja tolerančni sistem ISO 20 tolerančnih stopenj (IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT18) za imenske mere do 500 mm, ter 18 tolerančnih stopenj (IT1, IT2, ..., IT18) za imenske mere nad 500 do 3150 mm. Majhne

Preglednica 6.1: Splošne smernice za izbiro tolerančne stopnje glede na kakovost izdelave stojnega dela

Področje uporabe	IT-tolerančna stopnja																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
merilni pribor	precizna merila																			
							merila za delavniško kontrolo													
splošno strojništvo							najboljša kvaliteta													
								kvalitetna izdelava												
									srednja izdelava											
										groba izdelava										
												grobe tolerance za kovane, lite in grobo obdelane polproizvode								

Preglednica 6.2: Številčna območja imenskih mer po tolerančnem sistemu ISO v [mm]

Imenska mera (D_i, d_i) ≤ 500 mm ¹⁾												
do 3	nad 3 do 6	nad 6 do 10	nad 10 do 18	nad 18 do 30	nad 30 do 50	nad 50 do 80	nad 80 do 120	nad 120 do 180	nad 180 do 250	nad 250 do 315	nad 315 do 400	nad 400 do 500
Imenska mera 500 mm $< (D_i, d_i) \leq 3150$ mm ²⁾												
nad 500 do 630	nad 630 do 800	nad 800 do 1000	nad 1000 do 1250	nad 1250 do 1600	nad 1600 do 2000	nad 2000 do 2500	nad 2500 do 3150					

¹⁾ Za lege tolerančnih polj a do c, r do zc, A do C ter R do ZC navaja SIST ISO 286 še vmesna območja imenskih mer.

²⁾ Za lege tolerančnih polj r do u ter R do U navaja SIST ISO 286 še vmesna območja imenskih mer.

Za tolerančne stopnje IT5 do IT18 določimo velikost tolerančnega polja glede na srednjo aritmetično vrednost posameznega številčnega območja iz preglednice 6.2:

$$\overline{D} = \sqrt{D_1 \cdot D_2} \quad [\text{mm}]$$

Na osnovi srednje aritmetične vrednosti $\overline{D}$ določimo za posamezna številčna območja še tolerančna koeficienta i (za imenske mere do 500 mm) in I (za imenske mere nad 500 do 3150 mm) kot sledi:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{\overline{D}} + 0,001 \cdot \overline{D} \quad [\mu\text{m}]$$

$$I = 0,004 \cdot \overline{D} + 2,1 \quad [\mu\text{m}]$$

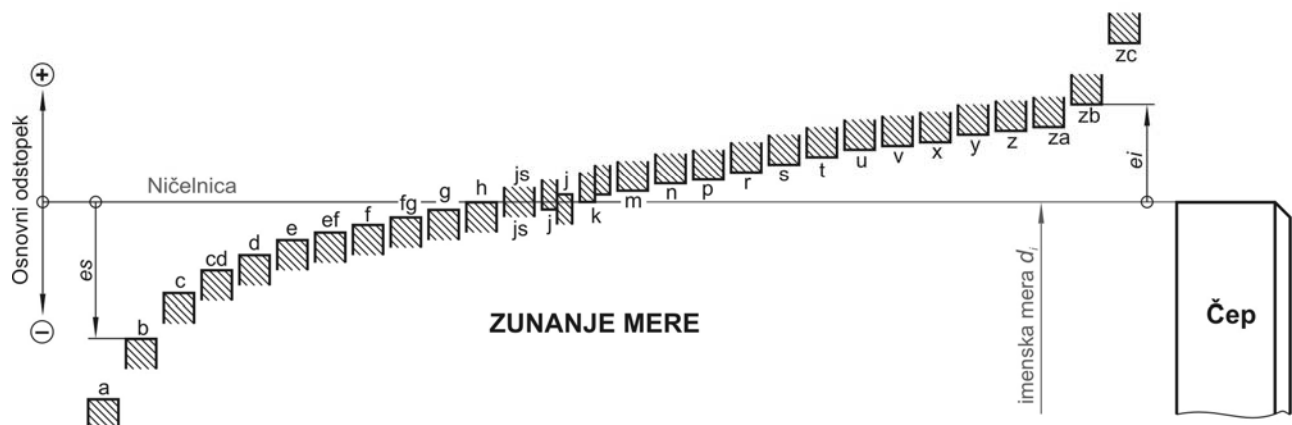
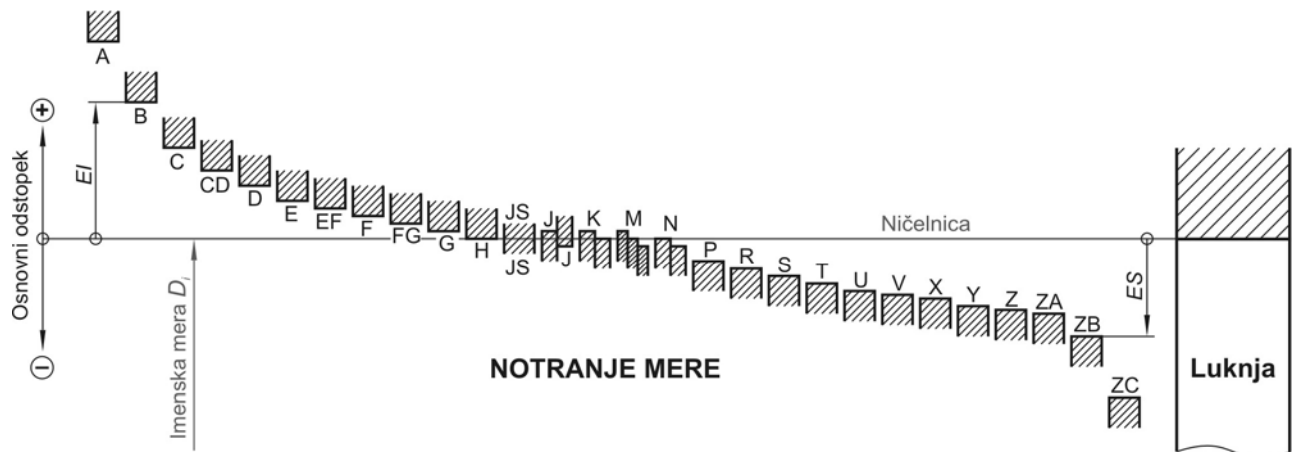
Preglednica 6.3: Enačbe za izračun velikosti tolerančnega polja T_D (za luknjo) oziroma T_d (za čep)

Imenska mera D_i, d_i [mm]	IT tolerančna stopnja													
	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Velikost tolerančnega polja T_D, T_d													
do 500	7 <i>·i</i>	10 <i>·i</i>	16 <i>·i</i>	25 <i>·i</i>	40 <i>·i</i>	64 <i>·i</i>	100 <i>·i</i>	160 <i>·i</i>	250 <i>·i</i>	400 <i>·i</i>	640 <i>·i</i>	1000 <i>·i</i>	1600 <i>·i</i>	2500 <i>·i</i>
nad 500 do 3150	7 <i>·l</i>	10 <i>·l</i>	16 <i>·l</i>	25 <i>·l</i>	40 <i>·l</i>	64 <i>·l</i>	100 <i>·l</i>	160 <i>·l</i>	250 <i>·l</i>	400 <i>·l</i>	640 <i>·l</i>	1000 <i>·l</i>	1600 <i>·l</i>	2500 <i>·l</i>

Preglednica 6.4: Velikosti tolerančnih polj T_D (za luknjo) oziroma T_d (za čep) po SIST ISO 286 v $[\mu\text{m}]$

Imenska mera D_i, d_i [mm]	IT tolerančna stopnja													
	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Velikost tolerančnega polja T_D, T_d v $[\mu\text{m}]$													
do 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
nad 3 do 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
nad 6 do 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
nad 10 do 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
nad 18 do 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
nad 30 do 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
nad 50 do 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
nad 80 do 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
nad 120 do 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
nad 180 do 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
nad 250 do 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
nad 315 do 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
nad 400 do 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700
nad 500 do 630	32	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000
nad 630 do 800	36	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000	12500
nad 800 do 1000	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	9000	14000
nad 1000 do 1250	47	66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600	10500	16500
nad 1250 do 1600	55	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800	12500	19500
nad 1600 do 2000	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200	15000	23000
nad 2000 do 2500	78	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000
nad 2500 do 3150	96	135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500	21000	33000

Lega tolerančnega polja glede na ničelnico po tolerančnem sistemu ISO



Preglednica 6.5: Osnovni odstopki za notranje mere po SIST ISO 286 v [μm]

Imenska mera D _i [mm]	Spodnji odstopok EI v [μm]												Zgornji odstopok ES v [μm]							
	Vse tolerančne stopnje												IT6	IT7	IT8	do IT8	nad IT8	do IT8	nad IT8	
	A ¹⁾	B ¹⁾	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS ₂₎	J			K ³⁾		M ^{3), 4)}		
do 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	EI = - T _D / 2	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	
nad 3 do 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ		-4+Δ	-4	
nad 6 do 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ		-6+Δ	-6	
nad 10 do 14	+290	+150	+95		+50	+32	+16		+6	0			+6	+10	+15	-1+Δ		-7+Δ	-7	
nad 14 do 18																				
nad 18 do 24	+300	+160	+110		+65	+40	+20		+7	0			+8	+12	+20	-2+Δ		-8+Δ	-8	
nad 24 do 30																				
nad 30 do 40	+310	+170	+120		+80	+50	+25		+9	0			+10	+14	+24	-2+Δ		-9+Δ	-9	
nad 40 do 50	+320	+180	+130																	
nad 50 do 65	+340	+190	+140		+100	+60	+30		+10	0			+13	+18	+28	-2+Δ		-11+Δ	-11	
nad 65 do 80	+360	+200	+150																	
nad 80 do 100	+380	+220	+170		+120	+72	+36		+12	0			+16	+22	+34	-3+Δ		-13+Δ	-13	
nad 100 do 120	+410	+240	+180																	
nad 120 do 140	+460	+260	+200		+145	+85	+43		+14	0			+18	+26	+41	-3+Δ		-15+Δ	-15	
nad 140 do 160	+520	+280	+210																	
nad 160 do 180	+580	+310	+230																	
nad 180 do 200	+660	+340	+240																	
nad 200 do 225	+740	+380	+260		+170	+100	+50		+15	0			+22	+30	+47	-4+Δ		-17+Δ	-17	
nad 225 do 250	+820	+420	+280																	
nad 250 do 280	+920	+480	+300																	
nad 280 do 315	+1050	+540	+330		+190	+110	+56		+17	0			+25	+36	+55	-4+Δ		-20+Δ	-20	
nad 315 do 355	+1200	+600	+360																	

nad 355 do 400	+1350	+680	+400														
nad 400 do 450	+1500	+760	+440														
nad 450 do 500	+1650	+840	+480		+230	+135		+68		+20	0		+33	+43	+66	-5+Δ	-23+Δ
nad 500 do 560																	
nad 560 do 630					+260	+145		+76		+22	0						
nad 630 do 710																	
nad 710 do 800					+290	+160		+80		+24	0						
nad 800 do 900																	
nad 900 do 1000					+320	+170		+86		+26	0						
nad 1000 do 1120																	
nad 1120 do 1250					+350	+195		+98		+28	0						
nad 1250 do 1400																	
nad 1400 do 1600					+390	+220		+110		+30	0						
nad 1600 do 1800																	
nad 1800 do 2000					+430	+240		+120		+32	0						
nad 2000 do 2240																	
nad 2240 do 2500					+480	+260		+130		+34	0						
nad 2500 do 2800																	
nad 2800 do 3150					+520	+290		+145		+38	0						

- 1) Legi tolerančnih polj A in B uporabljamo le za imenske mere $D_i > 1 \text{ mm}$.
- 2) T_D v [μm] je velikost tolerančnega polja, ki ga v odvisnosti od imenske mere in tolerančne stopnje (IT5 do IT18) odčitamo iz preglednice 6.4.
- 3) Vrednosti za Δ glej v stolpcih na desni strani preglednice 6.5 (nadaljevanje).
- 4) Za toleranco M6 je za imenske mere nad 250 do 315 mm zgornji odstopok $ES = -9 \mu\text{m}$ (izračunana vrednost je $-11 \mu\text{m}$).

Preglednica 6.5: Osnovni odstopki za notranje mere po SIST ISO 286 v [μm] -- nadaljevanje

Imenska mera D_i [mm]	Zgornji odstopok ES v [μm]															Δ v [μm]														
	do IT8	nad IT8	do IT7	nad IT7																										
	$N^{5)}$	P do $ZC^{6)}$	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT5	IT6	IT7	IT8												
do 3	-4	-4	ES = (vrednost za nad IT7) + Δ	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0											
nad 3 do 6	$-8+\Delta$	0		-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	3	4	6											
nad 6 do 10	$-10+\Delta$	0		-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	2	3	6	7											
nad 10 do 14	$-12+\Delta$	0		-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	3	3	7	9											
nad 14 do 18									-39	-45		-60	-77	-108	-150															
nad 18 do 24	$-15+\Delta$	0		-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	3	4	8	12											
nad 24 do 30																				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218		
nad 30 do 40	$-17+\Delta$	0		-26	-34	-43		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	4	5	9	14										
nad 40 do 50																					-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325	
nad 50 do 65	$-20+\Delta$	0		-32	-41	-53	-66	-87	-10_2	-12_2	-144	-172	-226	-300	-405	5	6	11	16											
nad 65 do 80																				-43	-59	-75	-102	-12_0	-14_6	-174	-210	-274	-360	-480
nad 80 do 100	$-23+\Delta$	0		-37	-51	-71	-91	-124	-14_6	-17_8	-214	-310	-335	-445	-585	5	7	13	19											
nad 100 do 120																				-54	-79	-104	-144	-17_2	-21_0	-254	-365	-400	-525	-690
nad 120 do 140	$-27+\Delta$	0		-43	-63	-92	-122	-170	-20_2	-24_8	-300	-415	-470	-620	-800	6	7	15	23											
nad 140 do 160																				-65	-100	-134	-190	-22_8	-28_0	-340	-465	-535	-700	-900
nad 160 do 180																				-68	-108	-146	-210	-25_2	-31_0	-380	-520	-600	-780	-110_0
nad 180 do 200	$-31+\Delta$	0		-50	-77	-122	-166	-236	-28_4	-35_0	-425	-575	-670	-880	-115_0	6	9	17	26											
nad 200 do 225																				-80	-130	-180	-258	-31_0	-38_5	-470	-640	-740	-960	-125_0
nad 225																				-84	-140	-196	-284	-34	-42	-520	-710	-820	-105	-135

[illegible]

	nad 2800 do 3150				-58 0	-140 0	-210 0	-320 0										
5)	Lego tolerančnega polja N uporabljamo pri tolerančnih stopnjah nad IT8 le za imenske mere $D_i > 1 \text{ mm}$.																	
6)	Primer za S6 v območju nad 18 do 30 mm: $\Delta = 4 \mu\text{m}$; ES = -35 + 4 = -31 μm .																	

Preglednica 6.6: Osnovni odstopki za zunanje mere po SIST ISO 286 v [μm]

Imenska mera D _i [mm]	Zgornji odstopok es v [μm]												Spodnji odstopok ei v [μm]					
	Vse tolerančne stopnje												IT5 IT6	IT7	IT8	IT4 do IT7	do IT3 nad IT7	
	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ²⁾	j			k		
do 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	es = - T _d / 2	-2	-4	-6	0	0	
nad 3 do 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4			+1	0
nad 6 do 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5			+1	0
nad 10 do 14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6			+1	0
nad 14 do 18																		
nad 18 do 24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8			+2	0
nad 24 do 30																		
nad 30 do 40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10			+2	0
nad 40 do 50	-320	-180	-130															
nad 50 do 65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12			+2	0
nad 65 do 80	-360	-200	-150															
nad 80 do 100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15			+3	0
nad 100 do 120	-410	-240	-180															
nad 120 do 140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18			+3	0
nad 140 do 160	-520	-280	-210															
nad 160 do 180	-580	-310	-230															
nad 180	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15	0	-13	-21			+4	0	

do 200																		
nad 200 do 225	−740	−380	−260															
nad 225 do 250	−820	−420	−280															
nad 250 do 280	−920	−480	−300		−190	−110	−56		−17	0		−16	−26		+4	0		
nad 280 do 315	−1050	−540	−330															
nad 315 do 355	−1200	−600	−360		−210	−125	−62		−18	0		−18	−28		+4	0		
nad 355 do 400	−1350	−680	−400															
nad 400 do 450	−1500	−760	−440		−230	−135	−68		−20	0		−20	−32		+5	0		
nad 450 do 500	−1650	−840	−480															
nad 500 do 560					−260	−145	−76		−22	0								
nad 560 do 630																		
nad 630 do 710					−290	−160	−80		−24	0								
nad 710 do 800																		
nad 800 do 900					−320	−170	−86		−26	0								
nad 900 do 1000																		
nad 1000 do 1120					−350	−195	−98		−28	0								
nad 1120 do 1250																		
nad 1250 do 1400					−390	−220	−110		−30	0								
nad 1400 do 1600																		
nad 1600 do 1800					−430	−240	−120		−32	0								
nad 1800 do 2000																		
nad 2000 do 2240					−480	−260	−130		−34	0								
nad 2240																		

Preglednica 6.6: Osnovni odstopki za zunanje mere po SIST ISO 286 v [μm] - nadaljevanje

Imenska mera D_i [mm]	Spodnji odstopki e_i v [μm]													
	Vse tolerančne stopnje													
	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
do 3	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60
nad 3 do 6	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80
nad 6 do 10	+6	+10	+15	+19	+13		+28		+34		+42	+52	+67	+97
nad 10 do 14	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130
nad 14 do 18								+39	+45		+60	+77	+108	+150
nad 18 do 24	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
nad 24 do 30						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
nad 30 do 40	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
nad 40 do 50						+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
nad 50 do 65	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
nad 65 do 80				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
nad 80 do 100	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
nad 100 do 120				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
nad 120 do 140	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
nad 140 do 160				+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
nad 160 do 180				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
nad 180 do 200	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
nad 200 do 225				+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
nad 225 do 250				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
nad 250 do 280	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
nad 280 do 315				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
nad 315 do	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900

355														
nad 355 do 400				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
nad 400 do 450	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
nad 450 do 500				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600
nad 500 do 560	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600							
nad 560 do 630				+155	+310	+450	+660							
nad 630 do 710	+30	+50	+88	+175	+340	+500	+740							
nad 710 do 800				+185	+380	+560	+840							
nad 800 do 900	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940							
nad 900 do 1000				+220	+470	+680	+1050							
nad 1000 do 1120	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1150							
nad 1120 do 1250				+260	+580	+840	+1300							
nad 1250 do 1400	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1450							
nad 1400 do 1600				+330	+720	+1050	+1600							
nad 1600 do 1800	+58	+92	+170	+370	+820	+1200	+1850							
nad 1800 do 2000				+400	+920	+1350	+2000							
nad 2000 do 2240	+68	+110	+195	+440	+1000	+1500	+2300							
nad 2240 do 2500				+460	+1100	+1650	+2500							
nad 2500 do 2800	+76	+240	+240	+550	+1250	+1900	+2900							
nad 2800 do 3150				+580	+1400	+2100	+3200							

Preglednica 6.7: Mejna odstopka ES in EI izbranih toleranc za notranje mere v [μm]

Imenska D_i [mm] ¹⁾	Toleranca po SIST ISO 286																
	A11	C11	D10	E9	F7	F8	G7	H6	H7	H8	H9	H11	H12	J6	P8	P9	N9
do 3	+330 +270	+120 +60	+60 +20	+39 +14	+16 +6	+20 +6	+12 +2	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+60 0	+0,1 0	+2 -4	-6 -20	-6 -31	-4 -29
nad 3 do 6	+345 +270	+145 +70	+78 +30	+50 +20	+22 +10	+28 +10	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+75 0	+0,12 0	+5 -3	-12 -30	-12 -42	0 -30
nad 6 do 10	+370 +280	+170 +80	+98 +40	+61 +25	+28 +13	+35 +13	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+90 0	+0,15 0	+5 -4	-15 -37	-15 -51	0 -36
nad 10 do 14	+400	+205	+120	+75	+34	+43	+24	+11	+18	+27	+43	+110	+0,18	+6	-18	-18	0
nad 14 do 18	+290	+95	+50	+32	+16	+16	+6	0	0	0	0	0	0	-5	-45	-61	-43
nad 18 do 24	+430	+240	+149	+92	+41	+53	+28	+13	+21	+33	+52	+130	+0,21	+8	-22	-22	0
nad 24 do 30	+300	+110	+65	+40	+20	+20	+7	0	0	0	0	0	0	-5	-55	-74	-52
nad 30 do 40	+470 +310	+280 +120	+180 +80	+112 +50	+50 +25	+64 +25	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+160 0	+0,25 0	+10 -6	-26 -65	-26 -88	0 -62
nad 40 do 50	+480 +320	+290 +130															
nad 50 do 65	+530 +340	+330 +140	+220 +100	+134 +60	+60 +30	+76 +30	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+190 0	+0,3 0	+13 -6	-32 -78	-32 -106	0 -74
nad 65 do 80	+550 +360	+340 +150															
nad 80 do 100	+600 +380	+390 +170	+260 +120	+159 +72	+71 +36	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+220 0	+0,35 0	+16 -6	-37 -91	-37 -124	0 -87
nad 100 do 120	+630 +410	+400 +180															
nad 120 do 140	+710 +460	+450 +200	+305 +145	+185 +85	+83 +43	+106 +43	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+250 0	+0,4 0	+18 -7	-43 -106	-43 -143	0 -100
nad 140 do 160	+770 +520	+460 +210															
nad 160 do 180	+830 +580	+480 +230															
nad 180 do 200	+950 +660	+530 +240	+355 +170	+215 +100	+96 +50	+122 +50	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+290 0	+0,46 0	+22 -7	-50 -122	-50 -165	0 -115
nad 200 do 225	+1030 +740	+550 +260															
nad 225 do 250	+1110 +820	+570 +280															
nad 250 do 280	+1240 +920	+620 +3000	+400 +190	+240 +110	+108 +56	+137 +56	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+320 0	+0,52 0	+25 -7	-56 -137	-56 -186	0 -130
nad 280 do 315	+1370 +1050	+650 +330															
nad 315 do 355	+1560 +1200	+1720 +360	+440 +210	+265 +125	+119 +62	+151 +62	+75 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+360 0	+0,57 0	+29 -7	-62 -151	-62 -202	0 -140
nad 355 do 400	+1710 +1350	+760 +400															
nad 400 do 450	+1900 +1500	+840 +440	+480 +230	+290 +135	+131 +68	+165 +68	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+400 0	+0,63 0	+33 -7	-68 -165	-68 -223	0 -155
nad 450 do 500	+2050 +1650	+880 +480															

1) Mejne odstopke za imenske mere nad 500 do 3150 mm glej v SIST ISO 286.

Preglednica 6.8: Mejna odstopka es in ei izbranih toleranc za zunanje mere v [μm]

Imenska d_i [mm] ¹⁾	Toleranca po SIST ISO 286																	
	a11	c11	d9	e8	f7	g6	h6	h8	h9	h11	h12	j6	k6	n6	r6	s6	u8	x8
do 3	-270 -330	-60 -120	-20 -45	-14 -28	-6 -16	-2 -8	0 -6	0 -14	0 -25	0 -60	0 -0,1	+4 -2	+6 0	+10 +4	+16 +10	+20 +14	+32 +18	+34 +20
nad 3 do 6	-270 -345	-70 -145	-30 -60	-20 -38	-10 -22	-4 -12	0 -8	0 -18	0 -30	0 -75	0 -0,12	+6 -2	+9 +1	+16 +8	+23 +15	+27 +19	+41 +23	+46 +28
nad 6 do 10	-280 -370	-80 -170	-40 -76	-25 -47	-13 -28	-5 -14	0 -9	0 -22	0 -36	0 -90	0 -0,15	+7 -2	+10 +1	+19 +10	+28 +19	+32 +23	+50 +28	+56 +34
nad 10 do 14	-290	-95	-50	-32	-16	-6	0	0	0	0	0	+8	+12	+23	+34	+39	+60	+67 +40
nad 14 do 18	-400	-205	-93	-59	-34	-17	-11	-27	-43	-110	-0,18	-3	+1	+12	+23	+28	+33	+72 +45
nad 18 do 24	-300	-110	-65	-40	-20	-7	0	0	0	0	0	+9	+15	+28	+41	+48	+74 +41	+87 +54
nad 24 do 30	-430	-240	-117	-73	-41	-20	-13	-33	-52	-130	-0,21	-4	+2	+15	+28	+35	+81 +48	+97 +64
nad 30 do 40	-310 -470	-120 -280	-80	-50	-25	-9	0	0	0	0	0	+11	+18	+33	+50	+59	+99 +60	+119 +80
nad 40 do 50	-320 -480	-130 -290	-142	-89	-50	-25	-16	-39	-62	-160	-0,25	-5	+2	+17	+34	+43	+109 +70	+136 +97
nad 50 do 65	-340 -530	-140 -330	-100	-60	-30	-10	0	0	0	0	0	+12	+21	+39	+60 +41	+72 +53	+133 +87	+168 +122
nad 65 do 80	-360 -550	-150 -340	-174	-106	-60	-29	-19	-46	-74	-190	-0,3	-7	+2	+20	+62 +43	+78 +59	+148 +102	+192 +146
nad 80 do 100	-380 -600	-170 -390	-120	-72	-36	-12	0	0	0	0	0	+13	+25	+45	+73 +51	+93 +71	+178 +124	+232 +178
nad 100 do 120	-410 -630	-180 -400	-207	-126	-71	-34	-22	-54	-87	-220	-0,35	-9	+3	+23	+76 +54	+101 +79	+198 +144	+264 +210
nad 120 do 140	-460 -710	-200 -450													+88 +63	+117 +92	+233 +170	+311 +248
nad 140 do 160	-520 -770	-210 -460	-145 -245	-85 -148	-43 -83	-14 -39	0 -25	0 -63	0 -100	0 -250	0 -0,4	+14 -11	+28 +3	+52 +27	+90 +65	+125 +100	+253 +190	+343 +280
nad 160 do 180	-580 -830	-230 -480													+93 +68	+133 +108	+273 +210	+373 +310
nad 180 do 200	-660 -950	-240 -530													+106 +177	+151 +122	+308 +236	+422 +350
nad 200 do 225	-730 -1030	-260 -550	-170 -285	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	0 -72	0 -115	0 -290	0 -0,46	+16 -13	+33 +4	+60 +31	+109 +80	+159 +130	+330 +258	+457 +385
nad 225 do 250	-820 -1100	-280 -570													+113 +84	+169 +140	+356 +284	+497 +425
nad 250 do 280	-920 -1240	-300 -620	-190	-110	-56	-17	0	0	0	0	0	± 16	+36 +4	+66 +34	+126 +94	+190 +158	+396 +315	+556 +475
nad 280 do 315	-1050 -1370	-330 -650	-320	-191	-108	-49	-32	-81	-130	-320	-0,52				+130 +98	+202 +170	+431 +350	+606 +525
nad 315 do 355	-1200 -1560	-360 -720	-210	-125	-62	-18	0	0	0	0	0	± 18	+40 +4	+73 +37	+144 +108	+226 +190	+479 +390	+679 +590
nad 355 do 400	-1350 -1710	-400 -760	-350	-214	-119	-54	-36	-89	-140	-360	-0,57				+150 +114	+244 +208	+524 +435	+749 +660
nad 400 do 450	-1500 -1900	-440 -840	-230	-135	-68	-20	0	0	0	0	0	± 20	+45 +5	+80 +40	+166 +126	+272 +232	+587 +490	+837 +740
nad 450 do 500	-1650 -2050	-480 -880	-385	-232	-131	-60	-40	-97	-155	-400	-0,63				+172 +132	+292 +252	+637 +540	+917 +820

1) Mejne odstopke za imenske mere nad 500 do 3150 mm glej v SIST ISO 286.

Podajanje toleranc dolžin in kotov na tehniški risbi

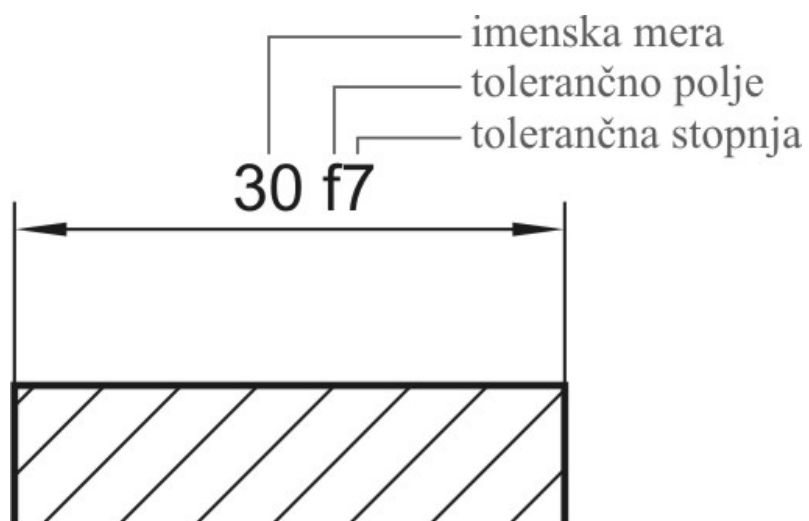
Podajanje toleranc dolžinskih mer in kotov na tehniški risbi je standardizirano po SIST ISO 406.

Tolerance dolžinskih mer lahko na tehnični risbi podamo na naslednje načine:

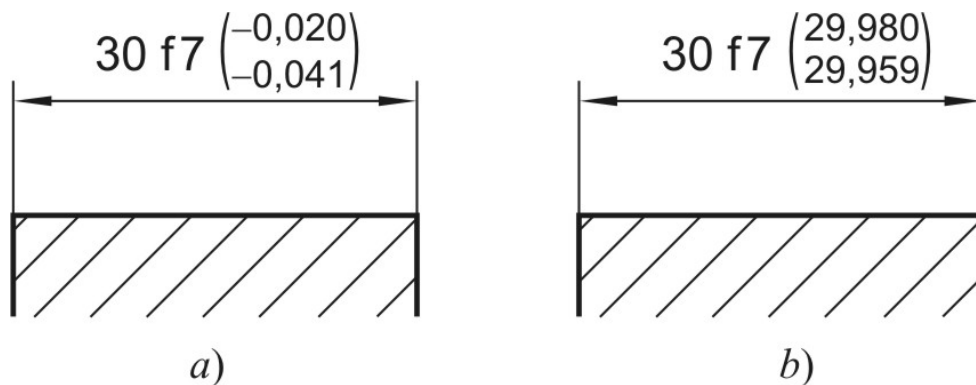
- z označbo po tolerančnem sistemu ISO,
- z navedbo mejnih odstopkov,
- z navedbo mejnih mer.

Podajanje toleranc po tolerančnem sistemu ISO

Po tolerančnem sistemu ISO toleranco podamo tako, da za imensko mero navedemo lego tolerančnega polja in zahtevano IT-tolerančno stopnjo

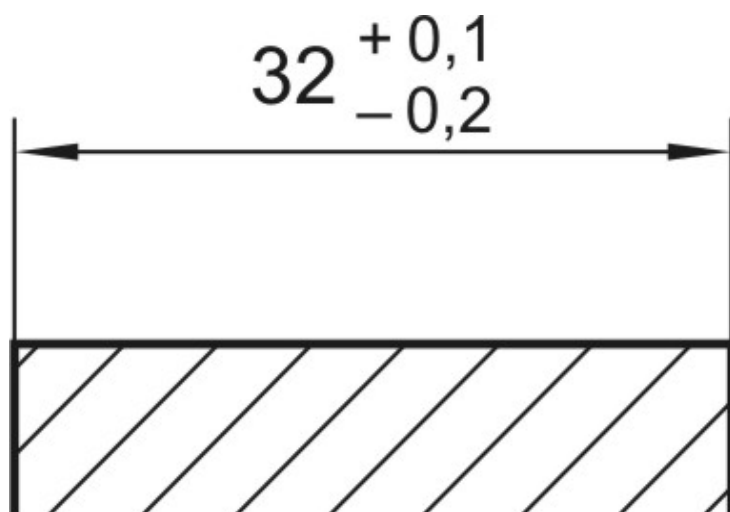


Če želimo zraven označbe ISO informativno navesti še mejna odstopka ali obe mejni meri, moramo slednje dati v oklepaj (slika 6.6).

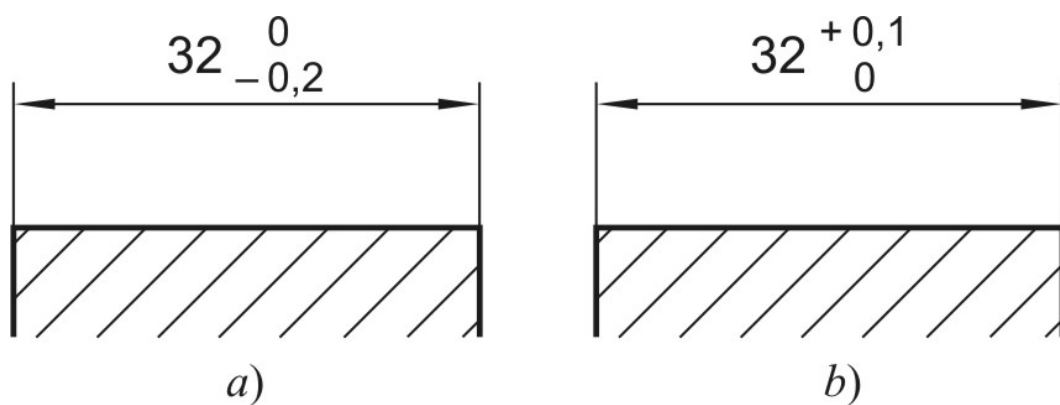


Dodatni podatki pri navedbi toleranc

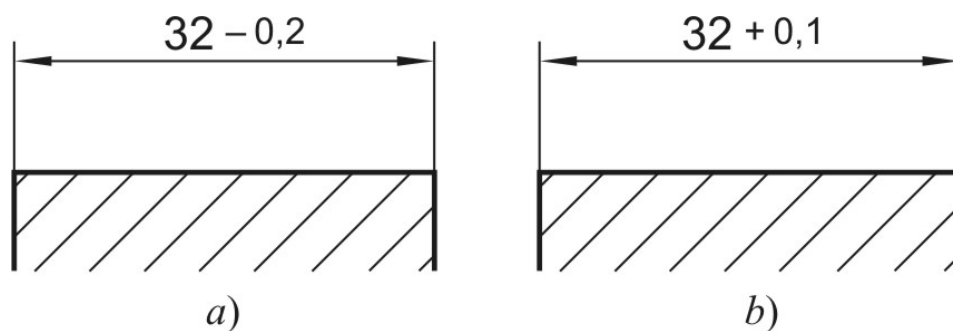
a) navedba mejnih odstopkov, b) navedba mejnih mer



Slika 6.7: Zapis toleranc z navedbo mejnih odstopkov

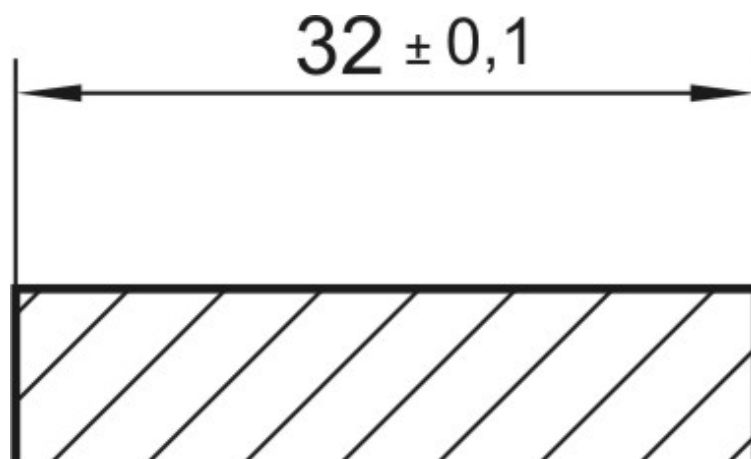


Slika 6.8: Zapis ničelnega odstopka
a) zgornji odstopok enak nič, b) spodnji odstopok enak nič



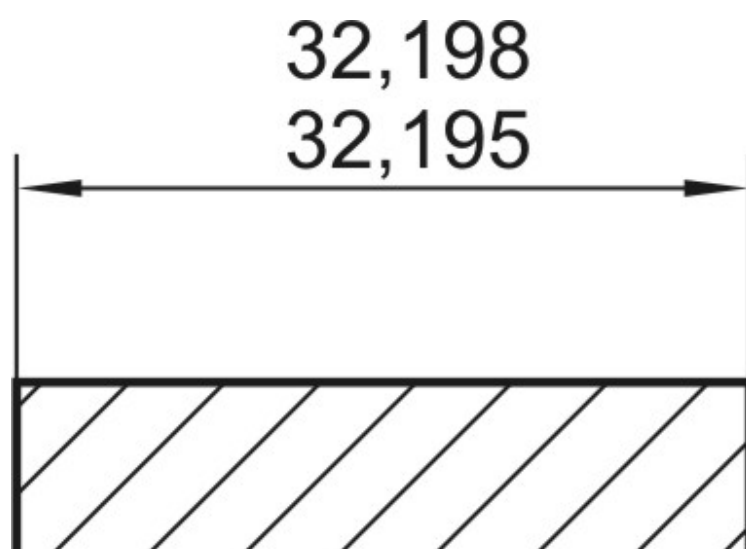
Slika 6.9: Poenostavljen zapis ničelnega odstopka
a) zgornji odstop enak nič, b) spodnji odstop enak nič

Če sta mejna odstopka simetrična glede na ničelnico (enaka po absolutni vrednosti vendar nasprotno predznačena), uporabimo pri navedbi odstopkov znak $\pm$ (slika 6.10).

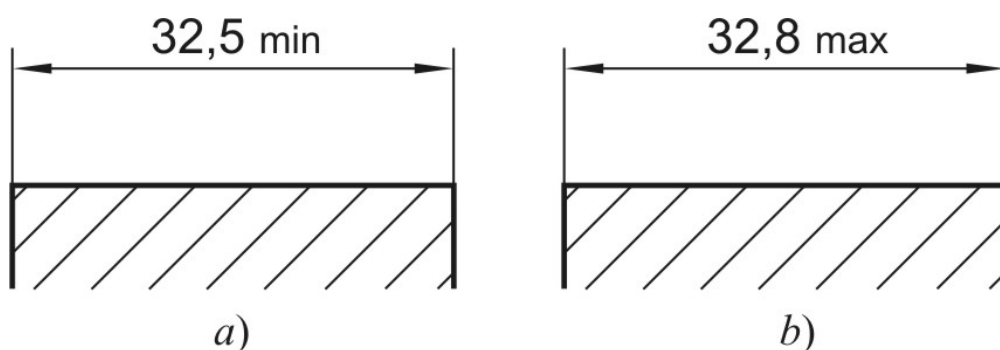


Zapis simetričnih odstopkov glede na ničelnico

Podajanje toleranc z navedbo mejnih mer

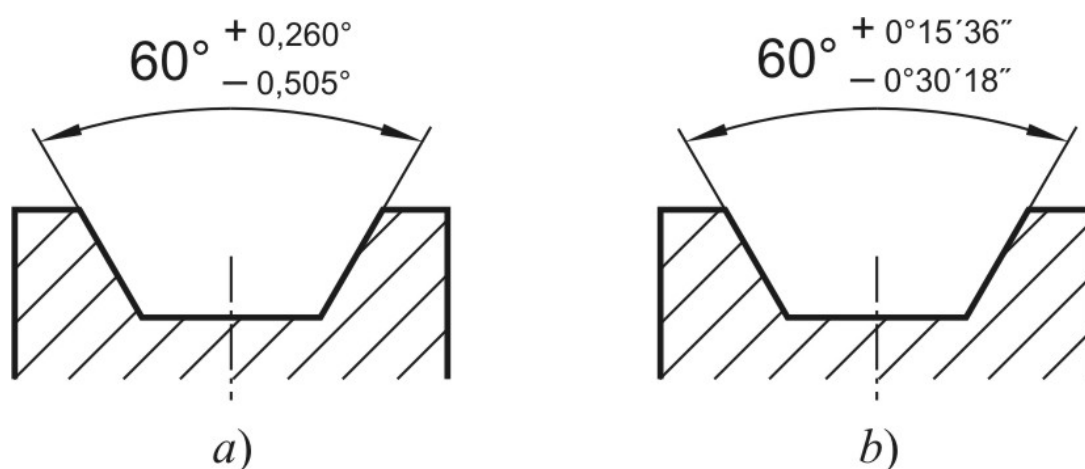


Slika 6.11: Podajanje toleranc z navedbo obeh mejnih mer



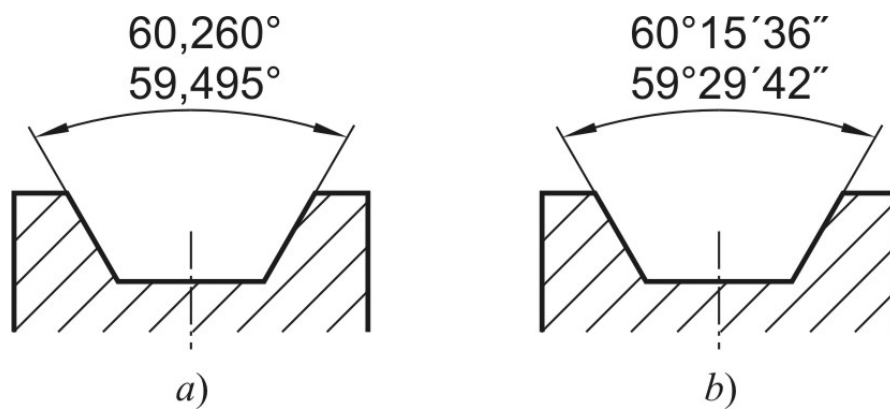
Slika 6.12: Omejitev tolerirane mere samo v eni smeri
a) omejitev mere navzdol, b) omejitev mere navzgor

Tolerance kotov podajamo podobno kot tolerance dolžinskih mer, le da nikoli ne uporabljamo označb po tolerančnem sistemu ISO (glej sliko 6.5), temveč zapišemo mejna odstopka oziroma mejni meri. Slednje lahko zapišemo v stopinjah kot decimalna števila oziroma navedemo zraven stopinj še kotne minute in sekunde (glej primere na slikah 6.13 in 6.14).



Slika 6.13: Toleriranje kotov z navedbo mejnih odstopkov

a) v kotnih stopinjah, b) v kotnih stopinjah, minutah in sekundah



Slika 6.14: Toleriranje kotov z navedbo mejnih mer
a) v kotnih stopinjah, b) v kotnih stopinjah, minutah in sekundah

Geometrične tolerance

- tolerance oblike,
- tolerance orientacije,
- tolerance lege,
- tolerance teka.

Geometrične tolerance so standardizirane po SIST ISO/TR 5460 oziroma DIN ISO 1101.

Tolerančno območje je lahko:

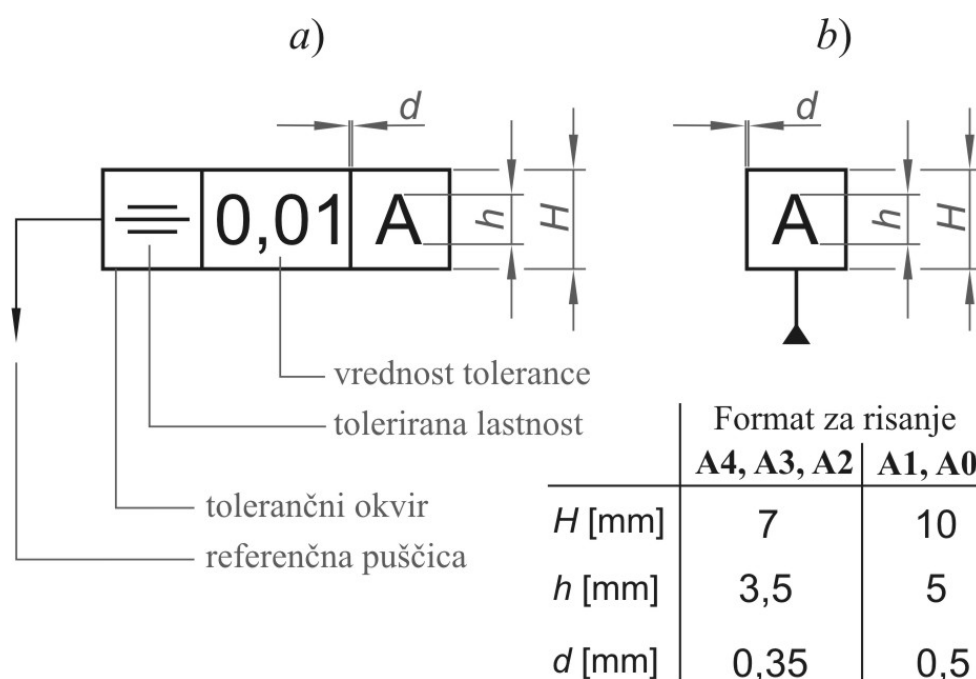
- površina znotraj kroga,
- površina med dvema koncentričnima krogoma,
- površina med dvema enako oddaljenima črtama,
- površina med dvema vzporednicama,
- volumen znotraj valja,
- volumen med dvema koaksialnima valjema,
- volumen med dvema enako oddaljenima površinama,
- volumen med dvema vzporednima površinama,
- volumen znotraj kvadra.

Pregled geometričnih toleranc

Tolerirana lastnost			Simbol
Neodvisna lastnost	Tolerance oblike	Premočrtnost	—
		Ravnost	
		Krožnost	
		Cilindričnost	
		Profil poljubne črte	
		Profil poljubne površine	
Odvisna lastnost	Tolerance orientacije	Vzporednost	
		Pravokotnost	
		Kotnost	
	Tolerance lege	Lega	
		Koncentričnost in soosnost	
		Simetričnost	
	Tolerance teka	Preprosti tek	
		Popolni tek	

Podajanje geometričnih toleranc na tehniški risbi

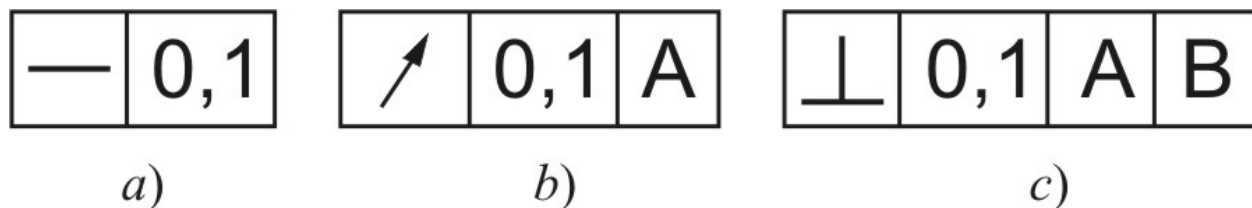
Geometrične tolerance podajamo na tehniških risbah z ustreznimi simboli, ki so standardizirani po SIST EN ISO 7083. Način podajanja geometričnih toleranc pa je standardiziran po SIST ISO 5458 in SIST ISO 5459.



Slika 6.15: Osnovna navedba geometričnih toleranc
a) tolerančni okvir z referenčno puščico, b) referenčni element

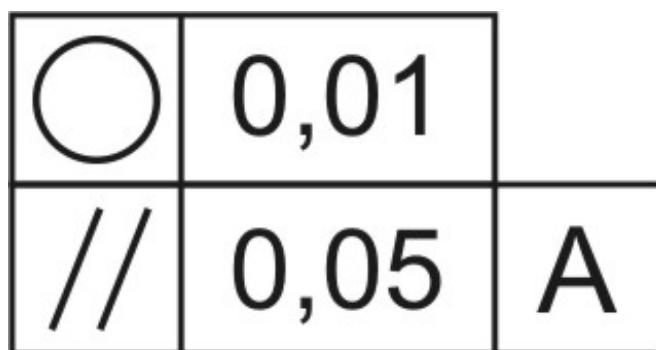
Tolerančni okvirji

Tolerančni okvirji za neodvisne geometrične tolerance imajo dve polji (slika 6.16 a), tolerančni okvirji za odvisne geometrične tolerance pa tri (slika 6.16 b), štiri (slika 6.17 c) ali več polj.



Slika 6.16: Osnovne oblike tolerančnih okvirjev
a) dve polji, b) tri polja, c) štiri polja

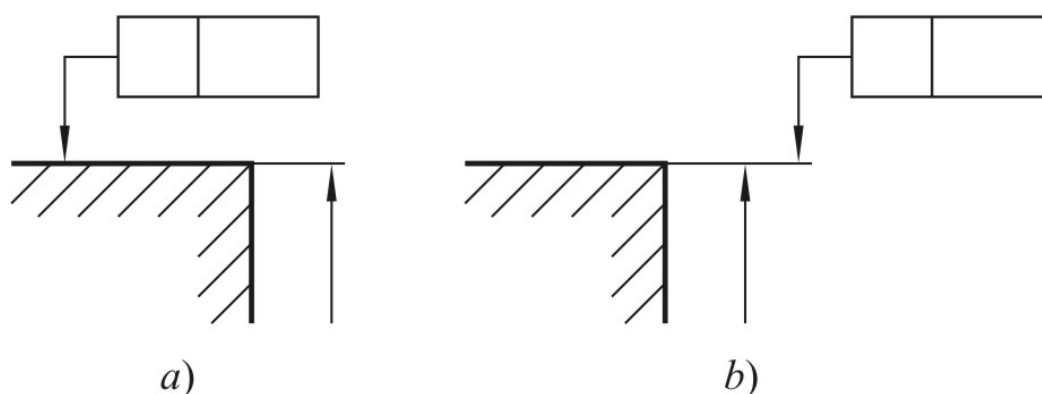
Če za tolerirano linijo ali površino strojnega dela hkrati podajamo več lastnosti, postavimo tolerančne okvirje enega pod drugim (slika 6.17).



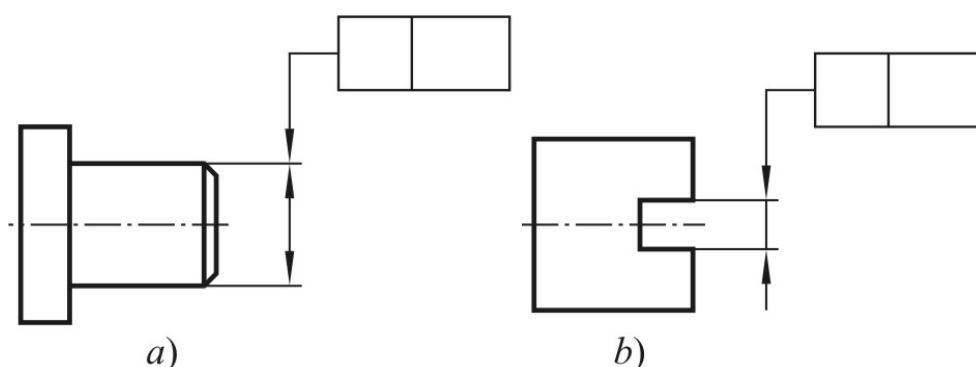
Slika 6.17: Navedba več tolerančnih lastnosti

Referenčne puščice

Če postavimo referenčno puščico direktno na konturo strojnega dela (slika 6.18 a) ali na pomožno kotirno črto najmanj 4 mm vstran od glavne kotirne črte (slika 6.18 b), se tolerirana lastnost nanaša na konturo strojnega dela.

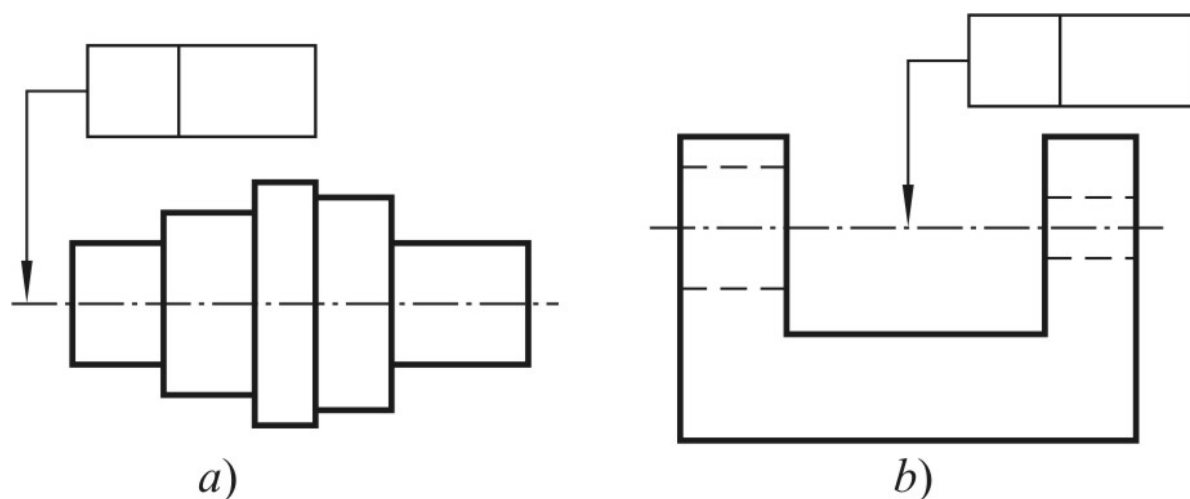


Slika 6.18: Toleriranje konture strojnega dela
a) referenčna puščica na konturi strojnega dela, b)
referenčna puščica na pomožni kotirni črti



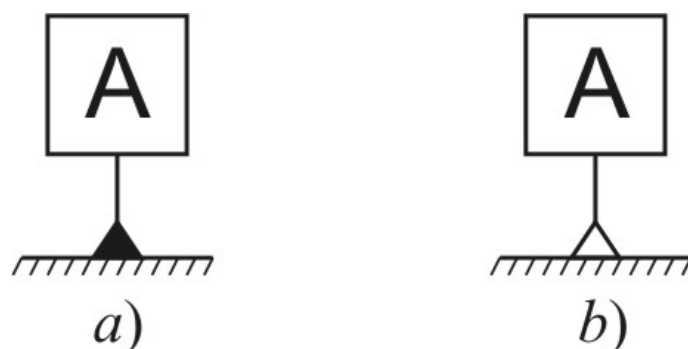
Slika 6.19: Toleriranje osi (a) in srednje ravnine (b)
kotirane veličine strojnega dela

Če postavimo referenčno puščico na srednjico, se tolerirana lastnost nanaša na celotno os oziroma srednjo ravnino toleriranega strojnega dela (slika 6.20).



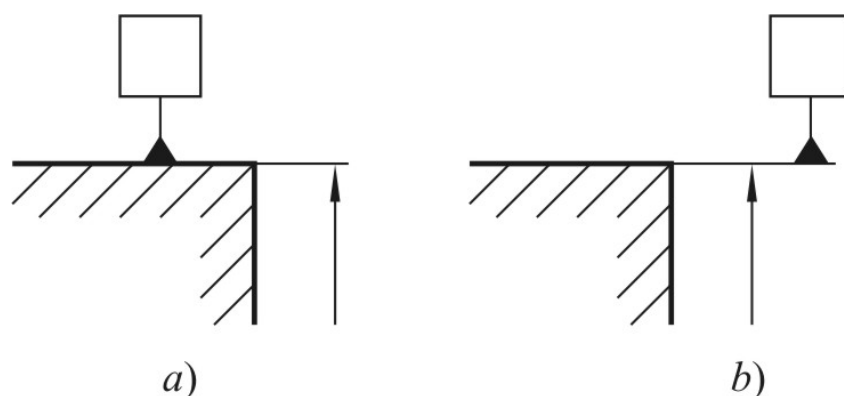
Slika 6.20: Toleriranje celotne osi (a) oziroma srednje ravnine (b) strojnega dela

Referenčni elementi



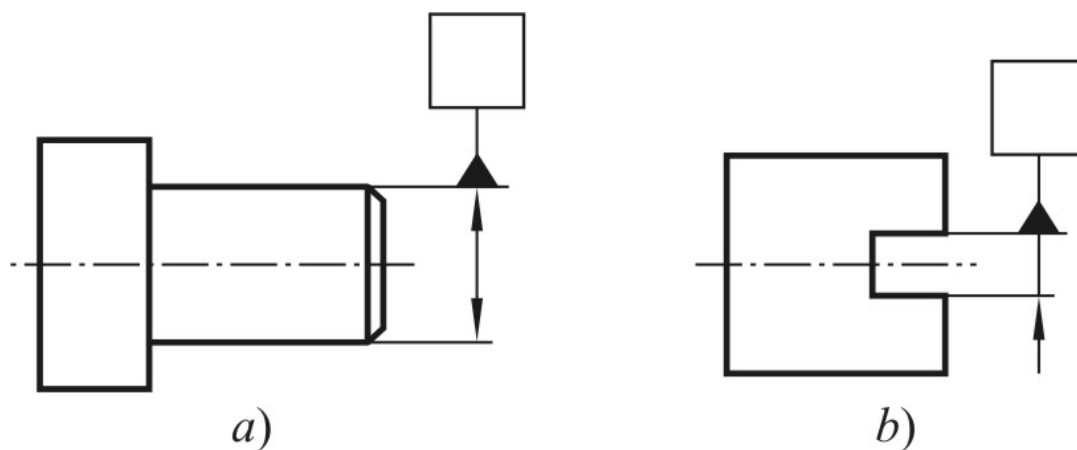
Slika 6.21: Osnovni obliki referenčnih elementov
a) polni referenčni trikotnik, b) prazni referenčni trikotnik

Če stoji referenčni trikotnik na konturi strojnega dela (slika 6.22 a) ali na pomožni kotirni črti najmanj 4 mm vstran od glavne kotirne črte (slika 6.22 b), se referenčni element nanaša na označeno konturo strojnega dela.



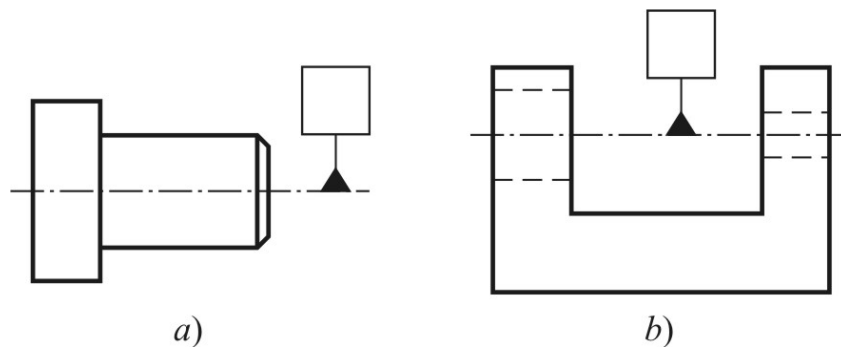
Slika 6.22: Referiranje konture strojnega dela
a) referenčni trikotnik na konturi strojnega dela, b)
referenčni trikotnik na pomožni kotirni črti

Če stoji referenčni trikotnik na podaljšku kotirne črte, se referenčni element nanaša na os (slika 6.23 a) ali srednjo ravnino (slika 6.23 b) kotirane veličine. Pri pomanjkanju prostora lahko pri kotiranju referenčni trikotnik nadomesti kotirno puščico (slika 6.23 b).

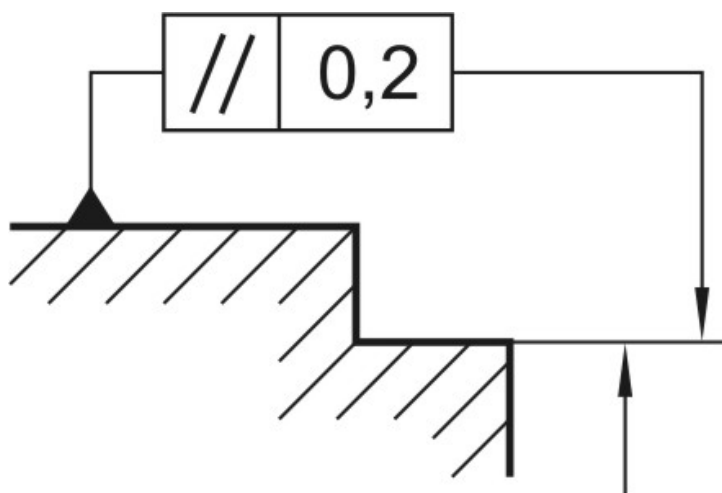


Slika 6.23: Referiranje osi (a) in srednje ravnine (b) kotirane veličine strojnega dela

Če stoji referenčni trikotnik na srednjici, se referenčni element nanaša na celotno os (slika 6.24 a) oziroma srednjo ravnino (slika 6.24 b) strojnega dela.

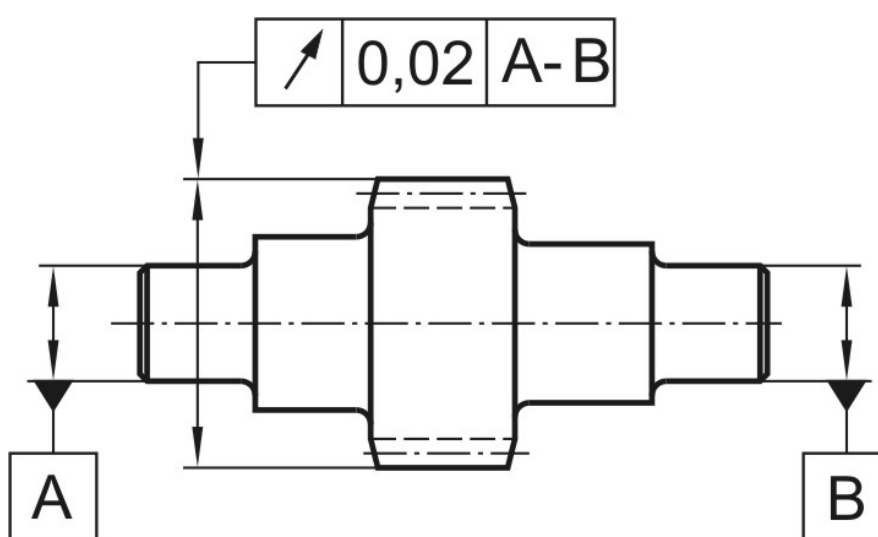


Slika 6.24: Referiranje celotne osi (a) in srednje ravnine (b) strojnega dela



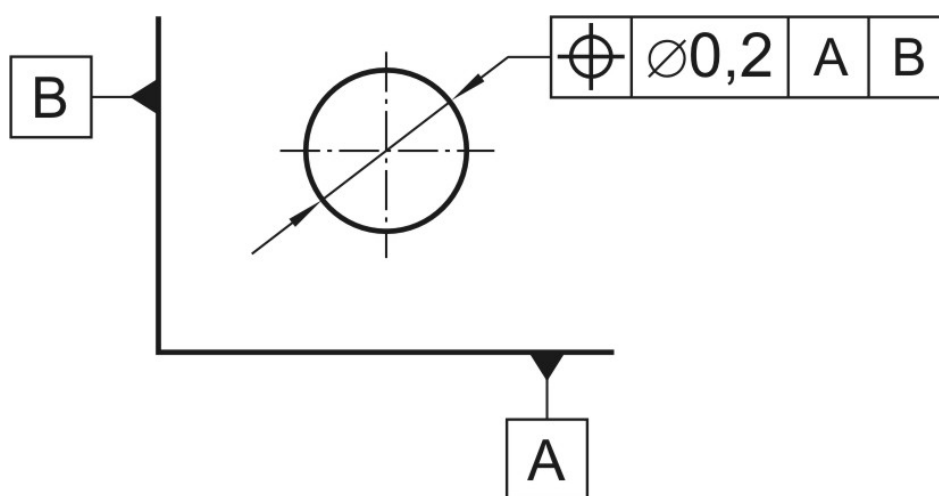
Slika 6.25: Direktno referiranje

Če se pri tolerančni lastnosti sklicujemo na združen referenčni element, povežemo v tolerančnem okvirju združeni oznaki z vezajem, npr. A-B na sliki 6.26.



Slika 6.26: Sklicevanje na združen referenčni element

Če se pri tolerančni lastnosti sklicujemo ločeno na več referenčnih elementov, zapišemo v tolerančni okvir črkovno oznako za posamezni referenčni element v ločena polja (slika 6.27).

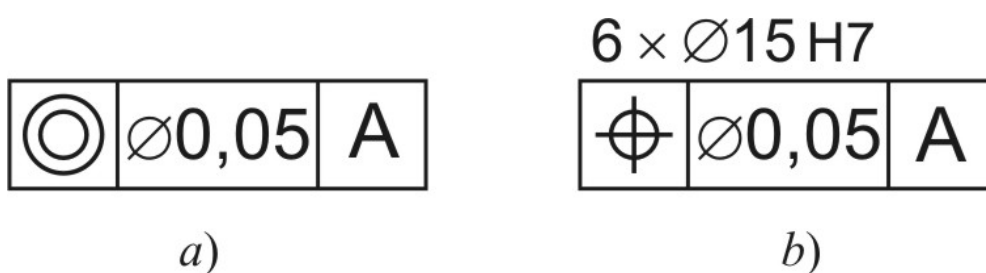


Slika 6.27: Sklicevanje na ločena referenčna elementa

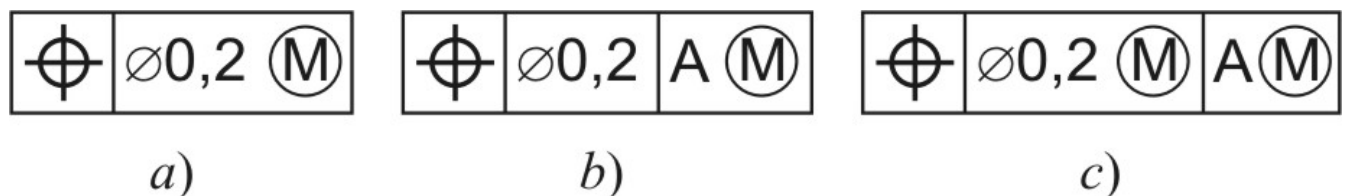
Dodatne označbe pri navedbi geometričnih toleranc

Če je tolerančno območje krog ali valj, je treba vrednosti tolerance dodati znak $\varnothing$. Ta se uporablja predvsem pri toleriranju koncentričnosti (slika 6.28 a) in toleriranju lege (slika 6.28 b).

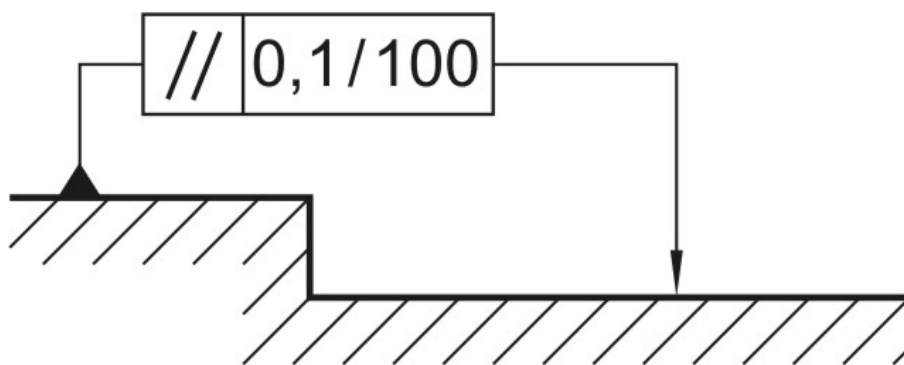
Pri navajanju geometričnih toleranc je včasih treba navesti še dodatna tekstovna pojasnila (npr. število izvrtin pri toleriranju lege izvrtin). Ta pojasnila zapišemo nad tolerančnim okvirjem (slika 6.28 b).



Slika 6.28: Uporaba znaka $\varnothing$
a) pri toleriranju koncentričnosti, b) pri toleriranju lege

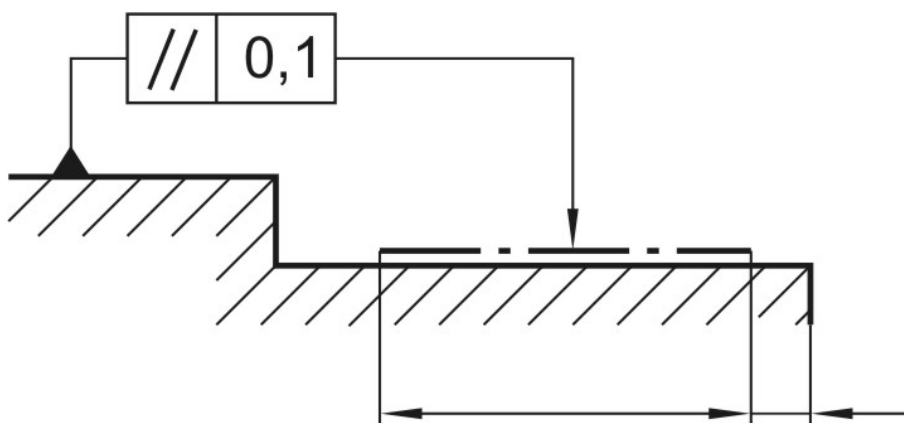


Slika 6.29: Navedba principa maksimalnega materiala
a) za vrednostjo tolerance, b) za referenčnim elementom, c) pri obeh

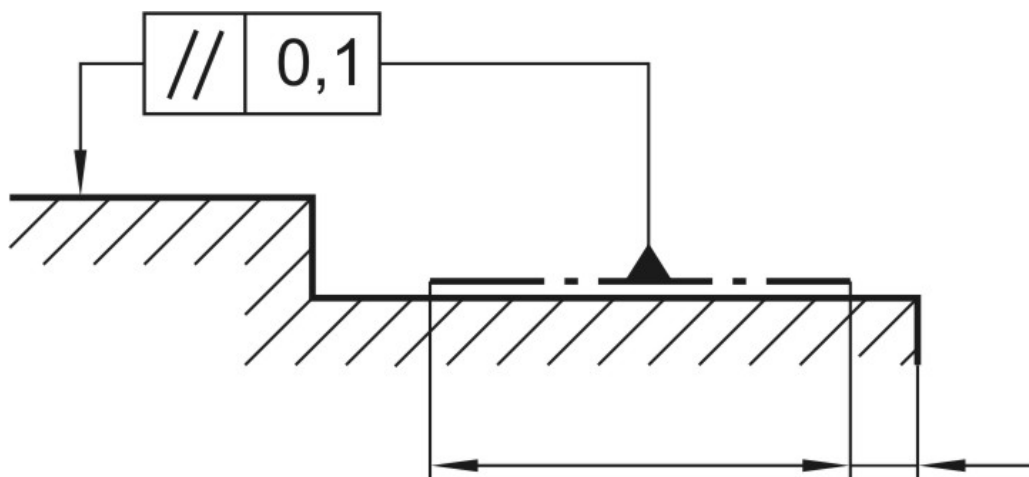


Slika 6.30: Omejitev dolžine tolerančnega področja na poljubnem mestu tolerirane linije ali površine

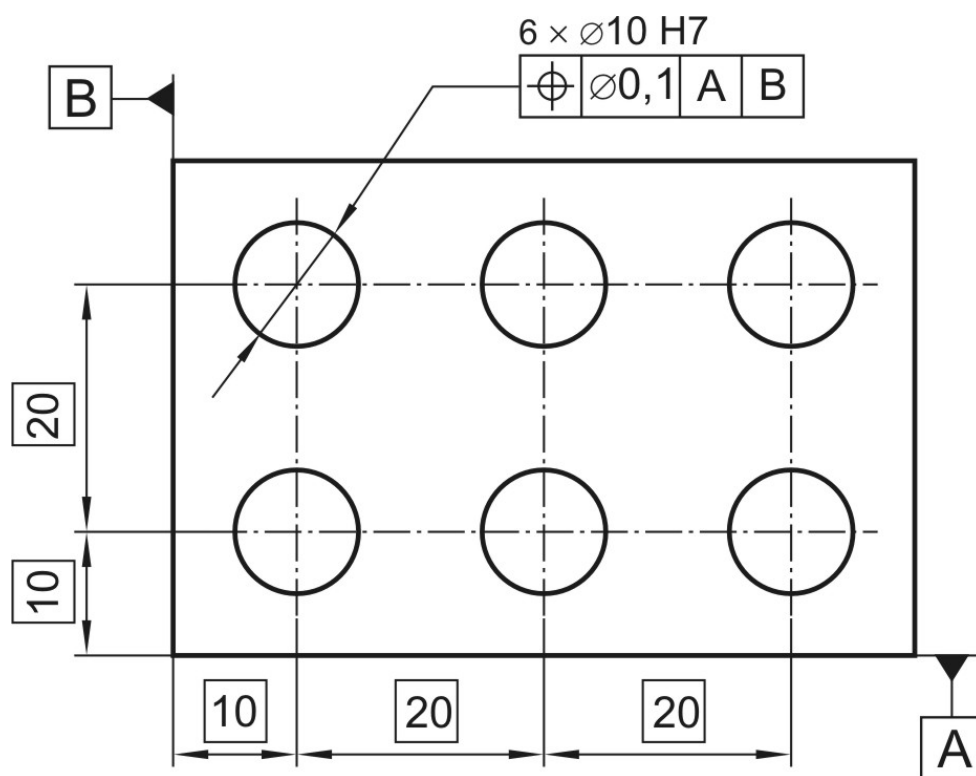
Če je tolerančno območje omejeno na določeno dolžino na predpisanem mestu tolerirane linije ali površine, označimo predpisano dolžino s črto J, lego tolerančnega območja za kontrolo tolerirane lastnosti pa tudi ustrezno kotiramo (slika 6.31). Na podoben način predpišemo tudi omejitev referenčne linije ali površine (slika 6.32).



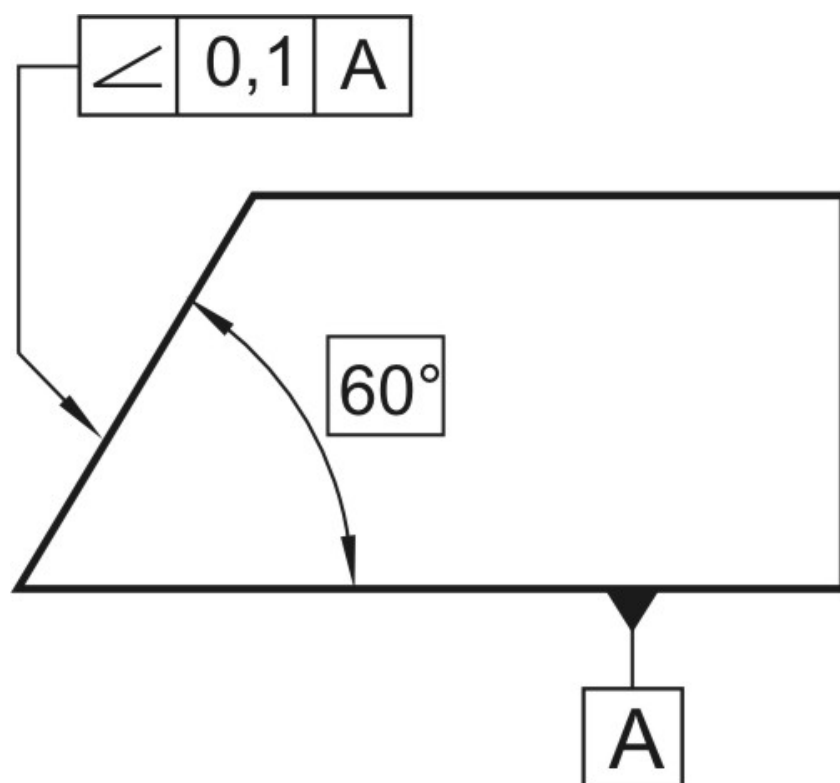
Slika 6.31: Omejitev dolžine tolerančnega območja na določenem mestu tolerirane linije ali površine



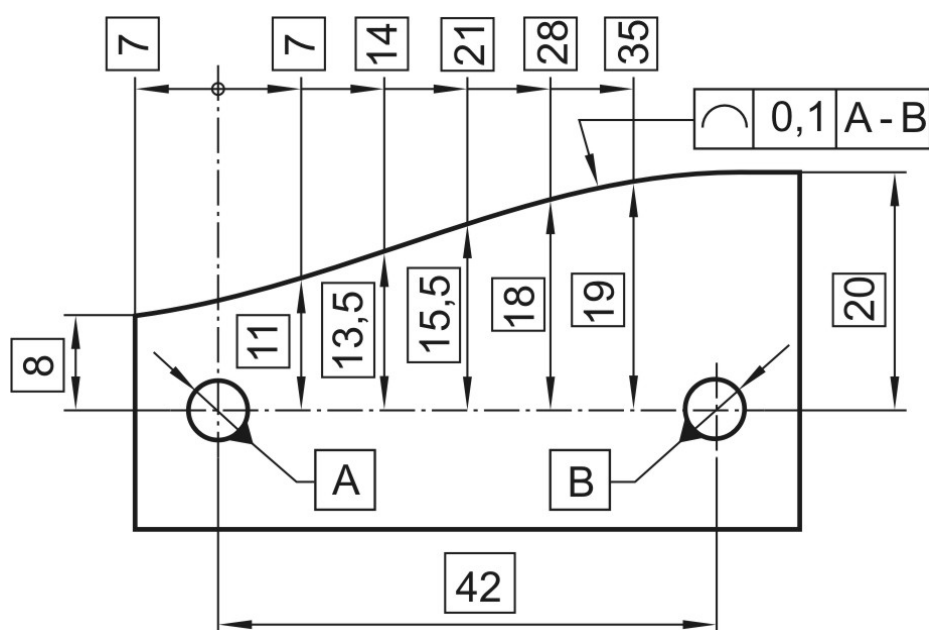
Slika 6.32: Omejitev referenčne linije ali površine



Slika 6.33: Navedba teoretičnih mer pri toleriranju lege

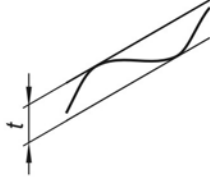
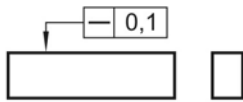
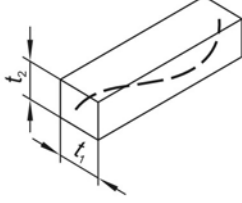
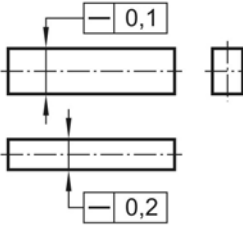
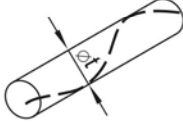
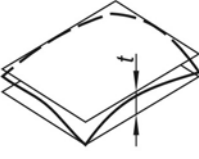
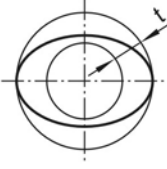
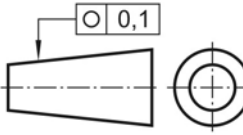
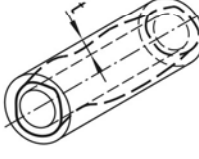
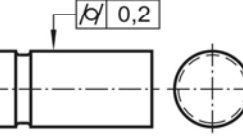
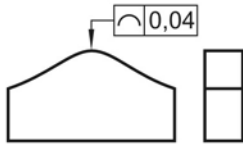
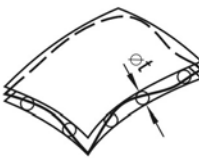
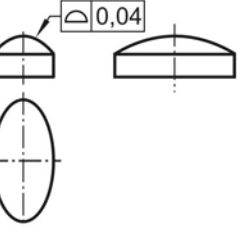


Slika 6.34: Navedba teoretičnih mer pri toleriranju kotnosti

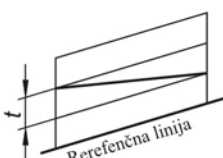
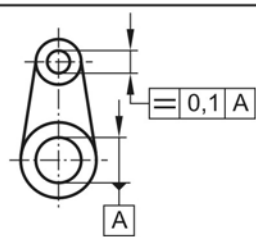
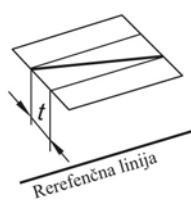
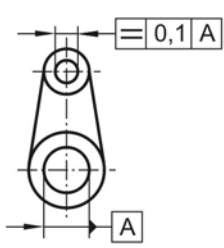
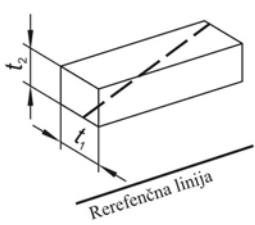
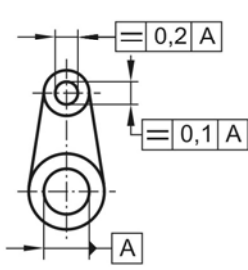
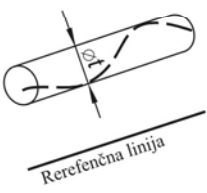
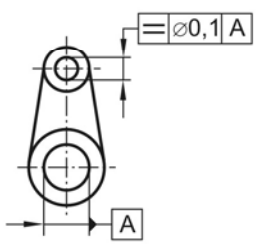
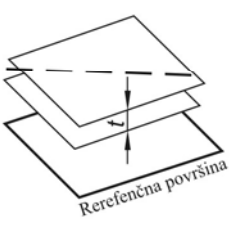
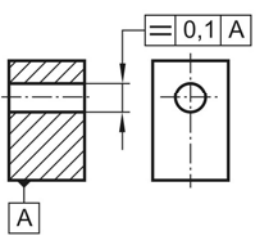
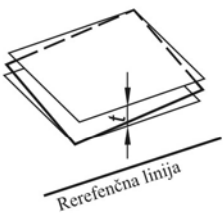
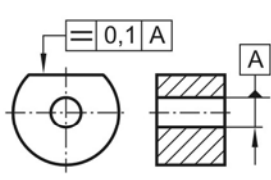
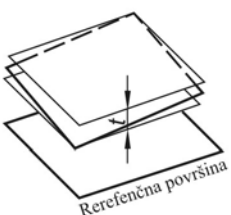
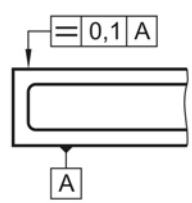


Slika 6.35: Navedba teoretičnih mer pri toleriranju krivulj

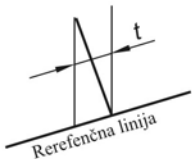
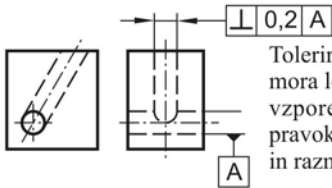
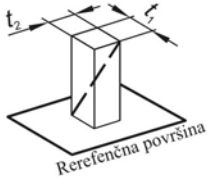
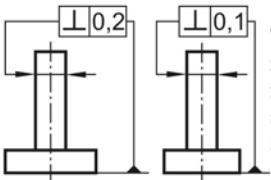
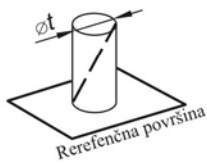
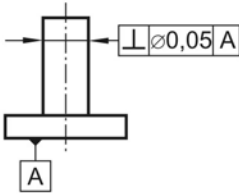
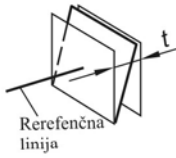
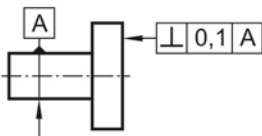
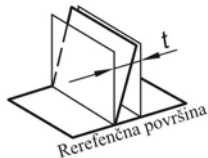
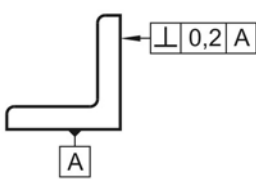
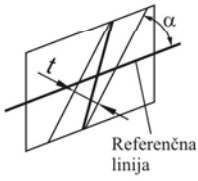
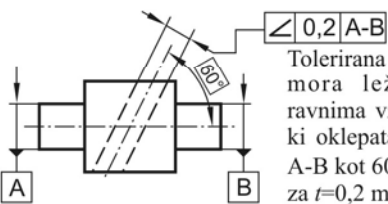
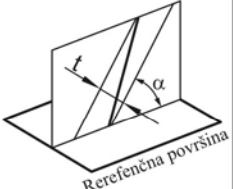
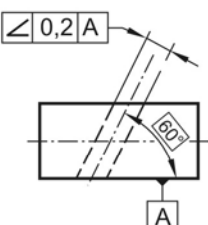
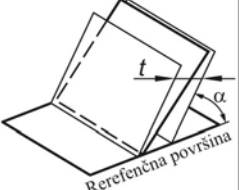
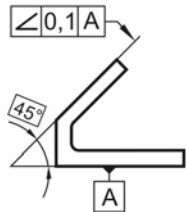
Preglednica 6.10: Primeri uporabe toleranc oblike

	Definiranje tolorenčnega področja	Prikaz na tehniški risbi in razlaga
Premočrtnost	Tolerančno področje je površina med dvema ravnima vzporednima črtama, ki sta razmaknjeni za razdaljo t. 	 Poljubna linija tolerirane površine elementa mora ležati med ravnima črtama, ki sta vzporedni z idealno linijo in razmaknjeni za $t=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen znotraj kvadra s prečnim prerezom $t_1 \cdot t_2$. 	 Os pravokotne palice mora ležati znotraj kvadra širine $t_1=0,2$ mm in višine $t_2=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen znotraj valja s premerom $\varnothing t$. 	 Os zunanje površine valja mora ležati znotraj valja s premerom $\varnothing t = 0,05$ mm.
Ravnost	Tolerančno področje je volumen med dvema vzporednima ravninama, ki sta razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana površina mora ležati med dvema vzporednima ravninama, ki sta razmaknjeni za $t=0,1$ mm.
Krožnost	Tolerančno področje je v opazovanem prerezu površina med dvema koncentričnima krogoma, ki sta razmaknjena za razdaljo t. 	 V vsakem prečnem prerezu elementa mora obodna linija tolerirane površine ležati znotraj koncentričnih krogov, ki sta razmaknjena za $t=0,1$ mm.
Cilindričnost	Tolerančno področje je volumen med dvema koaksialnima valjema, ki sta razmaknjena za razdaljo t. 	 Tolerirana površina valja mora ležati znotraj dveh koaksialnih valjev, ki sta razmaknjena za $t=0,2$ mm.
Profil poljubne črte	Tolerančno področje je površina med dvema linijama, ki se dotikata krogov premera $\varnothing t$, katerih središča ležijo na geometrijsko idealnem profilu. 	 V vsakem z risarsko ravnino vzporednem prerezu mora ležati tolerirani profil med dvema linijama, ki se dotikata krogov premera $\varnothing t=0,04$ mm, katerih središča ležijo na geometrijsko idealnem profilu.
Profil poljubne površine	Tolerančno področje je volumen med dvema površinama, ki se dotikata krogel premera $\varnothing t$, katerih središča ležijo na geometrijsko idealni površini. 	 Tolerirana površina mora ležati med dvema površinama, ki se dotikata krogel premera $\varnothing t=0,04$ mm, katerih središča ležijo na geometrijsko idealni površini.

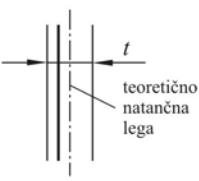
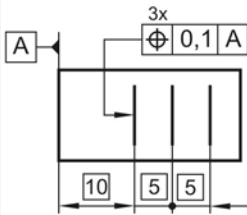
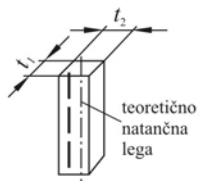
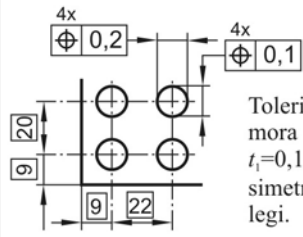
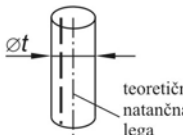
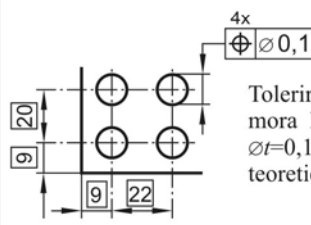
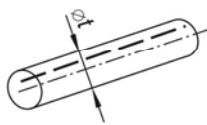
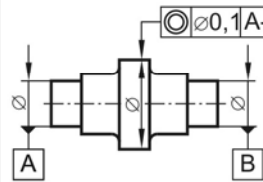
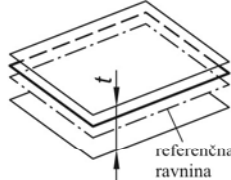
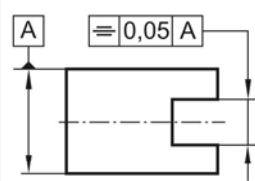
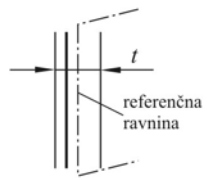
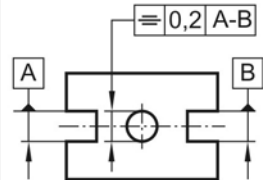
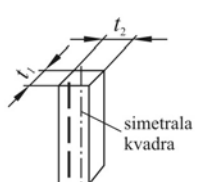
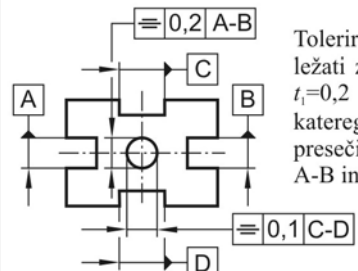
Preglednica 6.11: Primeri uporabe toleranc orientacije

	Definiranje tolarenčnega področja	Prikaz na tehniški risbi in razlaga
Vzporednost	Tolerančno področje je površina v navpični ravnini med dvema ravnima črtama, ki sta vzporedni z referenčno linijo in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana os mora ležati med dvema ravnima črtama, ki sta vzporedni z referenčno osjo A in razmaknjeni za $t=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je površina v vodoravni ravnini med dvema ravnima črtama, ki sta vzporedni z referenčno linijo in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana os mora ležati med dvema ravnima črtama, ki sta vzporedni z referenčno osjo A in razmaknjeni za $t=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen znotraj kvadra, ki je vzporeden z referenčno linijo in ima prečni prerez $t_1 \cdot t_2$. 	 Tolerirana os mora ležati znotraj kvadra, ki je vzporeden z referenčno osjo A in ima stranici osnovne ploskve $t_1=0,2$ mm in $t_2=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen znotraj valja, ki je vzporeden z referenčno linijo in ima premer $\varnothing t$. 	 Tolerirana os mora ležati znotraj valja, ki je vzporeden z referenčno osjo A in ima premer $\varnothing t=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen med dvema ravninama, ki sta vzporedni z referenčno površino in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana os mora ležati med dvema ravninama, ki sta vzporedni z referenčno površino A in razmaknjeni za $t=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen med dvema ravninama, ki sta vzporedni z referenčno linijo in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana površina mora ležati med dvema ravninama, ki sta vzporedni z referenčno osjo A in razmaknjeni za $t=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen med dvema ravninama, ki sta vzporedni z referenčno površino in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana površina mora ležati med dvema ravninama, ki sta vzporedni z referenčno površino A in razmaknjeni za $t=0,1$ mm.

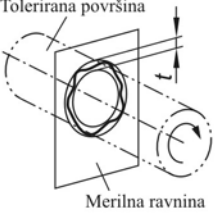
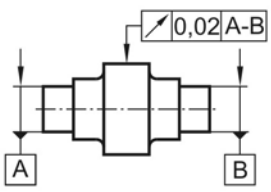
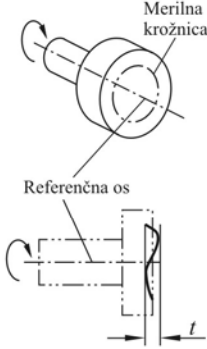
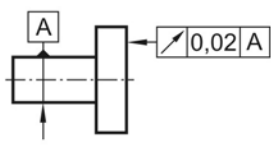
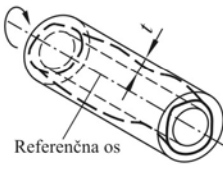
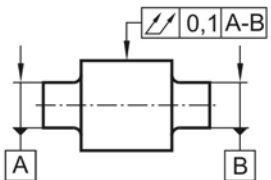
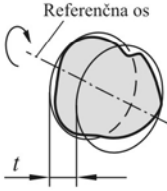
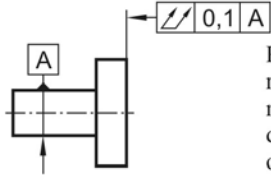
Preglednica 6.11: Primeri uporabe toleranc orientacije (nadaljevanje)

	Definiranje tolorenčnega področja	Prikaz na tehniški risbi in razlaga
Pravokotnost	Tolerančno področje je površina med dvema ravnima vzporednima črtama, ki sta pravokotni na referenčno linijo in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana os poševne luknje mora ležati med dvema ravnima vzporednima črtama, ki sta pravokotni na referenčno os A in razmaknjeni za $t=0,2$ mm.
	Tolerančno področje je volumen znotraj kvadra, ki je pravokoten na referenčno površino in ima prečni prerez t_1, t_2. 	 Tolerirana os mora ležati znotraj kvadra, ki je pravokoten na referenčno površino in ima stranici osnovne ploskve $t_1=0,1$ mm in $t_2=0,2$ mm.
	Tolerančno področje je volumen znotraj valja, ki je pravokoten na referenčno površino in ima premer $\varnothing t$. 	 Tolerirana os mora ležati znotraj valja, ki je pravokoten na referenčno površino A in ima premer $\varnothing t=0,05$ mm.
	Tolerančno področje je volumen med vzporednima ravninama, ki sta pravokotni na referenčno linijo in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana površina mora ležati med dvema vzporednima ravninama, ki sta pravokotni na referenčno os A in razmaknjeni za $t=0,1$ mm.
	Tolerančno področje je volumen med vzporednima ravninama, ki sta pravokotni na referenčno površino in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana površina mora ležati med dvema vzporednima ravninama, ki sta pravokotni na referenčno površino A in razmaknjeni za $t=0,2$ mm.
Kotnost	Tolerančno področje je v opazovani ravnini površina med dvema ravnima črtama, ki tvorita z referenčno linijo kot α in sta razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana os poševne luknje mora ležati med dvema ravnima vzporednima črtama, ki oklepata z referenčno osjo A-B kot 60° in sta razmaknjeni za $t=0,2$ mm.
	Tolerančno področje je v opazovani ravnini površina med dvema ravnima črtama, ki tvorita z referenčno površino kot α in sta razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana os poševne luknje mora ležati med dvema ravnima vzporednima črtama, ki oklepata z referenčno površino A kot 60° in sta razmaknjeni za $t=0,2$ mm.
	Tolerančno področje je volumen med dvema vzporednima ravninama, ki tvorita z referenčno površino kot α in sta razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana površina mora ležati med dvema vzporednima ravninama, ki oklepata z referenčno površino A kot 45° in sta razmaknjeni za $t=0,1$ mm.

Preglednica 6.12: Primeri uporabe toleranc lege

	Definiranje tolarenčnega področja	Prikaz na tehniški risbi in razlaga
Lega	Tolerančno področje je površina med dvema ravnima vzporednima črtama, ki sta simetrični glede na teoretično natančno lego in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Vsaka tolerirana črta mora ležati med dvema ravnima vzporednima črtama, razmaknjenima za $t=0,1$ mm, katerih simetrale ležijo na teoretično natančnih legah glede na referenčno površino A.
	Tolerančno področje je volumen znotraj kvadra prečnega prereza $t_1 \cdot t_2$, katerega simetrala leži na teoretično natančni legi. 	 Tolerirana os vsake od štirih izvrtin mora ležati znotraj kvadra prereza $t_1=0,1$ mm in $t_2=0,2$ mm, katerega simetrala leži na teoretično natančni legi.
	Tolerančno področje je volumen znotraj valja s premerom $\varnothing t$, katerega os leži na teoretično natančni legi. 	 Tolerirana os vsake od štirih izvrtin mora ležati znotraj valja premera $\varnothing t=0,1$ mm, katerega os leži na teoretično natančni legi.
Soosnost	Tolerančno področje je volumen znotraj valja s premerom $\varnothing t$, katerega os sovпада z referenčno osjo. 	 Os tolerirane površine mora ležati znotraj valja premera $\varnothing t=0,1$ mm, katerega os sovпада z referenčno osjo A-B.
Simetričnost	Tolerančno področje je volumen med dvema vzporednima ravninama, ki sta simetrični na referenčno ravnino in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana srednja ravnina utora mora ležati med dvema vzporednima ravninama, ki sta simetrični glede na referenčno ravnino A in razmaknjeni za $t=0,05$ mm.
	Tolerančno področje je površina med dvema ravnima vzporednima črtama, ki sta simetrični glede na referenčno ravnino in razmaknjeni za razdaljo t. 	 Tolerirana os izvrtine mora ležati med dvema vzporednima ravnima črtama, ki sta simetrični glede na referenčno ravnino A-B in razmaknjeni za $t=0,2$ mm.
	Tolerančno področje je volumen znotraj kvadra prečnega prereza $t_1 \cdot t_2$, katerega simetrala leži na presečišču dveh referenčnih ravnin. 	 Tolerirana os izvrtine mora ležati znotraj kvadra prereza $t_1=0,2$ mm in $t_2=0,1$ mm, katerega simetrala leži na presečišču referenčnih ravnin A-B in C-D.

Preglednica 6.13: Primeri uporabe toleranc teka

	Definiranje tolorenčnega področja	Prikaz na tehniški risbi in razlaga
Preprosti tek	Krožni tek Tolerančno področje je v poljubni ravnini pravokotno na referenčno os površina med koncentričnima krogoma, ki sta razmaknjena za razdaljo t, njuni središči pa sovpadata z referenčno osjo.  Tolerirana površina Merilna ravnina	 Pri enkratni zavrtitvi okrog referenčne osi A-B je lahko odstopok krožnega teka v poljubni merilni ravnini tolerirane površine največ $t=0,02$ mm.
	Opletanje Tolerančno področje je na poljubni radialni oddaljenosti (merilni krožnici) od referenčne osi površina med vzporednima krožnicama, ki sta razmaknjeni za razdaljo t, njuni središči pa sovpadata z referenčno osjo.  Merilna krožnica Referenčna os	 Pri enkratni zavrtitvi okrog referenčne osi A je lahko opletanje na poljubnem mestu tolerirane čelne površine največ $t=0,02$ mm.
Popolni tek	Krožni tek Tolerančno področje je volumen med dvema koaksialnima valjema, ki sta razmaknjena za razdaljo t, njuni osi pa sovpadata z referenčno osjo.  Referenčna os	 Pri večkratni zavrtitvi okrog referenčne osi A-B ter hkrati aksialnemu pomiku strojnega dela in merilne naprave, je lahko odstopok krožnega teka celotne tolerirane površine največ $t=0,1$ mm. Pri kontroli tolerirane površine pomikamo bodisi strojni del bodisi merilno napravo vzdolž ravnine, ki je vzporedna z referenčno osjo A-B.
	Opletanje Tolerančno področje je volumen med dvema vzporednima ravninama, ki sta pravokotni na referenčno os in razmaknjeni za razdaljo t.  Referenčna os	 Pri večkratni zavrtitvi okrog referenčne osi A ter hkrati medsebojnemu pomiku strojnega dela in merilne naprave je lahko opletanje celotne tolerirane čelne površine največ $t=0,1$ mm. Pri kontroli tolerirane površine pomikamo bodisi strojni del bodisi merilno napravo vzdolž ravnine, ki je pravokotna na referenčno os A.

SPLOŠNE TOLERANCE

Mere, ki na tehniški risbi niso tolerirane (proste mere), imenujemo splošne tolerance in jih delimo na:

- splošne tolerance dolžin in kotov,
- splošne geometrične tolerance.

Kakovost izdelave strojnih delov in posledično natančnost uporabljenih obdelovalnih strojev delimo splošne tolerance dolžin in kotov na štiri tolerančne razrede, in sicer:

- f fina kakovost
- m srednja kakovost
- c groba kakovost
- v zelo groba kakovost

Tolerančni razred		Mejna odstopka za imenske mere v mm ¹⁾				
Oznaka	Pomen	do 10	nad 10 do 50	nad 50 do 120	nad 120 do 400	nad 400
f	fino	± 1°	± 0°30'	± 0°20'	± 0°10'	± 0°5'
m	srednje					
c	grobo	± 1°30'	± 1°	± 0°30'	± 0°15'	± 0°10'
v	zelo grobo	± 3°	± 1°	± 1°	± 0°30'	± 0°20'

¹⁾ Pri izbiri imenske mere upoštevamo krajšo stranico kota.

Preglednica 6.16: Splošne tolerance za zaokrožitve in posnetja ostrih robov v mm

Tolerančni razred		Mejna odstopka za imenske mere v mm			
Oznaka	Pomen	0,5 ¹⁾ do 3	nad 3 do 6	nad 6	
f	fino	± 0,2	± 0,5	± 1	
m	srednje				
c	grobo	± 0,4	± 1	± 2	
v	zelo grobo				
¹⁾ Za zaokrožitve in posnetja, manjše od 0,5 mm, podamo mejna odstopka zraven imenske mere.					

Splošne geometrične tolerance

Splošne geometrične tolerance po SIST ISO 2768 veljajo praviloma le za strojne dele, ki jih obdelujemo z odvzemanjem materiala. Nanašajo se le na tiste geometrične lastnosti, ki na tehniški risbi niso posebej tolerirane.

Glede na zahtevano kakovost izdelave delimo geometrične tolerance na tri tolerančne razrede in sicer:

- H fina kakovost
- K srednja kakovost
- L groba kakovost

Standard SIST ISO 2768 navaja splošne tolerance le za naslednje geometrične lastnosti:

- premočrtnost in ravnost: preglednica 6.17,
- krožnost: splošne tolerance so enake mejnim odstopkom premera in ne smejo presegati splošnih toleranc krožnega teka iz preglednice 6.20,
- vzporednost: splošne tolerance so enake splošnim tolerancam premočrtnosti in ravnosti (preglednica 6.17) ali mejnim odstopkom dolžinskih mer (preglednica 6.14),
- pravokotnost: preglednica 6.18,
- simetričnost: preglednica 6.19,
- krožni tek: preglednica 6.20.

Preglednica 6.17: Splošne tolerance premočrtnosti in ravnosti v mm

Imenska mera [mm] ¹⁾	Tolerančni razred		
	H fino	K srednje	L grobo
do 10	0,02	0,05	0,1
nad 10 do 30	0,05	0,1	0,2
nad 30 do 100	0,1	0,2	0,4
nad 100 do 300	0,2	0,4	0,8
nad 300 do 1000	0,3	0,6	1,2
nad 1000 do 3000	0,4	0,8	1,6
¹⁾ Pri splošnih tolerancah ravnosti se imenska mera nanaša na daljši rob tolerirane površine.			

Preglednica 6.18: Splošne tolerance pravokotnosti v mm

Imenska mera [mm] ¹⁾	Tolerančni razred		
	H fino	K srednje	L grobo
do 100	0,2	0,4	0,6
nad 100 do 300	0,3	0,6	1,0
nad 300 do 1000	0,4	0,8	1,5
nad 1000 do 3000	0,5	1,0	2,0
¹⁾ Pri splošnih tolerancah pravokotnosti se imenska mera nanaša na krajši rob oziroma ploskev.			

Preglednica 6.19: Splošne tolerance
simetričnosti v mm

Imenska mera [mm]	Tolerančni razred		
	H fino	K srednje	L grobo
do 100	0,5	0,6	0,6
nad 100 do 300			1,0
nad 300 do 1000		0,8	1,5
nad 1000 do 3000		1,0	2,0

Preglednica 6.20: Splošne tolerance
krožnega teka v mm

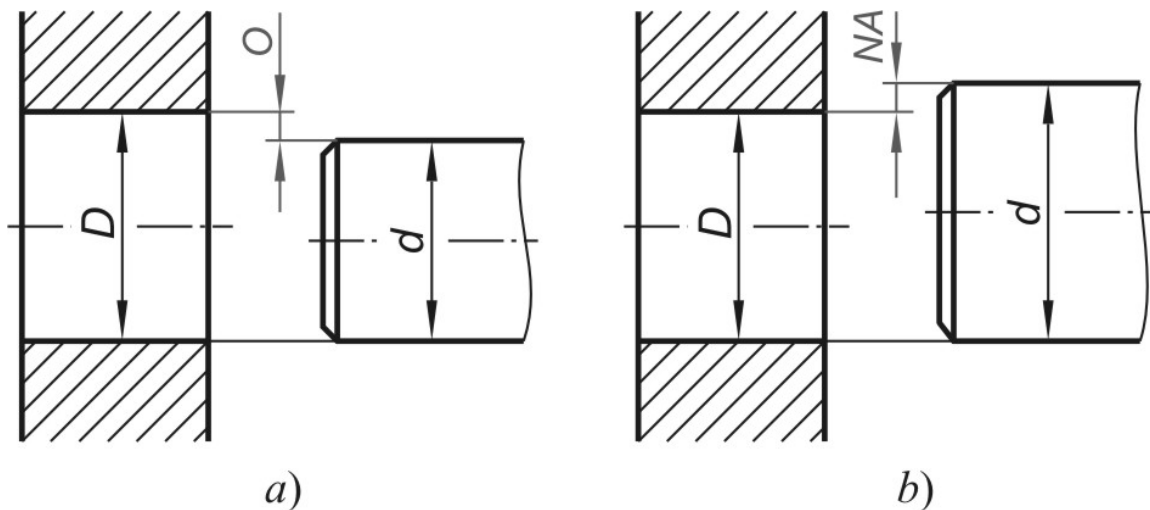
Imenska mera [mm]	Tolerančni razred		
	H fino	K srednje	L grobo
vse mere	0,1	0,2	0,5

UJEMI

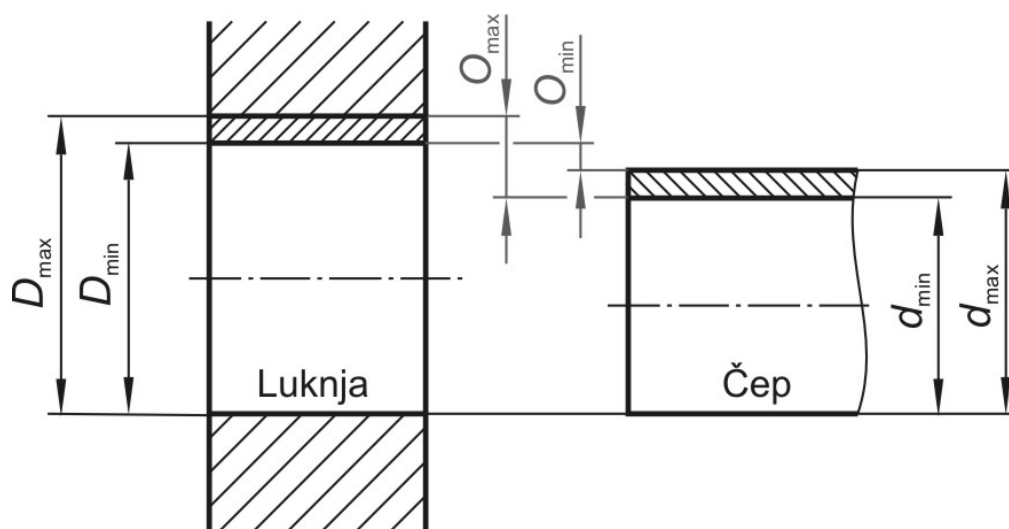
Ujem je skladnost, dobljena iz razlike med merama dveh združenih strojnih delov (npr. luknje in čepa). Dva ujemu pripadajoča strojna dela imata enako imensko mero ($D_i = d_i$) ter različni toleranci, glede na kateri lahko nastopa med obema deloma ohlap ali nadmera.

Ohlap je pozitivna razlika med mero luknje in mero čepa pred združitvijo ($O = D - d$), pri čemer je premer čepa vedno manjši od premera luknje ($d < D$; slika 6.36 a).

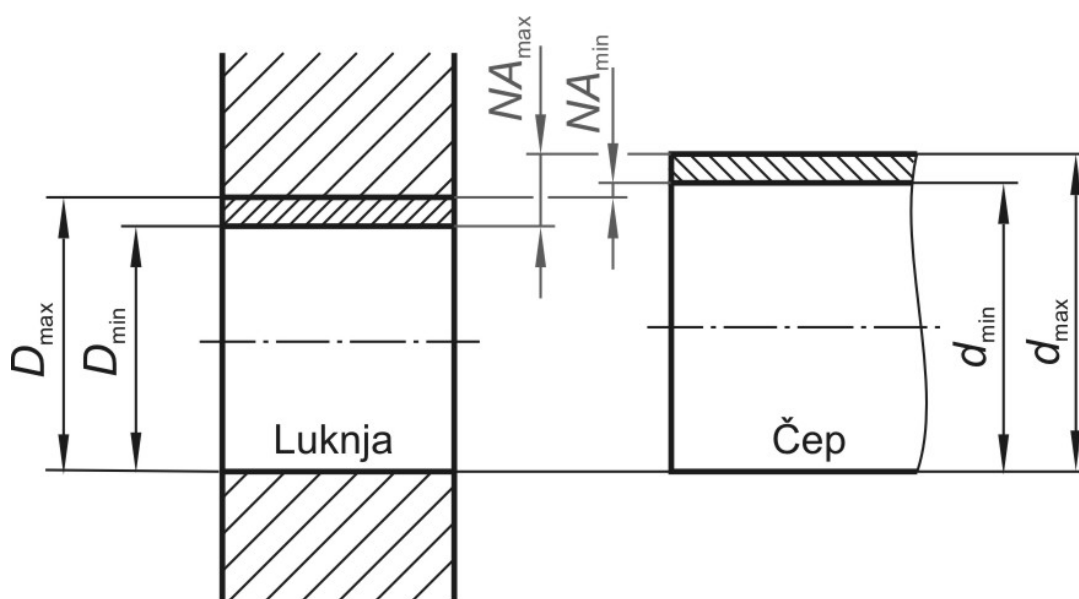
Nadmera je negativna razlika med mero luknje in mero čepa pred združitvijo ($NA = D - d$), pri čemer je premer čepa vedno večji od premera luknje ($d > D$; slika 6.36 b).



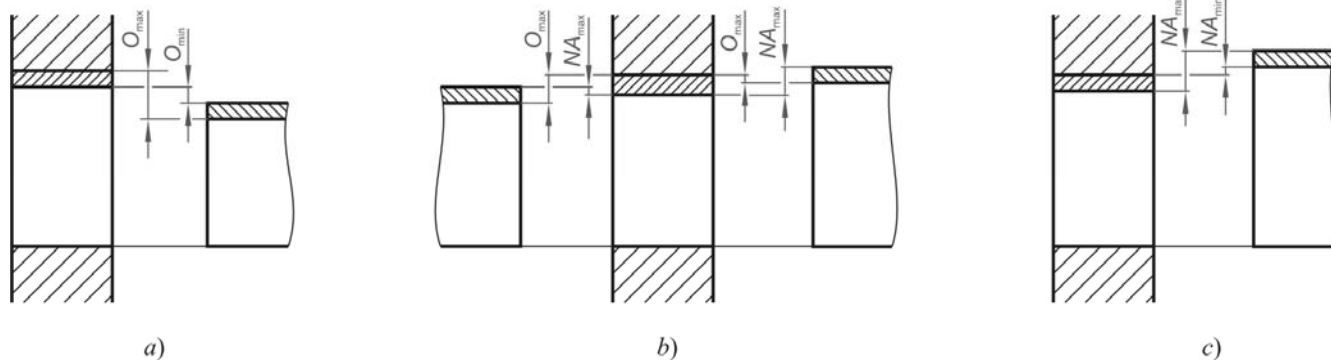
Slika 6.36: Ohlap (a) in nadmera (b)



Slika 6.37: Največji in najmanjši ohlap



Slika 6.38: Največja in najmanjša nadmera

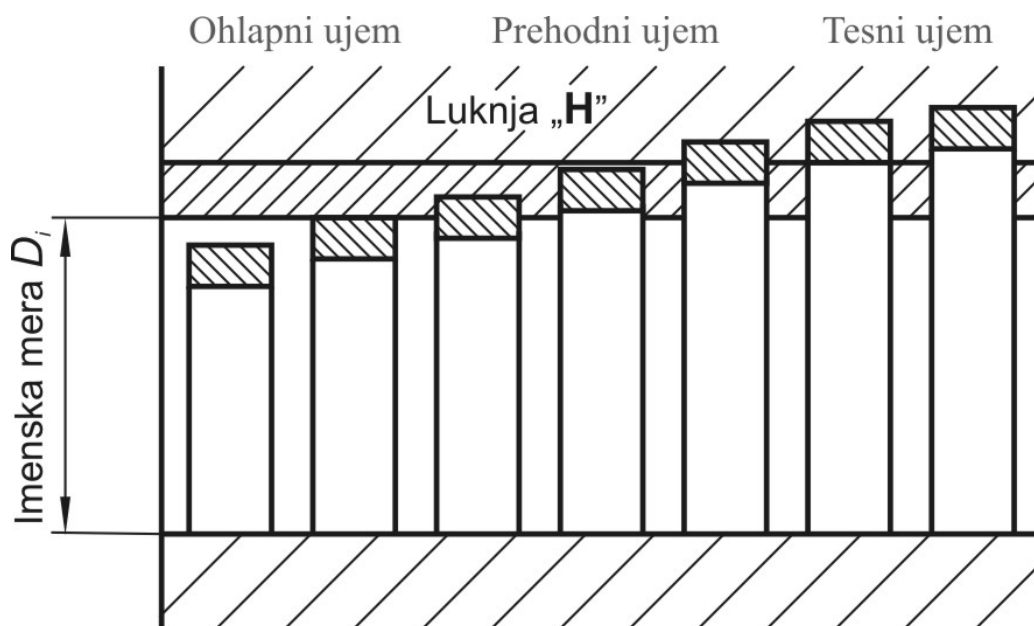


Slika 6.39: Vrste ujemov
a) ohlapni ujem, b) prehodni ujem, c) tesni ujem

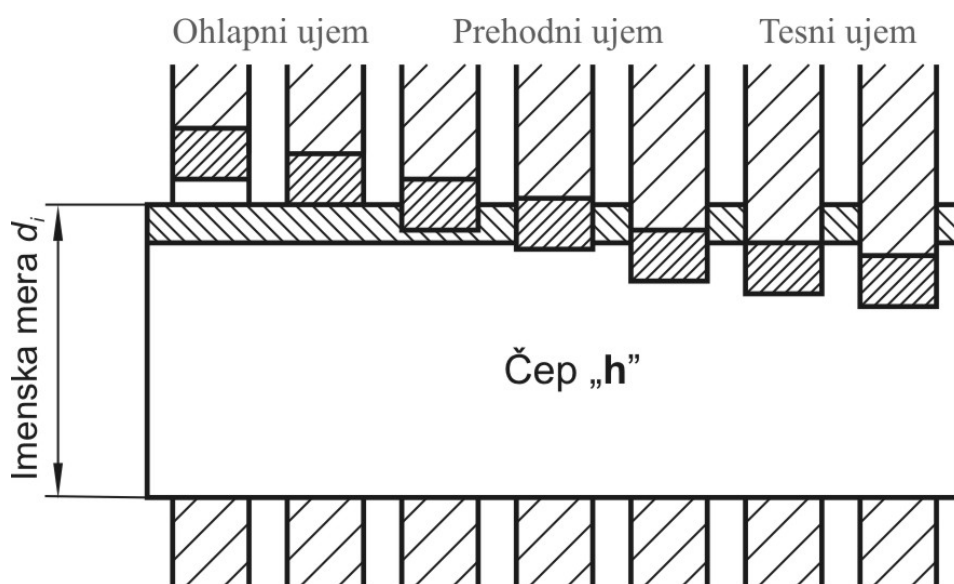
Sistemi ujemov

Po SIST ISO 286 ločimo dva med seboj enakovredna sistema ujemov in sicer:

- sistem enotne luknje,
- sistem enotnega čepa



Slika 6.40: Sistem enotne luknje



Slika 6.41: Sistem enotnega čepa

Preglednica 6.21: Prednostni ujemi po priporočilih ISO

Sistem enotne luknje			
	1. prednost	2. prednost	3. prednost
H 6		j6, k6	g5, h5, j5, k5, m5, n5, p5, r5
H 7	f6, h6, n6, r6	g6, j6, k6, s6	f6, m6, p6
H 8	f7, h9, u8, x8	d9, e8	c9, f8, h8
H 9	h9	c11, h11	d10, e9, f8, h8
H 11	h9	a11, c11, d9, h11	b11, d11
H 12			h12
H 13			h13
Sistem enotnega čepa			
	1. prednost	2. prednost	3. prednost
h 5			G6, H6, J6, K6, M6, N6, P6, R6
h 6	F8, H7	G7	F7, J7, K7, M7, N7, P7, R7, S7
h 8	F8, H8		B9, C9, D9, E8, F7, H9
h 9	C11, D10, E9, F8, H8	H11	H9
h 11	C11, D10	A11, H11	B11, D9, D11, H9
h 12			H12
h 13			H13

Preglednica 6.22: Priporočeni ujemi glede na področje uporabe strojnih delov

Vrsta ujema	Sistem enotne luknje			Karakteristike ujema in smernice za uporabo	Sistem enotnega čepa		
	Prednostne stopnje				Prednostne stopnje		
	1.	2.	3.		1.	2.	3.
Ohlapni ujem	–	H11/a11 H11/c11 H9/c11 H8/d9 H8/e8	H11/b11 H8/b9 H8/c9 H9/d10 H9/e9	Zelo velik ohlap, zagotovljena gibljivost obeh delov. Drsna vodila in ležišča grobih strojev, ležišča dolgih gredi pri dvigalih in transmisijah, ležišča delov izpostavljenih velikim temperaturnim spremembam, drsni ležaji z mastjo.	C11/h9 C11/h11 D10/h11 D10/h9 E9/h9	A11/h11	B11/h11 B9/h8 C9/h8 D9/h8 E8/h8
	H7/f7 H8/f8	–	H7/f6 H9/f8	Opazen ohlap, lahka gibljivost. Večina drsnih ležišč in vodil, drsni ležaji, drsne mufe ipd.	F8/h6 F8/h8 F8/h9	–	F7/h6 F7/h8
	–	H7/g6	H6/g5	Majhen ohlap, gibljivost možna. Drsna ležišča in vodila orodnih strojev, na gredi pomični zobniki in sklopke, kakovostni ležaji ipd.	–	G7/h6	G6/h5
	H11/h9 H9/h9 H8/h9 H8/h8 H7/h6	H11/h11 H9/h11	H13/h13 H12/h12 H9/h8 H6/h5	Zelo majhen ohlap, gibljivost z roko možna pri mazanih površinah. Centrirne površine, pokrovi reduktorjev, na gredi pomični ali zamenljivi zobniki orodnih strojev, tesnilni obroči, vodila ipd.	H11/h9 H8/h9 H8/h9 H8/h8 H7/h6	H11/h11 H9/h11	H13/h13 H12/h12 H9/h8 H6/h5
Prehodni ujem	–	H7/j6 H6/j6	H6/j5	Zelo majhen ohlap ali nadmera, gibljivost z roko ali rahlimi udarci. Vrvenice, jermenice, ročna kolesa, menjalna kolesa in zobniki, sedeži kotalnih ležajev in puš ipd.	–	–	J7/h6 J6/h5

	–	H7/k6 H6/h6	H6/h5	Zelo majhen ohlap ali nadmera, gibljivost z rahlimi udarci. Vrvenice, zobniki in sklopke, ročice, kotalni ležaji, zatiči, ročna kolesa ipd.	–	–	K7/h6 K6/h5
	H7/n6	–	H7/m6 H6/m5	Zelo majhen ohlap ali nadmera, gibljivost še možna z rahlimi udarci. Vrvenice, zobniki in sklopke, ki jih redko demontiramo.	–	–	M7/h6 M6/h5 N7/h6
Tesni ujem	H7/r6	–	H6/n5 H6/p5 N7/p6 H6/r5	Znatna nadmera (pri "n" in "N" možen zelo majhen ohlap), sestavljanje možno samo s stiskalnico oziroma segrevanjem luknje ali hlajenjem čepa. Venci zobnikov, ležajne puše, bandaže koles tirnih vozil, oljni obroči, čepi.	–	–	N6/h5 P7/h6 P6/h5 R7/h6 R6/h5
	–	H7/s6	H6/s5 H7/t6 H6/t5	Znatna nadmera, sestavljanje možno samo s stiskalnico oziroma segrevanjem luknje ali hlajenjem čepa. Venci koles, pesta ventilatorjev, sklopke na koncih gredi.	–	–	S7/h6 S6/h5 T7/h6 T6/h5
	H8/u8 H8/x8	H8/x8	H6/n5 H7/u6 H7/x6 H7/z6	Zelo velika nadmera, sestavljanje možno samo s stiskalnico oziroma segrevanjem luknje ali hlajenjem čepa. Trdno nasajena pesta zobnikov, jermenic, tekalnih koles in vztrajnikov, čepi, sklopke, puše ipd.	U8/h9	–	U6/h5 U7/h6 X7/h6 Z8/h8 Z7/h6

Preglednica 6.23: Ohlap (+) in nadmera (–) prednostnih ujemov v sistemu enotne luknje v [□m]

Imenska mera D _i [mm]	H 6 j 6	H 6 k 6	H 7 f 7	H 7 g6	H 7 j6	H 7 k 6	H 7 n6	H 7 r6	H 7 s6	H 11 a11	H 11 c11	H 11 d9	H 9 c11	H 8 d9	H 8 e8	H 8 f7
do 3	+8 –4	+6 –6	+26 +6	+18 +2	+12 –4	+10 –6	+6 –10	0 –16	–4 –20	+39 0 +27 0	+18 0 +60	+10 5 +20	+14 5 +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	+42 0 +27 0	+22 0 +70	+13 5 +30	+17 5 +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	+46 0 +28 0	+26 0 +80	+16 6 +40	+20 6 +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	+51 0 +29 0	+31 5 +95	+20 3 +50	+24 8 +95	+12 0 +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	+56 0 +30 0	+37 0 +11 0	+24 7 +65	+29 2 +11 0	+15 0 +65	+10 6 +40	+74 +20
nad 30 do 40	+21 –11	+14 –18	+75 +25	+50 +9	+30 –11	+23 –18	+8 –33	–9 –50	–18 –59	+63 0 +31 0	+44 0 +12 0	+30 2 +80	+34 2 +12 0	+18 1 +80	+12 8 +50	+89 +25
nad 40 do 50										+64 0 +32 0	+45 0 +13 0		+35 2 +13 0			
nad 50 do 65	+26 –12	+17 –21	+90 +30	+59 +10	+37 –12	+28 –21	+10 –39	–11 –60	–23 –72	+72 0 +34 0	+52 0 +14 0	+36 4 +10 0	+40 4 +14 0	+22 0 +10 0	+15 2 +60	+10 6 +30
nad 65 do 80								–13 –62	–29 –78	+74 0 +36 0	+53 0 +15 0		+41 4 +15 0			
nad 80 do 100	+31 –13	+19 –25	+10 6 +36	+9 +12	+44 –13	+32 –25	+12 –45	–16 –73	–36 –93	+82 0 +38 0	+61 0 +17 0	+42 7 +12 0	+47 7 +17 0	+26 1 +12 0	+18 0 +72	+12 5 +36
nad 100 do 120								–19 –10	–44 –10	+85 0 +62 0	+62 0 +48 7		+48 7			

								-76	1	+41 0	+18 0		+18 0			
nad 120 do 140								-23 -88	-52 -11 7	+96 0 +46 0	+70 0 +20 0		+55 0 +20 0			
nad 140 do 160	+36 -14	+22 -28	+12 3 +43	+79 +14	+51 -14	+37 -28	+13 -52	-25 -90	-60 -12 5	+10 20 +52 0	+71 0 +21 0	+49 5 +14 5	+56 0 +21 0	+30 8 +14 5	+21 1 +85	+14 6 +43
nad 160 do 180								-28 -93	-68 -13 3	+10 80 +58 0	+73 0 +23 0		+58 0 +23 0			
nad 180 do 200								-31 -10 6	-76 -15 1	+12 40 +66 0	+82 0 +24 0		+64 5 +24 0			
nad 200 do 225	+42 -16	+25 -33	+14 2 +50	+90 +15	+59 -16	+42 -33	+15 -60	-34 -10 9	-84 -15 9	+13 20 +74 0	+84 0 +26 0	+57 5 +17 0	+66 5 +26 0	+35 7 +17 0	+24 4 +10 0	+16 8 +50
nad 225 do 250								-38 -11 3	-94 -16 9	+14 00 +82 0	+86 0 +28 0		+68 5 +28 0			
nad 250 do 280	+48 -16	+28 -36	+16 0 +56	+10 1 +17	+68 -16	+48 -36	+18 -66	-42 -12 6	-10 6 -19 0	+15 60 +92 0	+94 0 +30 0	+64 0 +19 0	+75 0 +30 0 +78 0 +33 0	+40 1 +19 0	+27 2 +11 0	+18 9 +56
nad 280 do 315								-46 -13 0	-11 8 -20 2	+16 90 +10 50	+97 0 +33 0					
nad 315 do 355	+54 -18	+32 -40	+17 6 +62	+11 1 +18	+75 -18	+53 -40	+20 -73	-51 -14 4	-13 3 -22 6	+19 20 +12 00	+10 80 +36 0	+71 0 +21 0	+86 0 +36 0 +90 0 +40 0	+43 9 +21 0	+30 3 +12 5	+20 8 +62
nad 355 do 400								-57 -15 0	-15 1 -24 4	+20 70 +13 50	+11 20 +40 0					
nad 400 do 450	+60 -20	+35 -45	+19 4 +68	+12 3 +20	+83 -20	+58 -45	+23 -80	-63 -16 6	-16 9 -27 2	+23 00 +15 00	+12 40 +44 0	+78 5 +23 0	+99 5 +44 0 +10 35 +48 0	+48 2 +23 0	+32 9 +13 5	+22 8 +68
nad 450 do 500								-69 -17 2	-18 9 -29 2	+24 50 +16 50	+12 80 +48 0					

Preglednica 6.24: Ohlap (+) prednostnih ujemov v sistemu enotnega čepa v [□m]

Imenska mera D _i [mm]	A1 1 h11	C1 1 h11	D1 0 h11	C1 1 h9	D1 0 h9	E9 h9	F8 h9	F8 h8	F8 h6	G7 h6	H1 1 h11	H9 h11	H9 h9	H8 h9	H8 h8	H7 h6
do 3	+39 0 +27 0	+18 0 +60	+12 0 +20	+14 5 +60	+85 +20	+64 +14	+45 +6	+34 +6	+26 +6	+18 +2	+12 0 0	+85 0	+50 0	+39 0	+28 0	+16 0
nad 3 do 6	+42 0 +27 0	+22 0 +70	+15 3 +30	+17 5 +70	+10 8 +30	+80 +20	+58 +10	+46 +10	+36 +10	+24 +4	+15 0 0	+10 5 0	+60 0	+48 0	+36 0	+20 0
nad 6 do 10	+46 0 +28 0	+26 0 +80	+18 8 +40	+20 6 +80	+13 4 +40	+97 +25	+71 +13	+57 +13	+44 +13	+29 +5	+18 0 0	+12 6 0	+72 0	+58 0	+44 0	+24 0
nad 10 do 18	+51 0 +29 0	+31 5 +90	+23 0 +50	+24 8 +95	+16 3 +50	+11 8 +32	+86 +16	+70 +16	+54 +16	+35 +6	+22 0 0	+15 3 0	+86 0	+70 0	+54 0	+29 0
nad 18 do 30	+56 0 +30 0	+37 0 +11 0	+27 9 +65	+29 2 +11 0	+20 1 +65	+14 4 +40	+10 5 +20	+86 +20	+66 +20	+41 +7	+26 0 0	+18 2 0	+10 4 0	+85 0	+66 0	+34 0
nad 30 do 40	+63 0 +31 0	+44 0 +12 0	+34 0 +80	+34 2 +12 0	+24 2 +80	+17 4 +50	+12 6 +25	+10 3 +25	+80 +25	+50 +9	+32 0 0	+22 2 0	+12 4 0	+10 1 0	+78 0	+41 0
nad 40 do 50	+64 0 +32 0	+45 0 +13 0		+35 2 +13 0												
nad 50 do 65	+72 0 +34 0	+52 0 +14 0	+41 0 +10 0	+40 4 +14 0	+29 4 +10 0	+20 8 +60	+15 0 +30	+12 2 +30	+95 +30	+59 +10	+38 0 0	+26 4 0	+14 8 0	+12 0 0	+92 0	+49 0
nad 65 do 80	+74 0 +36 0	+53 0 +15 0		+41 4 +15 0												
nad 80 do 100	+82 0 +38 0	+61 0 +17 0	+48 0 +12	+47 7 +17 0	+34 7 +12	+24 6 +72	+17 7 +36	+14 4 +36	+11 2 +36	+69 +12	+44 0 0	+30 7 0	+17 4 0	+14 1 0	+10 8 0	+57 0

nad 100 do 120	+85 0 +41 0	+62 0 +18 0	0	+48 7 +18 0	0											
nad 120 do 140	+96 0 +46 0	+70 0 +20 0		+55 0 +20 0												
nad 140 do 160	+10 20 +52 0	+71 0 +21 0	+55 5 +14 5	+56 0 +21 0	+40 5 +14 5	+28 5 +85	+20 6 +43	+16 9 +43	+13 1 +43	+79 +14	+50 0 0	+35 0 0	+20 0 0	+16 3 0	+12 6 0	+65 0
nad 160 do 180	+10 80 +58 0	+73 0 +23 0		+58 0 +23 0												
nad 180 do 200	+12 40 +66 0	+82 0 +24 0		+64 5 +24 0												
nad 200 do 225	+13 20 +74 0	+84 0 +26 0	+64 5 +17 0	+66 5 +26 0	+47 0 +17 0	+33 0 +10 0	+23 7 +50	+19 4 +50	+15 1 +50	+90 +15	+58 0 0	+40 5 0	+23 0 0	+18 7 0	+14 4 0	+75 0
nad 225 do 250	+14 00 +82 0	+86 0 +28 0		+68 5 +28 0												
nad 250 do 280	+15 60 +92 0	+94 0 +30 0		+75 0 +30 0												
nad 280 do 315	+16 90 +10 50	+97 0 +33 0	+72 0 +19 0	+78 0 +33 0	+53 0 +19 0	+37 0 +11 0	+26 7 +56	+21 8 +56	+16 9 +56	+10 1 +17	+64 0 0	+45 0 0	+26 0 0	+21 1 0	+16 2 0	+84 0
nad 315 do 355	+19 20 +12 00	+10 80 +36 0		+86 0 +36 0												
nad 355 do 400	+20 70 +13 50	+11 20 +40 0	+80 0 +21 0	+90 0 +40 0	+58 0 +21 0	+40 5 +12 5	+29 1 +62	+24 0 +62	+18 7 +62	+11 1 +18	+72 0 0	+50 0 0	+28 0 0	+22 9 0	+17 8 0	+93 0
nad 400 do 450	+23 00 +15 00	+12 40 +44 0		+99 5 +44 0												
nad 450 do 500	+24 50 	+12 80 	+88 0 +23 0	+10 35 	+63 5 +23 0	+44 5 +13 5	+32 0 +68	+26 2 +68	+20 5 +68	+12 3 +20	+80 0 0	+55 5 0	+31 0 0	+25 2 0	+19 4 0	+10 3 0

	+16 50	+48 0		+48 0											
--	-----------	----------	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Princip maksimalnega materiala

Pri združitvi strojnih delov (luknje in čepa) v ohlapni ujem je nastali ohlap odvisen od dejanskih mer luknje D in čepa d ter dejanskih geometričnih odstopkov (oblike, orientacije, lege ali teka).

Najmanjši dejanski ohlap dobimo v primeru, ko imata oba ujemu pripadajoča dela največjo materialno mero (najmanjša mera luknje in največja mera čepa) in ko so geometrični odstopki obeh delov največji.

Največji dejanski ohlap pa nastopi takrat, ko imata oba ujemu pripadajoča dela najmanjšo materialno mero (največja mera luknje in najmanjša mera čepa) in ko so geometrični odstopki obeh delov najmanjši.

Če ujemu pripadajoča strojna dela ne dosežeta mejnih materialnih mer, so lahko geometrični odstopki večji od predpisanih geometričnih toleranc, pri čemer ostane ohlap med združenima strojnima deloma enak. Navedeni princip imenujemo princip maksimalnega materiala in ga pri podajanju geometričnih toleranc na tehniški risbi označimo s črko M (slika 6.29). Največ se omenjeni princip uporablja pri podajanju toleranc lege.

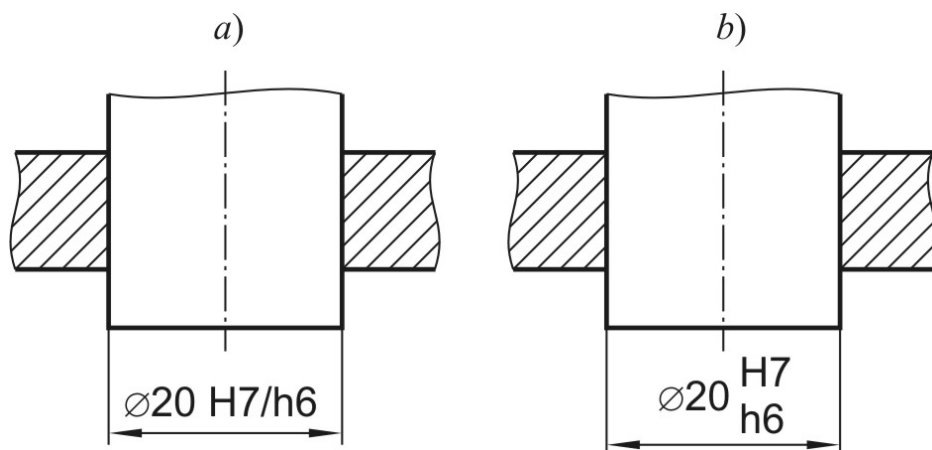
Podajanje ujemov na tehniški risbi

Po SIST ISO 406 lahko ujem dveh strojnih delov (luknje in čepa) na tehniški risbi podamo z:

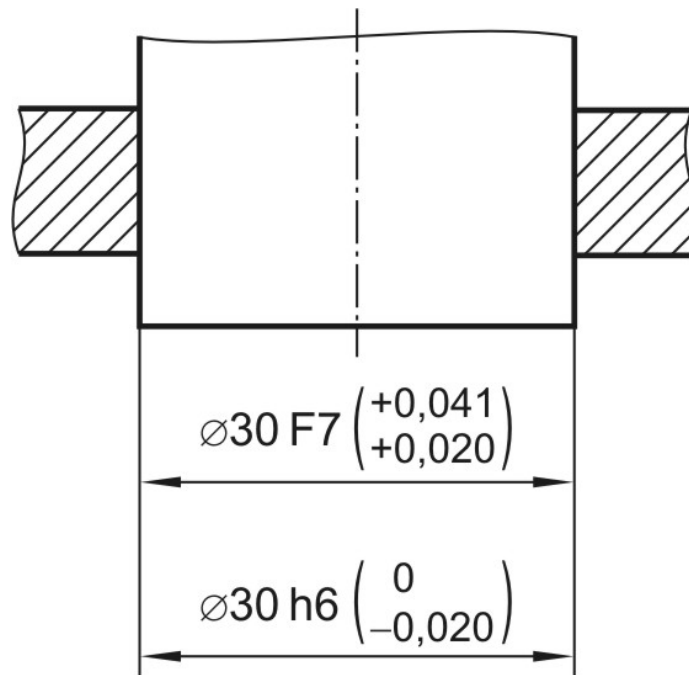
- označbo po tolerančnem sistemu ISO,
- navedbo mejnih odstopkov.

Podajanje ujemov po tolerančnem sistemu ISO

Po tolerančnem sistemu ISO podamo ujem tako, da za imensko mero navedemo najprej toleranco luknje in nato še toleranco čepa, ki sta ločeni s poševno črtico (slika 6.42 a). Obe toleranci lahko zapišemo za imensko tudi eno pod drugo, tako da je toleranca luknje zgoraj, toleranca čepa pa spodaj (slika 6.42 b).



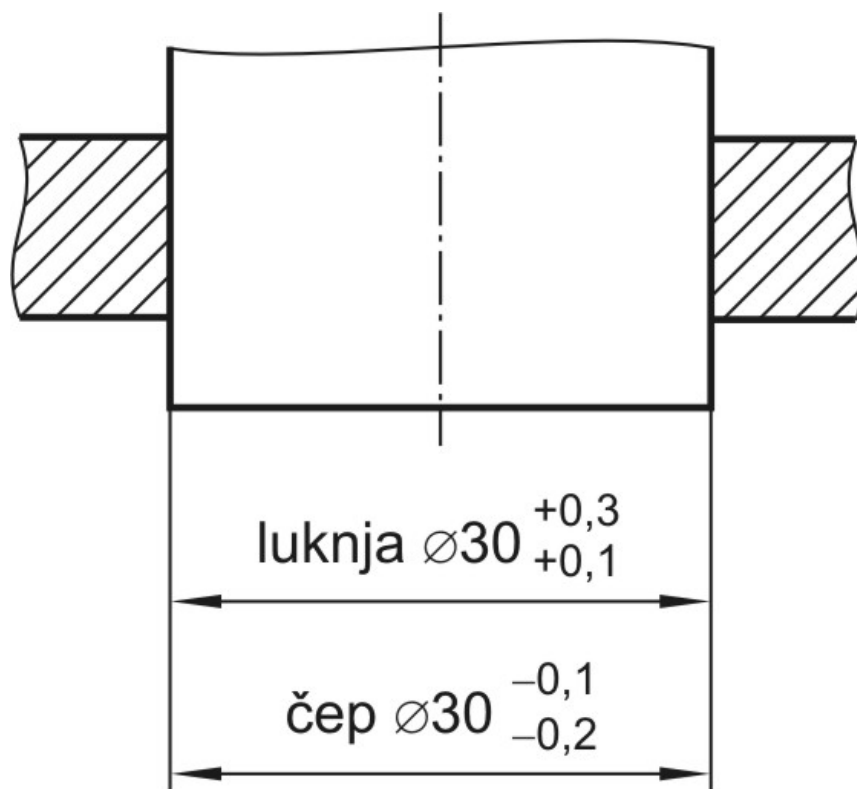
Slika 6.42: Podajanje ujemov po sistemu toleranc ISO
a) toleranci ena za drugo, b) toleranci ena pod drugo



Slika 6.43: Podajanje ujemov po sistemu ISO z dodatno navedbo mejnih odstopkov

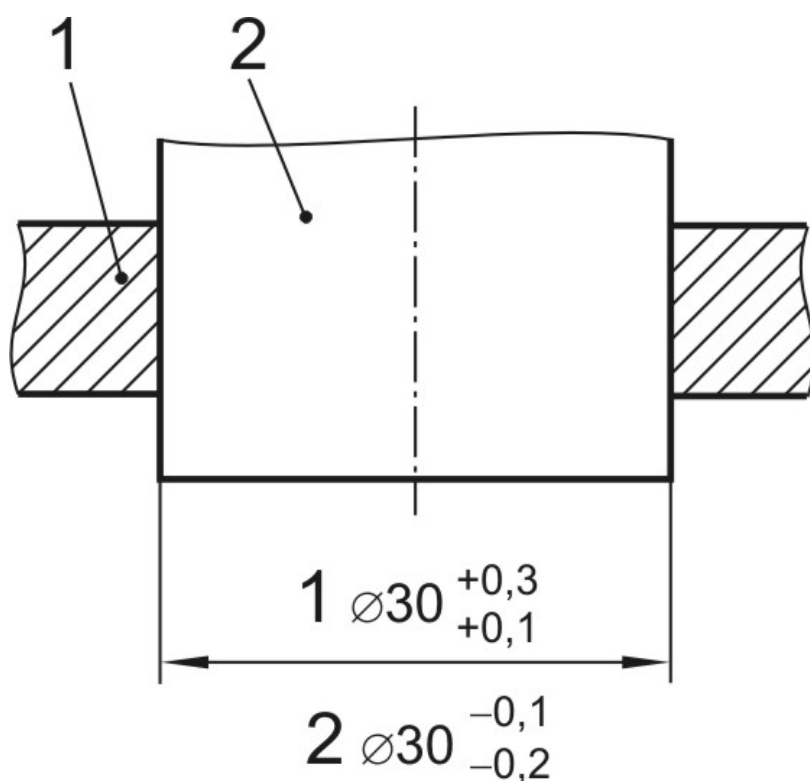
Podajanje toleranc z navedbo mejnih odstopkov

Na dve kotirni črti podamo za besedama »luknja« in »čep« imensko mero, za njo pa še mejna odstopka. Slednja zapišemo z nekoliko manjšo pisavo, ki pa ne sme biti manjša od 2,5 mm. Na zgornji kotirni črti podamo vedno mejna odstopka za luknjo, na spodnji kotirni črti pa mejna odstopka za čep. Kotiranje lahko poenostavimo tako, da uporabimo samo eno kotirno črto (slika 6.45).



Slika 6.44: Zapis ujema s tekstovnim pojasnilom in navedbo mejnih odstopkov

Namesto besed »luknja« in »čep« lahko uporabimo pozicijski številki 1 in 2, s katerima označimo ujemu pripadajoča stojna dela. Pri navedbi mejnih odstopkov lahko uporabimo eno (slika 6.45) ali dve kotirni črti (sliki 6.43 in 6.44).



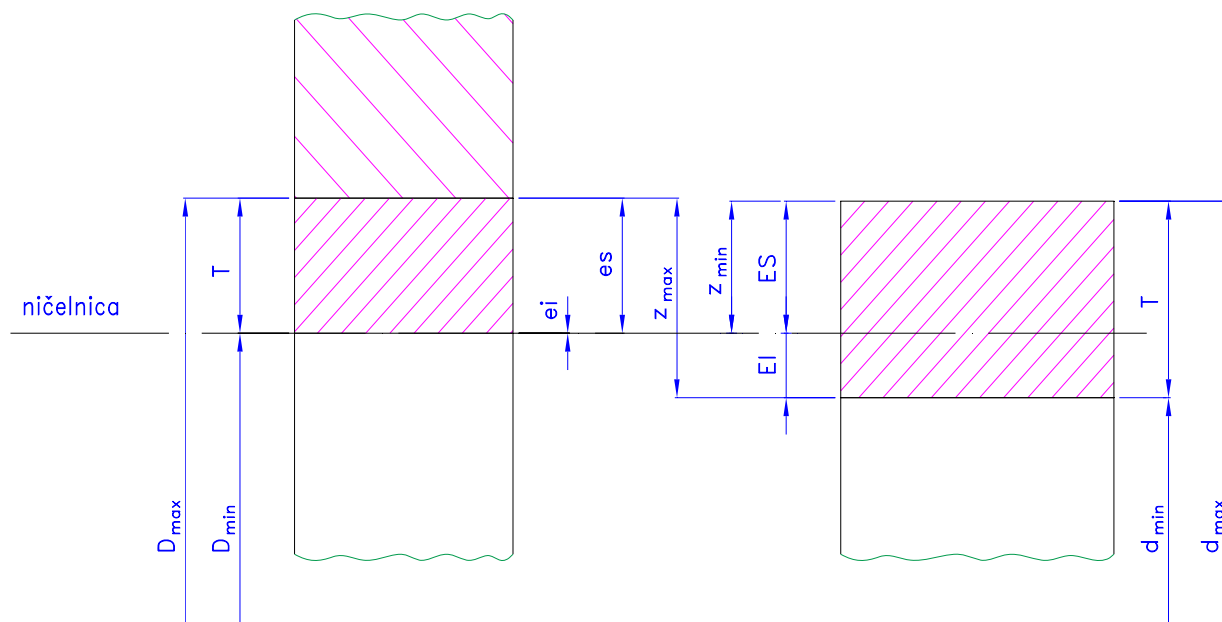
Slika 6.45: Zapis ujema z uporabo pozicij in navedbo mejnih odstopkov

Naloga:

Os premera $\varnothing D1$ mm je izdelana v sestavi enotne izvrtine v kvaliteti H7. Potrebno je izdelati izvrtino pod pogojem, da spodnje odstopanje osi znaša $-X \mu\text{m}$, toleranca ujema pa je $Y \mu\text{m}$.

Izračunati tolerance T_{osi} , T_{izv} , kvaliteto izvrtine (ITx), vsa odstopanja, (e_i , e_s , E_i , E_s , z_{max} , z_{min} , $-z_{max}$, $-z_{min}$, z_{sr} , $-z_{sr}$) in vse mejne mere (D_{min} , D_{max} , izvrtine in d_{min} , d_{max} osi). Katere vrste je ujem?

Grafično prikazati ujem s kotiranimi vsemi zahtevanimi odstopanji in merami v merilu 1mm=1 μm . Ujem zapiši z ISO oznako!



Prva črka priimka	Premer osi D_1 [mm]	Druga črka priimka	Spodnje odstopanje μm	Prva črka imena	Toleranca ujema μm
A-G	60	A-G	-30	A-G	80
H-N	80	H-N	-55	H-N	70
O-S	100	O-S	-45	O-S	60
Š-Ž	110	Š-Ž	-60	Š-Ž	50