



DISEGNO DI MACCHINE
A.A. 2025/2026
CdL Ingegneria Industriale/Navale

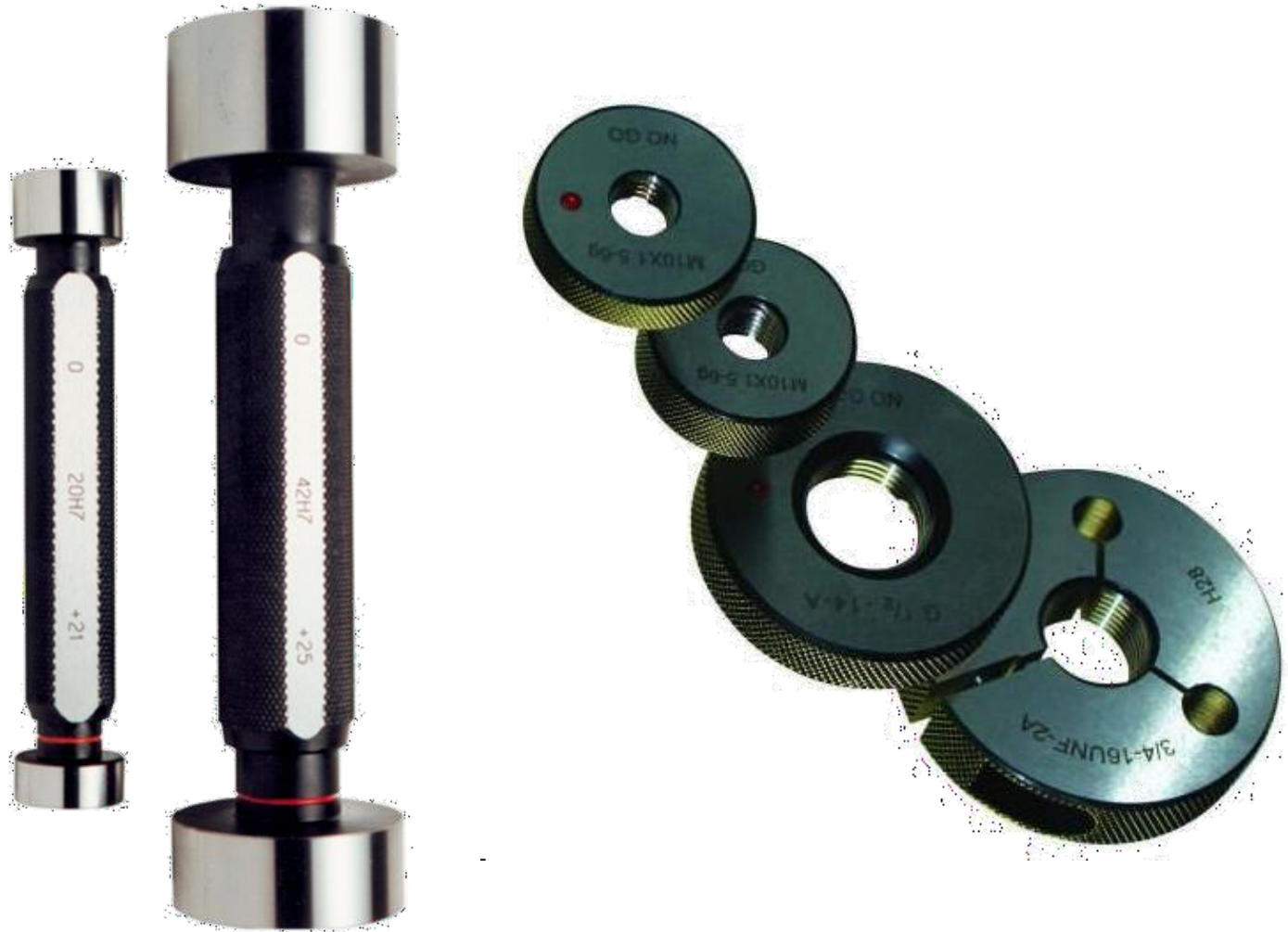
Tolleranze dimensionali

Ph.D. Eng. Domenico Marzullo

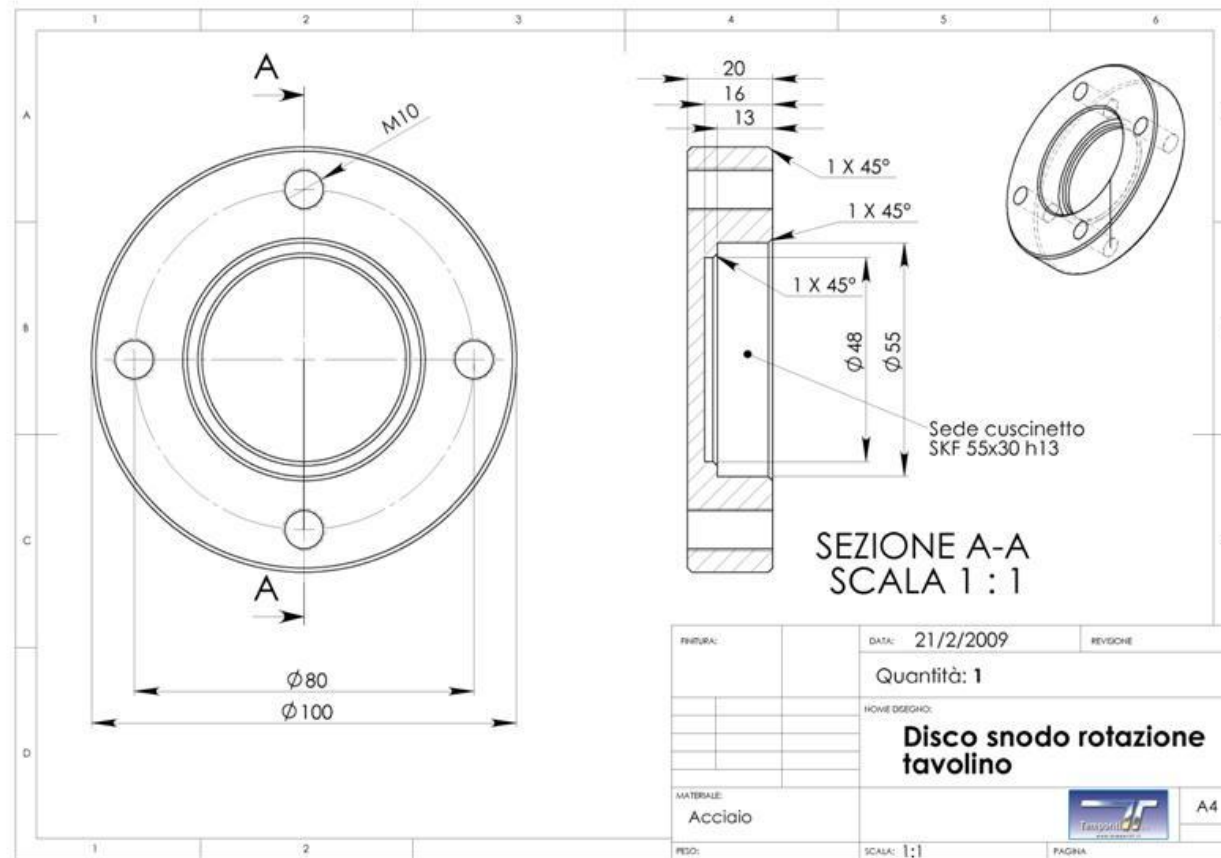


**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**

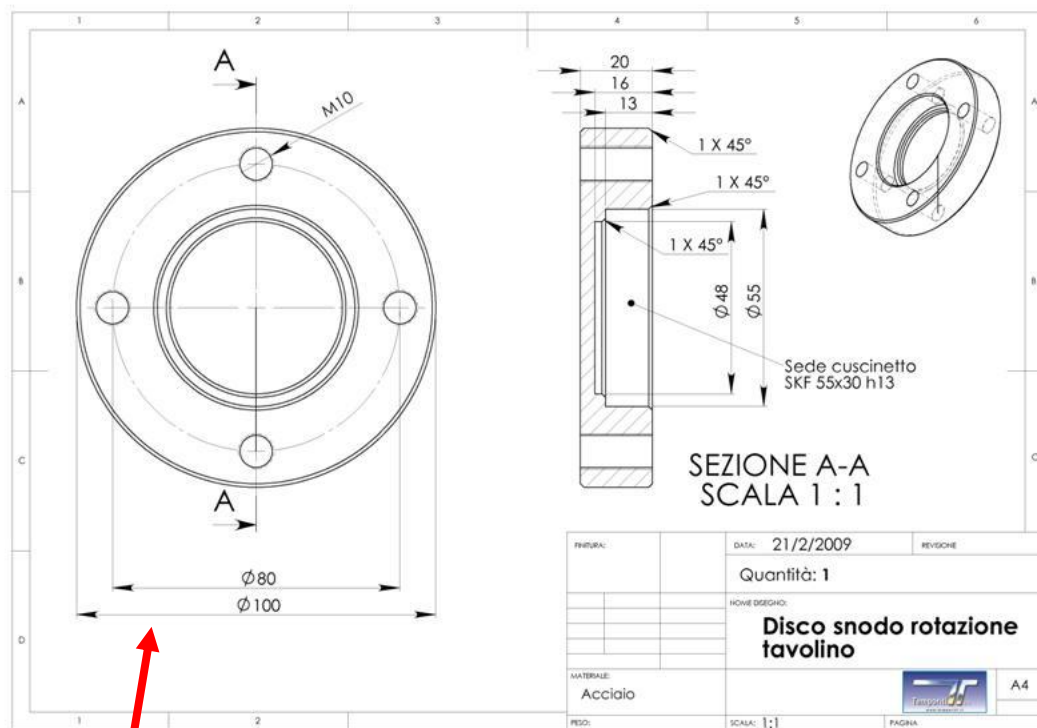
Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Università degli Studi di Trieste



Il disegno tecnico rappresenta la forma e le dimensioni «ideali» (**nominali**) per il pezzo o l'assieme



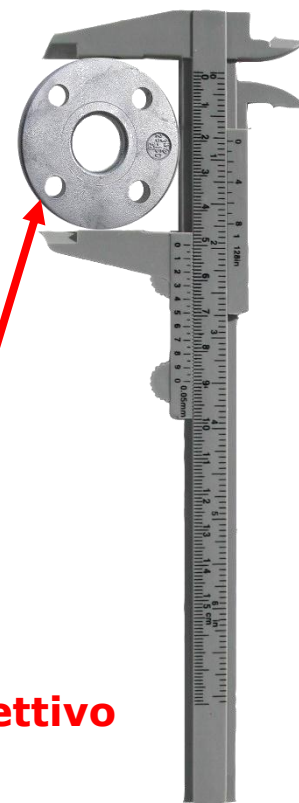
In realtà, il pezzo effettivamente fabbricato sarà sempre affetto da un certo **scostamento dimensionale** e **geometrico** (più o meno grande) rispetto alle caratteristiche nominali



Diametro nominale

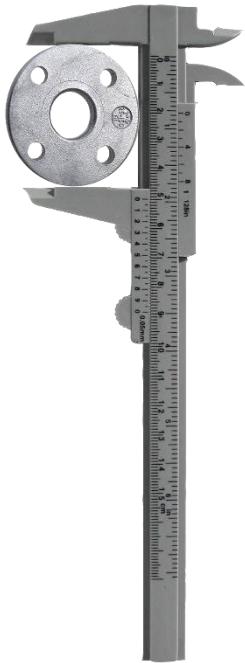
Produzione

Diametro effettivo

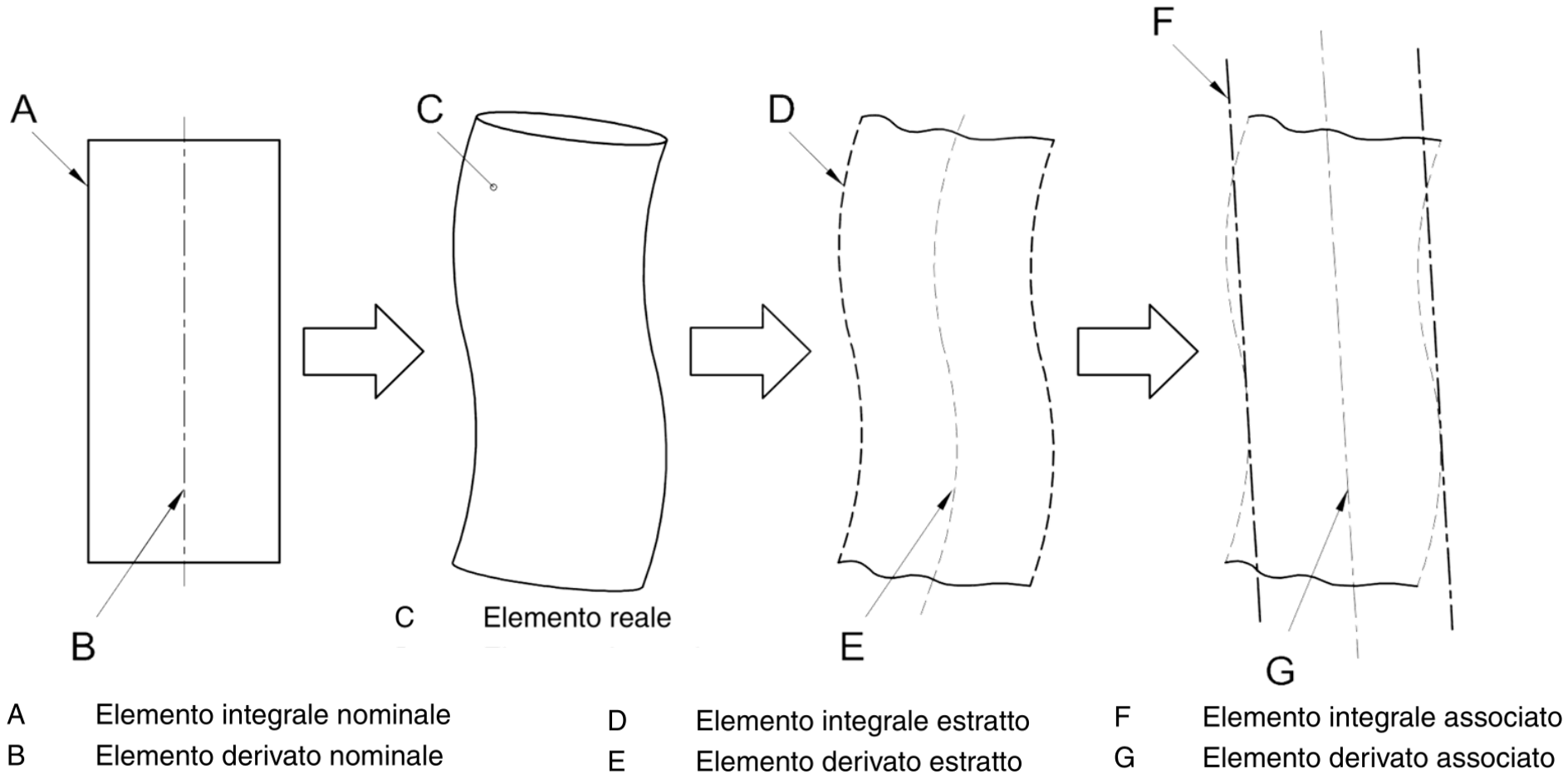


Anche i processi di misura e controllo sono affetti da variabilità!

Tuttavia, ai fini pratici, **considereremo il processo di misura «perfetto»**, cioè privo di errori. Gli strumenti di misura sono scelti infatti in base alla **variabilità attesa** per una certa grandezza. Minori sono gli scostamenti da rilevare, tanto più «precisi» saranno gli strumenti di misura impiegati.

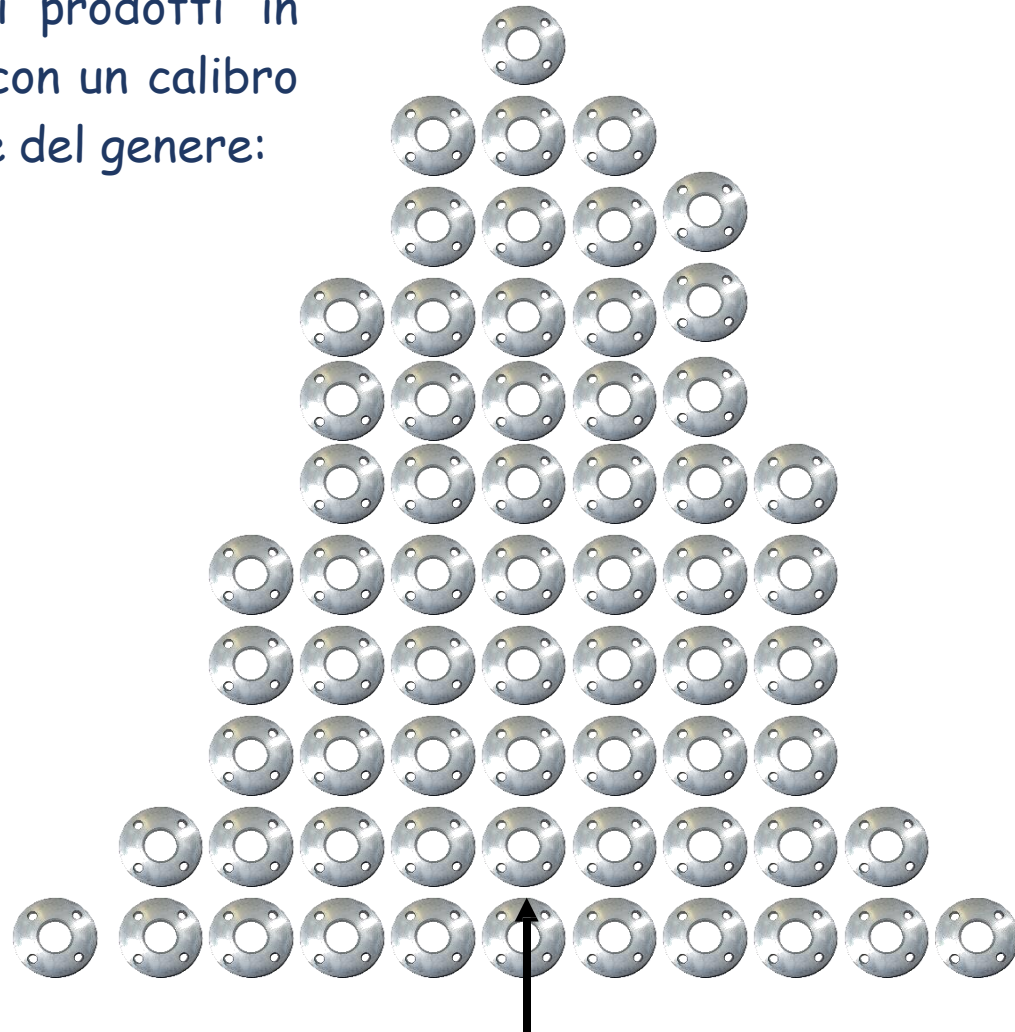


Measuring Range: 0.05-100m



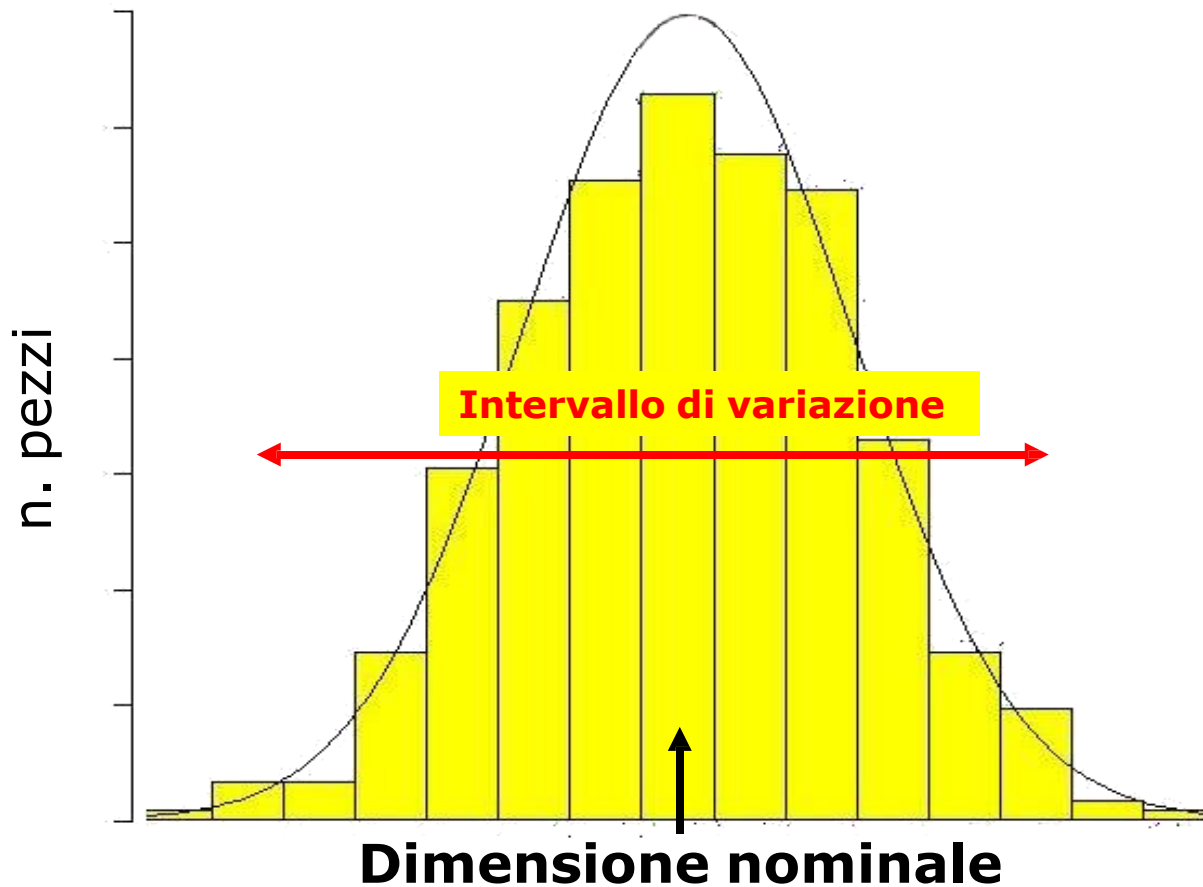
Se immaginiamo di "impilare" i pezzi prodotti in base al diametro effettivo, misurato con un calibro di precisione, otterremo una situazione del genere:

In altre parole, il diametro effettivo della nostra flangia sarà affetto da una certa variabilità e si troverà in un intorno del valore nominale



Dimensione nominale

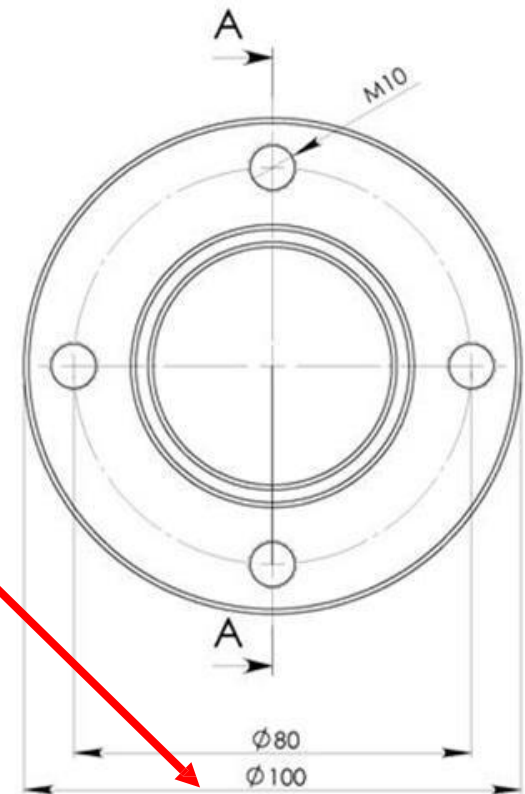
Ogni **processo di fabbricazione** è caratterizzato da una certa **variabilità**, come anche ogni sistema di **misura e controllo**. Dunque geometria e dimensioni effettive di un oggetto si discosteranno sempre in modo più o meno significativo da quelle **nominali** prescritte attraverso la quotatura.



Le **caratteristiche dimensionali e geometriche** di tutti gli elementi devono essere **ben definite** senza informazioni sottintese o lasciate al giudizio del personale di officina, di controllo e collaudo. In altre parole, **l'errore ammissibile (tolleranza)** deve essere noto per ogni quota.



100.1 mm?
99.5 mm?



L'obiettivo del progettista non è realizzare "l'oggetto perfetto", ma costruire qualcosa che risponda a determinati requisiti di *funzionalità*, *realizzabilità*, *durata* ed *economicità*

Nell'assegnare le quote, il progettista deve essere sempre consapevole che

le dimensioni effettive del pezzo
fabbricato si trovano in un intorno del
valore assegnato (nominale)



La variabilità è particolarmente importante quando debba realizzarsi un **accoppiamento** fra due parti: senza un preciso controllo dimensionale, questo potrebbe risultare difficoltoso o addirittura impossibile.

la quotatura delle singole parti **deve anche assicurare la funzionalità dell'assieme finito nonostante l'inevitabile variabilità** dei processi di fabbricazione.

Il progettista deve poter indicare esplicitamente, ove ritiene necessario, lo **scostamento ammissibile** fra la quota nominale indicata a disegno e quella effettivamente realizzata.



QUOTE RELATIVE AD ACCOPPIAMENTI TRA LE PARTI DEL PRODOTTO
(interasse fori, scavi,.....)



TOLLERANZE DIMENSIONALI



“L’ingegneria della precisione è l’insieme delle attività e delle conoscenze che riguardano lo studio e la ricerca dei requisiti e delle caratteristiche operative che i mezzi di fabbricazione ed i sistemi di controllo debbono possedere perché i prodotti rispettino i limiti dimensionali e di forma, cioè le tolleranze, imposte dalle specifiche di progetto.”

“L’Ingegneria dell’imprecisione è l’insieme delle attività e delle conoscenze che consentono ad un ingegnere di assegnare le tolleranze, con la massima imprecisione possibile, purché il risultato sia compatibile con i requisiti funzionali.”

Francesco Caputo, 2007

ERRORI DI REALIZZAZIONE DEI PEZZI

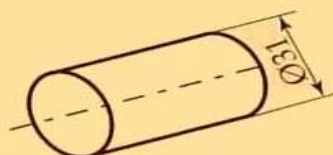
ERRORI DIMENSIONALI

Deviazioni delle dimensioni reali da quelle nominali

Tolleranze dimensionali



Prescrizione



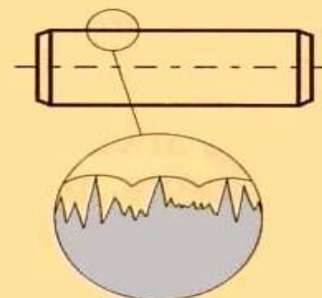
Oggetto reale

ERRORI GEOMETRICI

Deviazioni delle superfici reali da quelle nominali

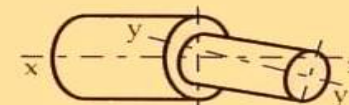
Errori microgeometrici

Rugosità



Errori macrogeometrici

Tolleranze geometriche



L'utilizzo delle tolleranze è finalizzato a **garantire il corretto accoppiamento dei componenti**. L'accoppiamento di due parti può avvenire in due diversi modi:

Aggiustaggio

I pezzi da accoppiare sono lavorati nella stessa officina ed adattati al momento del montaggio

Sistema possibile soltanto per piccole produzioni o produzioni artigianali

Intercambiabilità

I pezzi da montare sono prodotti in quantità prefissate (lotti) e l'accoppiamento deve avvenire tra pezzi scelti casualmente dai lotti

- Possibile la produzione dei pezzi in luoghi e tempi diversi
- Accoppiamento senza aggiustaggi
- Sostituzione di pezzi rotti

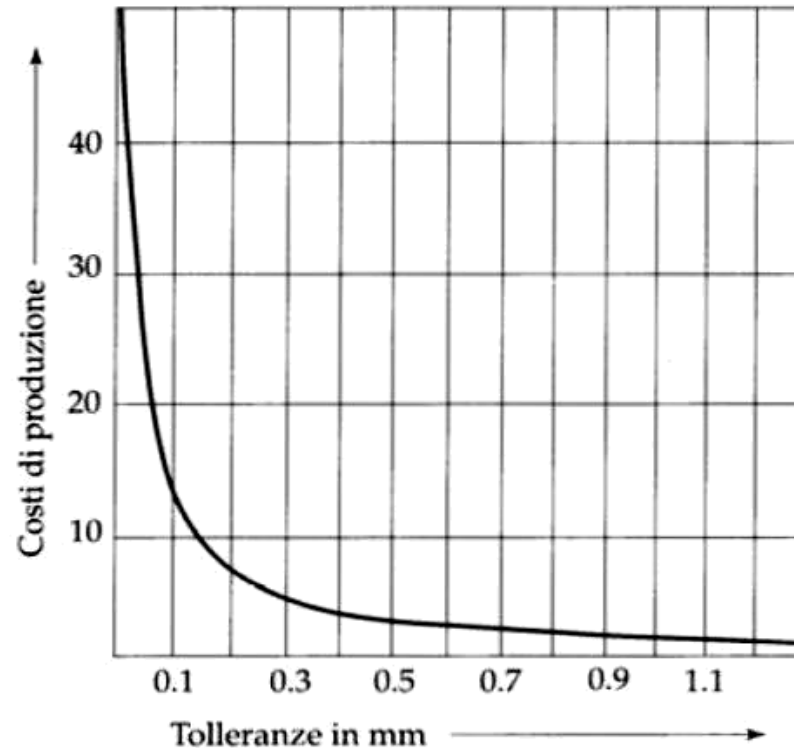
Necessità di definire limiti di variabilità per le dimensioni e la forma dei componenti

TOLLERANZE

Economicità

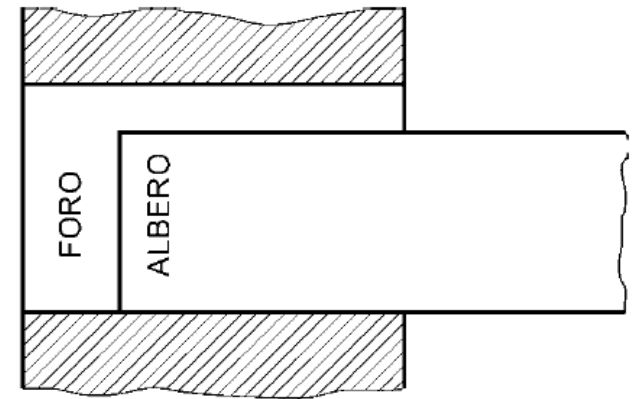
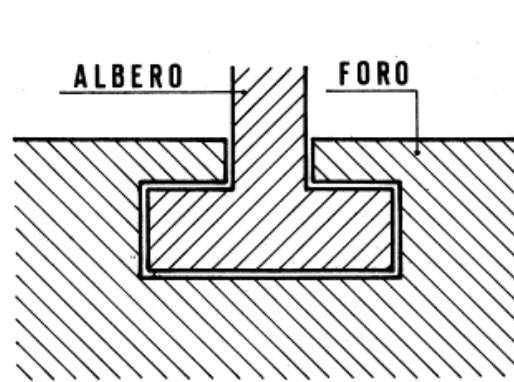
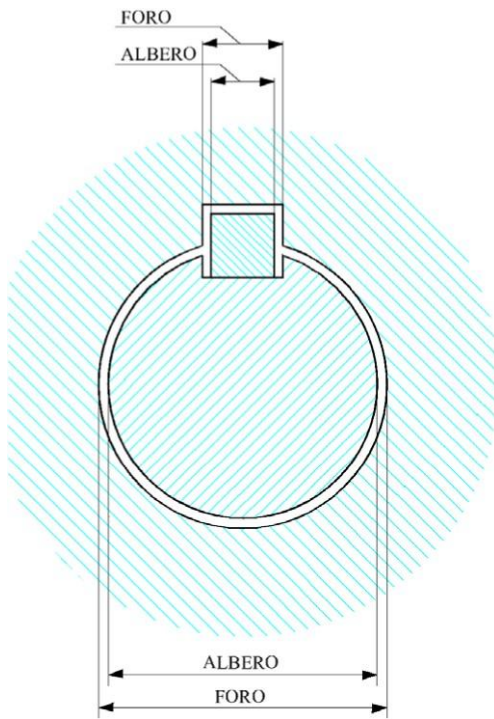
Funzionalità

Scegliere le tolleranze più ampie capaci di garantire il rispetto delle effettive esigenze tecnico-funzionali del pezzo



FORO: "termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi **interni** di un accoppiamento, anche non cilindrici".

ALBERO: "termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi **esterni** di un accoppiamento, anche non cilindrici".



N.B.: "Foro" e "albero" designano anche lo spazio, rispettivamente contenente e contenuto, compreso entro due facce (o piani tangenti) paralleli di un pezzo qualunque.

N.B.: Si fa riferimento sempre al *Foro* con *lettere maiuscole* all'*albero* sempre con *lettere minuscole*

DIMENSIONE

È il numero che esprime, nell'unità scelta, il valore di una lunghezza.

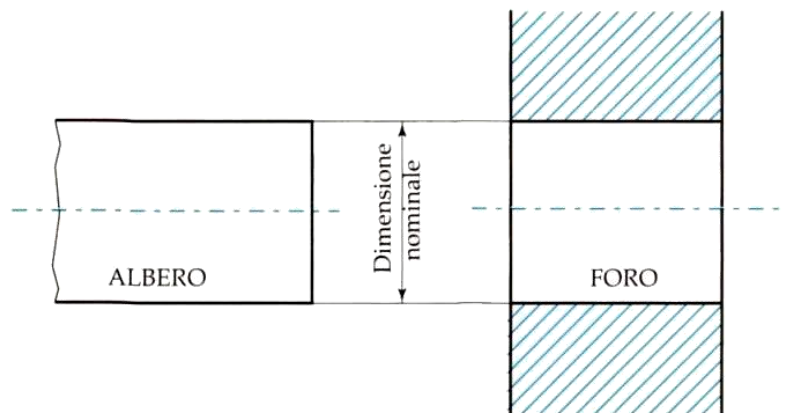
DIMENSIONE EFFETTIVA

È quella realizzata nell'esecuzione di un pezzo e viene determinata mediante misurazione della distanza fra due punti.

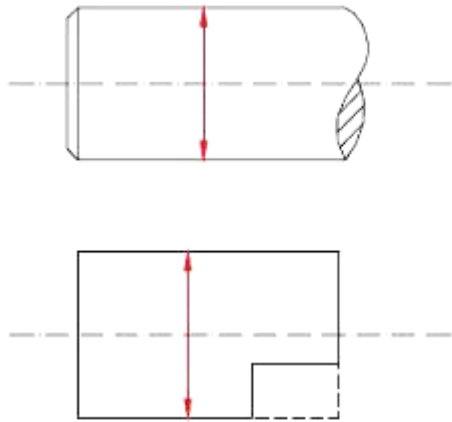


DIMENSIONE NOMINALE

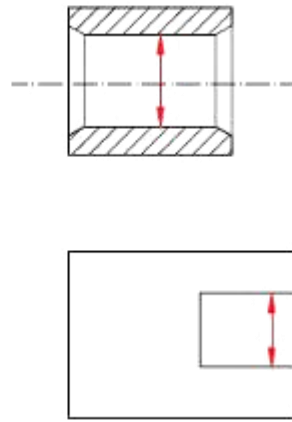
Valore di riferimento per una data dimensione e rappresenta la quota ideale che il progettista vorrebbe realizzare.



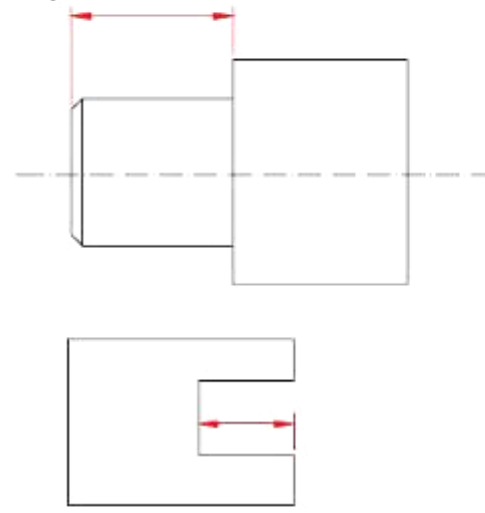
a)
Dimensioni
esterne



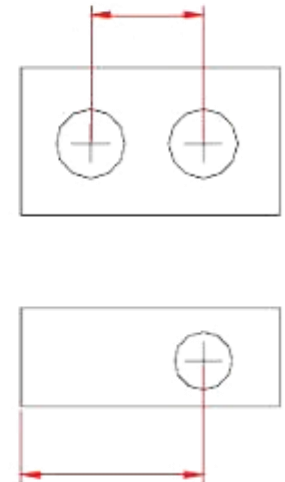
b)
Dimensioni
interne



c)
profondità



d)
distanze

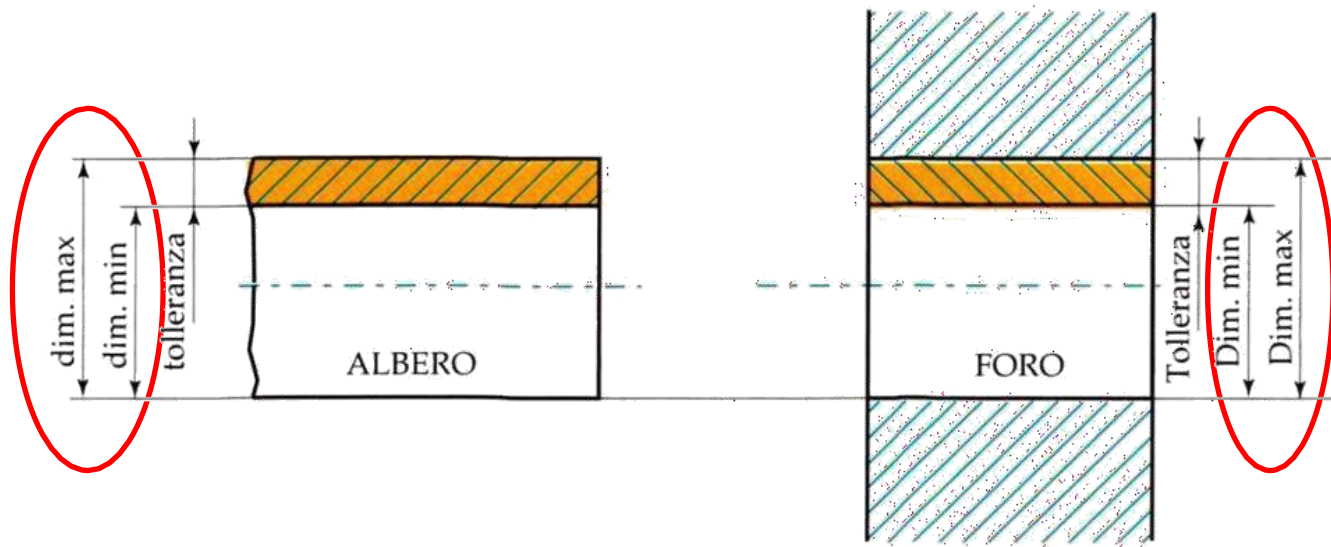


Differenti gruppi di dimensioni e quote:

a) Dimensione esterna, b) Dimensione interna, c) profondità, d) Distanze.

DIMENSIONI MASSIMA E MINIMA

Dimensioni estreme ammissibili di un pezzo entro le quali deve trovarsi la **dimensione effettiva**.



SCOSTAMENTO SUPERIORE

Differenza algebrica tra la dimensione massima ammissibile e la dimensione nominale
È indicato con E_s per i fori e con e_s per gli alberi.

SCOSTAMENTO INFERIORE

Differenza algebrica tra la dimensione minima ammissibile e la dimensione nominale
È indicato con E_i per i fori e con e_i per gli alberi.

$$E_s = D_{\max} - D$$

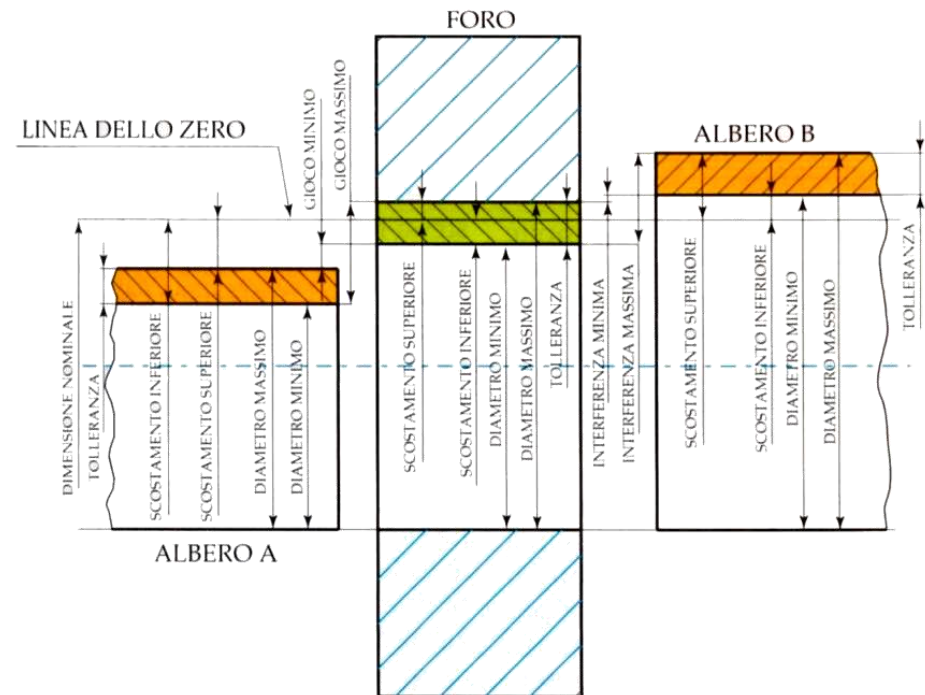
$$E_i = D - D_{\min}$$

FORI

$$e_s = d_{\max} - D$$

$$e_i = d_{\min} - D$$

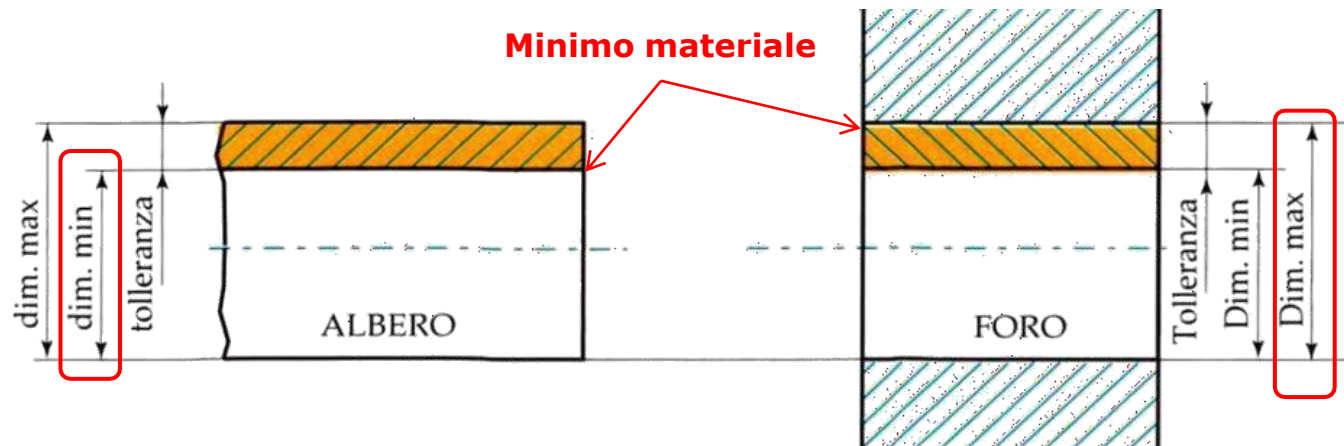
alberi



CONDIZIONE DI MINIMO MATERIALE

Sia albero che foro hanno il massimo materiale ammissibile.

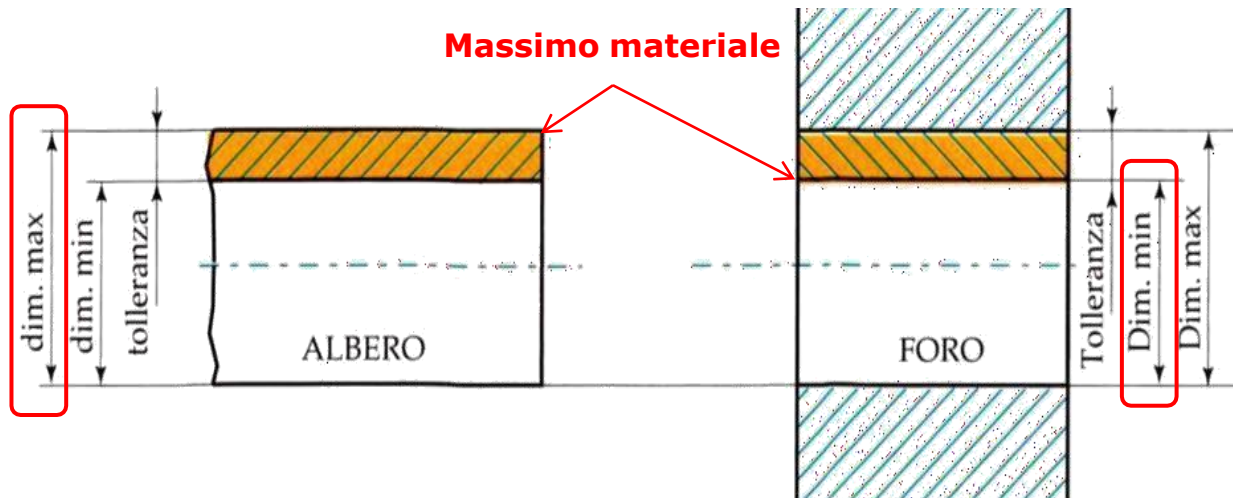
Dimensione MINIMA di un elemento esterno quale un albero e la dimensione MASSIMA di un elemento interno quale un foro.

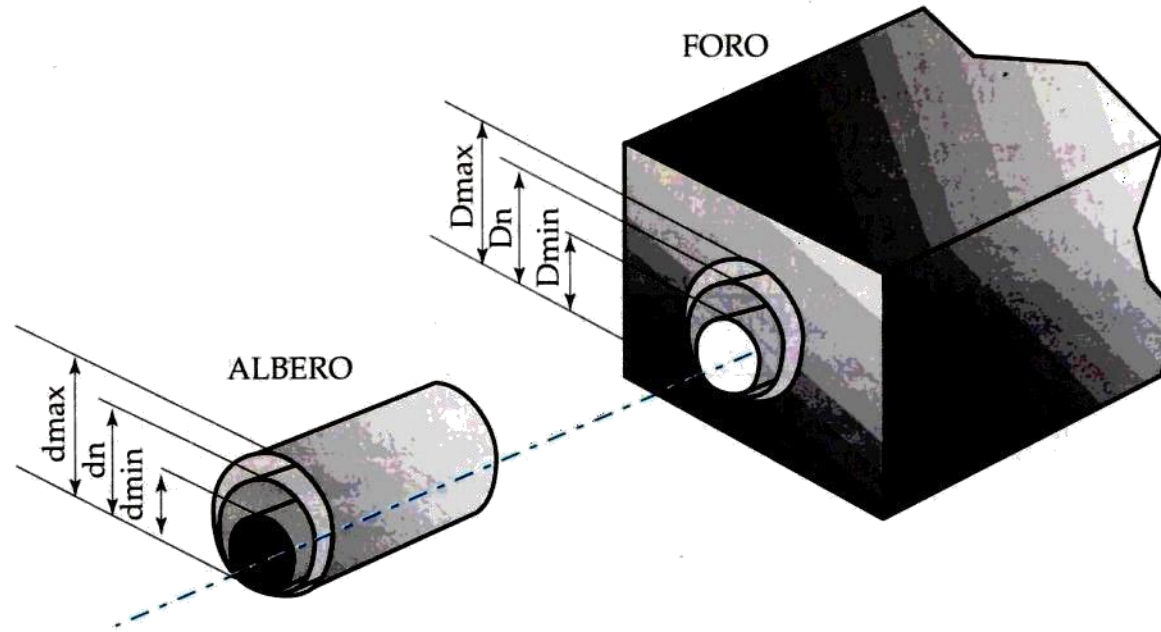


CONDIZIONE DI MASSIMO MATERIALE

Sia albero che foro hanno il massimo materiale ammissibile

Dimensione **MASSIMA** di un elemento esterno quale un albero e la dimensione **MINIMA** di un elemento interno quale un foro.





Tolleranza: differenza tra due dimensioni limite

Le dimensioni misurabili esternamente sono di tipo **albero**.

Le dimensioni misurabili internamente sono di tipo **foro**.

La temperatura di funzionamento può notevolmente influenzare le caratteristiche dell'accoppiamento. Pertanto tutte le dimensioni sono riferite alla temperatura di **20°C**.

TOLLERANZA

È la differenza tra la **dimensione massima** e **quella minima**.

Ovvero la differenza algebrica tra lo **scostamento superiore** e lo **scostamento inferiore**.

La tolleranza è quindi un valore assoluto, senza segno.

Una tolleranza fondamentale nel sistema ISO unificate è indicata con **IT** (*International Tolerance*).

$$IT = E_s - E_i$$

$$E_s = IT + E_i$$

$$E_i = E_s - IT$$

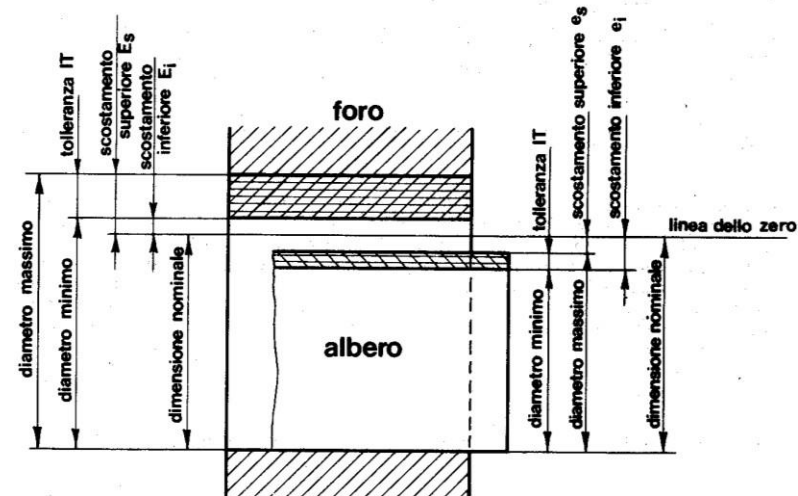
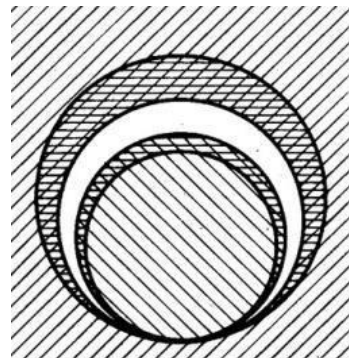
FORI

$$IT = e_s - e_i$$

$$e_s = IT + e_i$$

$$e_i = e_s - IT$$

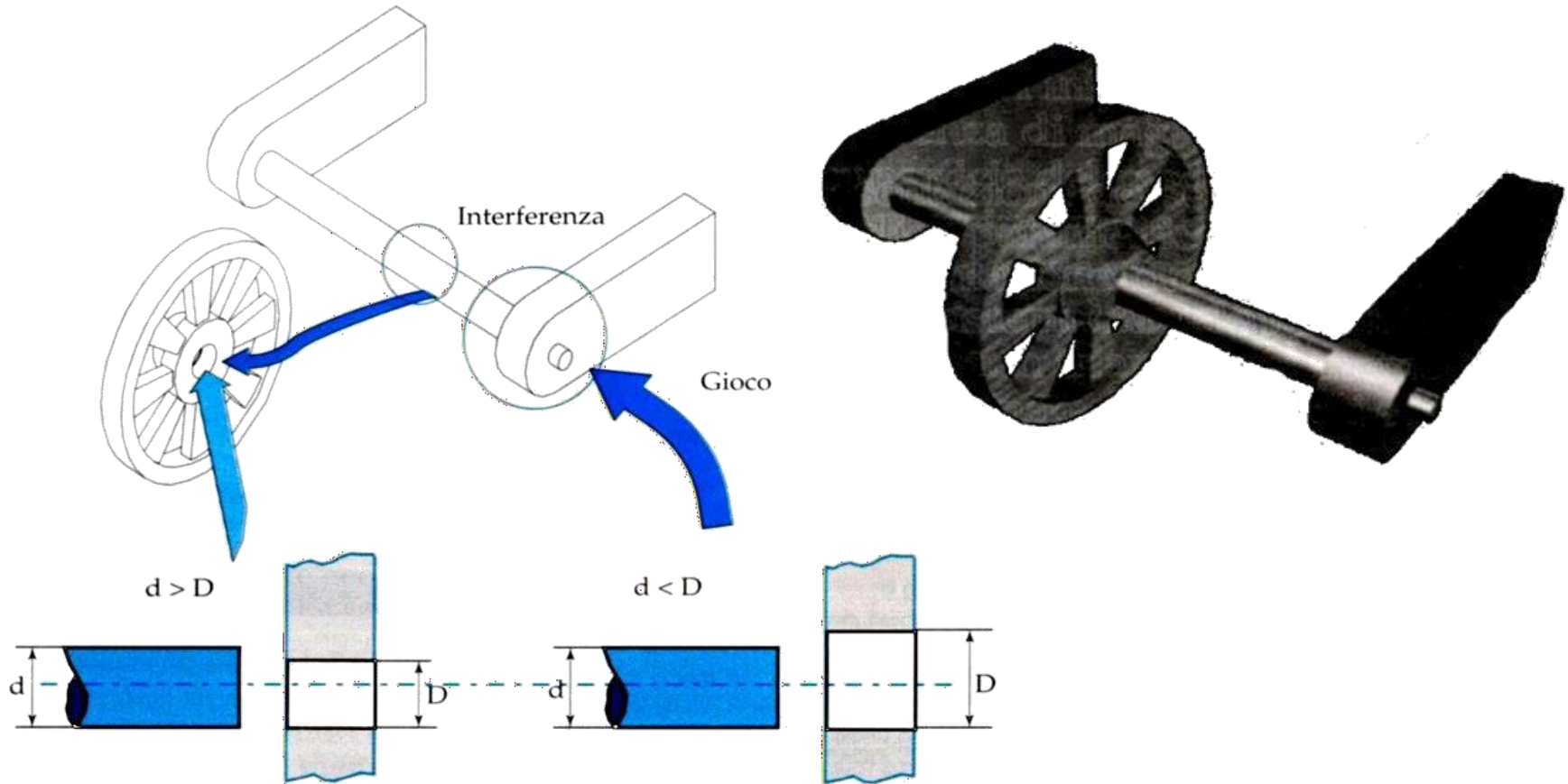
alberi



Il progettista assegnerà le *dimensioni nominali* e le relative *tolleranze dimensionali* ad un elemento di tipo albero e ad un elemento di tipo FORO per realizzare uno dei seguenti *tipi di accoppiamento*:

- **CON INTERFERENZA**: dimensione dell'albero sempre (ovvero sia in condizioni di massimo materiale sia in condizione di minimo materiale) maggiore di quella del foro (ad es. per rendere solidali due pezzi senza ricorrere a sistemi di giunzione).
- **CON GIOCO**: dimensione del foro sempre (ovvero sia in condizioni di massimo materiale sia in condizione di minimo materiale) maggiore di quella dell'albero (ad es. per consentire lo scorrimento di un pistone in un cilindro)
- **INCERTO**: Quando statisticamente fra i due elementi dell'accoppiamento può verificarsi sia gioco che interferenza. Ci sarà dunque gioco in condizioni di minimo materiale e interferenza in condizioni di massimo materiale. In pratica, un accoppiamento incerto viene realizzato sempre come un collegamento stabile caratterizzato da una leggera interferenza.

Per un corretto funzionamento della carriola la ruota viene montata con **interferenza** sull'albero e l'albero viene montato con **gioco** nell'apposita sede

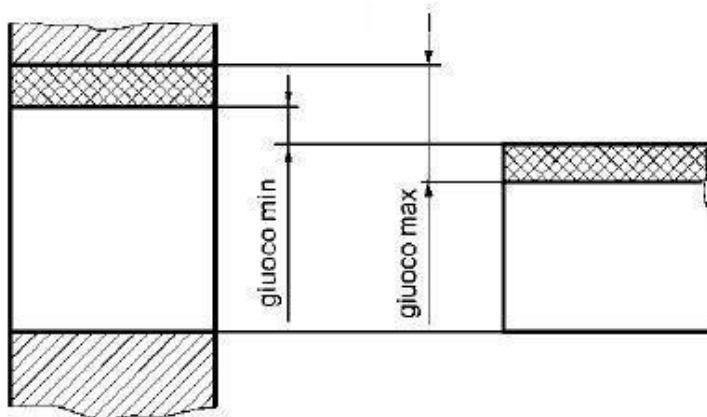
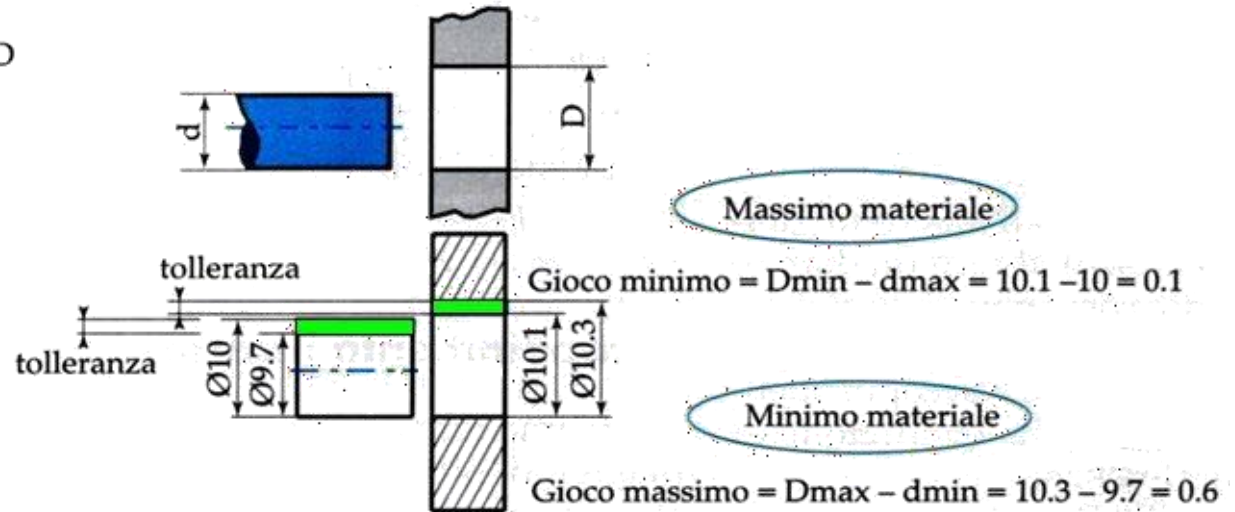
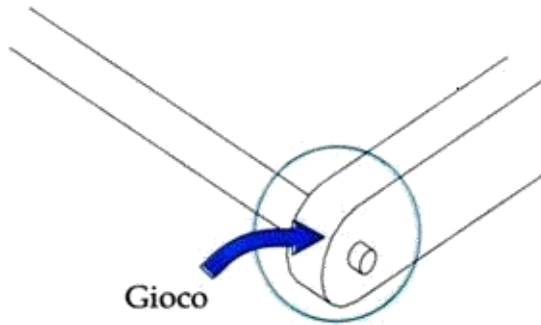


La zona di tolleranza del foro è sempre inferiore a quella dell'albero



La zona di tolleranza del foro è sempre superiore a quella dell'albero

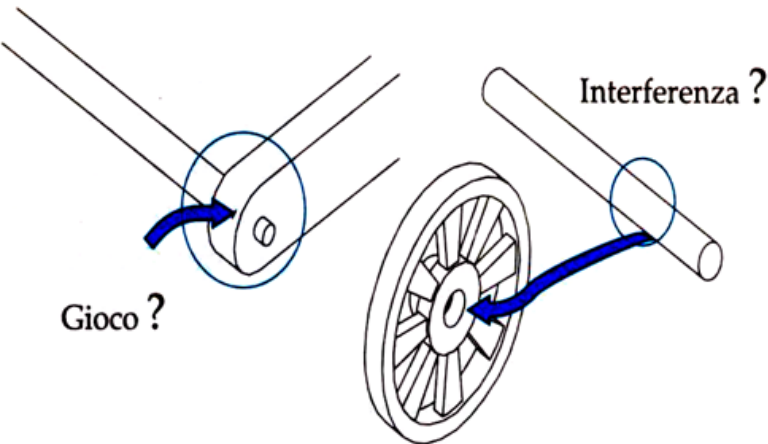
ACCOPIAMENTO CON GIOCO



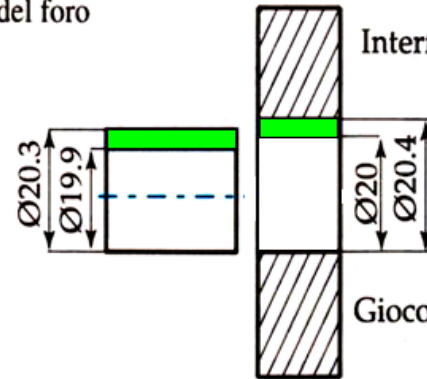
Con gioco

La zona di tolleranza del foro è parzialmente sovrapposta a quella dell'albero

ACCOPIAMENTO INCERTO



Parziale sovrapposizione
delle tolleranze dell'albero
e del foro

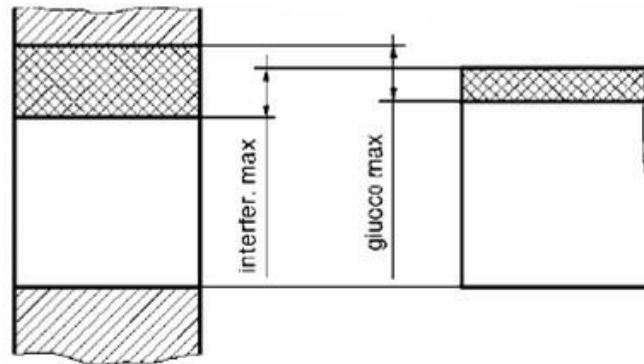


Massimo materiale

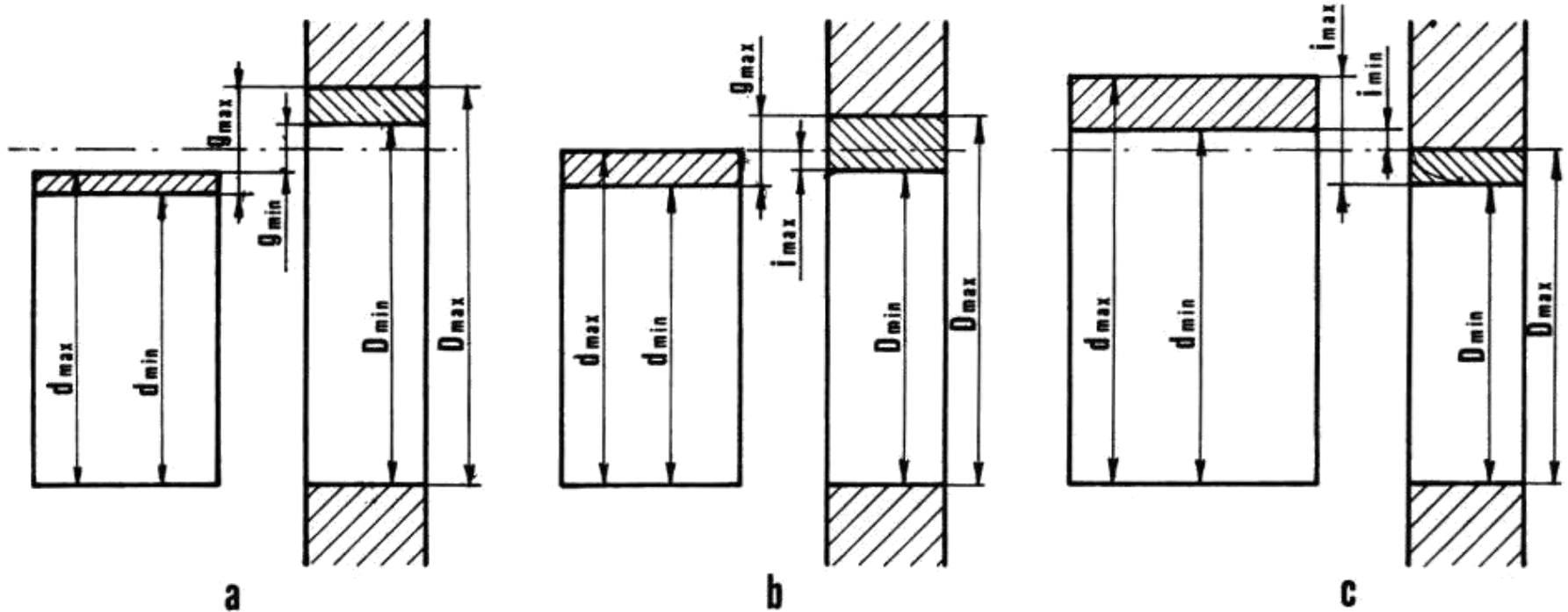
$$\text{Interferenza max} = d_{\text{max}} - D_{\text{min}} = 20.3 - 20.1 = 0.3$$

Minimo materiale

$$\text{Gioco massimo} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} = 20.4 - 19.9 = 0.5$$



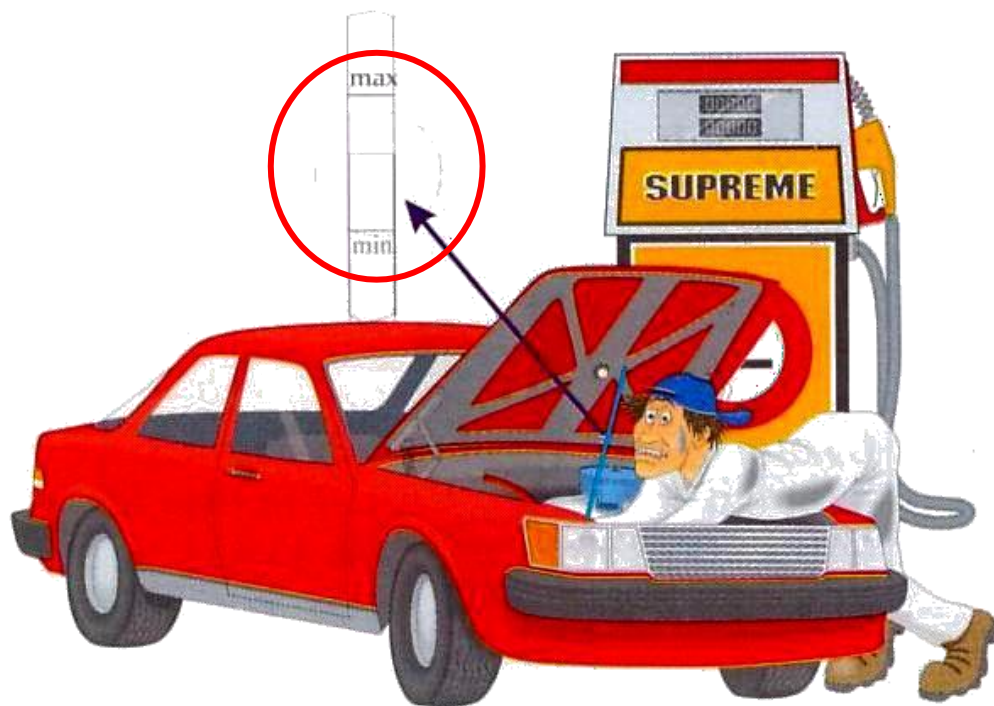
Incerto



a) Con **gioco**: dimensione del **foro** sempre **maggiore** di quella dell'albero

b) Con **incertezza (incerto)**: zone di tolleranza sovrapposte

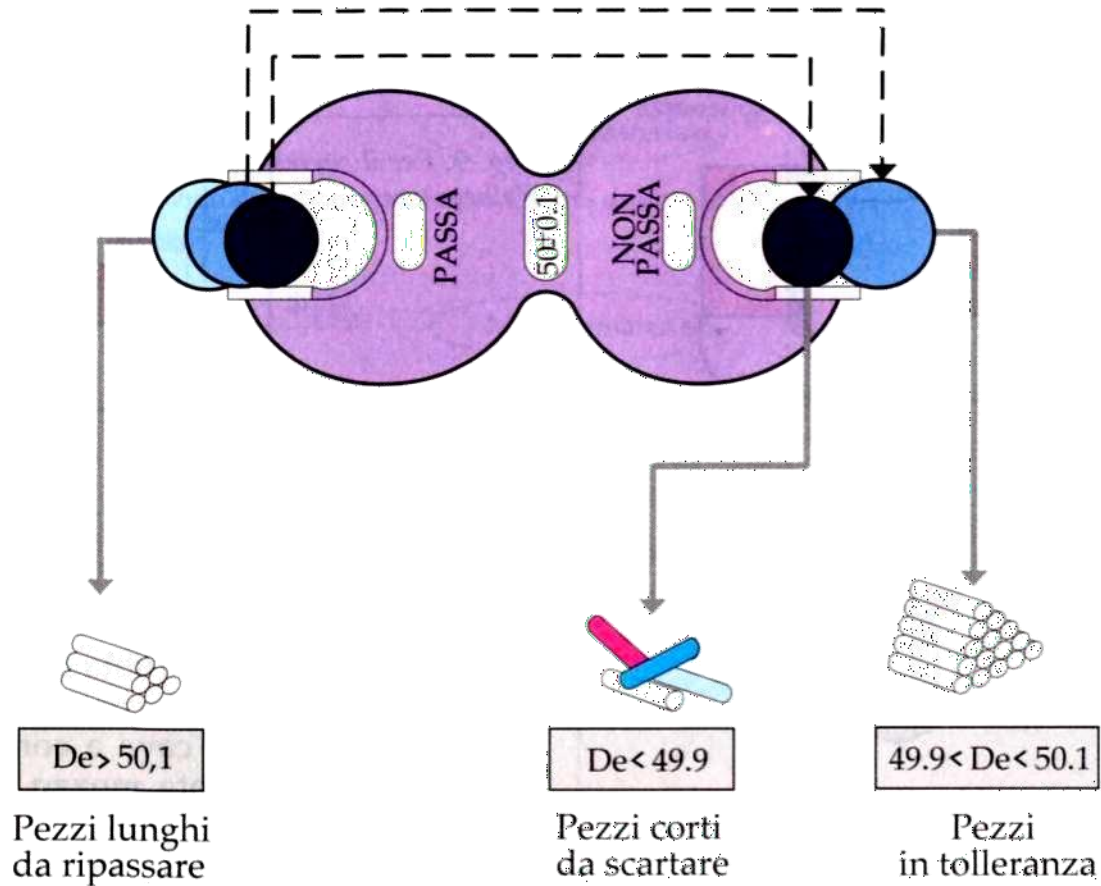
c) Con **interferenza**: dimensione dell'**albero** sempre **maggiore** di quella del foro



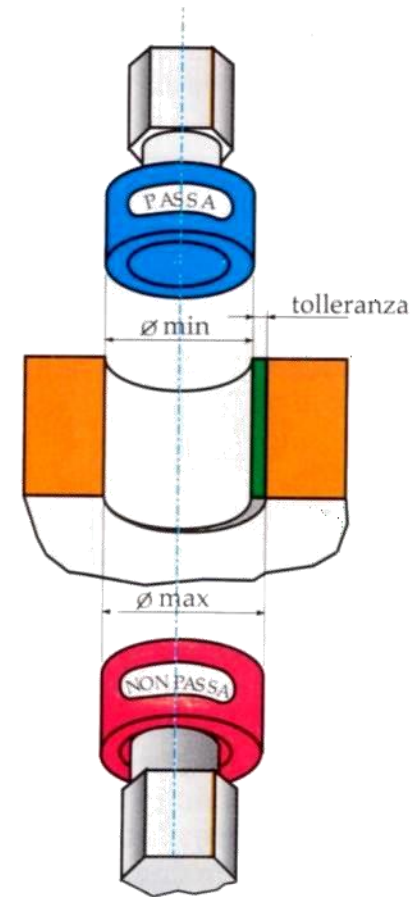
Il controllo del livello dell'olio dell'auto è un controllo tra due limiti

Il **controllo dimensionale** dei pezzi non comporta necessariamente la misura della dimensione effettiva del pezzo. Generalmente, è **sufficiente verificare che** la dimensione effettiva del pezzo sia compresa nel **campo di tolleranza** stabilito mediante un collaudo a due livelli, utilizzando **calibri fissi**.

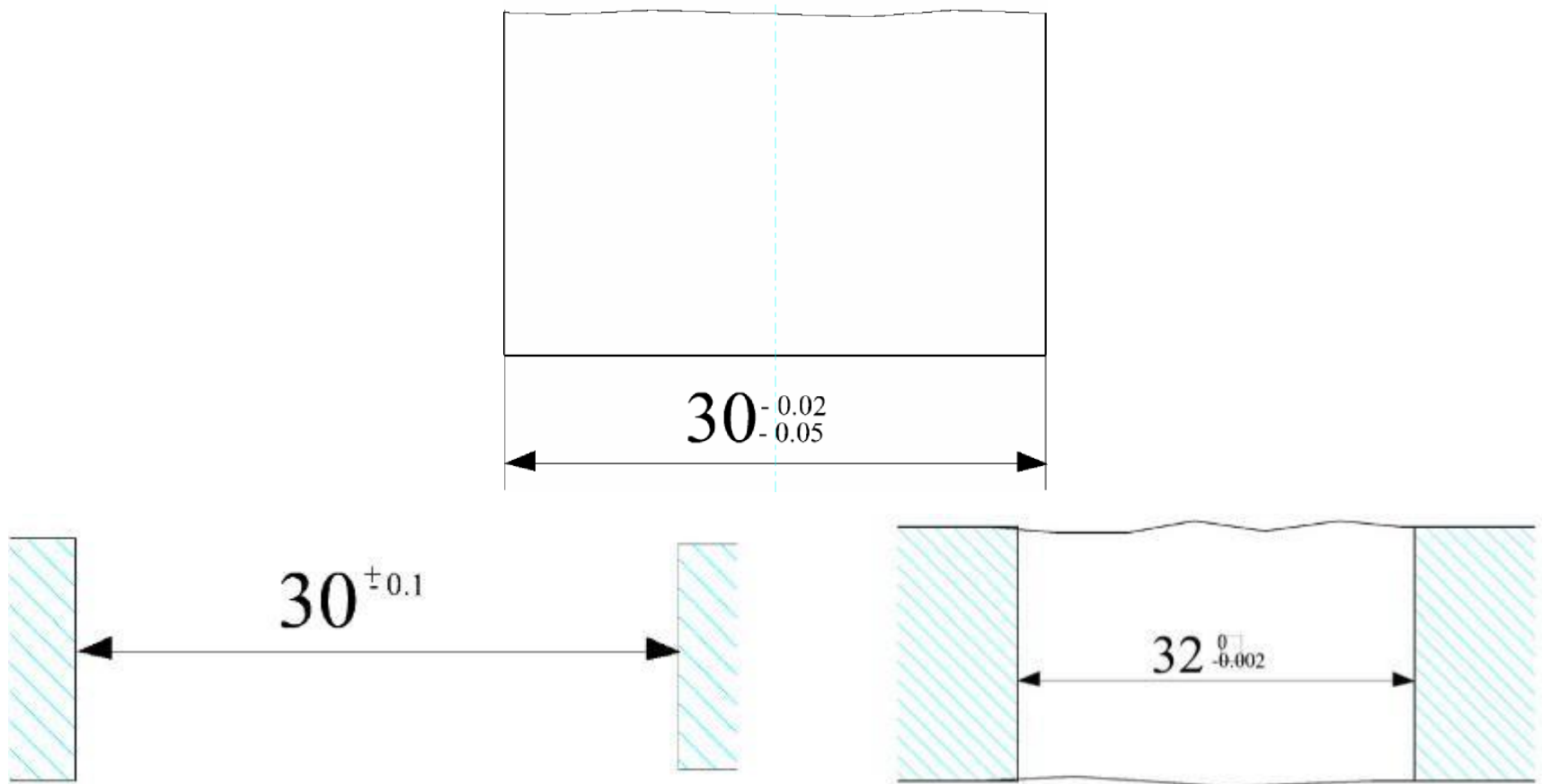
Calibri a forcella per alberi



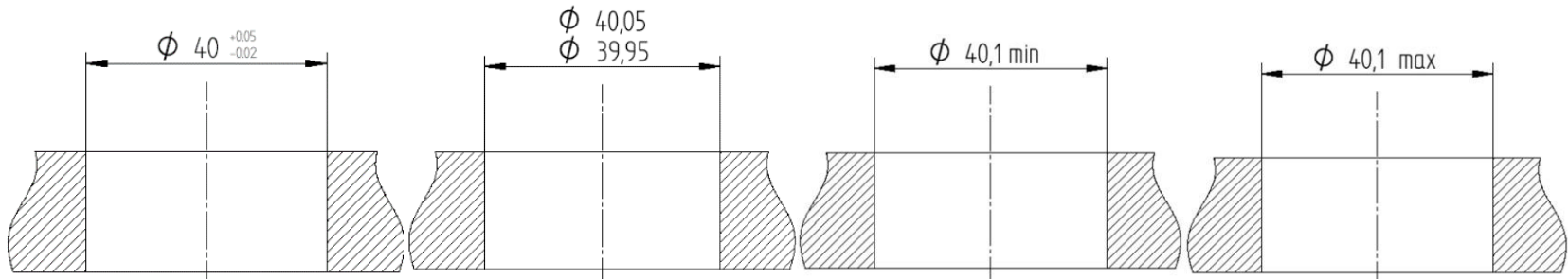
Calibri a tampone per fori



Il metodo più immediato di assegnare delle tolleranze alle dimensioni sul disegno è fornito dalla norma **UNI EN ISO 14405**



Il metodo più immediato di assegnare delle tolleranze alle dimensioni sul disegno è fornito dalla norma **UNI EN ISO 14405**

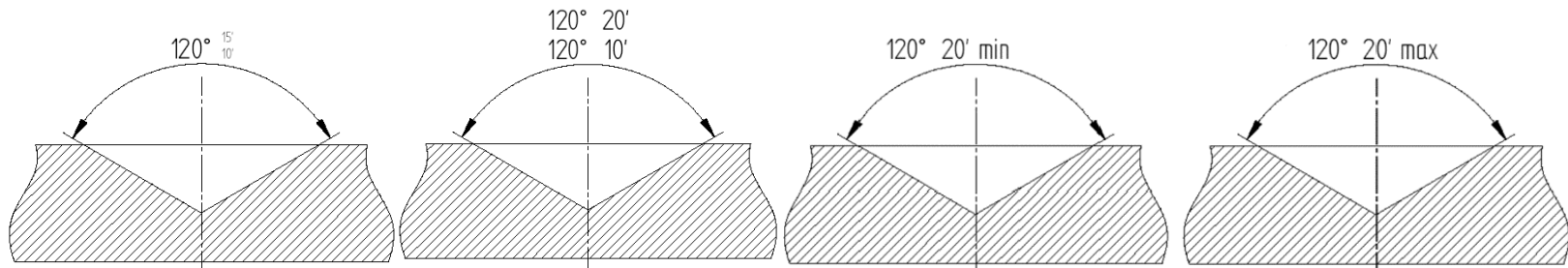


Indicazione esplicita degli scostamenti

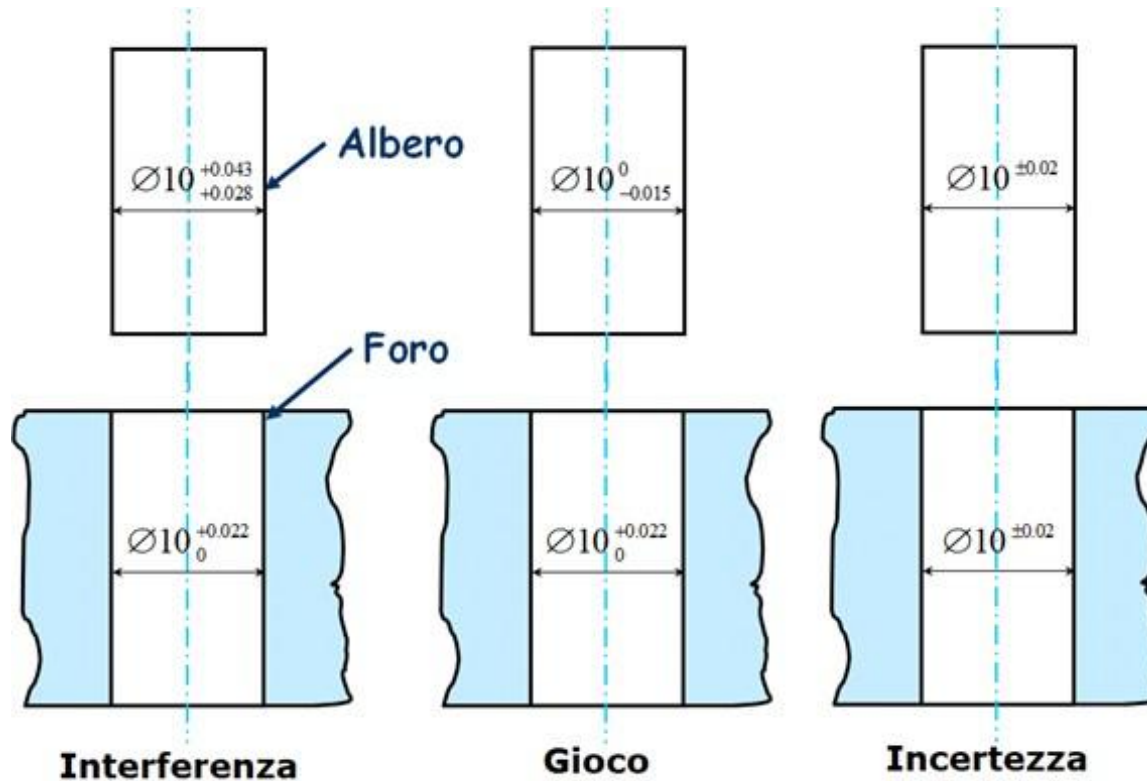
Dimensioni limite

Dimensione minima consentita

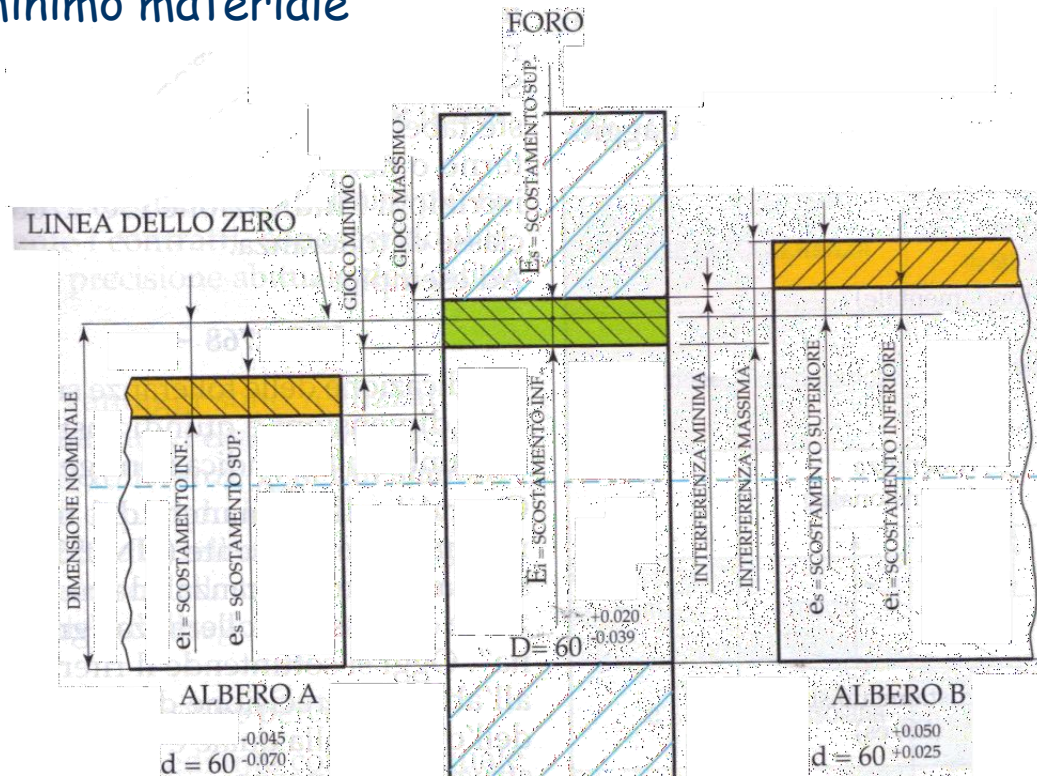
Dimensione massima consentita



Seguendo la convenzione descritta, possiamo realizzare le tre condizioni funzionali (gioco, interferenza, incertezza)



Calcoliamo il gioco o l'interferenza considerando le condizioni di massimo materiale e di minimo materiale



A) Accoppiamento con gioco

$$G_{\max} = 0,090 \text{ mm}$$

$$G_{\min} = 0,015 \text{ mm}$$

B) Accoppiamento con interferenza

$$I_{\max} = 0,089 \text{ mm}$$

$$I_{\min} = 0,005 \text{ mm}$$

Accoppiamento con *interferenza* fra un albero e un foro

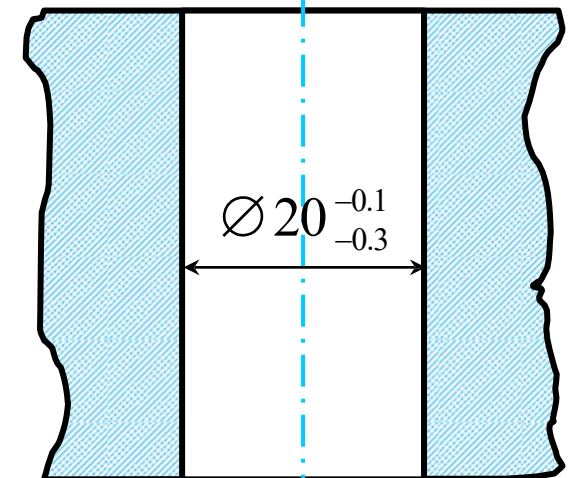
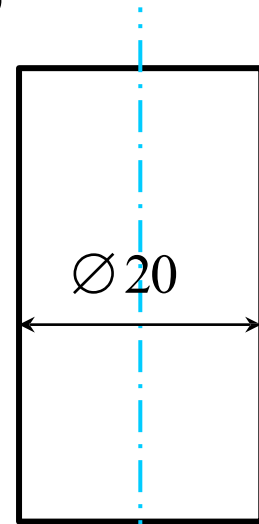
Possibile soluzione:

Fissato il medesimo diametro nominale (20mm) per entrambi i pezzi, il progettista assegna le dimensioni nel modo seguente:

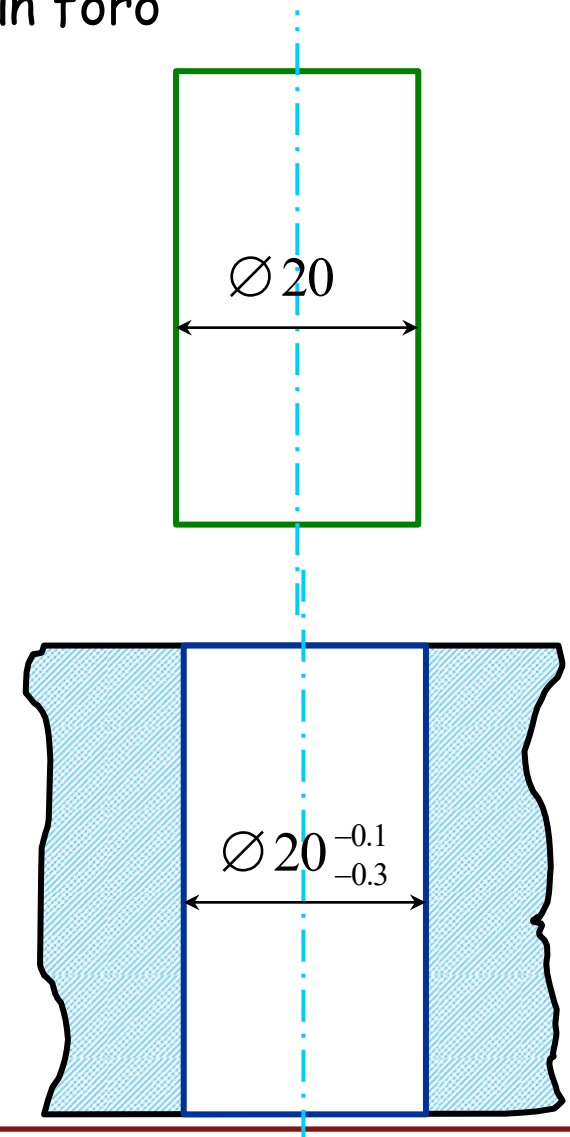
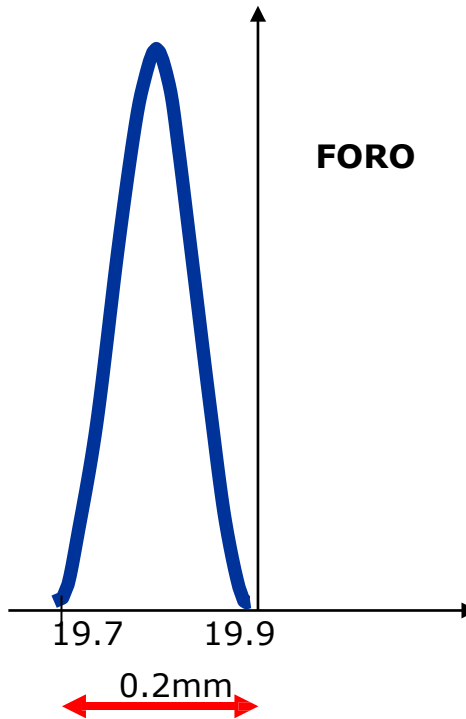
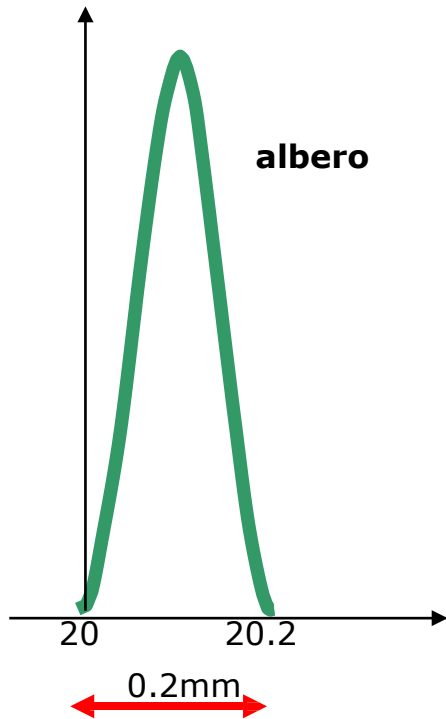
$$d = 20 \{0.0, +0.2\} \text{ [mm] (albero)}$$

$$D = 20 \{-0.1, -0.3\} \text{ [mm] (FORO)}$$

In altre parole, egli prescrive anche un intervallo di tolleranza, **NON necessariamente centrato intorno alla dimensione nominale**, a cui la produzione dovrà attenersi.



Accoppiamento con *interferenza* fra un albero e un foro



In entrambi i casi la **tolleranza** è di 0.2 mm
 Per l'albero lo **scostamento** rispetto al diametro nominale è nullo, viceversa per il foro è pari a -0.1

Accoppiamento con *interferenza* fra un albero e un foro

condizione di massimo materiale

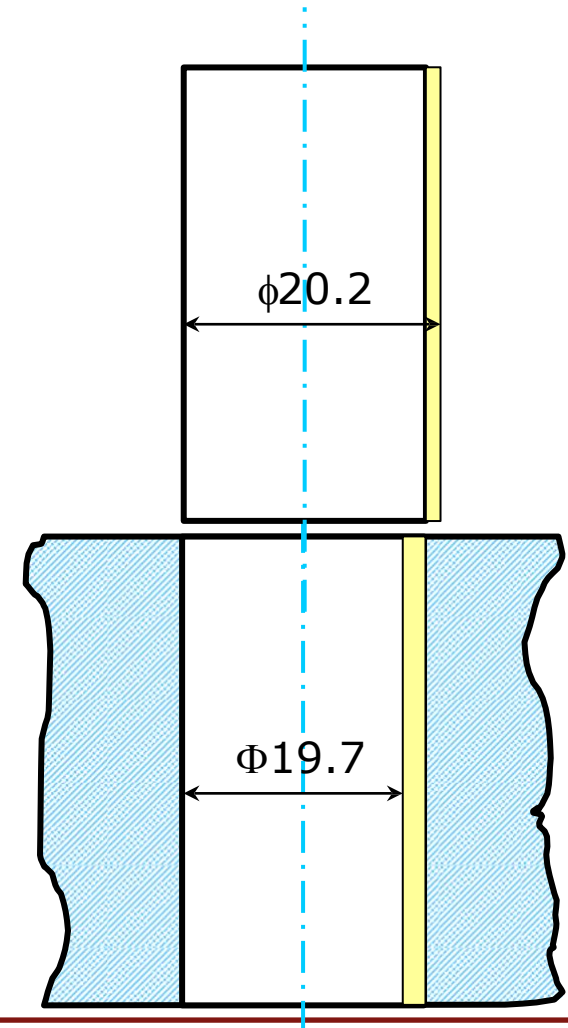
Condizione di limite superiore per l'albero e
limite inferiore per il foro:

$$d_{\max} = 20.2 \text{ mm}$$

$$D_{\min} = 19.7 \text{ mm}$$

L'accoppiamento avviene con *interferenza massima*:

$$i = d_{\max} - D_{\min} = 0.5 \text{ mm}$$



Accoppiamento con *interferenza* fra un albero e un foro

condizione di *minimo materiale*

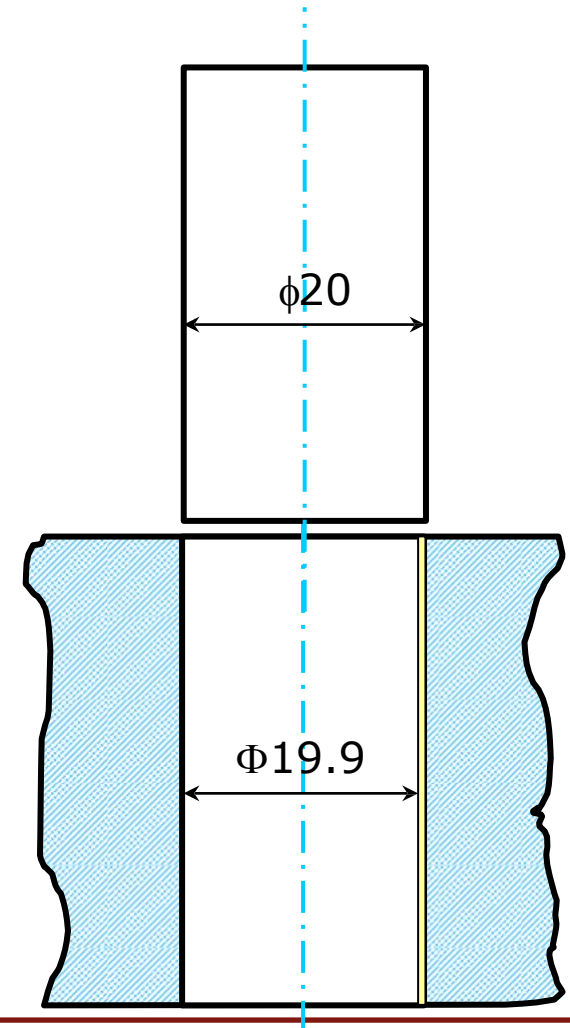
Condizione di limite inferiore per l'albero e
limite superiore per il foro:

$$d_{\max} = 20.0 \text{ mm}$$

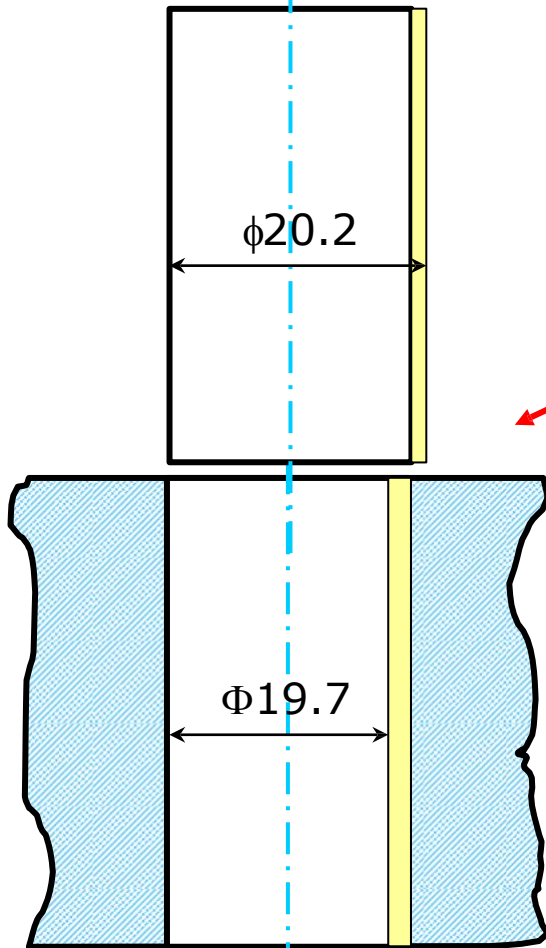
$$D_{\min} = 19.9 \text{ mm}$$

L'accoppiamento avviene con *interferenza minima*:

$$i = d_{\max} - D_{\min} = 0.1 \text{ mm}$$



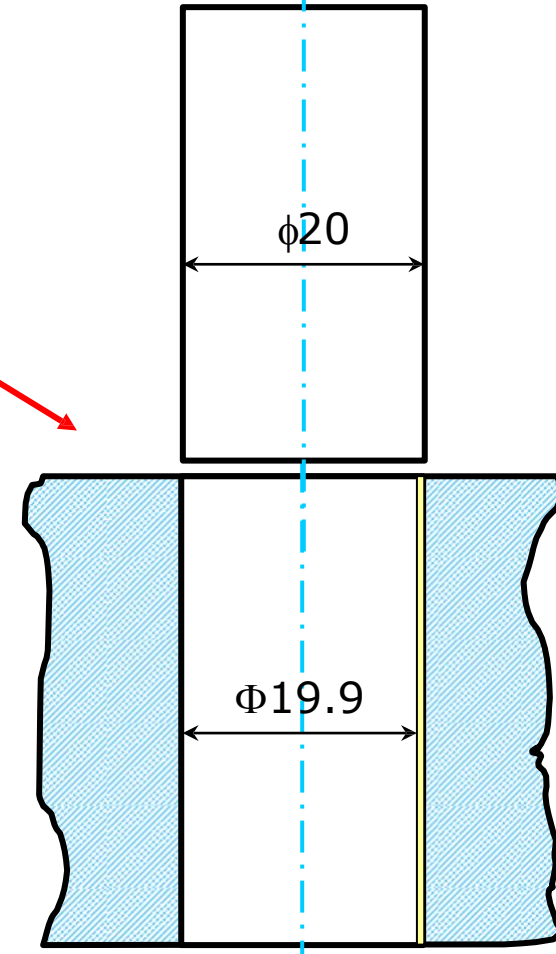
Accoppiamento con *interferenza* fra un albero e un foro



condizione di

massimo materiale

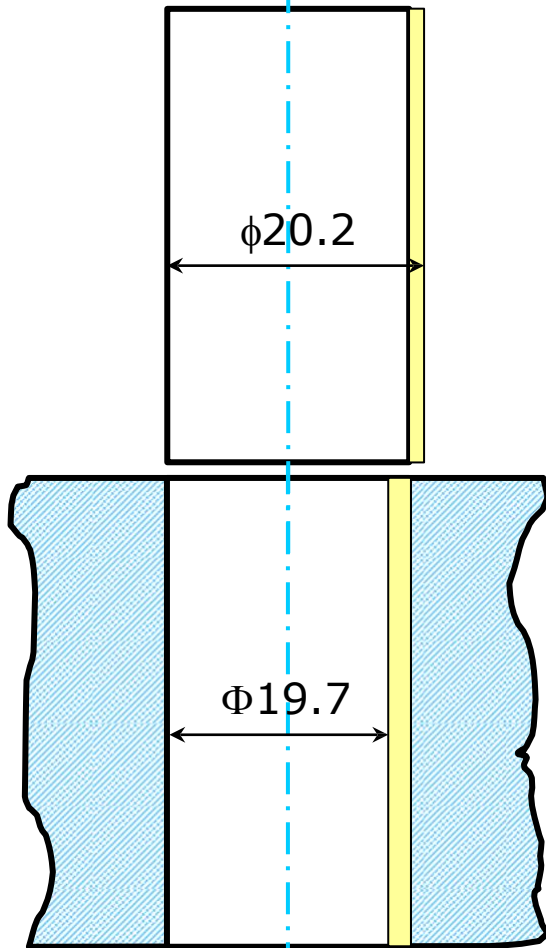
In entrambi i *casi limite* considerati c'è **interferenza** pertanto **il progettista è sicuro che il requisito funzionale è sempre garantito**



condizione di

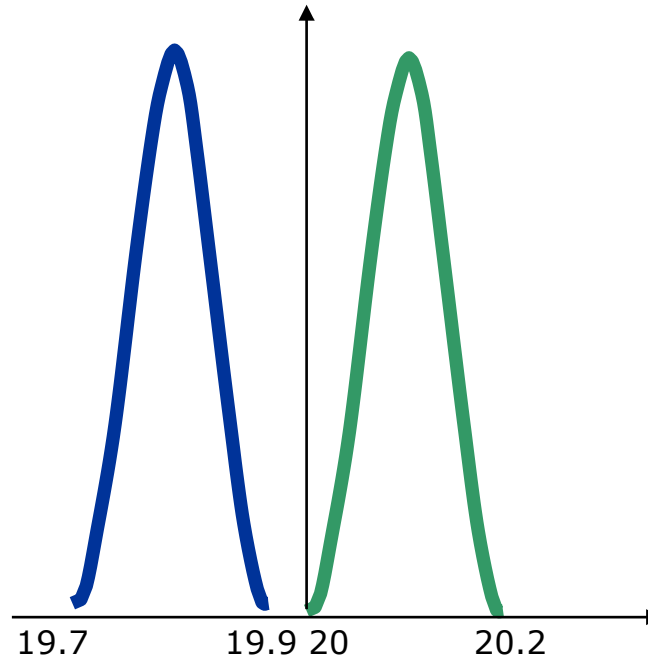
minimo materiale

Accoppiamento con *interferenza* fra un albero e un foro

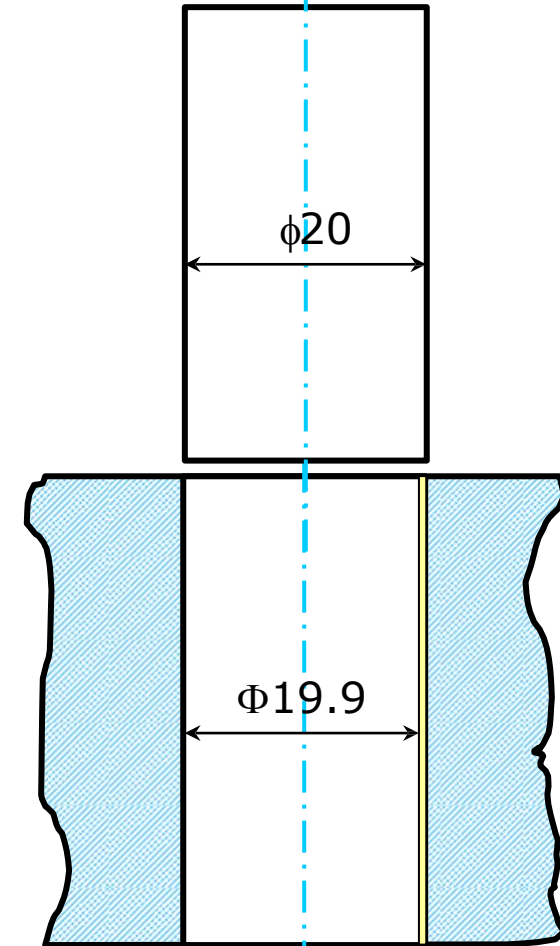


condizione di

massimo materiale



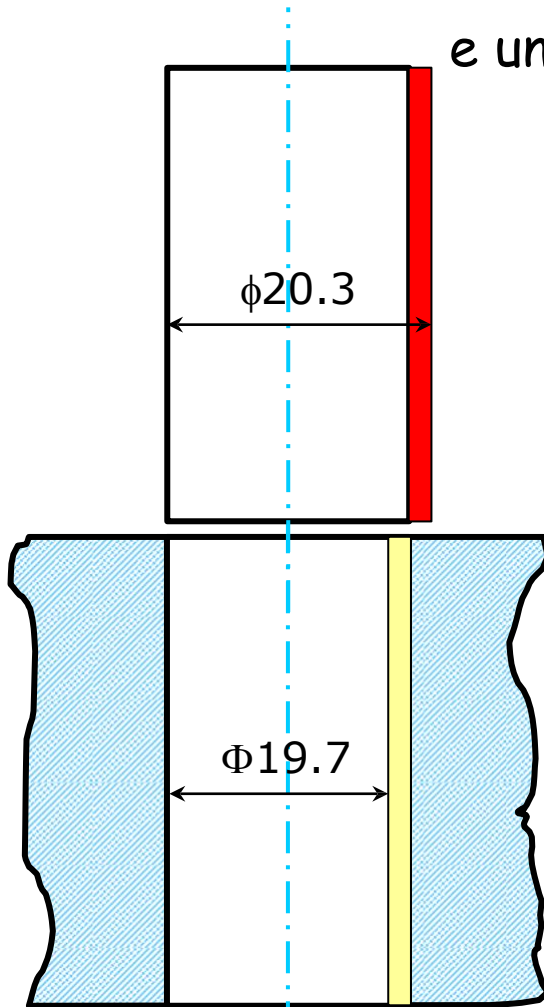
Le due curve sono ben separate!



condizione di

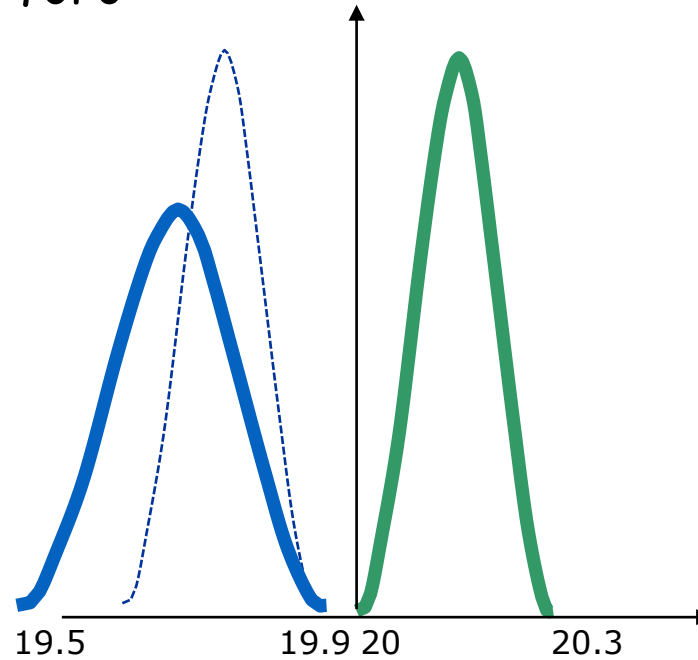
minimo materiale

Accoppiamento con *interferenza* fra un albero e un foro

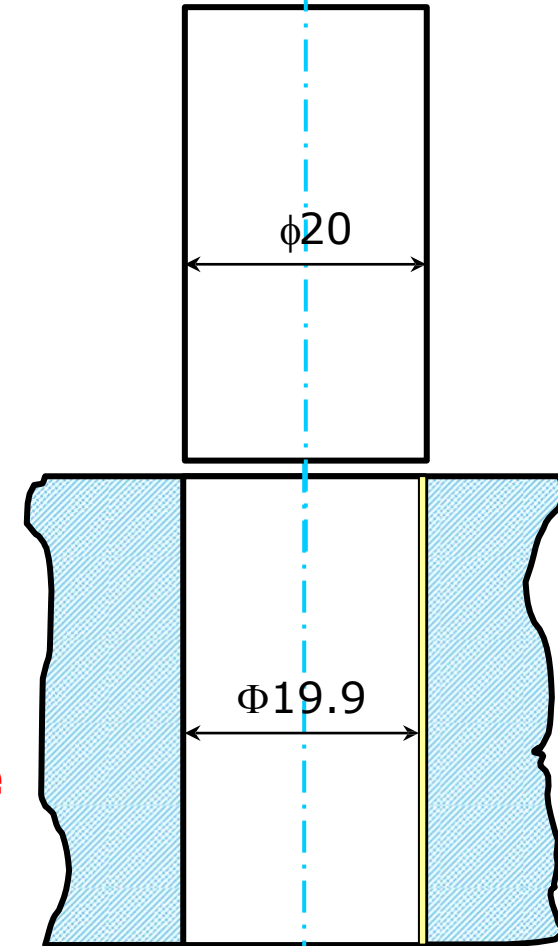


condizione di

massimo materiale



**Se possibile, potrei anche
allargare la tolleranza, e
garantire comunque il
requisito funzionale!!!**



condizione di

minimo materiale

L'indicazione esplicita delle tolleranze sulle quote fornisce al progettista il controllo sulle dimensioni effettive del prodotto



Indicazione diretta delle tolleranze UNI EN ISO 14405



Vantaggio:

Immediata applicazione ed interpretazione

Svantaggi:

- 1) Non chiarisce immediatamente la precisione della lavorazione e dunque il suo **costo**. Questo **dipende infatti dalla tolleranza relativa prescritta e non da quella assoluta**. È evidente che rispettare una tolleranza di $\pm 0.02\text{mm}$ su una dimensione di 1000mm costa di più che rispettare la stessa tolleranza su una dimensione di 10mm .
- 2) **Non chiarisce immediatamente la qualità dell'accoppiamento**. Anche questa infatti dipende dalla dimensione nominale. Un'interferenza di 0.03mm con un diametro nominale di 10mm non è equivalente alla stessa interferenza con un diametro di 100mm .
- 3) In base all'osservazione n.2, il progettista è costretto a ricalcolare gli scostamenti se decide di cambiare la dimensione nominale di una quota funzionale.
- 4) **Rispettare scostamenti non standardizzati è costoso** poiché in fase di collaudo non ci si può servire di calibri di forma standardizzata, ma è necessaria di volta in volta la misura di precisione del pezzo.

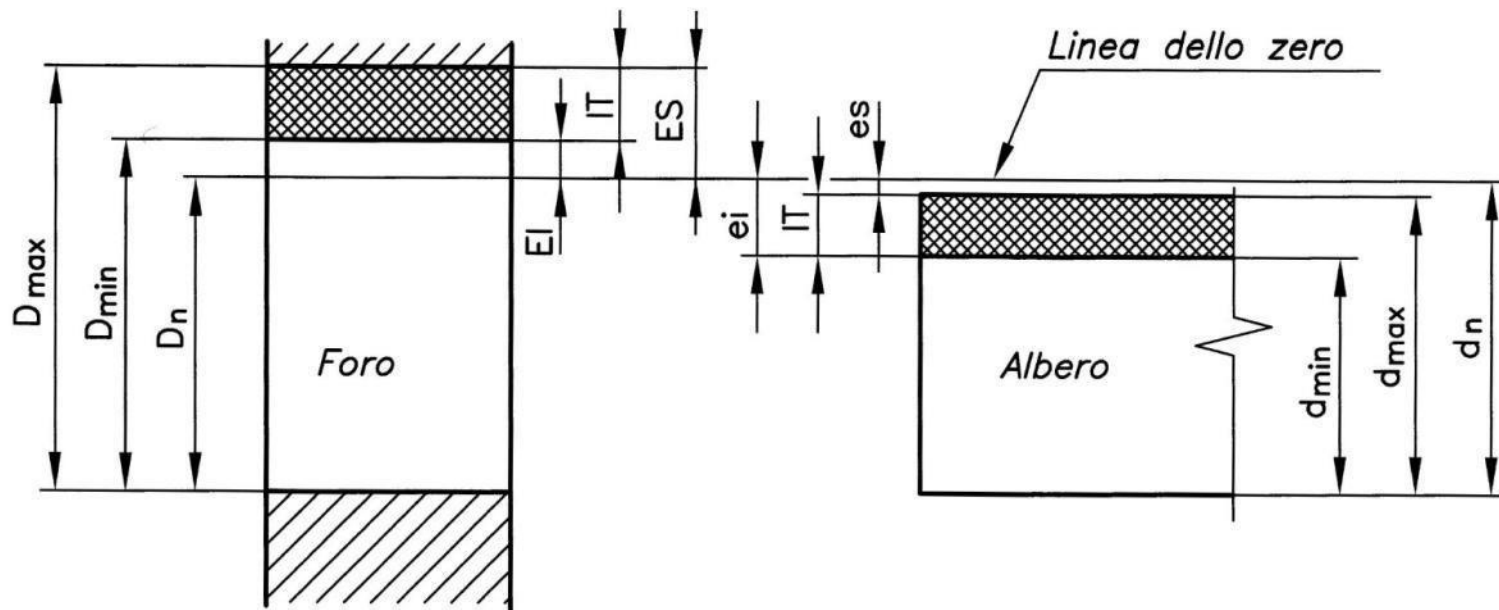
Nell'assegnare tolleranze a quote funzionali, il progettista ha tre esigenze:

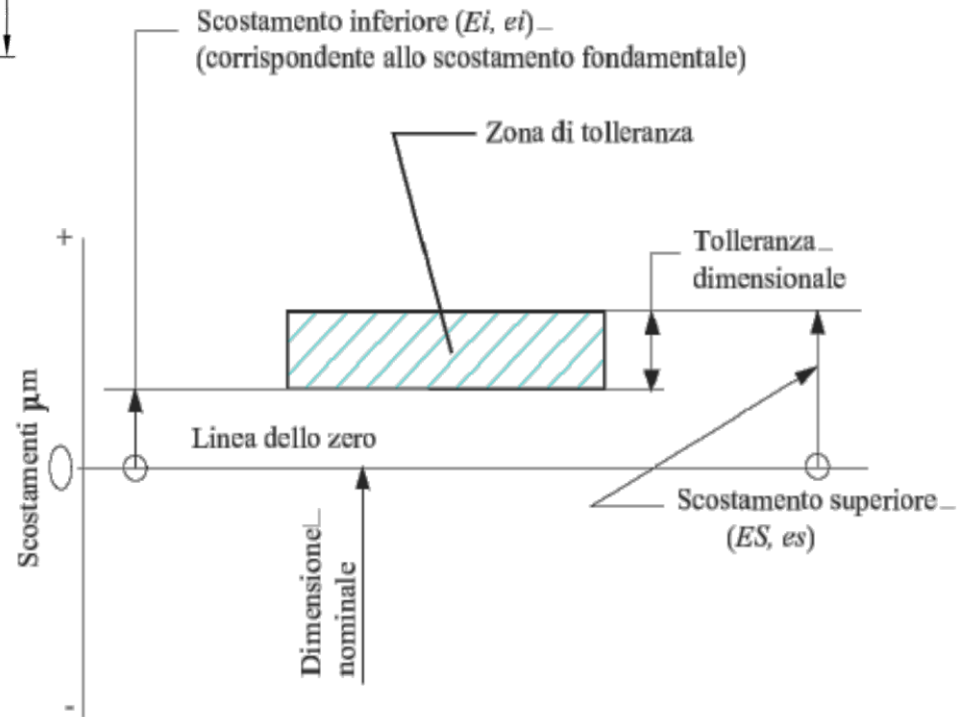
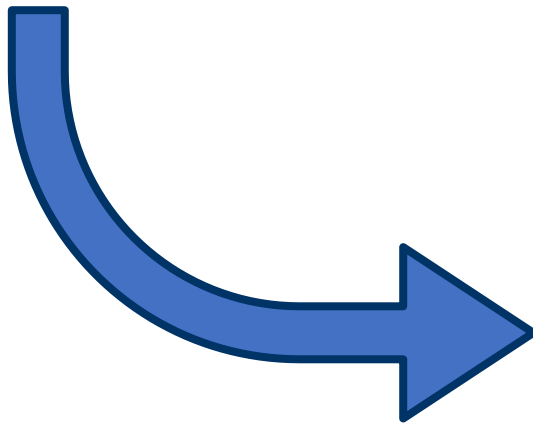
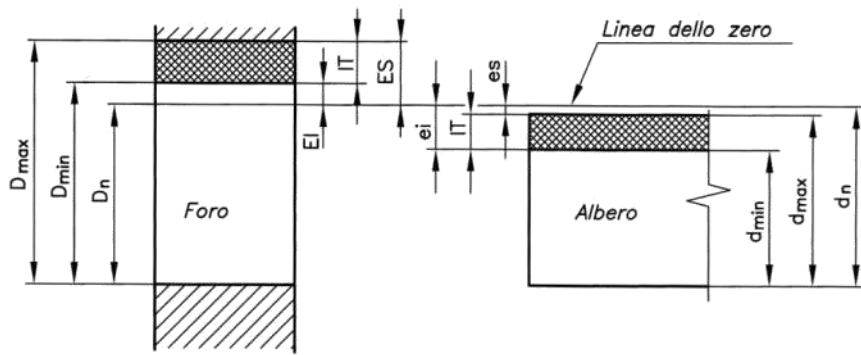
- 1) Indicare la qualità della lavorazione indipendentemente dalla dimensione nominale
- 2) Indicare la **qualità dell'accoppiamento** (gioco, interferenza, incertezza) indipendentemente dalle dimensioni nominali
- 3) Avere delle **tabelle unificate** cui fare riferimento per assegnare le tolleranze più opportune rispetto ai requisiti funzionali richiesti (*gioco di scorrimento, bloccaggio a spinta, bloccaggio forte, ecc.*)

A tale esigenza di normalizzazione risponde la norma tecnica ISO 286

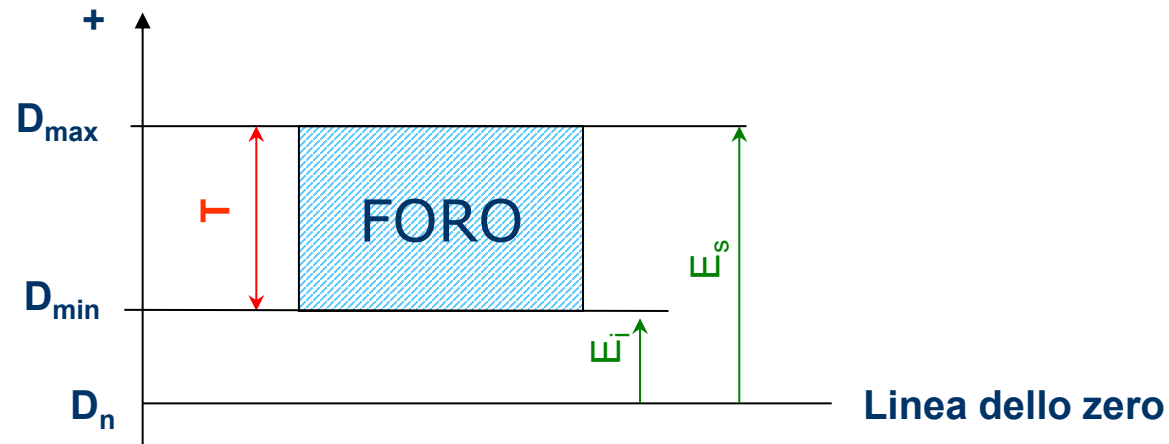
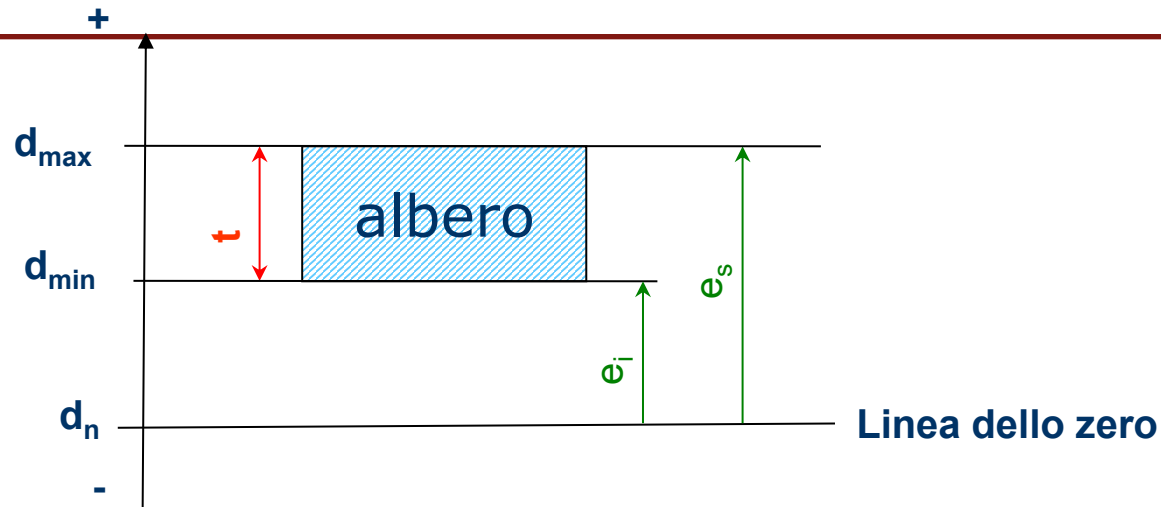
I limiti di variabilità dimensionali (tolleranza dimensionale) sono univocamente determinati tramite:

- 1) La tolleranza (*ampiezza* del campo di tolleranza)
- 2) Uno dei due scostamenti (*posizione* del campo di tolleranza)





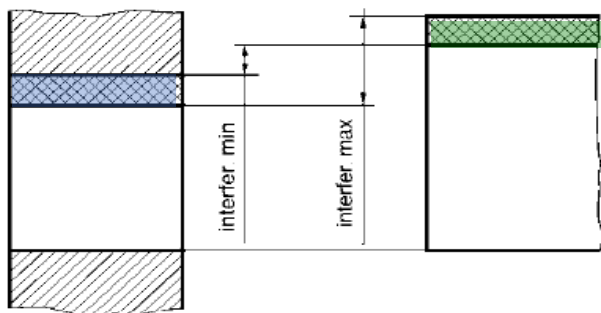
Lo scostamento fondamentale, funzione della dimensione nominale, è quello che definisce il limite più vicino alla linea dello zero.



tipi di accoppiamento

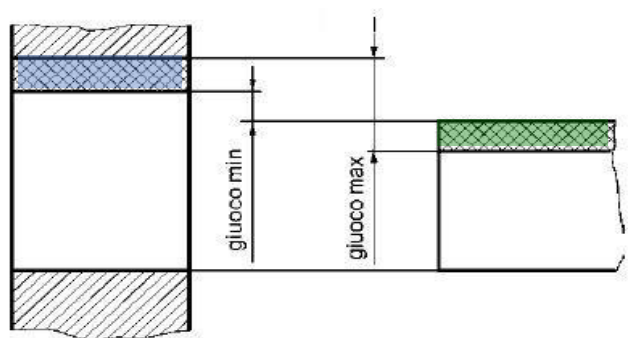
interferenza

dimensione dell'**albero** *sempre* **maggiore** di quella del foro



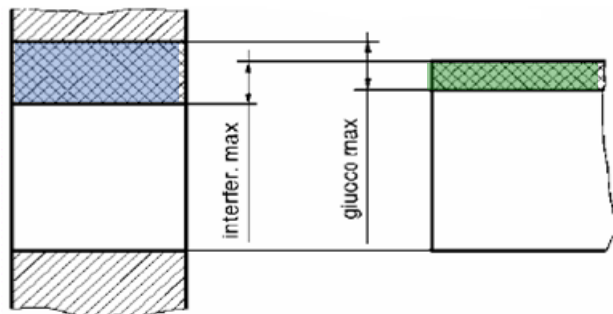
gioco

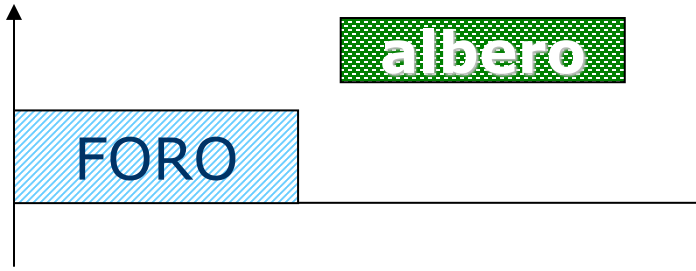
dimensione del **foro** *sempre* **maggiore** di quella dell'albero



incertezza

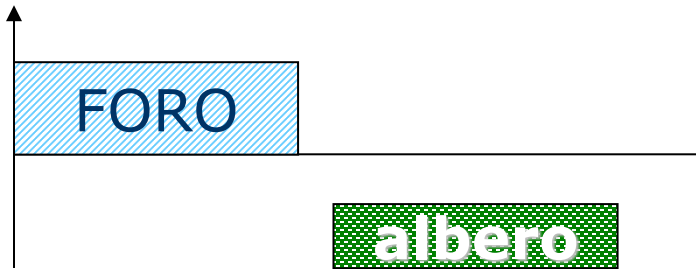
zone di tolleranza sovrapposte





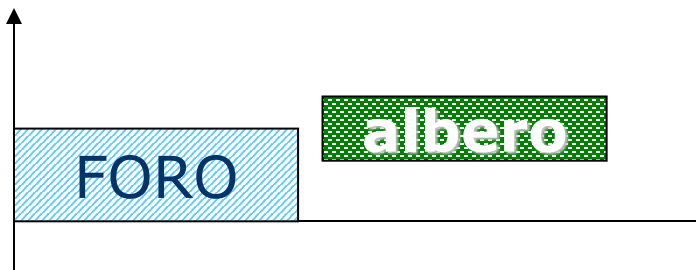
interferenza

dimensione dell'**albero** sempre **maggiore** di quella del foro



gioco

dimensione del **foro** sempre **maggiore** di quella dell'albero

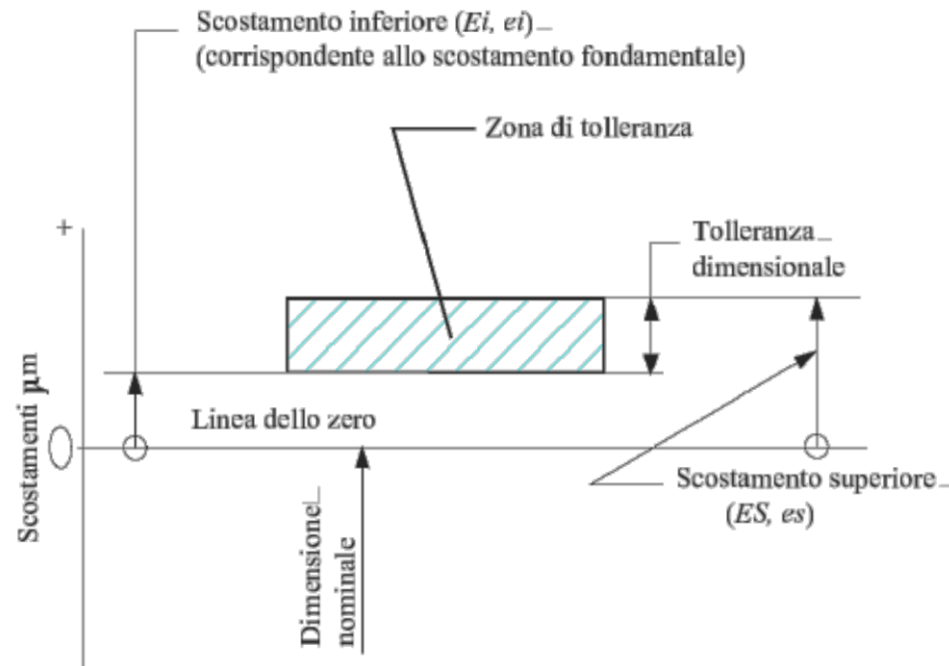


incertezza

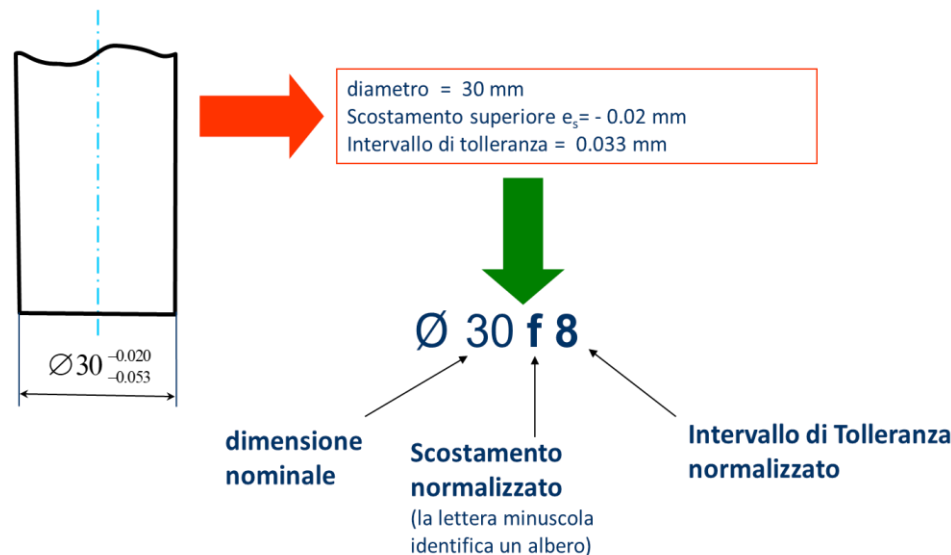
zone di tolleranza sovrapposte

Il sistema **ISO** di tolleranza (**ISO 286**) ha unificato, per ogni dimensione nominale (fino a 3150 mm):

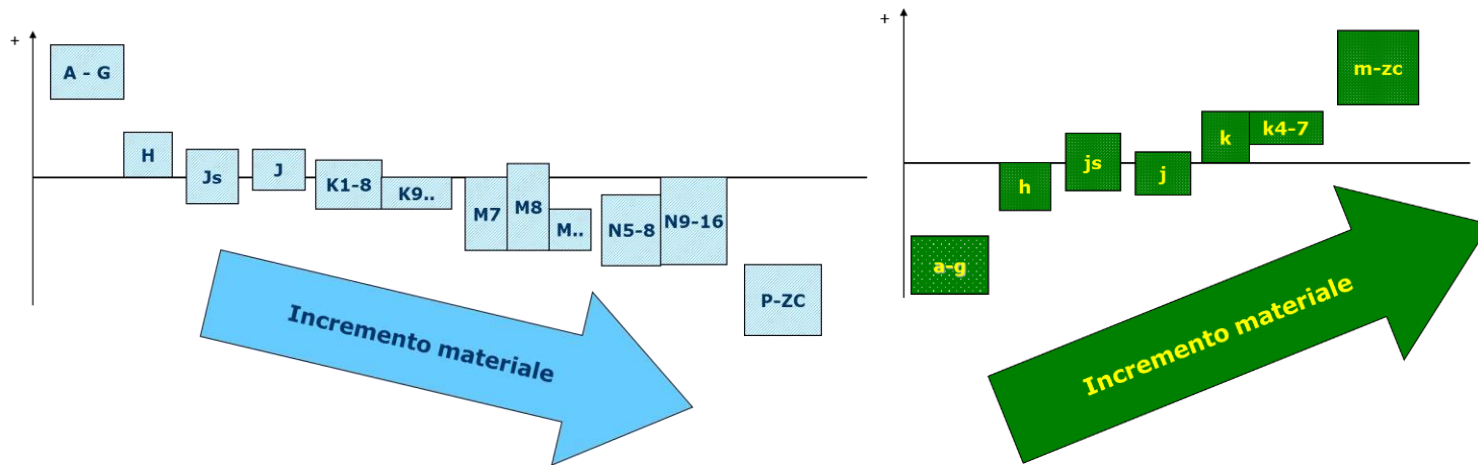
- 20 intervalli di tolleranza normalizzati (ampiezza di tolleranza) - indicati da un numero
- 27 scostamenti normalizzati (*posizione di tolleranza* rispetto alla linea dello zero) - indicati da una lettera (da *A* a *ZC* per fori, da *a* a *zc* per alberi)



- ✓ Il sistema **ISO** prevede **20** gradi di tolleranza normalizzati che definiscono l'ampiezza della zona di tolleranza e, quindi, la qualità della lavorazione.
- ✓ Tale ampiezza è funzione della dimensione nominale. A parità di grado di precisione, ad esempio a parità di tipo di lavorazione, si ottengono infatti variazioni crescenti all'aumentare della dimensione del pezzo.
- ✓ La qualità di tolleranza (intervallo di tolleranza) è indicata dalle sigle **IT0**, **IT01**, **IT1**, **IT2...IT18**, con precisione decrescente.



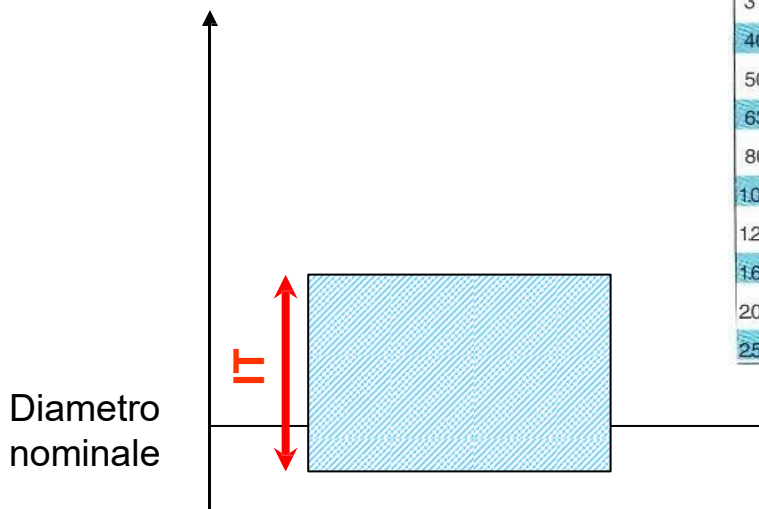
- ✓ Lo **scostamento fondamentale**, contraddistinto dalla lettera h per gli alberi e H per i fori, è nullo (inferiore per i fori, superiore per gli alberi). Le lettere relative agli scostamenti sono ordinate nel verso dell'incremento del materiale. Ad esempio, a parità di dimensione nominale, un elemento albero in posizione p avrà dimensione maggiore rispetto ad un albero in posizione h . Reciprocamente, un elemento foro in posizione P sarà più piccolo di un foro con la medesima dimensione nominale in posizione H .



Accoppiare un albero con diametro nominale in posizione s con un foro con diametro nominale in posizione H realizzerà un accoppiamento con interferenza. La norma ISO fornisce le tabelle degli scostamenti per alberi e fori in funzione del diametro nominale e i valori delle tolleranze normalizzate.

DIMENSIONE NOMINALE		GRADI DI TOLLERANZE NORMALIZZATE	
mm		IT01	IT0
oltre	fino a	tolleranza μm	
-	3	0,3	0,5
3	6	0,4	0,6
6	10	0,4	0,6
10	18	0,5	0,8
18	30	0,6	1
30	50	0,6	1
50	80	0,8	1,2
80	120	1	1,5
120	180	1,2	2
180	250	2	3
250	315	2,5	4
315	400	3	5
400	500	4	6

Dimensione nominale mm	GRADI DI TOLLERANZA NORMALIZZATI																			
			IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	oltre	fino a	Tolleranze																	
		μm									mm									
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,60	1	1,4	
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2	
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7	
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3	
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9	
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6	
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4	
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3	
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2	
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1	
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9	
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7	
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11	
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5	
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14	
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5	
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5	
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23	
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28	
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33	





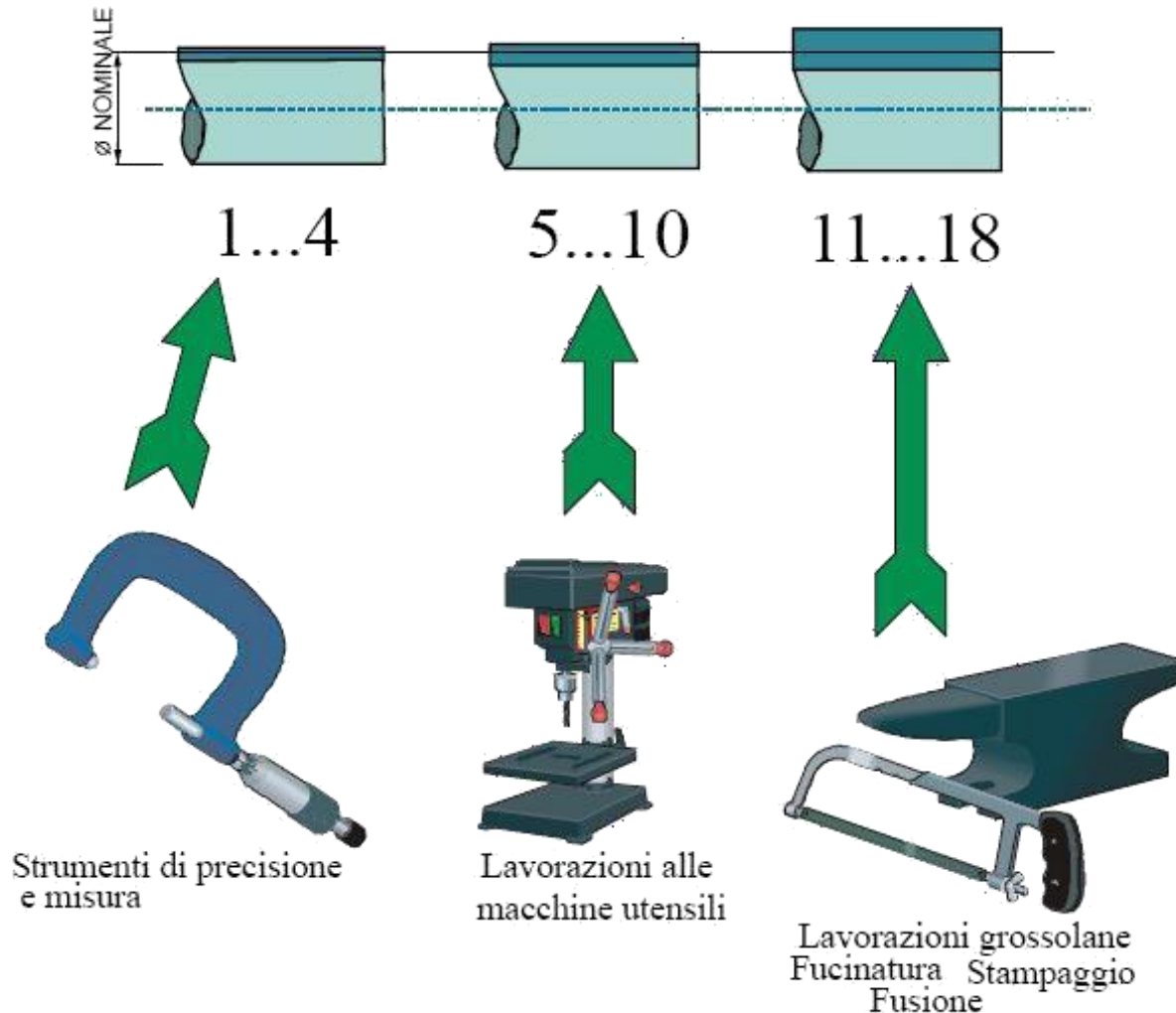
Gradi di tolleranza normalizzati



Corrispondenza del grado di tolleranza normalizzato con le lavorazioni e le applicazioni tipiche

Grado di tolleranza normalizzato	Classe di tolleranza		Lavorazioni meccaniche corrispondenti		Applicazioni	
	Alberi	Fori	Alberi	Fori	Alberi	Fori
IT1 - IT4			Lavorazione con macchine speciali	Lavorazione con macchine speciali	Lavorazioni di precisione di strumenti di misura, calibri, blocchetti di riscontro	
IT5	extra preciso		rettifica	rettifica speciale	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT6	preciso	extra preciso	rettifica	rettifica	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT7	preciso - medio	preciso	tornitura	rettifica alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT8	medio	medio	tornitura	alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT9	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT10	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT11	grossolano	grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT12	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT13	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT14 - IT18	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	

Gradi di tolleranza ottenibili con le lavorazioni meccaniche



Gradi di tolleranza ottenibili con le lavorazioni meccaniche

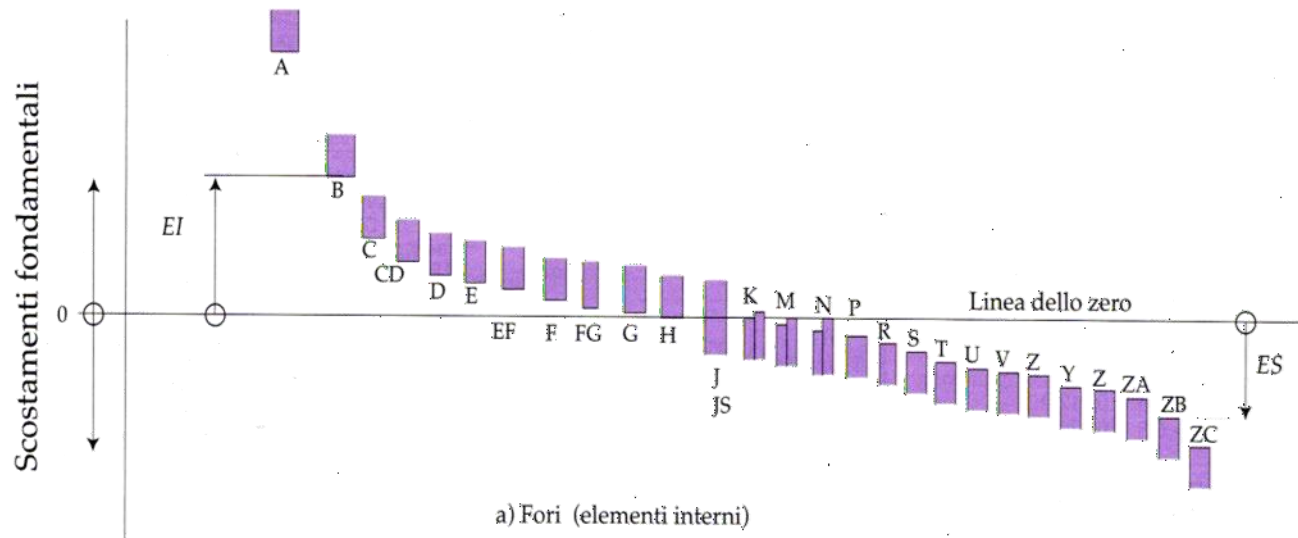
Lavorazione	Grado di tolleranza normalizzato								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
Lappatura	■								
Rettificazione cilindrica		■	■	■					
Rettificazione per piani		■	■	■	■				
Brocciatura		■	■	■					
Tornitura			■	■	■	■	■		
Alesatura			■	■	■	■	■		
Fresatura				■	■	■	■	■	
Trapanatura								■	■
Tranciatura								■	■
Formatura- stampaggio									■

La posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero è designata da una lettera che indica il valore dello **scostamento fondamentale**.

Esistono **27 posizioni normalizzate** nel sistema ISO, designate con lettere da **A** a **ZC** per fori e da **a** a **zc** per alberi.

La posizione di **tolleranza base**, contraddistinta dalla lettera **h** per gli alberi e **H** per i fori, è quella con **scostamento fondamentale nullo**.

Gli scostamenti **Js** e **js** prescrivono una zona di tolleranza a cavallo della linea dello zero.

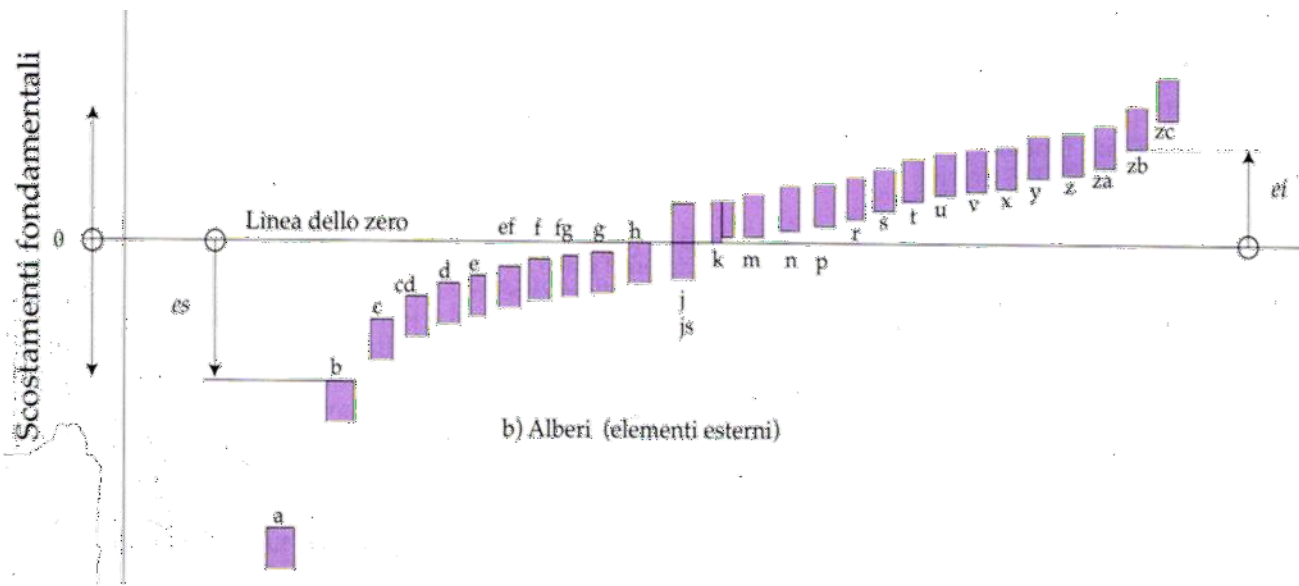


La posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero è **designata da una lettera** che indica il valore dello **scostamento fondamentale**.

Esistono **27 posizioni normalizzate** nel sistema ISO, designate con lettere da **A** a **ZC** per fori e da **a** a **zc** per alberi.

La posizione di **tolleranza base**, contraddistinta dalla lettera **h** per gli alberi e **H** per i fori, è quella con **scostamento fondamentale nullo**.

Gli scostamenti **J_s** e **j_s** prescrivono una zona di tolleranza a cavallo della linea dello zero.



DIMENS. NOMINALE mm		SCOSTAMENTI INFERIORI EI													SCOSTAMENTI SUPERIORI ES																					
		GRADI DI TOLLERANZA: tutti													IT6	IT7	IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT7	GRADI DI TOLLERANZA SUPERIORI A IT7											
oltre	fino a	A ¹⁾	B ¹⁾	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js ²⁾	J		K ³⁾		M ³⁾		N ³⁾		PaZC ³⁾	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC		
-	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Scostamenti = IT_{EI} , dove n è il valore del grado di tolleranza IT	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	Valori come per i gradi di tolleranza normalizzati sopra IT7 incrementate da Δ	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+ Δ		-4+ Δ	-4	-8+ Δ	0		-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+ Δ		-6+ Δ	-6	-10+ Δ	0		-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	
10	14					+50	+32		+16		+6	0		+6	+10	+15	-1+ Δ		-7+ Δ	-7	-12+ Δ	0		-18	-23	-28				-33		-40	-50	-64	-90	-130
14	18	+290	+150	+95											+8	+12	+20	-2+ Δ		-8+ Δ	-8	-15+ Δ		0	-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0		+10	+14	+24	-2+ Δ		-9+ Δ	-9	-17+ Δ	0		-26	-34	-43		-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218	
24	30					+80	+50		+25		+9	0		+13	+18	+28	-2+ Δ		-11+ Δ	-11	-20+ Δ	0		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	
30	40	+310	+170	+120		+100	+60		+30		+10	0		+16	+22	+34	-3+ Δ		-13+ Δ	-13	-23+ Δ	0		-37	-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480	
40	50	+320	+180	+130		+120	+72		+36		+12	0		+18	+26	+41	-3+ Δ		-15+ Δ	-15	-27+ Δ	0		-43	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	
50	65	+340	+190	+140		+145	+85		+43		+14	0		+22	+30	+47	-4+ Δ		-17+ Δ	-17	-31+ Δ	0		-50	-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	
65	80	+360	+200	+150		+170	+100		+50		+15	0		+25	+36	+55	-4+ Δ		-20+ Δ	-20	-34+ Δ	0		-56	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	
80	100	+380	+220	+170		+190	+110		+56		+17	0		+29	+39	+60	-4+ Δ		-21+ Δ	-21	-37+ Δ	0		-62	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	
100	120	+410	+240	+180		+210	+125		+62		+18	0		+33	+43	+66	-5+ Δ		-23+ Δ	-23	-40+ Δ	0		-68	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	
120	140	+460	+260	+200		+230	+135		+68		+20	0							-26		-44			-78	-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	
140	160	+520	+280	+210		+260	+145		+76		+22	0							-30		-50			-88	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	
160	180	+580	+310	+230		+290	+160		+80		+24	0							-34		-56			-100	-108	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	
180	200	+660	+340	+240		+320	+170		+86		+26	0							-40		-66			-110	-114	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	
200	225	+740	+380	+260		+350	+195		+98		+28	0							-48		-78			-120	-126	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	
225	250	+820	+420	+280		+390	+220		+110		+30	0							-58		-92			-140	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	
250	280	+920	+480	+300		+430	+240		+120		+32	0							-68		-110			-170	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	
280	315	+1050	+540	+330		+480	+260		+130		+34	0						-76		-135		-195	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600			
315	355	+1200	+600	+360		+520	+290		+145		+38	0										-240	-150	-280	-400	-600	-800	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	-3200			
355	400	+1350	+680	+400		+560	+310		+155		+40	0										-240	-155	-310	-450	-660	-840	-1050	-1300	-1650	-2100	-2600	-3200			
400	450	+1500	+760	+440		+630	+340		+170		+44	0										-240	-175	-340	-500	-740	-940	-1150	-1450	-1850	-2300	-2800	-3400			
450	500	+1650	+840	+480		+710	+370		+186		+48	0										-240	-185	-380	-560	-840	-1050	-1350	-1750	-2200	-2700	-3300	-4000			
500	560					+710	+400		+210		+24	0										-240	-210	-430	-620	-940	-1150	-1450	-1850	-2300	-2800	-3400	-4200			
560	630					+800	+440		+230		+26	0										-240	-220	-470	-680	-1050	-1300	-1650	-2100	-2600	-3200	-3900	-4800			
630	710					+900	+480		+260		+28	0										-240	-250	-520	-780	-1150	-1450	-1850	-2300	-2800	-3400	-4200	-5100			
710	800					+900	+520		+290		+30	0										-240	-260	-580	-840	-1300	-1600	-2000	-2500	-3000	-3700	-4500	-5500			
800	900					+1000	+560		+320		+32	0										-240	-300	-640	-960	-1450	-1850	-2300	-2800	-3400	-4200	-5100	-6100			
900	1000					+1120	+600		+350		+34	0										-240	-330	-720	-1050	-1600	-2000	-2500	-3000	-3700	-4500	-5500	-6600			
1000	1120					+1250	+680		+390		+36	0										-240	-370	-820	-1200	-1850	-2300	-2800	-3400	-4200	-5100	-6100	-7300			
1120	1250					+1400	+760		+430		+38	0										-240	-400	-920	-1350	-2000	-2500	-3000	-3700	-4500	-5500	-6600	-7900			
1250	1400					+1600	+840		+480		+40	0										-240	-440	-1000	-1500	-2300	-2800	-3400	-4200	-5100	-6100	-7300	-8700			
1400	1600					+1800	+920		+520		+44	0										-240	-460	-1100	-1650	-2500	-3000	-3700	-4500	-5500	-6600	-7900	-9400			
1600	1800					+2000	+1000		+560		+48	0										-240	-550	-1250	-1900	-2900	-3400	-4200	-5100	-6100	-7300	-8700	-10300			
1800	2000					+2240	+1100		+600		+52	0										-240	-580	-1400	-2100	-3200	-3700	-4500	-5500	-6600	-7900	-9400	-11100			
2000	2240					+2500	+1200		+640		+56	0										-240	-660	-1600	-2300	-3500	-4000	-4900	-5900	-7100	-8500	-10100	-11900			
2240	2500					+2800	+1300		+680		+60	0										-240	-780	-1800	-2600	-3900	-4500	-5500	-6600	-7900	-9400	-11100	-13000			
2500	2800					+3150	+1450		+760		+76	0										-240	-880	-2100	-3000	-4500	-5200	-6300	-7600	-9100	-10800	-12700	-14800			
2800	3150											0										-240	-1000	-2400	-3400	-5000	-5800	-7000	-8500	-10300	-12300	-14500	-16900			

1) gli scostamenti A e B non vanno utilizzati per dimensioni nominali ≤ 1 mm; così lo scostamento N per gradi di tolleranza superiori a IT8; per M6 nella fascia da 250 a 315 mm, ES = -9 μ m invece di -11 μ m;
2) per le classi di tolleranza da JS7 a JS11, il valore di IT, si arrotonda come nel caso degli alberi;
3) per determinare i valori K, M e N per i gradi di tolleranza fino a IT8 e gli scostamenti P a ZC per i gradi di tolleranza fino a IT7, si assumono valori di Δ come indicati nel testo.

DIMENSIONE NOMINALE mm		SCOSTAMENTI SUPERIORI es											SCOSTAMENTI INFERIORI ei																				
		GRADI DI TOLLERANZA: tutti											IT5 e IT6	IT7	IT8	IT4 a IT7	fino a IT3 e sopra a IT7	GRADI DI TOLLERANZA: tutti															
oltre	fino a	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ²⁾	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc				
-	3 ¹⁾	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Scostamenti = $\pm \frac{ITn}{2}$, dove n è il valore del grado di tolleranza IT	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60	
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4		0	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
14	18	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33	+39	+45	+60	+77	+108	+150		
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
24	30	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218	
40	50	-320	-180	-130		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53		+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80	-360	-200	-150		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+43	+59		+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+51	+71		+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100	120	-410	-240	-180		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+54	+79		+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+63	+92		+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160	-520	-280	-210		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+65	+100		+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160	180	-580	-310	-230		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+68	+108		+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180	200	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+77	+122		+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
200	225	-740	-380	-260		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+80	+130		+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
225	250	-820	-420	-280		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+84	+140		+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
250	280	-920	-480	-300		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+94	+158		+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
280	315	-1050	-540	-330		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+98	+170		+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125		-62		-18	0		-18	-29		+4	0	+21	+37	+62	+108	+190		+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
355	400	-1350	-680	-400		-210	-125		-62		-18	0		-18	-29		+4	0	+21	+37	+62	+114	+208		+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0		-20	-32		+5	0	+23	+40	+68	+126	+232		+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
450	500	-1650	-840	-480		-230	-135		-68		-20	0		-20	-32		+5	0	+23	+40	+68	+132	+252		+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600
500	560					-260	-145		-76		-22	0						0	+26	+44	+78	+150	+280		+400	+600							
560	630					-260	-145		-76		-22	0						0	+26	+44	+78	+155	+310		+450	+660							
630	710					-290	-160		-80		-24	0						0	+30	+50	+88	+175	+340		+500	+740							
710	800					-290	-160		-80		-24	0					0	+30	+50	+88	+185	+380		+560	+840								
800	900					-320	-170		-86		-26	0					0	+34	+56	+100	+210	+430		+620	+940								
900	1000					-320	-170		-86		-26	0					0	+34	+56	+100	+220	+470		+680	+1050								
1000	1120					-350	-195		-98		-28	0					0	+40	+66	+120	+250	+520		+780	+1150								
1120	1250					-350	-195		-98		-28	0					0	+40	+66	+120	+260	+580		+840	+1300								
1250	1400					-390	-220		-110		-30	0					0	+48	+78	+140	+300	+640		+960	+1450								
1400	1600					-390	-220		-110		-30	0					0	+48	+78	+140	+330	+720		+1050	+1600								
1600	1800					-430	-240		-120		-32	0					0	+58	+92	+170	+370	+820		+1200	+1850								
1800	2000					-430	-240		-120		-32	0					0	+58	+92	+170	+400	+920		+1350	+2000								
2000	2240					-260			-130			0					0				+440	+1000		+1500	+2300								
2240	2500					-260			-130			0					0				+460	+1100		+1650	+2500								
2500	2800					-290			-145			0					0				+550	+1250		+1900	+2900								
2800	3150					-290			-145			0					0				+580	+1400		+2100	+3200								

1) gli scostamenti fondamentali a e b non devono essere utilizzati per dimensioni nominali ≤ 1 mm.
2) per le classi di tolleranza da js7 a js11, se il valore n di IT è un numero dispari, l'arrotondamento si effettua al numero pari immediatamente inferiore in modo che lo scostamento risultante, cioè $\pm \frac{ITn}{2}$, possa essere espresso in un numero intero di micrometri.

Rappresentare sul piano degli scostamenti la prescrizione di tolleranza:

30 f 8

Innanzitutto cerchiamo il grado di tolleranza **IT8** rispetto alla dimensione nominale di 30mm sulla tabella:

Dimensione nominale mm		GRADI DI TOLLERANZA NORMALIZZATI																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
oltre	fino a	Tolleranze																	
		μm									mm								
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6

IT8 su 30mm corrisponde a $33\mu\text{m}$

Rappresentare sul piano degli scostamenti la prescrizione di tolleranza:

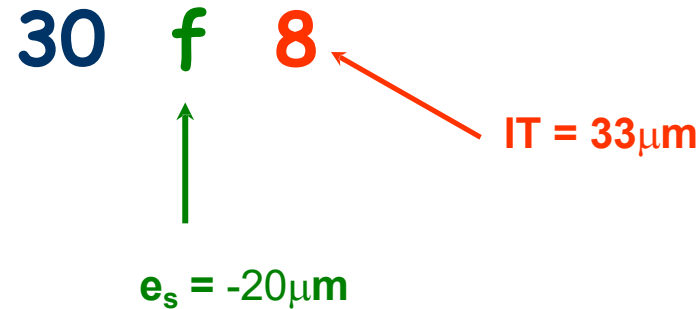
30 f 8

Ora cerchiamo lo scostamento f sulla tabella degli scostamenti:

DIMENSIONE NOMINALE mm		SCOSTAMENTI SUPERIORI es											SCOSTAMENTI INFERIORI ei																			
		GRADI DI TOLLERANZA: tutti											IT5 e IT6	IT7	IT8	IT4 a IT7	fino a IT3 e sopra a IT7	GRADI DI TOLLERANZA: tutti														
oltre	fino a	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js ²⁾	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc			
-	3 ¹⁾	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
10	14																															
14	18	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
18	24																						+39	+45		+60	+77	+108	+150			
24	30	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
																					+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218			

f su 30mm corrisponde ad uno scostamento superiore di $-20\mu\text{m}$

Rappresentare sul piano degli scostamenti la prescrizione di tolleranza:

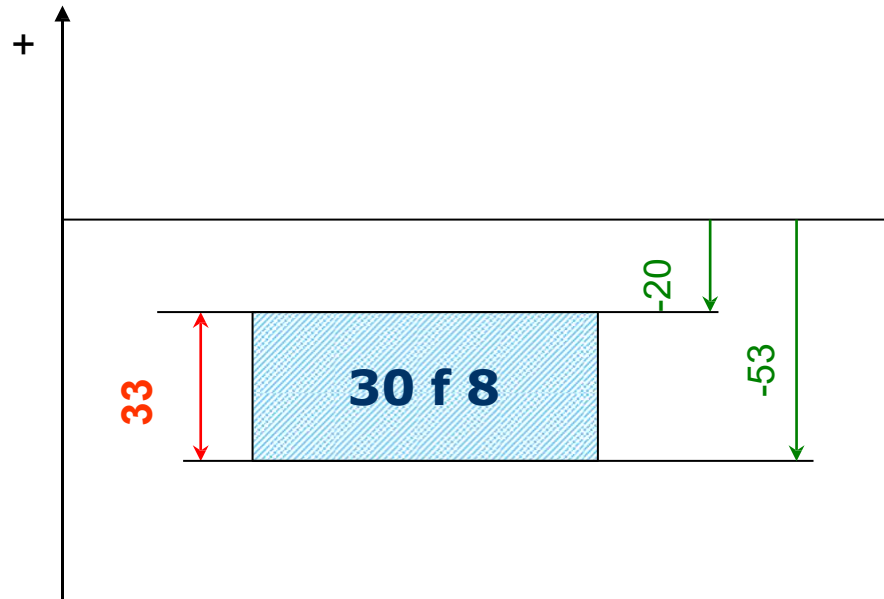


Lo scostamento inferiore può quindi essere calcolato come:

$$e_i = e_s - IT = -20 - 33 = -53\mu\text{m}$$

Rappresentare sul piano degli scostamenti la prescrizione di tolleranza:

$$30 \begin{matrix} 30 & f & 8 \\ \left(\begin{array}{c} -0,020 \\ -0,053 \end{array} \right) \end{matrix}$$





Esempio



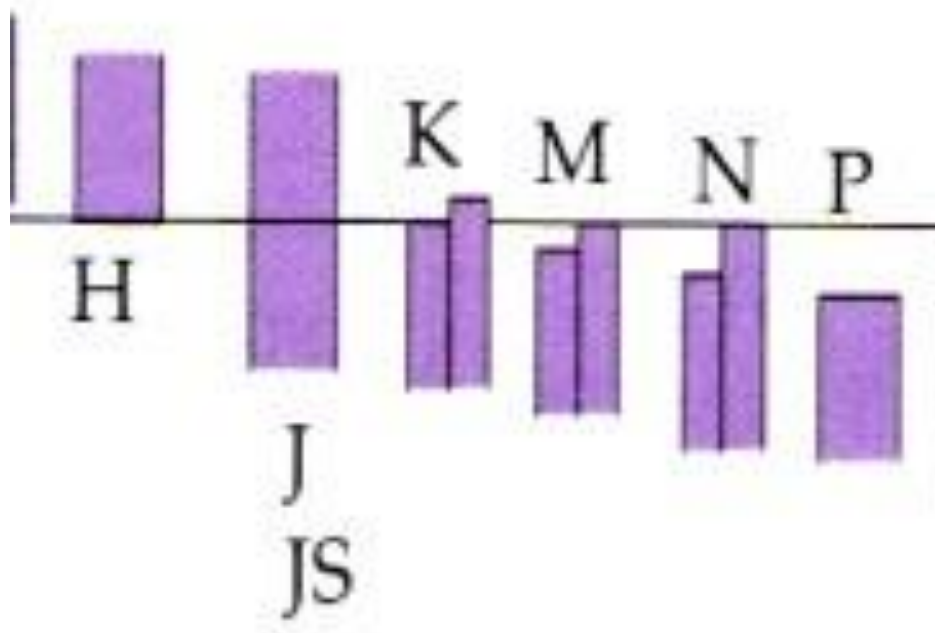
Rappresentare sul piano degli scostamenti la prescrizione di tolleranza:

30 f 8

Molto spesso nei disegni tecnici, a vantaggio dell'operatore, la tolleranza è indicata secondo entrambi i sistemi

30 f 8 $\left(\begin{array}{l} -0,020 \\ -0,053 \end{array} \right)$

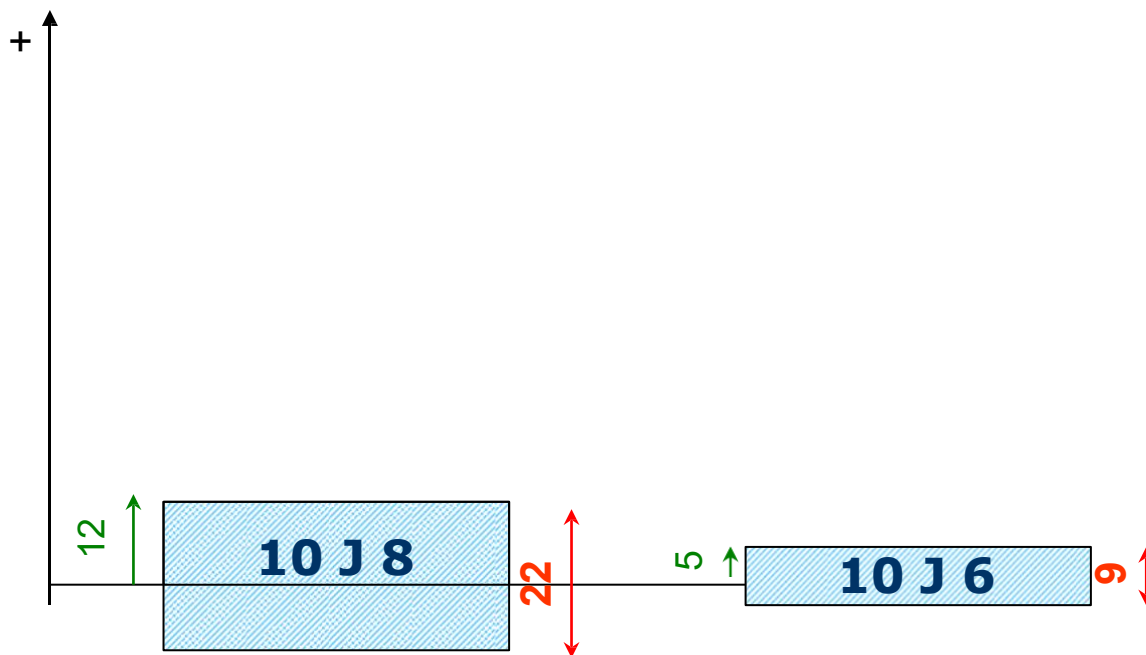
Fare attenzione agli scostamenti fondamentali **J**, **K**, **M** e **N**



Lo scostamento relativo a tali gruppi dipende anche dall'ampiezza della zona di tolleranza

Il gruppo **J** può essere assegnato solo per tolleranze IT6 IT7 e IT8

DIMENS. NOMINALE mm		IT6	IT7	IT8
oltre	fino a	J		
-	3	+2	+4	+6
3	6	+5	+6	+10
6	10	+5	+8	+12
10	14	+6	+10	+15
14	18	+8	+12	+20
18	24	+10	+14	+24
24	30	+10	+14	+24
30	40	+13	+18	+28
40	50			
50	65			
65	80			

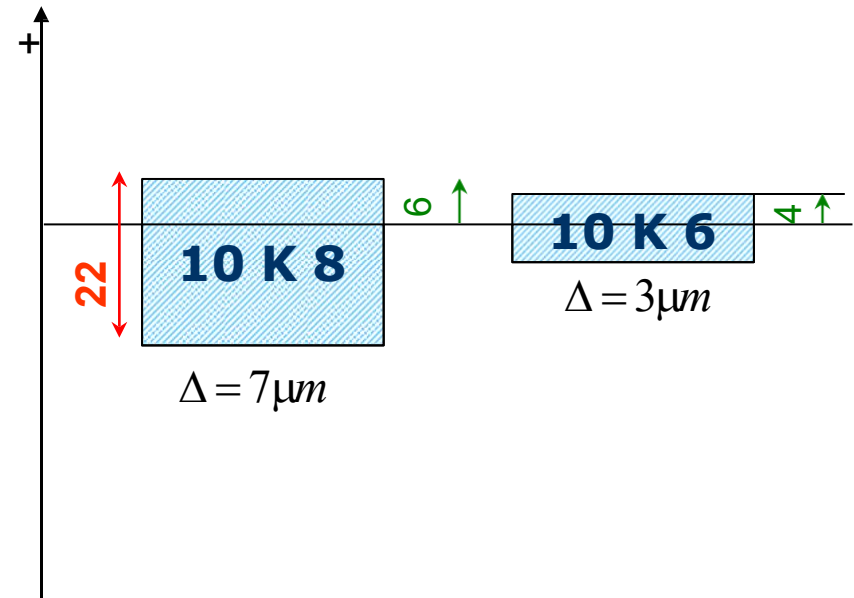


Per restare a cavallo della linea dello zero, lo scostamento superiore diminuisce al crescere della precisione

I gruppi **K**, **M** e **N** per qualità da IT1 a IT8 devono essere incrementati con un parametro Δ che dipende dalla differenza di tolleranza:

$$\Delta = IT_n - I$$

DIMENS. NOMINALE mm							
		fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8	fino a IT8	oltre IT8
oltre	fino a	K ³⁾		M ³⁾		N ³⁾	
-	3	0	0	-2	-2	-4	-4
3	6	-1+ Δ		-4+ Δ	-4	-8+ Δ	0
6	10	-1+ Δ		-6+ Δ	-6	-10+ Δ	0

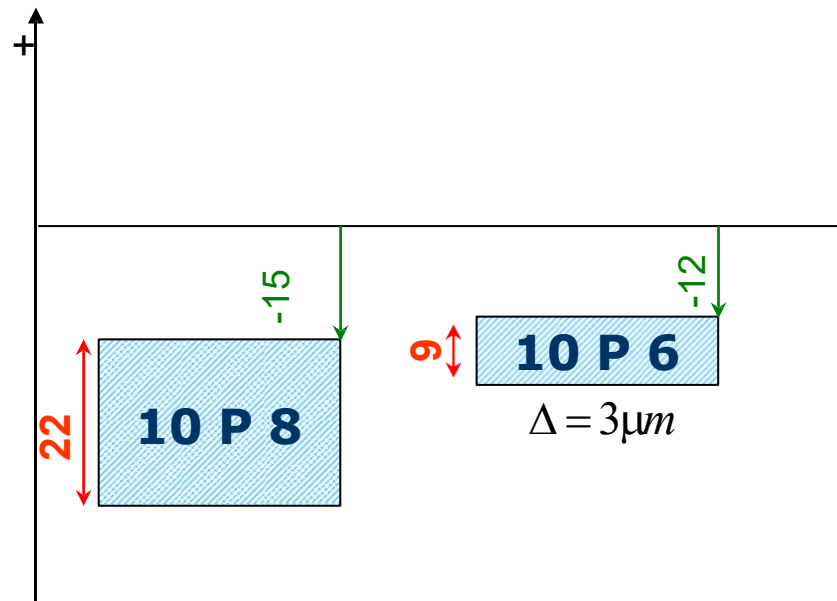


Il parametro Δ è tabellato

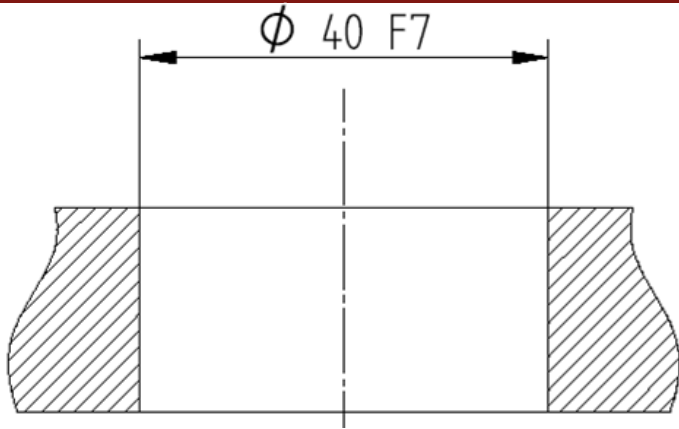
Gli scostamenti da **P** fino a **ZC** per qualità da IT1 a IT7 devono essere **incrementati** con un parametro Δ che dipende dalla differenza di tolleranza:

$$\Delta = IT_n - I$$

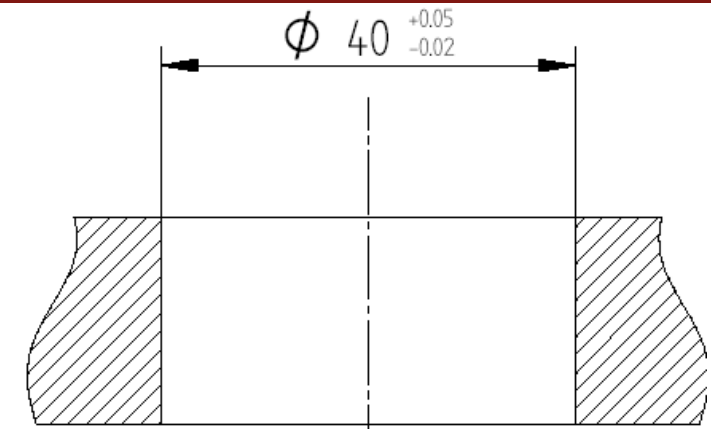
DIMENS. NOMINALE mm		SCOSTAMENTI SUPERIORI ES					
		GRADI DI TOLLE					
oltre	fino a	P	R	S	T	U	
-	3	-6	-10	-14		-18	
3	6	-12	-15	-19		-23	
6	10	-15	-19	-23		-28	



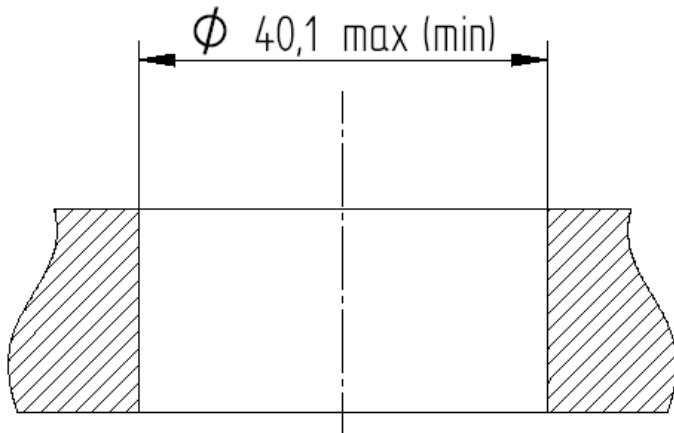
Il parametro Δ è tabellato



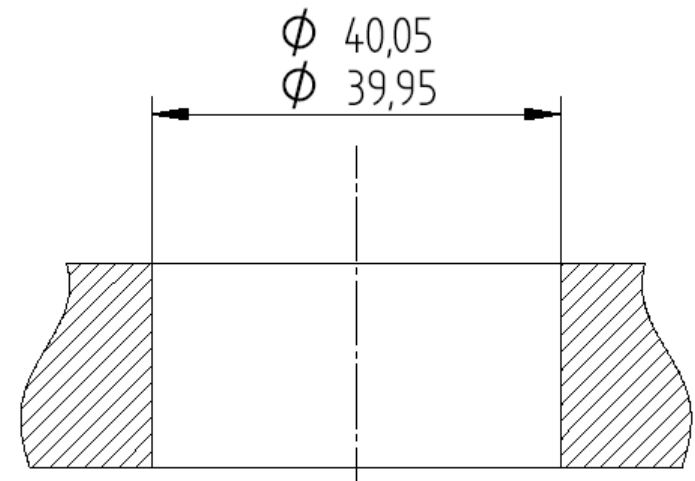
Indicazione secondo simbologia ISO



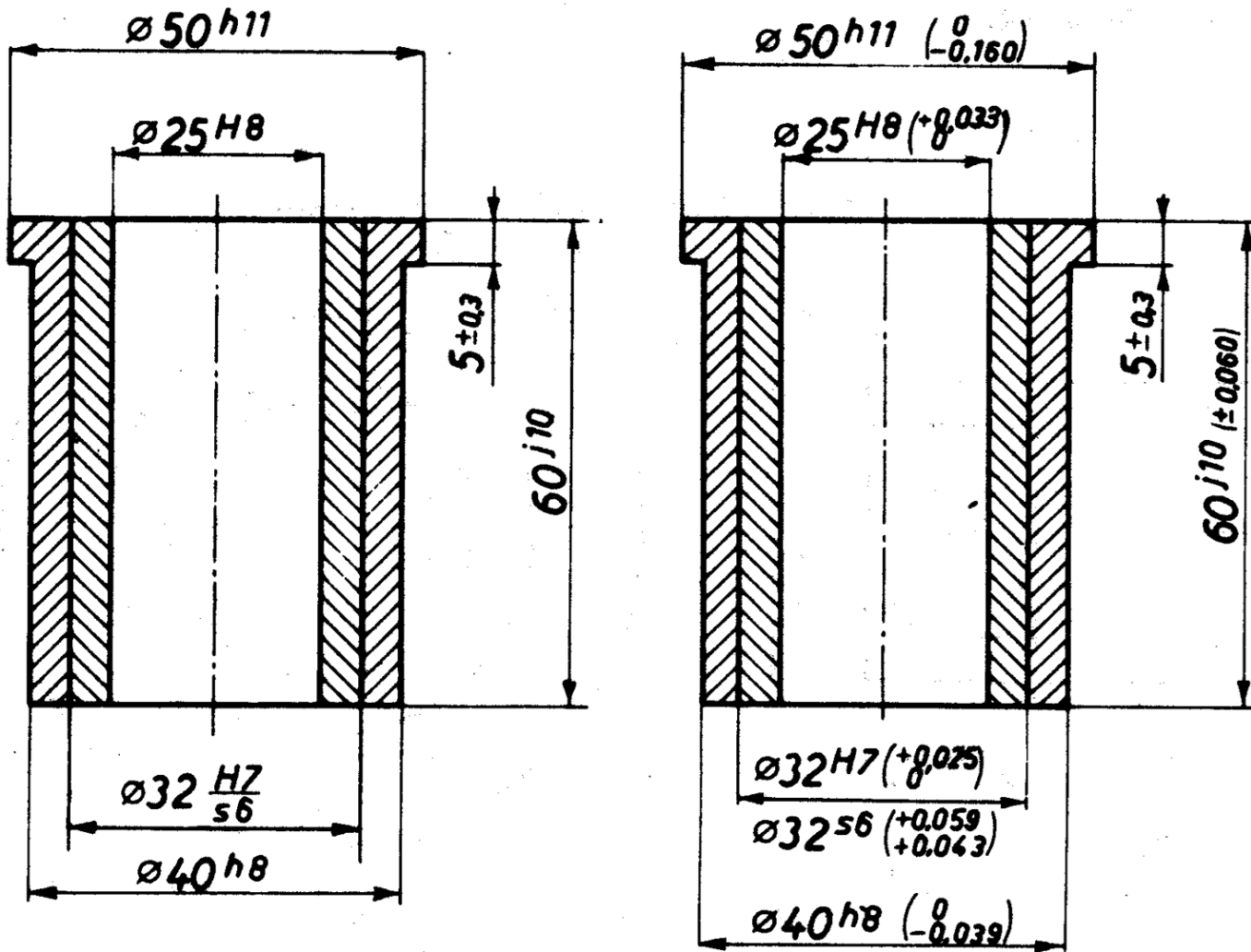
Indicazione esplicita degli scostamenti

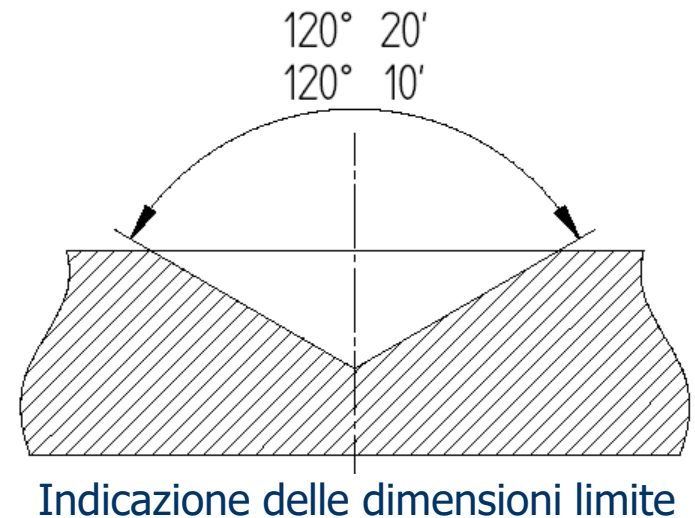
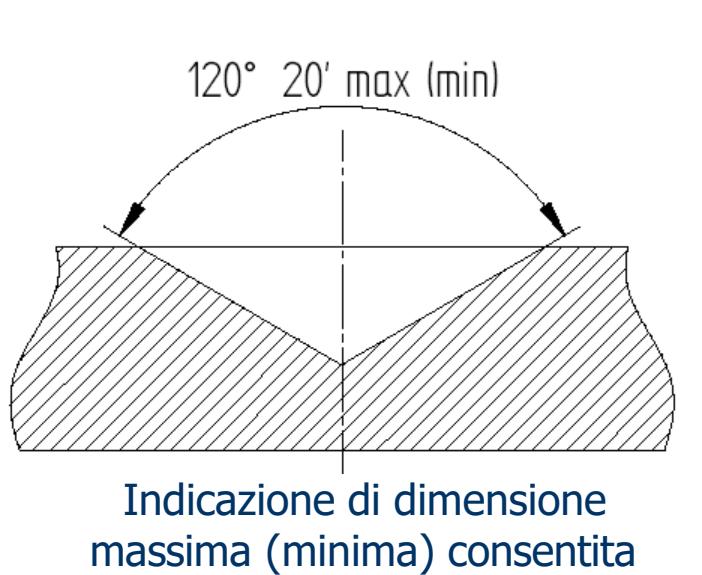
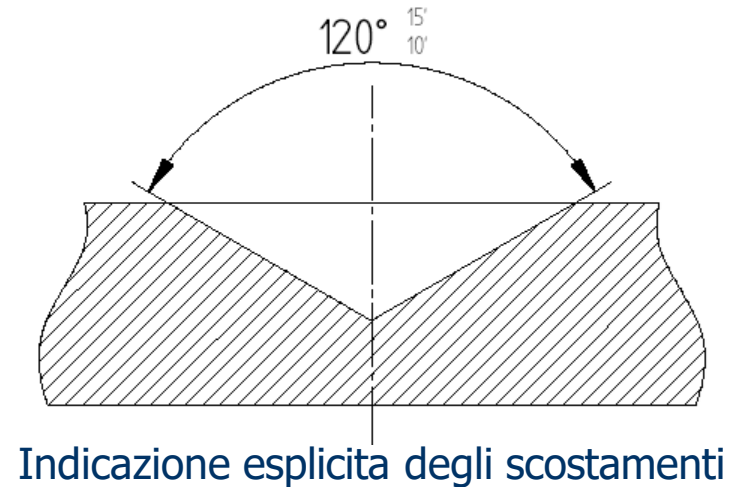


Indicazione di dimensione massima (minima) consentita

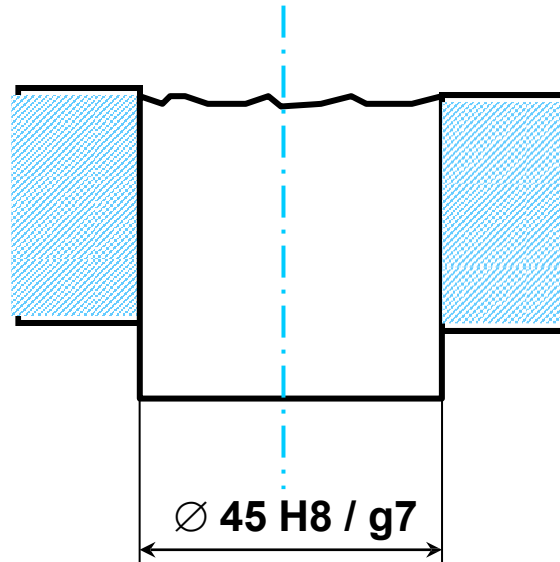


Indicazione delle dimensioni limite





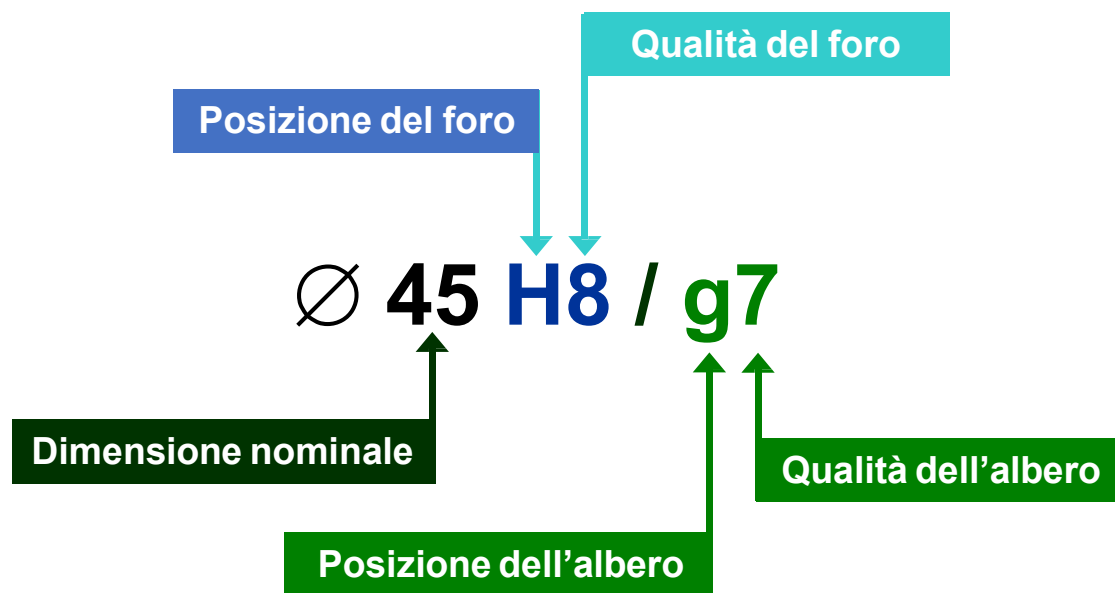
Il sistema ISO prevede per gli accoppiamenti la seguente designazione:



Nota: La finitura dei fori è in genere più costosa e difficoltosa di quella degli alberi.

Per questo di solito, a parità di costo di lavorazione, si accoppia un albero **IT (n)** con un foro **IT (n+1)**

Il sistema ISO prevede per gli **accoppiamenti** la seguente designazione:



Nota: La finitura dei fori è in genere più costosa e difficoltosa di quella degli alberi.

Per questo di solito, a parità di costo di lavorazione, si accoppia un albero **IT (n)** con un foro **IT (n+1)**

Combinando a due a due gli alberi ed i fori previsti dal sistema di tolleranza ISO si otterrebbe un numero molto elevato di possibili accoppiamenti.

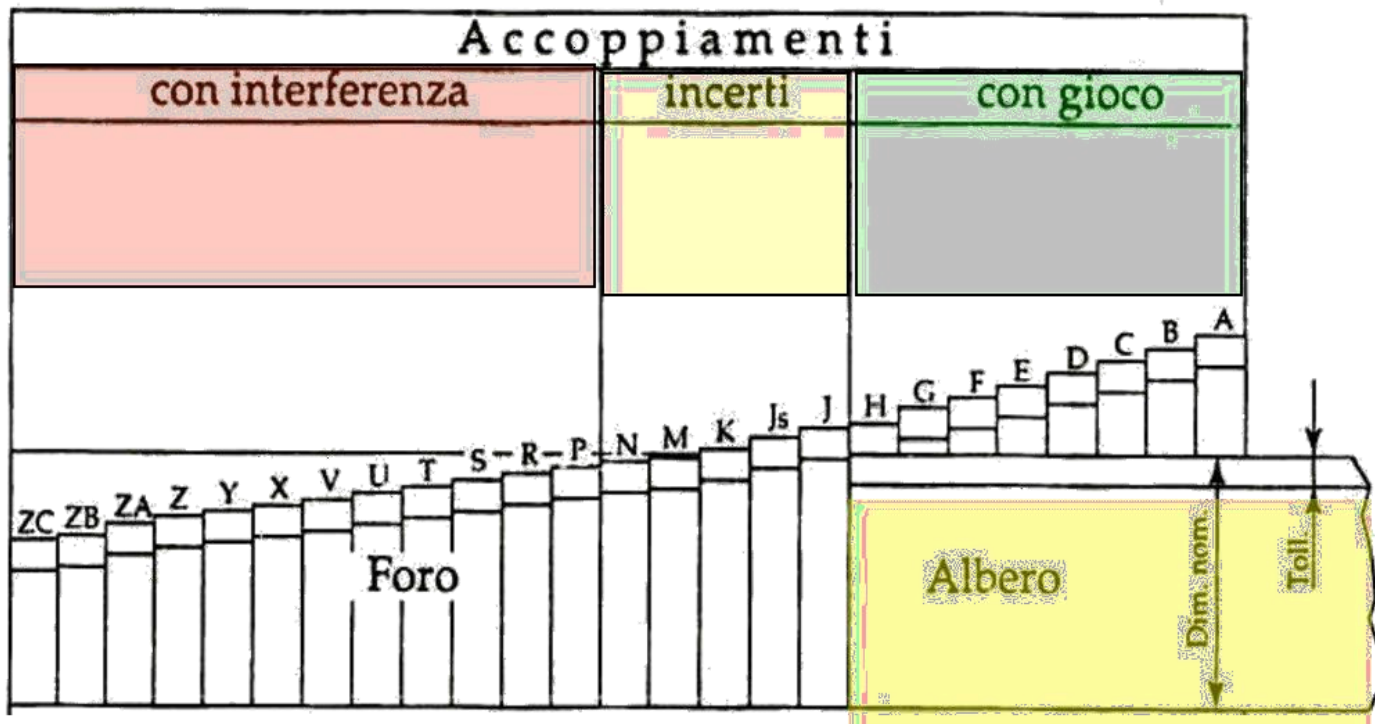
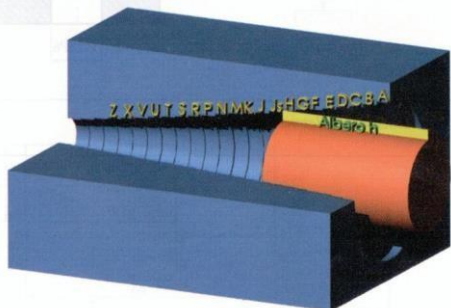
La ISO **prescrive** solo due sistemi di accoppiamento possibili:

albero base

Le diverse condizioni di accoppiamento si realizzano combinando fori aventi diverse posizioni di tolleranza con un **albero in posizione base h**
es: 40 G7/h6 ; 28 P6/h5

foro base

Le diverse condizioni di accoppiamento si realizzano combinando **alberi aventi diverse posizioni di tolleranza** con un **foro in posizione base H**
es: 45 H7/g6 ; 32 H7/j6

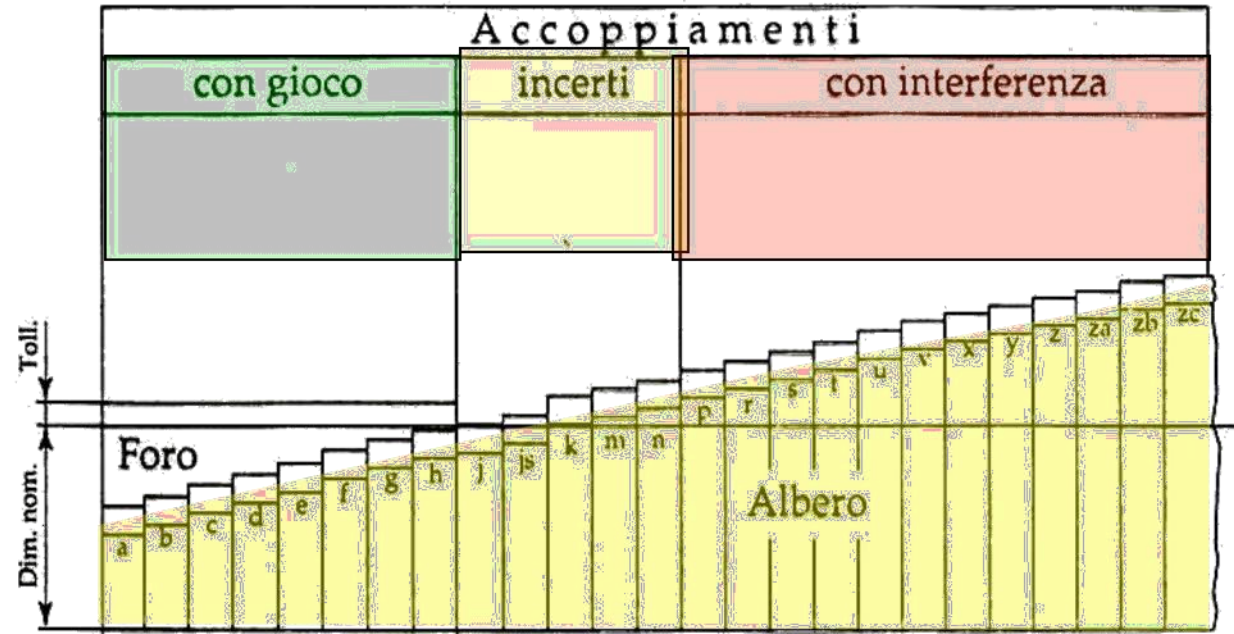
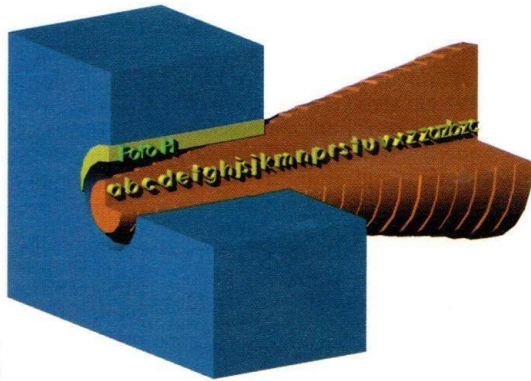


Sistema albero base (albero in posizione h)

Accoppiamento con gioco: posizioni del foro da A ad H

Accoppiamento incerto: posizioni del foro da J ad N

Accoppiamento con interferenza: posizioni del foro da P a ZC



Sistema foro base (foro in posizione H)

Accoppiamento con gioco: posizioni dell'albero da a ad h

Accoppiamento incerto: posizioni dell'albero da j ad n

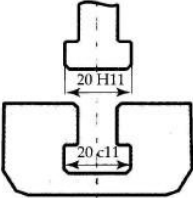
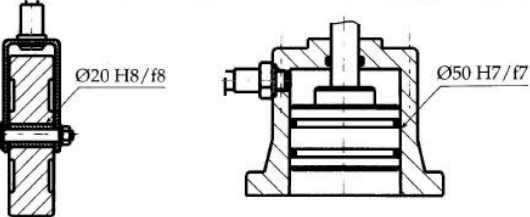
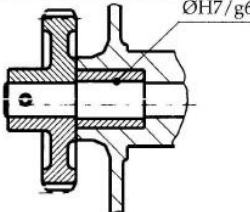
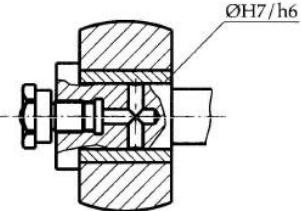
Accoppiamento con interferenza: posizioni dell'albero da p a zc

Con l'adozione dei sistemi foro base e albero base, nei quali uno degli elementi della coppia è collocato in una posizione fissa, il numero di accoppiamenti teorici, pur riducendosi notevolmente (28+28), **resta ancora troppo elevato**.

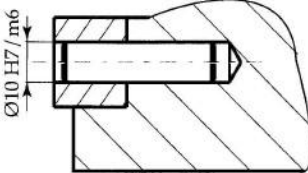
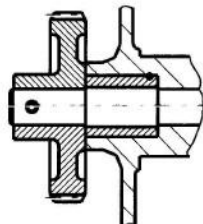
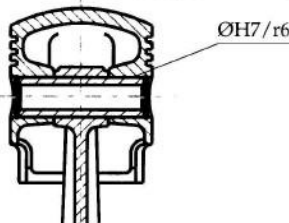
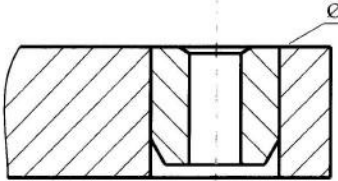
Le norme ISO pertanto **raccomandano**, nelle costruzioni ordinarie, di riferirsi **preferibilmente** agli accoppiamenti di uso comune riportati in tabella.

		Gioco				Incertezza			Interferenza				
Foro	H 6				g5 h5	js5 k5 m5		n5 p5					
	H 7			f6	g6 h6	js6 k6 m6	n6	p6 r6 s6	t6 u6 x6				
	H 8		e7	f7	h7	js7 k7 m7			s7	u7			
	H 9		d8	e8 f8	h8								
	H 10	b9 c9	d9	e9	h9								
	H 11	b11 c11	d10		h10								
Albero	h 5				G6 H6	JS6 K6 M6		N6 P6					
	h 6			F7	G7 H7	JS7 K7 M7	N7	P7 R7 S7	T7 U7 X7				
	h 7		E8	F8	H8								
	h 8		D9	E9 F9	H9								
	h 9			E8	F8	H8							
			D9	E9 F9	H9								
	B11 C10	D10		H10									

ACCOPPIAMENTI MOBILI

	ACCOPPIAMENTO	APPLICAZIONE	ESEMPI
Precisione ↑ ↑	H8/e8 H8/d8 H11/c11 Libero largo	Montaggio con giuoco abbondante; perni per leve e articolazioni in macchine agricole, senza esigenze di precisione.	 Guida
Precisione ↑ ↑	H7/f6 H7/f7 H8/f7 H8/f8 Libero normale	Accoppiamenti rotanti molto veloci, con centratura anche imperfetta e bassi carichi; accoppiamenti pistone cilindro nei comandi oleodinamici.	 Accoppiamento albero-bronzina, pistone-cilindro
Precisione ↑ ↑	H6/g5 H7/g6 Libero stretto	Accoppiamenti rotanti a bassa velocità, con buona centratura e precisione di guida; accoppiamento albero-bronzina.	 Accoppiamenti rotanti con buona centratura
Precisione ↑ ↑	H6/h5 H6/h6 H7/h6 H11/h11 Di scorrimento	Montaggi e centrature ad alta precisione, scorrevoli assialmente e dotati di moto rotatorio lento o a carattere oscillante con buona lubrificazione; accoppiamento biella-manovella, anelli interni di cuscinetti a sfere.	 Accoppiamento albero-bronzina con buona lubrificazione

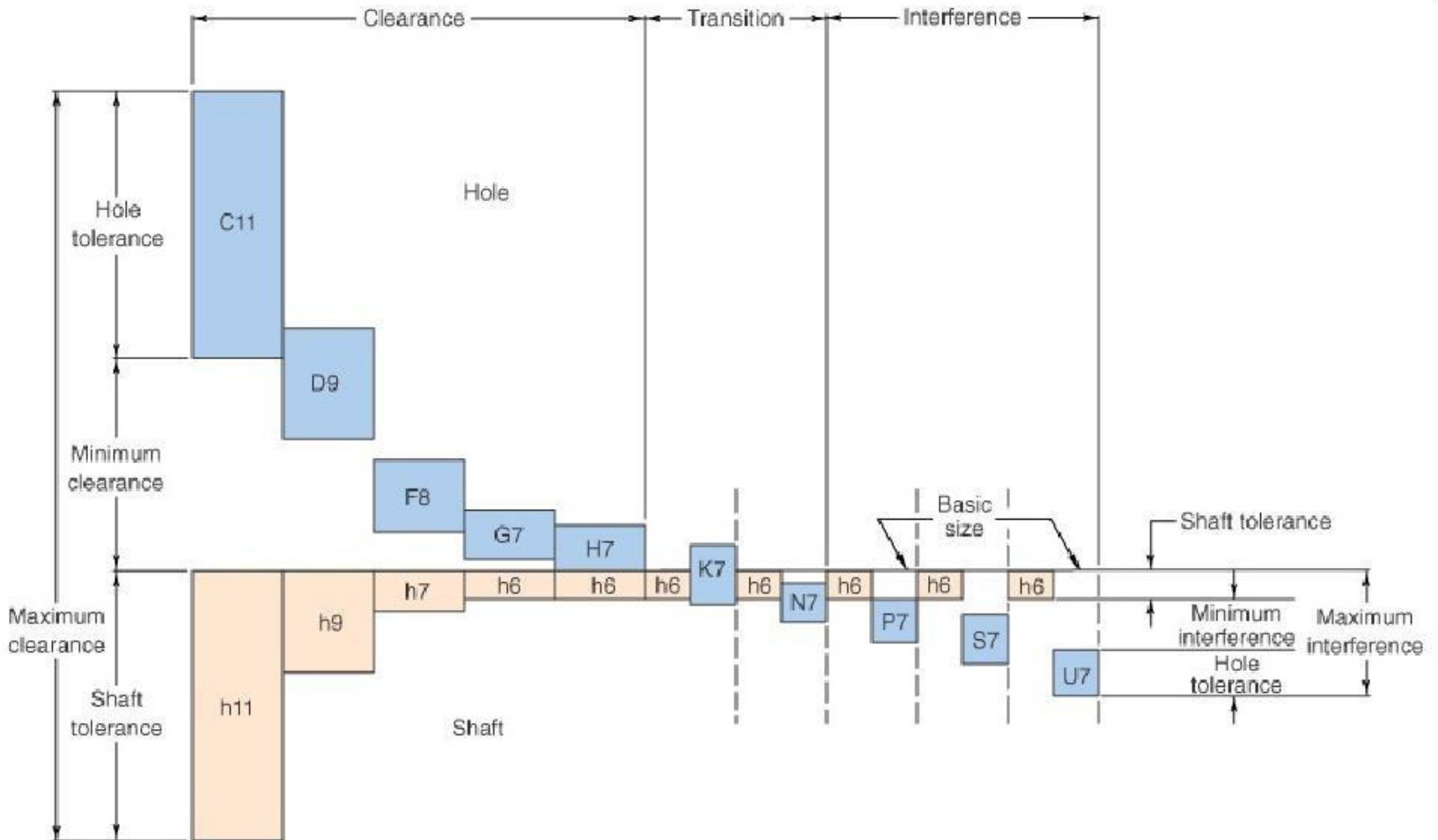
ACCOPIAMENTI STABILI

	ACCOPIAMENTO	APPLICAZIONE	ESEMPI
Precisione ↑ Bloccato a spinta	H6/js5 H6/js6 H7/m6 Bloccato a spinta	Accoppiamenti di precisione di parti reciprocamente fisse; accoppiamenti stretti scorrevoli assialmente; montaggio a mano con mazzuolo.	 Spina cilindrica di riferimento
Precisione ↑ Bloccato serrato	H6/n5 H7/n6 H8/n8 Bloccato serrato	Accoppiamenti bloccati, non smontabili a mano; parti che non necessitano di essere bloccate assialmente, ma solo assicurate contro la reciproca rotazione; bronzine nella loro sede esterna, boccole di guida, ingranaggi collegati con linguetta.	 Montaggio di bronzine nella loro sede esterna
Precisione ↑ Bloccato alla pressa	H6/p5 H7/p7 H7/r6 Bloccato alla pressa	Accoppiamenti bloccati, non scomponibili, adatti a trasmettere forti carichi assiali e momenti torcenti; trasmissioni senza linguette o scanalati, bronzine nella loro sede da non smontarsi mai.	 Accoppiamento spinotto-pistone
Precisione ↑ Bloccato a caldo	H7/s6 H7/u7 Bloccato a caldo	Organi fissi a bloccaggio fortissimo, non scomponibili senza danneggiare irreparabilmente i pezzi; accoppiamenti per trasmettere forti carichi, senza chiavette; giranti per pompe nella loro sede.	 Bussola di guida per utensili

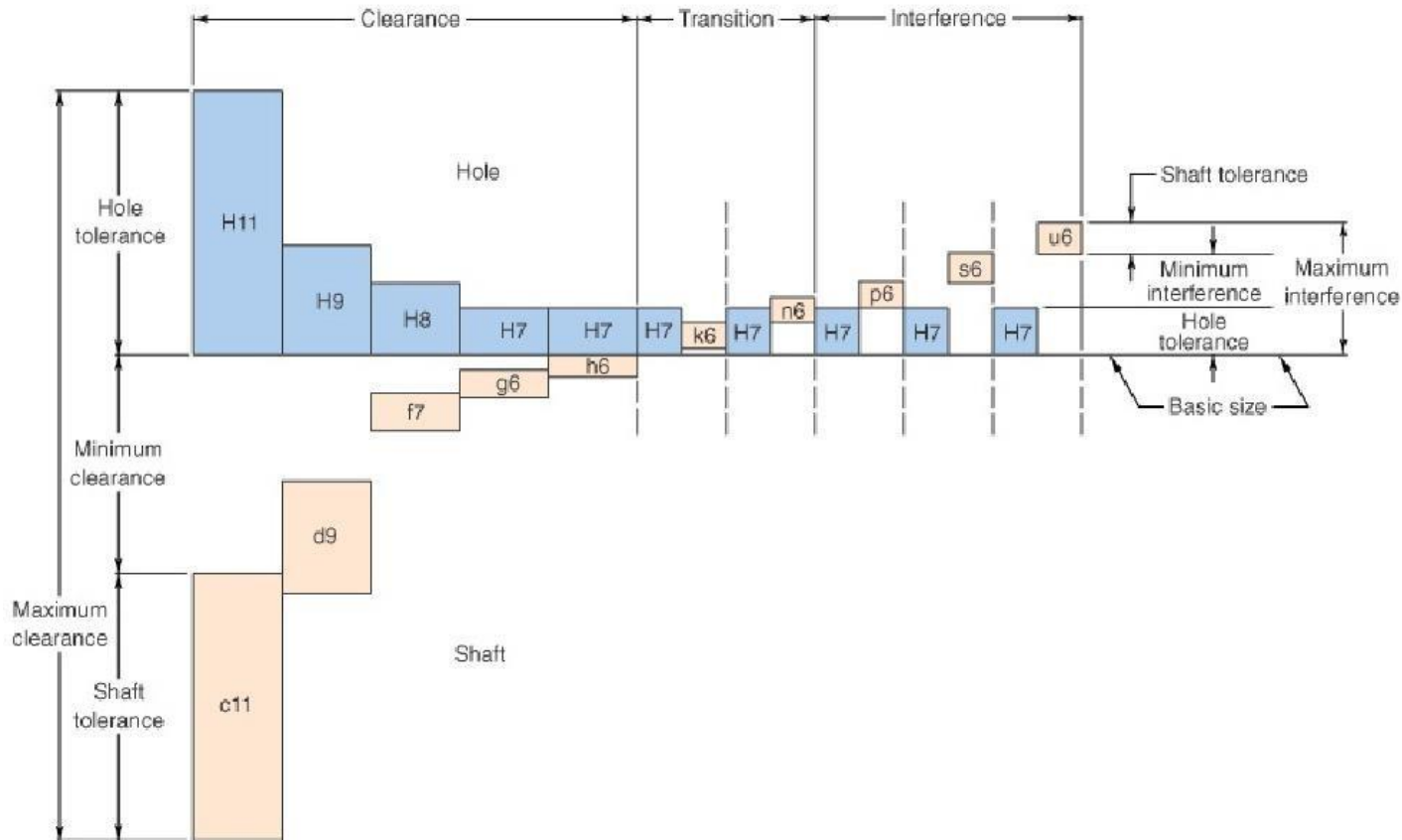
Le norme ASME raccomandano un set ancora più limitato.

ISO Symbol		Description	
Hole Basis	Shaft Basis		
H11/c11	C11/h11	Loose running fit for wide commercial tolerances or allowances on external members	More clearance
H9/d9	D9/h9	Free running fit not for use where accuracy is essential, but good for large temperature variations, high running speeds, or heavy journal pressures	
H8/f7	F8/h7	Close running fit for running on accurate machines and for accurate location at moderate speeds and journal pressures	
H7/g6	G7/h6	Sliding fit not intended to run freely but to move and turn freely and locate accurately	
H7/h6	H7/h6	Locational clearance fit provides snug fit for locating stationary parts but can be freely assembled and disassembled	More interference
H7/k6	K7/h6	Locational transition fit for accurate location; a compromise between clearance and interference	
H7/n6	N7/h6	Locational transition fit for more accurate location where greater interference is permissible	
H7/p6*	P7/h6	Locational interference fit for parts requiring rigidity and alignment with prime accuracy of location but without special bore pressure requirements	More interference
H7/s6	S7/h6	Medium drive fit for ordinary steel parts or shrink fits on light sections; the tightest fit usable with cast iron	
H7/u6	U7/h6	Force fit suitable for parts that can be highly stressed or for shrink fits where the heavy pressing forces required are impractical	

*Transition fit for basic sizes in range from 0 through 3 mm

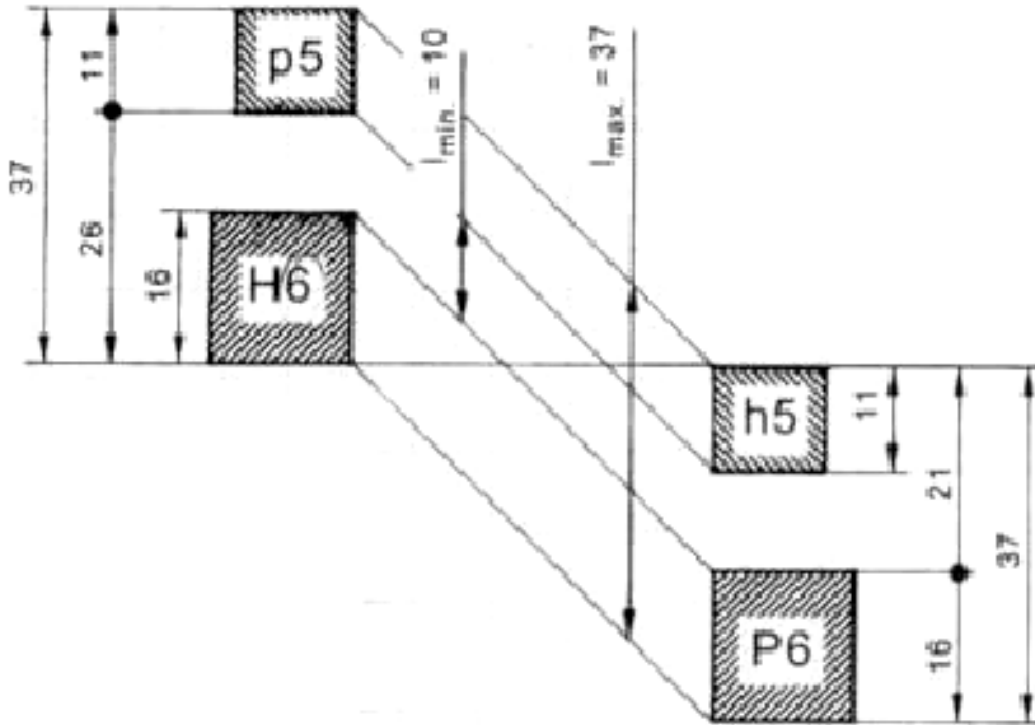


Nel sistema albero-base l'albero avrà sempre diametro minore di quello nominale



Nel sistema foro-base il foro avrà sempre diametro maggiore di quello nominale (lavorazione più facile per i fori)

IN TEORIA i due sistemi sono perfettamente equivalenti



Foro:

$t = + 16 \mu\text{m}$ (IT6 tabella qualità)

Posizione H $\rightarrow E_i = 0$

$E_s = E_i + t = + 16 \mu\text{m}$

Albero:

$t = + 11 \mu\text{m}$ (IT5 tabella qualità)

Posizione p $\rightarrow e_i = + 26 \mu\text{m}$

$e_s = e_i + t = + 37 \mu\text{m}$

Accoppiamento: $I_{\max} = (D + e_s) - (D + E_i) = + 37 \mu\text{m}$

$I_{\min} = (D + e_i) - (D + E_s) = + 10 \mu\text{m}$



Albero base o Foro base?



IN TEORIA i due sistemi sono perfettamente equivalenti

IN PRATICA, a parità di precisione di lavorazione, è più costoso realizzare una data prescrizione di tolleranza su una dimensione interna (foro) piuttosto che su una esterna (albero). Ad esempio, realizzare uno scostamento diverso da H sui fori richiede un'ulteriore operazione di barenatura.



Rispettare una prescrizione di tolleranza albero-base su un foro è, in generale, più costoso che realizzare una prescrizione di tolleranza foro-base su un albero.

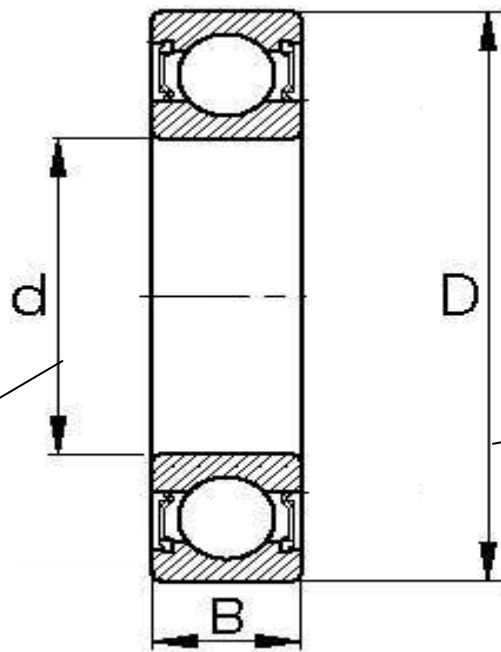
Dunque, in linea di principio, converrebbe assegnare le tolleranze di tutti gli accoppiamenti secondo il sistema foro-base.

Tuttavia questo non è sempre possibile perché spesso dobbiamo accoppiare il nostro prodotto con elementi forniti da terzi ...

*Al produttore di un elemento unificato spesso conviene assegnare le tolleranze delle **dimensioni esterne** secondo il sistema **albero-base**. Viceversa tutte le **dimensioni interne** sono assegnate secondo il sistema **foro-base**. Il contrario, infatti, comporterebbe la presenza di una serie grandissima di prodotti in catalogo.*

Esempio - Cuscinetti a sfera

*La tolleranza del foro è assegnata secondo il sistema **foro-base***

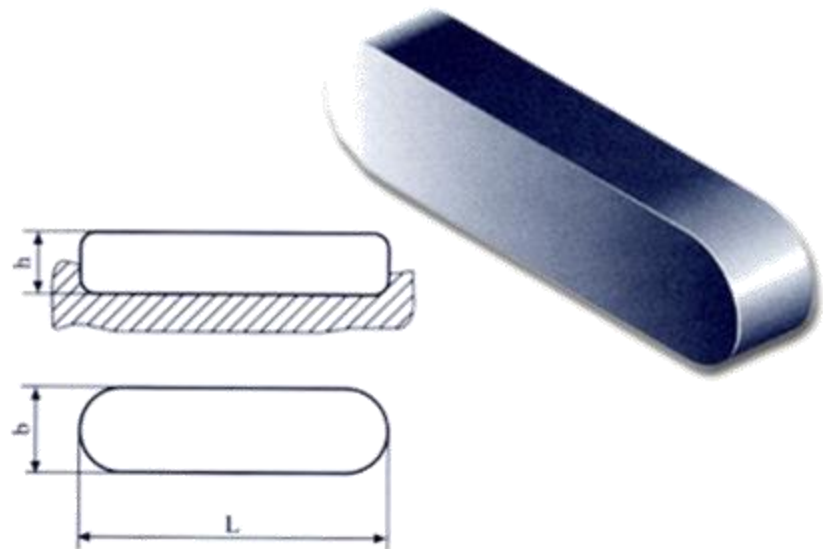


*La tolleranza sul diametro esterno del cuscinetto è assegnata secondo il sistema **albero-base***

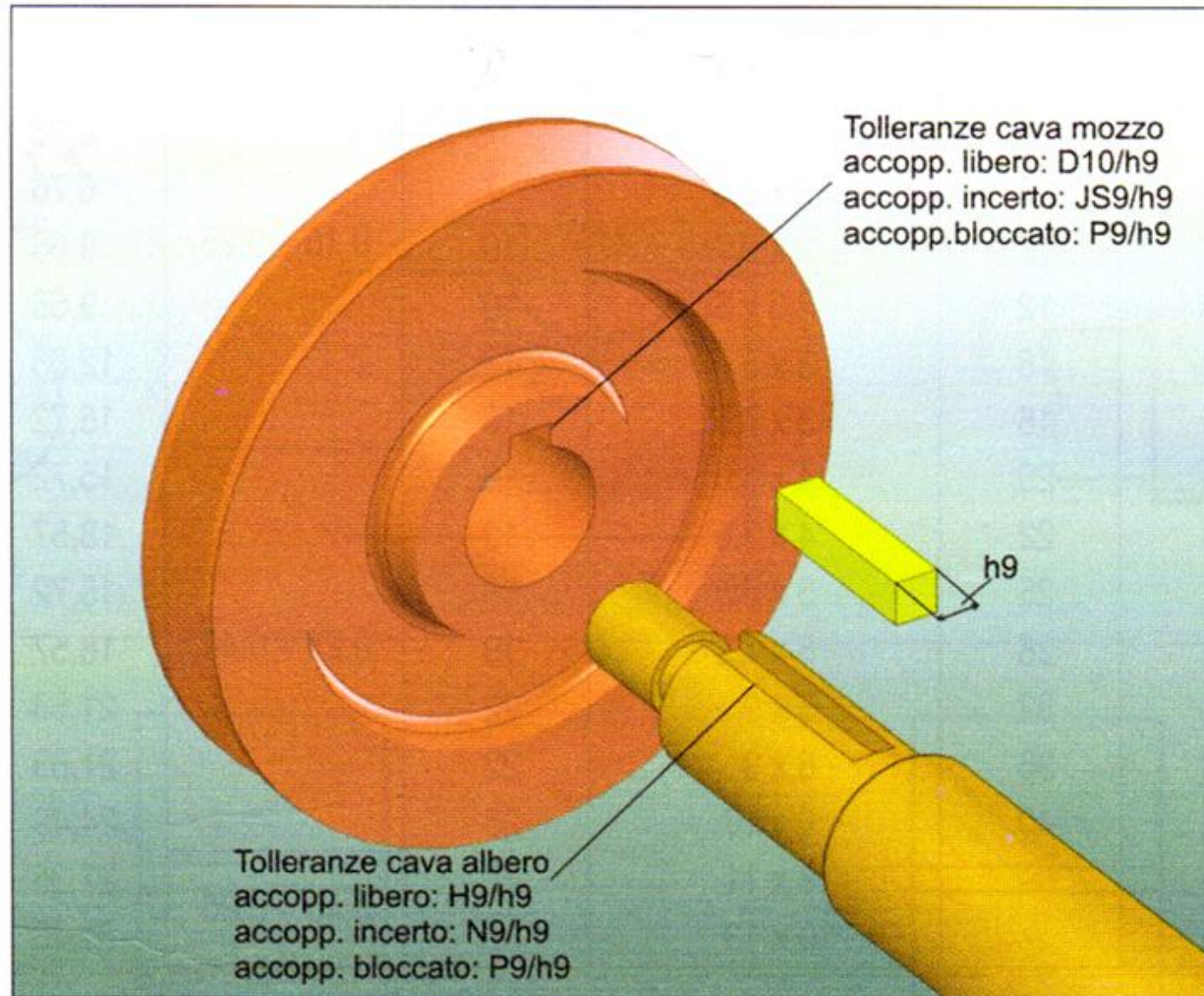
*Al produttore di un elemento unificato spesso conviene assegnare le tolleranze delle **dimensioni esterne** secondo il sistema **albero-base**. Viceversa tutte le **dimensioni interne** sono assegnate secondo il sistema **foro-base**.*

Esempio – Linguette e chiavette

*Le tolleranze sono espresse nel **sistema albero-base***

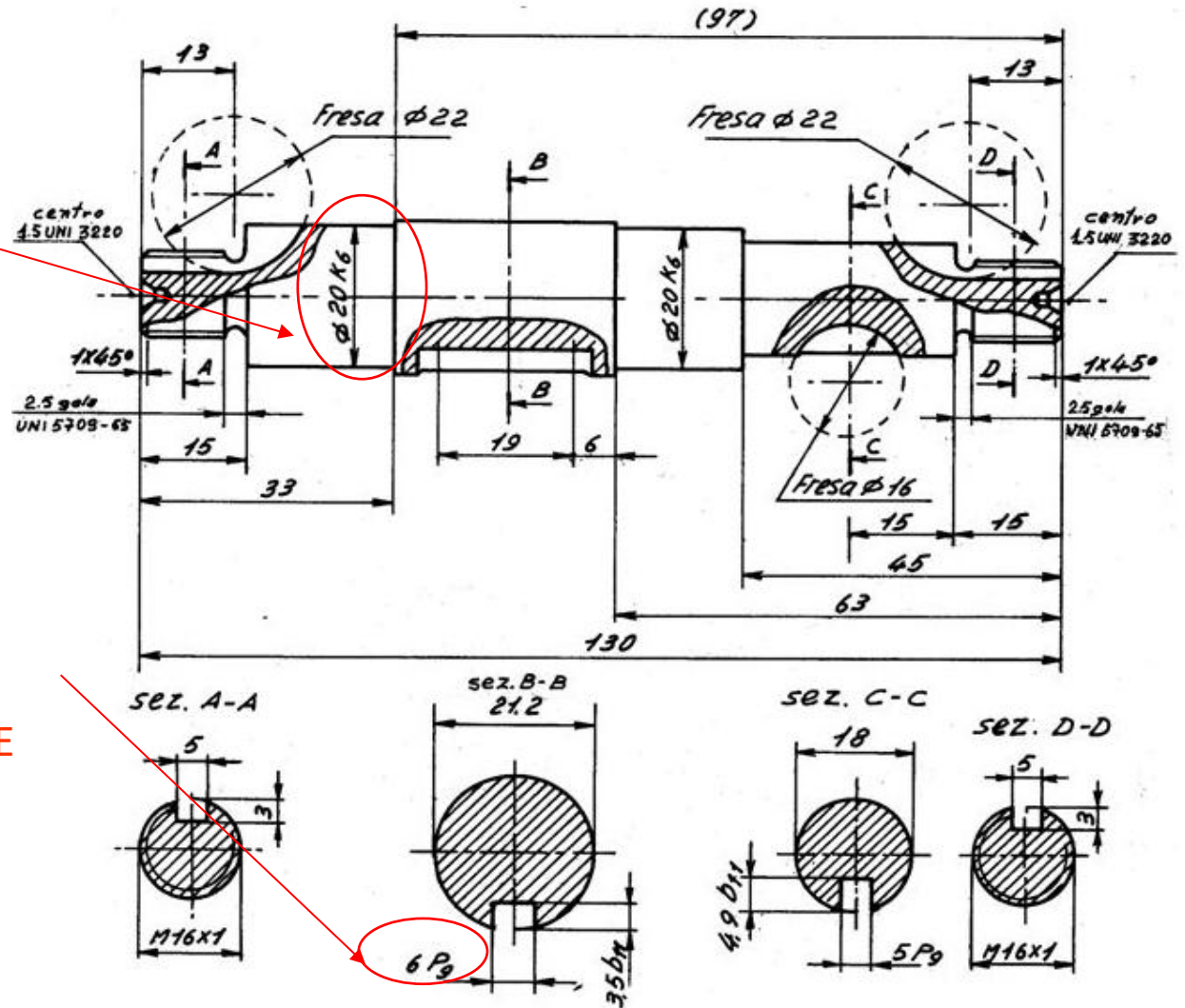


Esempio - Linguette e chiavette



Accoppiamento con cuscinetto **foro-base**, nonostante si tratti di una dimensione esterna. Usiamo cuscinetti unificati (diam.interno foro-base)

Cava albero-base nonostante sia un foro! Usiamo infatti LINGUETTE unificate (albero-base)

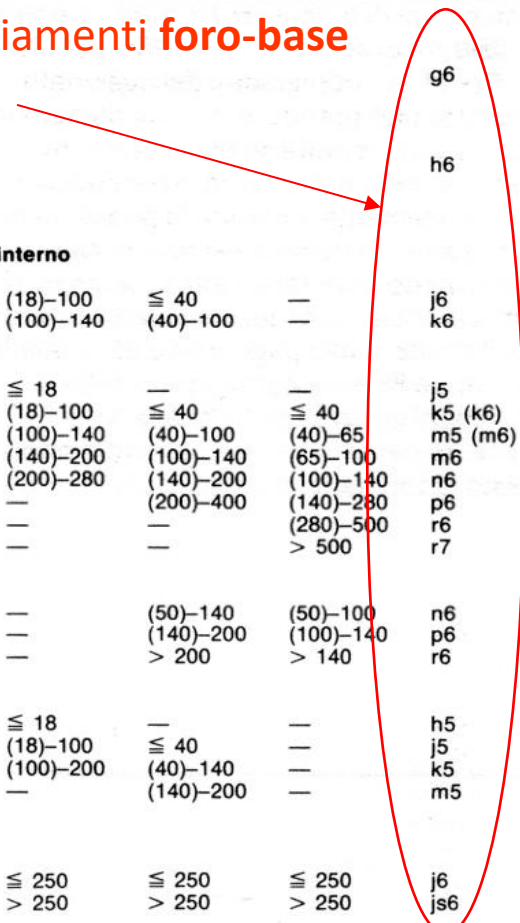


Accoppiamenti per alberi pieni, d'acciaio

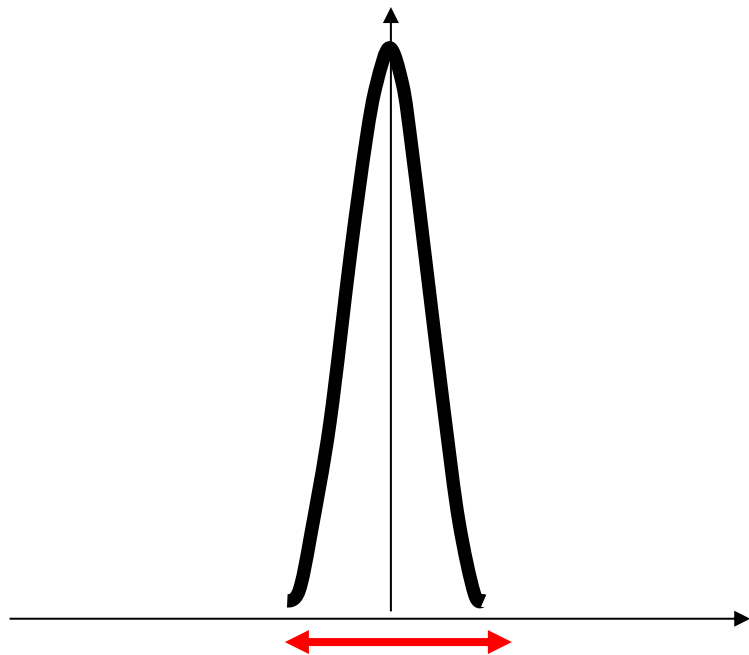
Cuscinetti radiali con foro cilindrico

Condizioni di funzionamento	Esempi	Diametro dell'albero, in mm			Tolleranza
		Cuscinetti a sfere	Cuscinetti a rulli cilindrici ed a rulli conici	Cuscinetti radiali orientabili a rulli	
Carico fisso rispetto all'anello interno					
Si desidera realizzare un facile spostamento assiale dell'anello interno sull'albero	Ruote folli				g6
Non è necessario un facile spostamento assiale dell'anello interno sull'albero	Galoppini, carrucole				h6
Carico rotante o di direzione indeterminata rispetto all'anello interno					
Carichi leggeri e variabili ($P \leq 0,07 C$)	Trasportatori, cuscinetti poco carichi di riduttori	≤ 18	≤ 40	—	j6
		(100)–140	(40)–100	—	k6
Carichi normali ed elevati ($P > 0,07 C$)	Macchinario in genere, motori elettrici, turbine, pompe, motori a combustione interna, riduttori a ingranaggi, macchine per la lavorazione del legno	≤ 18	—	—	j5
		(18)–100	≤ 40	≤ 40	k5 (k6)
		(100)–140	(40)–100	(40)–65	m5 (m6)
		(140)–200	(100)–140	(65)–100	m6
		(200)–280	(140)–200	(100)–140	n6
Carichi molto elevati e presenza di urti in difficili condizioni di funzionamento ($P > 0,15 C$)	Boccole per veicoli ferrotranviari pesanti, motori di trazione, laminatoi	—	(50)–140	(50)–100	n6
		—	(140)–200	(100)–140	p6
		—	> 200	> 140	r6
Elevate esigenze di precisione di marcia con carichi leggeri ($P \leq 0,07 C$)	Macchine utensili	≤ 18	—	—	h5
		(18)–100	≤ 40	—	j5
		(100)–200	(40)–140	—	k5
Carichi puramente assiali	Applicazioni di tutti i tipi	—	(140)–200	—	m5
		≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	j6 js6

Accoppiamenti foro-base



La tolleranze **costano!** Per realizzare una prescrizione di tolleranza sono necessarie una o più **lavorazioni per asportazione di truciolo!**



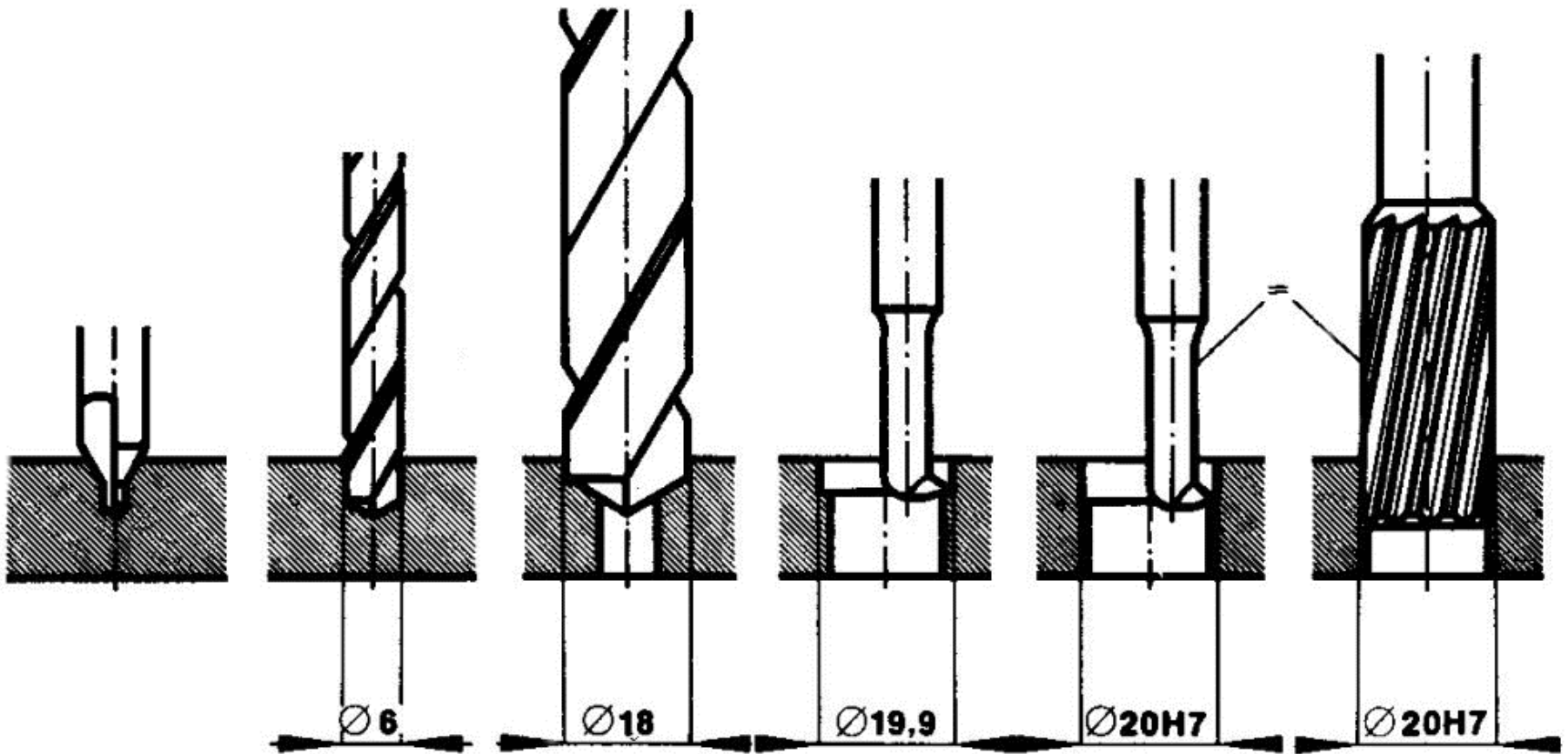
Maggiore precisione



**Maggiore
costo**

Si calcola che il costo delle lavorazioni costituisca circa il 70% del costo di produzioni

La tolleranze **costano!** Per realizzare una prescrizione di tolleranza sono necessarie una o più **lavorazioni di asportazione di truciolo!**

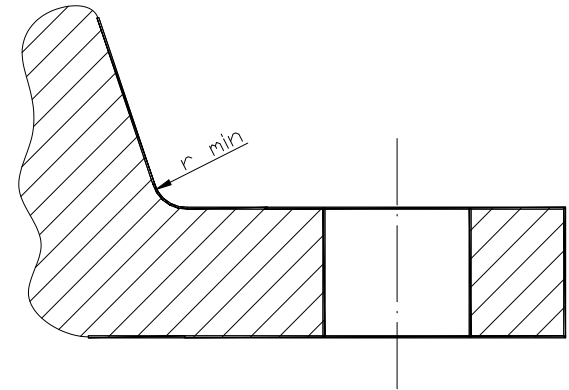


Grado di tolleranza normalizzato	Classe di tolleranza		Lavorazioni meccaniche corrispondenti		Applicazioni	
	Alberi	Fori	Alberi	Fori	Alberi	Fori
IT1 - IT4			Lavorazione con macchine speciali	Lavorazione con macchine speciali	Lavorazioni di precisione di strumenti di misura, calibri, blocchetti di riscontro	
IT5	extra preciso		rettifica	rettifica speciale	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT6	preciso	extra preciso	rettifica	rettifica	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT7	preciso - medio	preciso	tornitura	rettifica alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT8	medio	medio	tornitura	alesatura tornitura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT9	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT10	medio - grossolano	medio - grossolano	tornitura trafilatura	alesatura tornitura trapanatura	Lavorazioni di pezzi destinati ad essere accoppiati	
IT11	grossolano	grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT12	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT13	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	
IT14 - IT18	molto grossolano	molto grossolano	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione		Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	

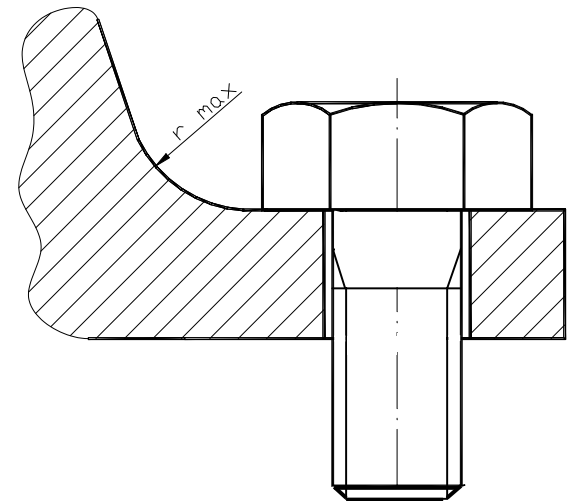
Lavorazione	IT Grades								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
Lappatura e levigatura	■	■							
Rettifica in tondo		■	■	■					
Rettifica in piano		■	■	■	■				
Tornitura di precisione		■	■	■					
Barenatura		■	■	■					
Brocciatura		■	■	■	■				
Alesatura			■	■	■	■	■	■	
Tornitura				■	■	■	■	■	■
Allargatura					■	■	■	■	■
Fresatura							■	■	
Formatura e stampaggio							■	■	
Foratura							■	■	
Punzonatura							■	■	
Pressofusione								■	

Ingegneria della imprecisione: si devono scegliere le tolleranze più larghe compatibili con le condizioni di impiego

Un raggio di raccordo pari a r_{\min} è necessario per motivi strutturali (riduce la concentrazione di sforzi)



Un raggio di raccordo maggiore di r_{\max} compromette l'accoppiamento con la vite!



- Un *accoppiamento incerto* ("transition fit") diviene in pratica, quasi sempre, un accoppiamento con leggera interferenza. Nelle lavorazioni, infatti, gli alberi tendono ad essere prodotti con dimensione più vicine alla massima che alla minima. Il contrario avviene per i fori.

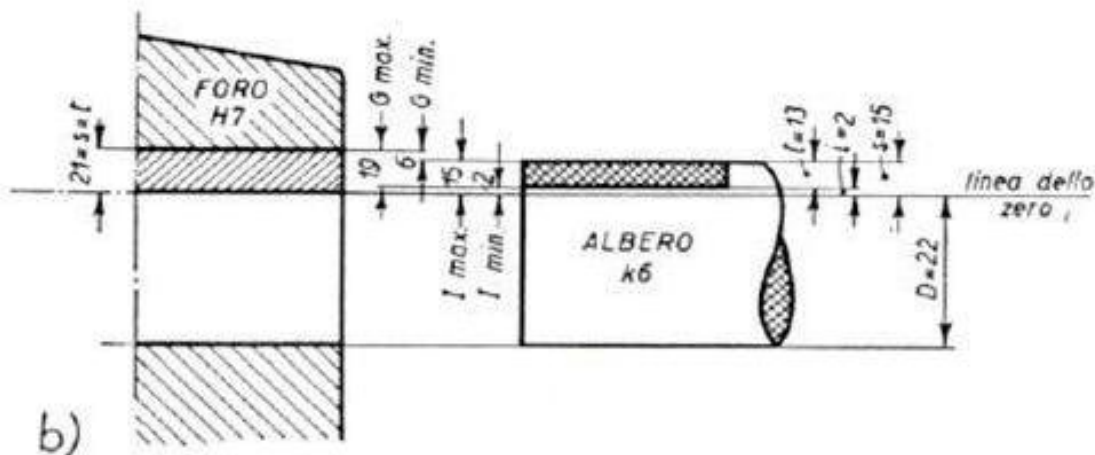
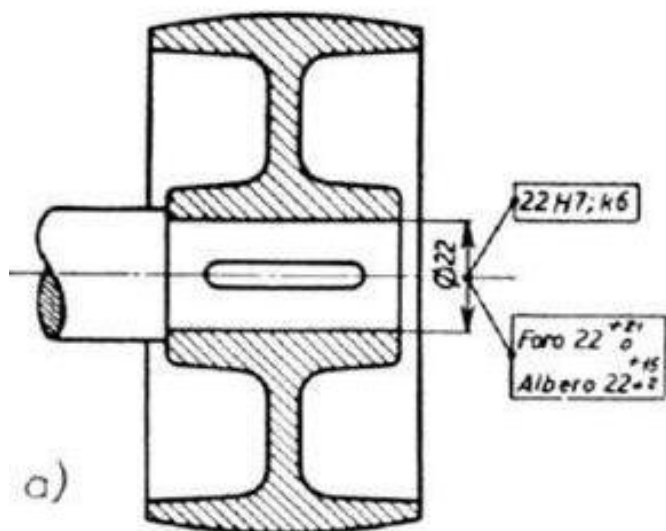


Chiavette e linguette sono **forzate** nelle relative cave sull'albero **a mano** o con l'aiuto di un leggero colpo di mazzuolo



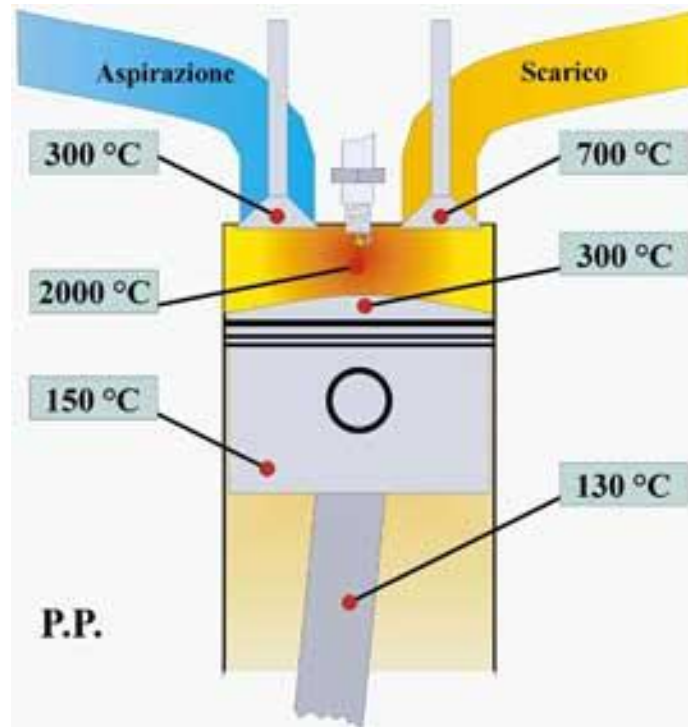
Grazie all'accoppiamento incerto, i tappi delle penne possono essere sfilati e reinseriti con uno sforzo trascurabile pur restando intercambiabili

- Un *accoppiamento incerto* ("transition fit") diviene in pratica, quasi sempre, un accoppiamento con leggera interferenza. Nelle lavorazioni, infatti, gli alberi tendono ad essere prodotti con dimensione più vicine alla massima che alla minima. Il contrario avviene per i fori.



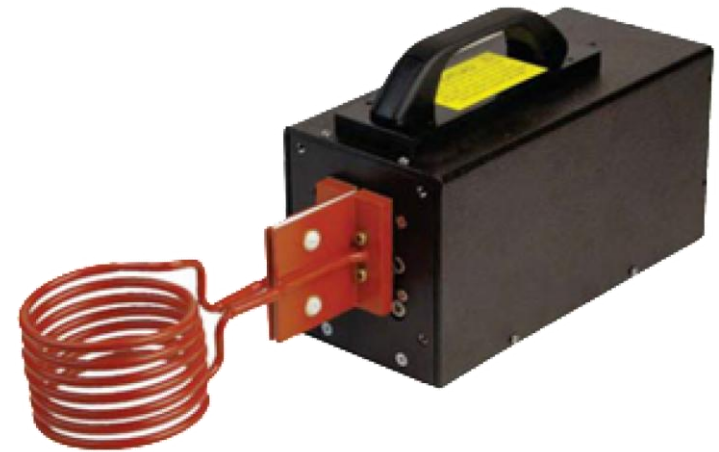
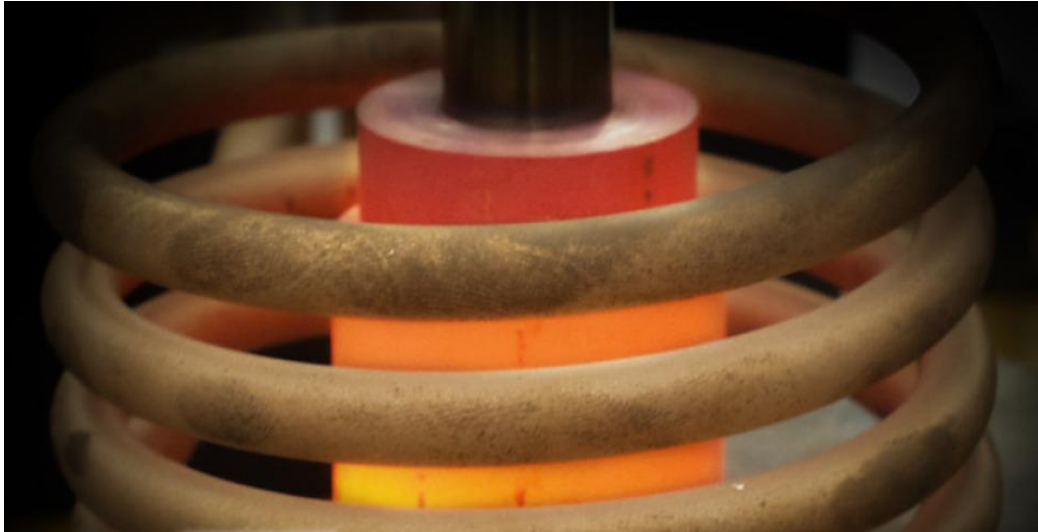
Un carico rotante, se montato con un accoppiamento libero, oscillerà rispetto alla sede **provocando usura** delle superficie a contatto. Occorre pertanto prevedere un calettamento leggermente forzato.

- Negli *accoppiamenti liberi* il gioco minimo deve essere tale da garantire la scorrevolezza anche al variare della temperatura. Il gioco massimo deve inoltre garantire la guida a seguito di eventuali usure.



Il gioco pistone-cilindro deve essere tale da non risentire delle variazioni di temperatura

- Negli **accoppiamenti forzati** l'interferenza minima deve prevenire il distacco dei pezzi a mano o sotto i carichi di progetto, quella massima non deve causare danneggiamento dei pezzi.



Per realizzare accoppiamenti a bloccaggio fortissimo è necessario ricorrere a riscaldatori di precisione (**calettamento a caldo**)



Criteri di scelta delle tolleranze



- **Ingegneria della imprecisione:** si devono scegliere le tolleranze più larghe compatibili con le condizioni di impiego.
- Un **accoppiamento incerto** diviene in pratica, quasi sempre, un **accoppiamento con leggera interferenza**. Nelle lavorazioni, infatti, gli alberi tendono ad essere prodotti con dimensione più vicine alla massima che alla minima. Il contrario avviene per i fori.
- Negli **accoppiamenti liberi** il gioco minimo deve essere tale da garantire la scorrevolezza anche al variare della **temperatura**. Il gioco massimo deve inoltre garantire la guida a seguito di eventuali usure.
- Negli **accoppiamenti forzati** l'interferenza minima deve prevenire il distacco dei pezzi, quella massima non deve causare danneggiamento dei pezzi.



Tolleranze generali



L'indicazione delle tolleranze sul disegno deve essere **completa** al fine di assicurare che **le caratteristiche dimensionali e geometriche di tutti gli elementi siano definite senza informazioni sottintese o lasciate al giudizio del personale di officina, di controllo e collaudo.**

L'applicazione delle **tolleranze generali dimensionali** e geometriche assicura l'osservanza di queste condizioni preliminari **anche** per le dimensioni indicate **senza prescrizione esplicita** di tolleranza.

Principali normative:

UNI EN 22768-1/2 Tolleranze generali per pezzi prodotti mediante lavorazione con **asportazione di materiale** o di pezzi realizzati in **lamiera metallica**

ISO 8062 - Tolleranze generali per i **getti** di fonderia

UNI EN ISO 13920 Tolleranze generali per i **assiemi saldati**

N.B. Le tolleranze generali **NON VALGONO** per le **quote funzionali** (tolleranze esplicite), né per le **quote ausiliarie** (che non possono essere oggetto di alcuna prescrizione tolleranza, nemmeno generale, in quanto quote derivate)



Tolleranze generali secondo UNI EN 22768



La norma UNI EN 22768-1 vale **esclusivamente per dimensioni associate a superfici ottenute per asportazione di truciolo e per le lamiere!**

Classe di tolleranza		Scostamenti limite ammessi per classi di dimensioni nominali (in mm)							
Designazione	denominazione	da 0,5 a 3	oltre 3 fino a 6	oltre 6 fino a 30	oltre 30 fino a 120	oltre 120 fino a 400	oltre 400 fino a 1000	oltre 1000 fino a 2000	oltre 2000 fino a 4000
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m	media	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grossolana	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	molto grossolana	-	-	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

Allorquando non indicata alcuna tolleranza specifica per una dimensione compresa tra una superficie finita (lavorata) ed una superficie grezza (non lavorata), per esempio nel caso di un pezzo grezzo di fonderia (getto) o di forgiatura (fucinato o stampato), **si applica la più ampia delle due tolleranze generali in questione**, per esempio quella di cui alla ISO 8062 riguardante i getti.



Tolleranze generali secondo UNI EN 22768



L'utilizzo delle tolleranze generali secondo EN 22768 deve essere specificato nei pressi o **all'interno del riquadro delle iscrizioni** citando la norma **ISO 2768**, precisando la classe di tolleranza scelta

f	fine
m	media
c	grossolana
v	molto grossolana

Esempio:

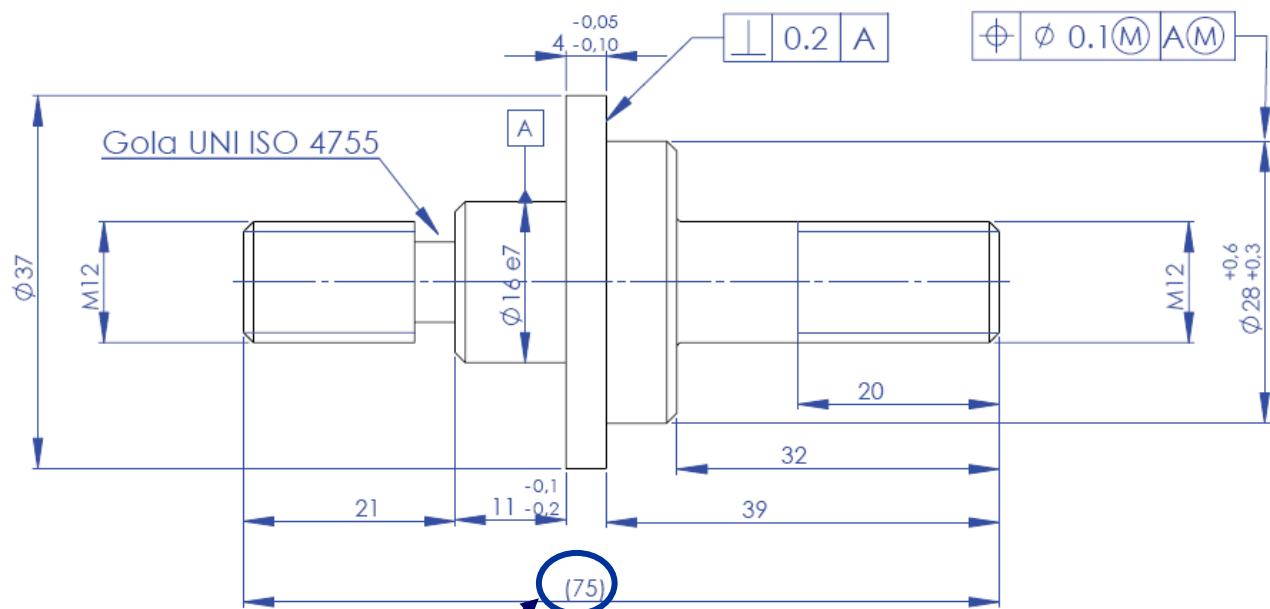
Tolleranze generali secondo ISO 2768-m



Tolleranze generali secondo UNI EN 22768



L'utilizzo delle tolleranze generali secondo EN 22768 deve essere specificato nei pressi o all'interno del riquadro delle iscrizioni citando la norma **ISO 2768**, precisando la classe di tolleranza scelta



3.2 Tolleranze generali ISO 2768-mK
smossi non quotati $1x45^\circ$
Raccordi non quotati R0.5

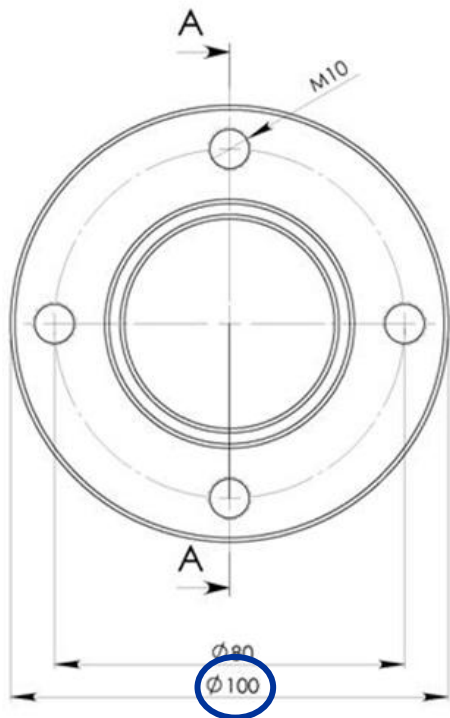
Le tolleranze generali non si applicano alle dimensioni ausiliarie!!!



Le tolleranze generali prescrivono un
campo di scostamento **SIMMETRICO**
rispetto al valore nominale



Tolleranze generali secondo UNI EN 22768



Classe di tolleranza		Scostamenti limite ammessi per classi di dimensioni nominali (in mm)							
Designazione	denominazione	da 0,5 a 3	oltre 3 fino a 6	oltre 6 fino a 30	oltre 30 fino a 120	oltre 120 fino a 400	oltre 400 fino a 1000	oltre 1000 fino a 2000	oltre 2000 fino a 4000
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m	media	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grossolana	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	molto grossolana	-	-	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

Tolleranze generali ISO-2768-m

Ø100

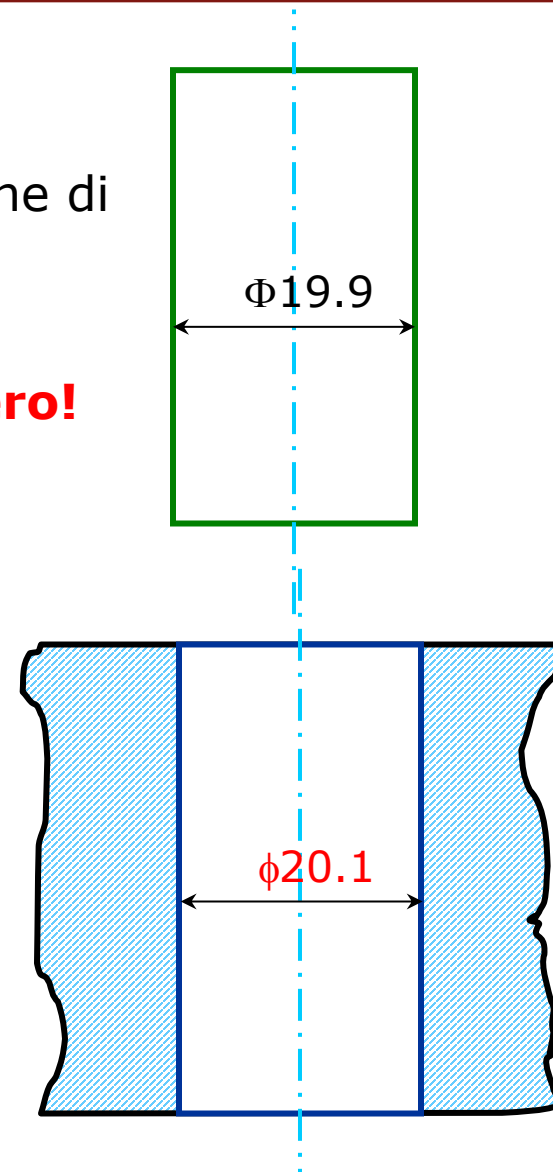
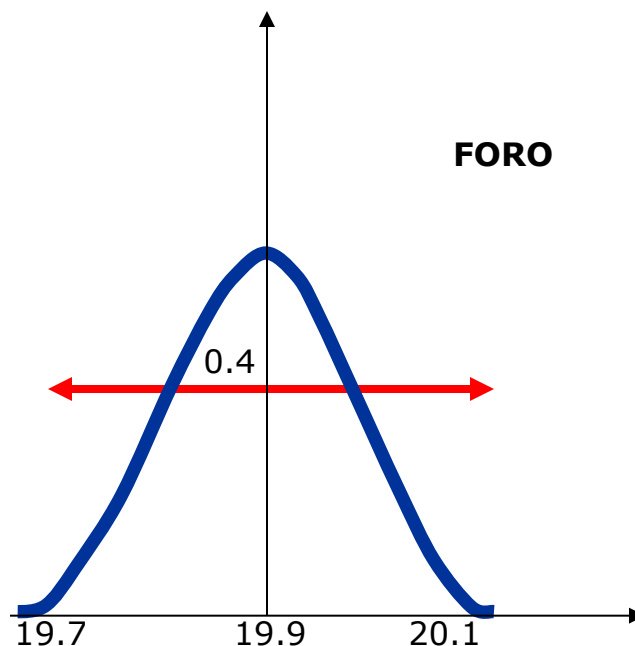
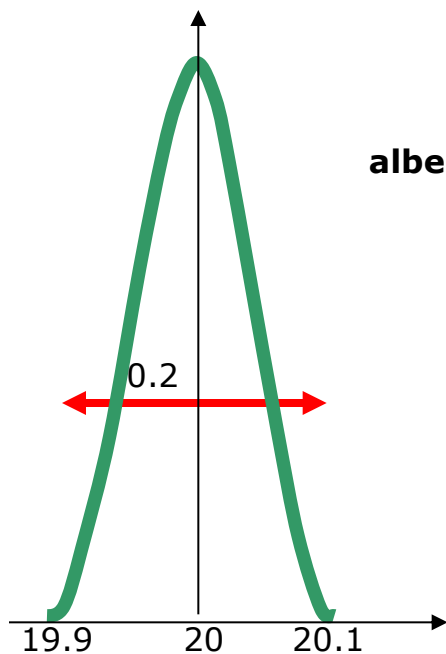
=

«sono ammissibili **tutti** i diametri da **99.7** fino a **100.3** [mm]»

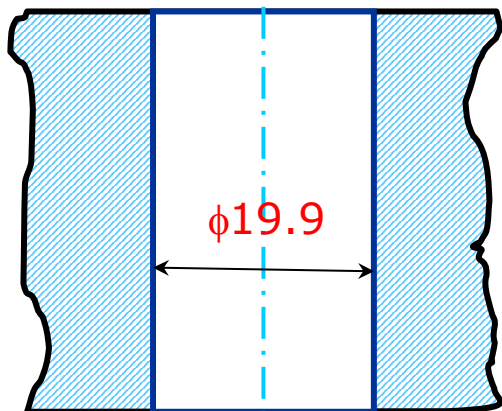
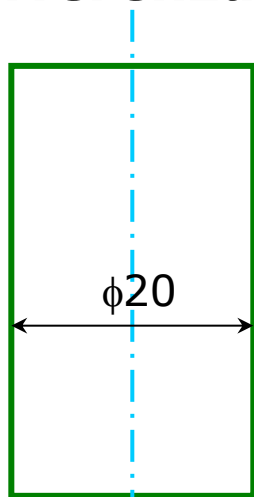
Accoppiamento con *interferenza*

Assegnando solo i diametri nominali (**tolleranza generale**), **non abbiamo il controllo** della precisione di lavorazione:

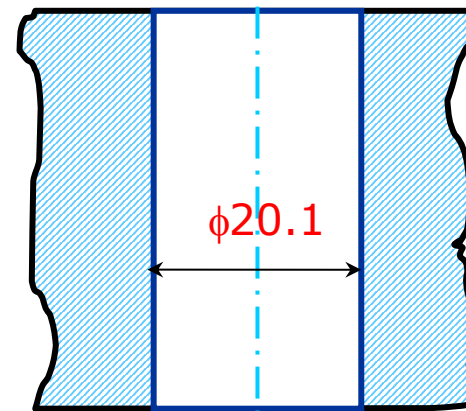
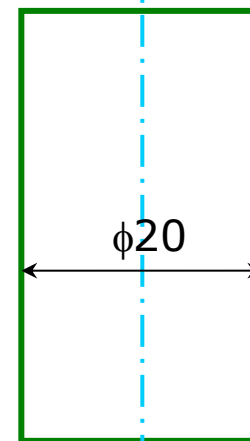
Può accadere che il foro sia più grande dell'albero!



Interferenza ?



Gioco ?



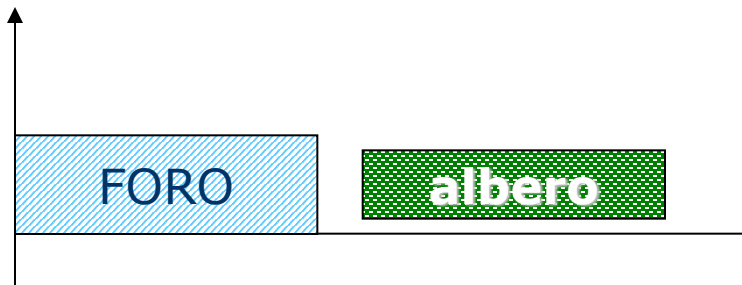
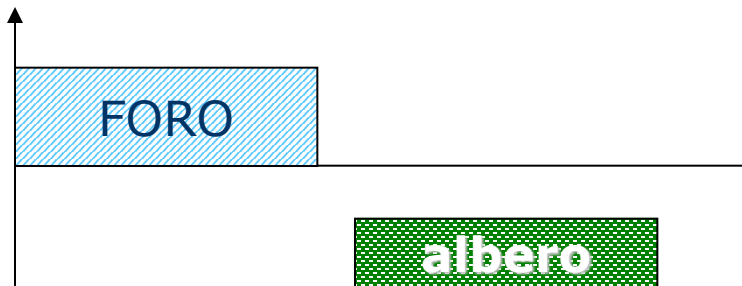
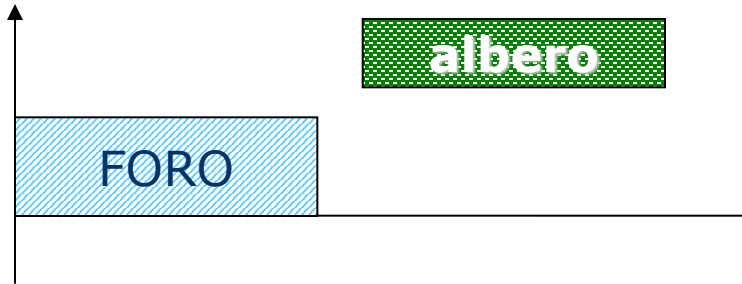
Tolleranze generali ISO-2768-f



Le **tolleranze generali** prescrivono un campo di scostamento **SIMMETRICO** rispetto al valore nominale

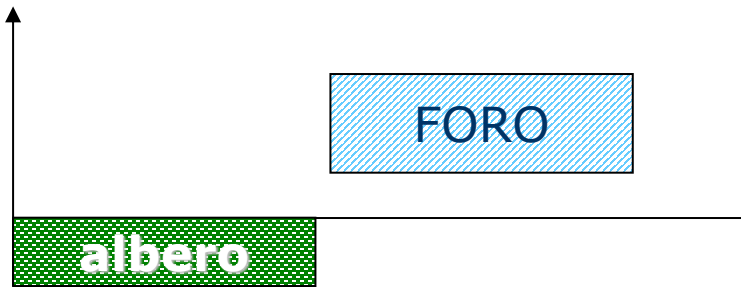


NON assicurano il rispetto delle caratteristiche funzionali degli accoppiamenti!

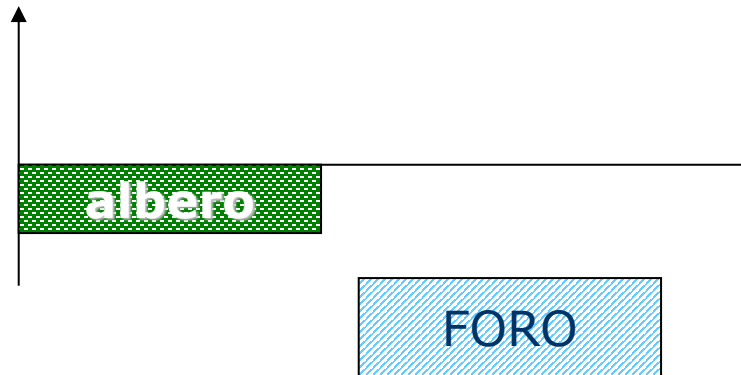


Albero base o foro base?

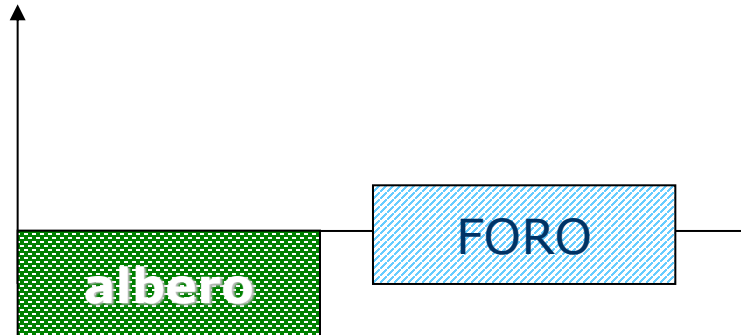
Che accoppiamenti sono?

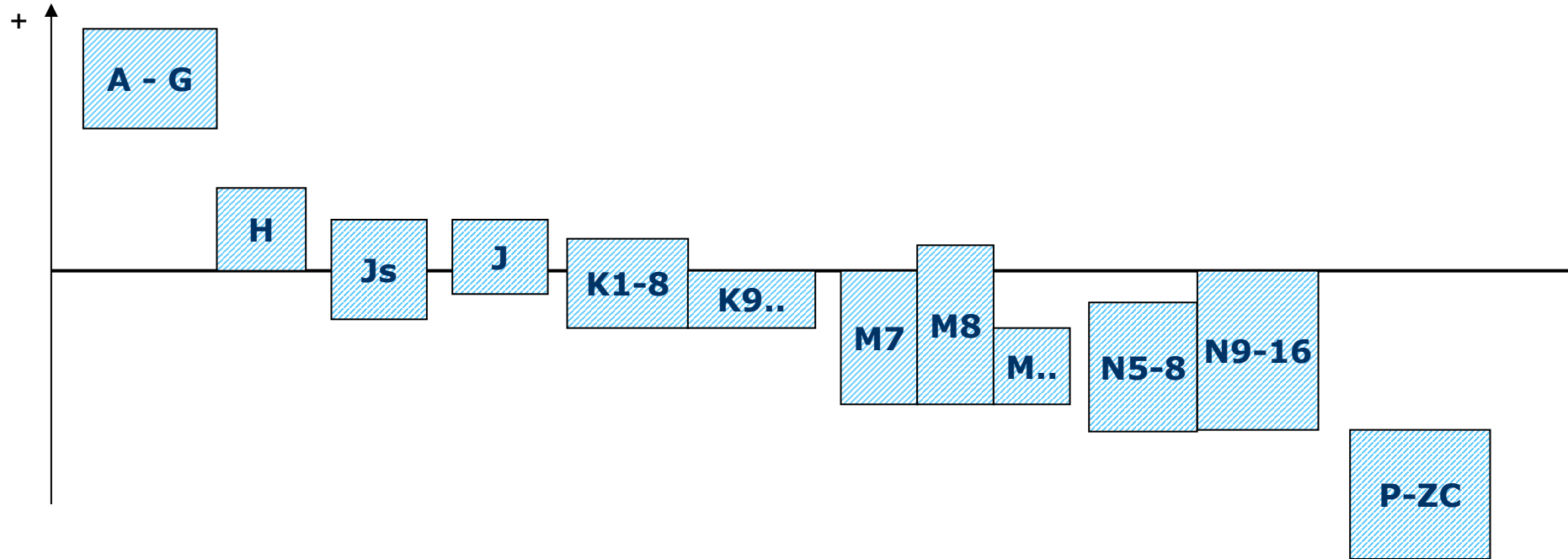


Albero base o foro
base?

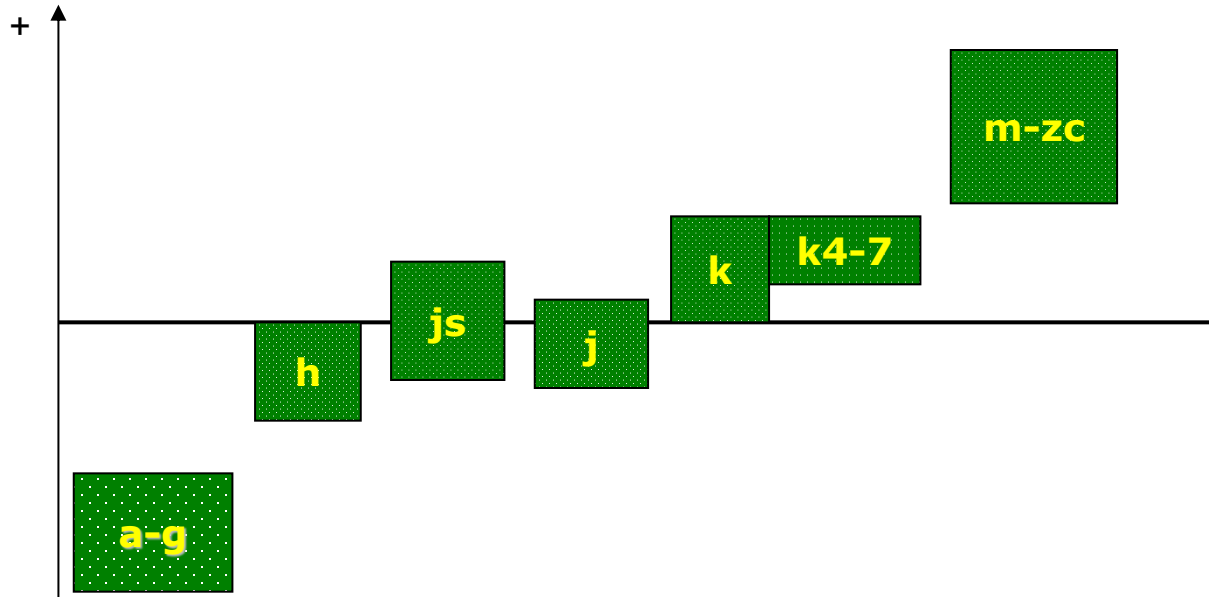


Che accoppiamenti
sono?





In che verso si spostano gli scostamenti?



In che verso si spostano gli scostamenti?

$\varnothing 45 \text{ H8} / \text{g7}$



Esercizi



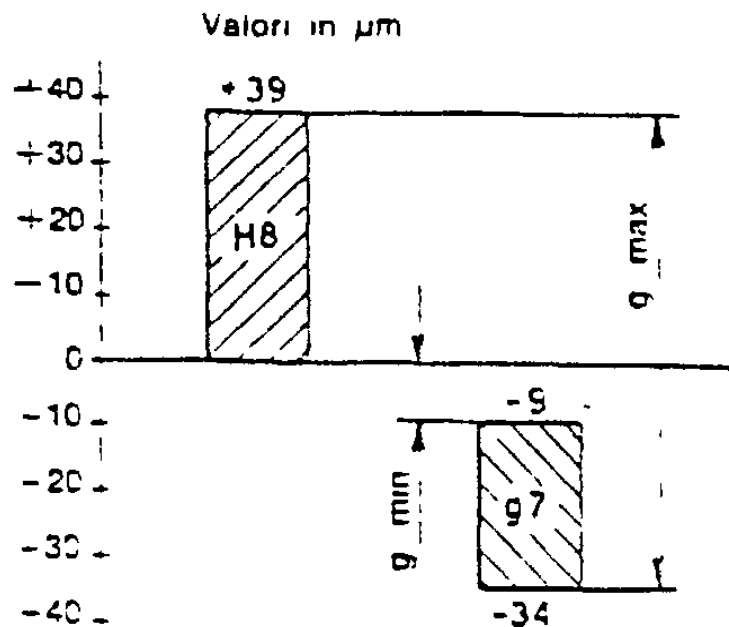
Disegnare sul piano degli scostamenti il seguenti accoppiamenti, evidenziando eventuali giochi o interferenze (minimi e massimi)

$\varnothing 45$ H8 / g7

$\varnothing 30$ H7 / k6

$\varnothing 6$ J7 / h6

$\varnothing 6$ P9 / h8



Accoppiamento: 45 H8 / g7

Dimensione nominale: 45 mm

Tolleranza fondamentale foro IT 8 = 39 μm = 0,039 mm

Scostamento fondamentale foro H: $E_1 = 0$

Scostamento superiore foro: $E_s = E_1 + IT 8 = 0 + 39 = 39 \mu\text{m} = 0,039 \text{ mm}$

Tolleranza fondamentale albero IT 7: 25 μm = 0,025 mm

Scostamento fondamentale albero g: $e_s = -9 \mu\text{m} = -0,009 \text{ mm}$

Scostamento inf. albero: $e_1 = e_s - IT = -9 - (+25) = -34 \mu\text{m} = -0,034 \text{ mm}$

Gioco minimo: $g_{\text{min}} = 9 \mu\text{m} = 0,009 \text{ mm}$

Gioco massimo: $g_{\text{max}} = 73 \mu\text{m} = 0,073 \text{ mm}$

Vantaggi derivanti dall'applicazione delle tolleranze ISO:

- I disegni sono di più facile interpretazione
 - Solo pochi accoppiamenti possibili
- Il progettista si può concentrare sul tipo di accoppiamento, piuttosto che sul calcolo delle tolleranze effettivamente necessarie
- Semplifica il controllo dimensionale (calibri a tampone e forchetta)
- La tolleranza identifica il costo della lavorazione (intervalli di tolleranza normalizzati)



FINE