

Università degli Studi di Catania

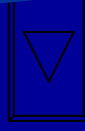
Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

CORSO DI: *DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE*

Anno Accademico 2010-2011

TOLLERANZE DIMENSIONALI

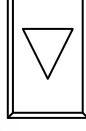
Docente: Prof. S. M. Oliveri



Tolleranze dimensionali

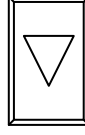
Constatazione:

Impossibilità di ottenere per qualsiasi elemento di un pezzo, in modo rigoroso, la dimensione prefissata indicata nel disegno (“dimensione nominale”)



CAUSE :

- **Fattori tecnici:**
- **Limite di precisione delle macchine;**
- **Usura slitte, perni, supporti, ecc.. delle macchine;**
- **Limite di precisione ed usura degli strumenti di controllo.**



Accettabilità della misura

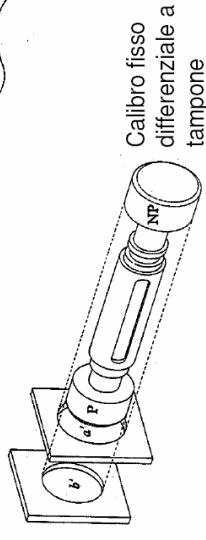
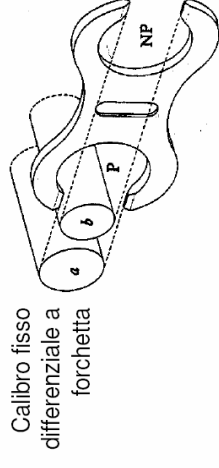
➤ Spingendo al massimo livello la precisione di una misura si scopre che persistono margini, anche ridottissimi, di incertezza. Si può quindi dire che non possiamo conoscere la «misura vera», che quindi non esiste;

La metrologia, scienza della precisione per eccellenza, si rivela paradossalmente come la «scienza dell'imprecisione».

Ciò non vuoi dire che essa ci impedisca di realizzare misurazioni utili allo scopo, ma che essa consente di conoscere i margini di incertezza e quindi di valutare l'accettabilità della misura.

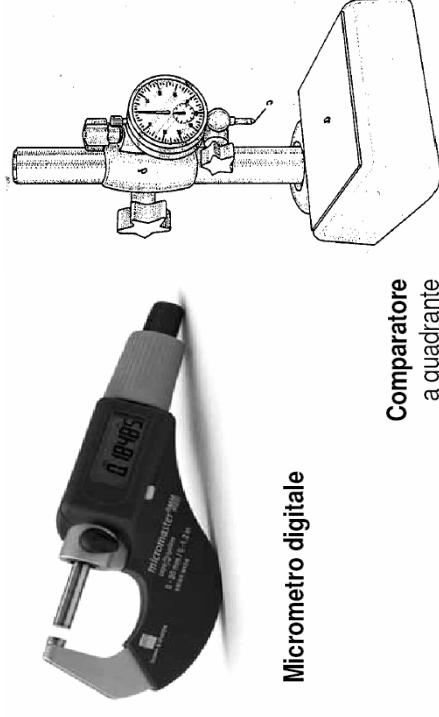
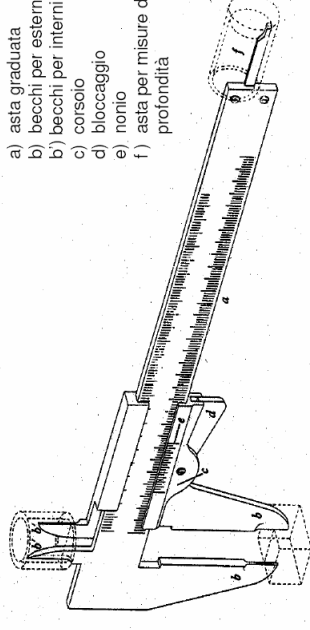
Non sempre le misure abbisognano di una elevata precisione. A seconda dei casi ci si può accontentare di misure approssimative, ma sufficienti; ciò dipende dalle caratteristiche dell'oggetto.

La misura deve fornire una qualità di informazione funzionale agli scopi, alle esigenze e alle disponibilità dell'operatore.



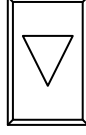
Calibro a corsoio

- a) asta graduata
- b) becchi per esterni
- c) becchi per interni
- d) corsoio
- e) bloccaggio
- f) nonio
- g) asta per misure di profondità



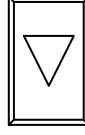
CAUSE :

- **Fattori umani:**
- **Abilità personale e specializzazione;**
- **Fattori ambientali o personali.**



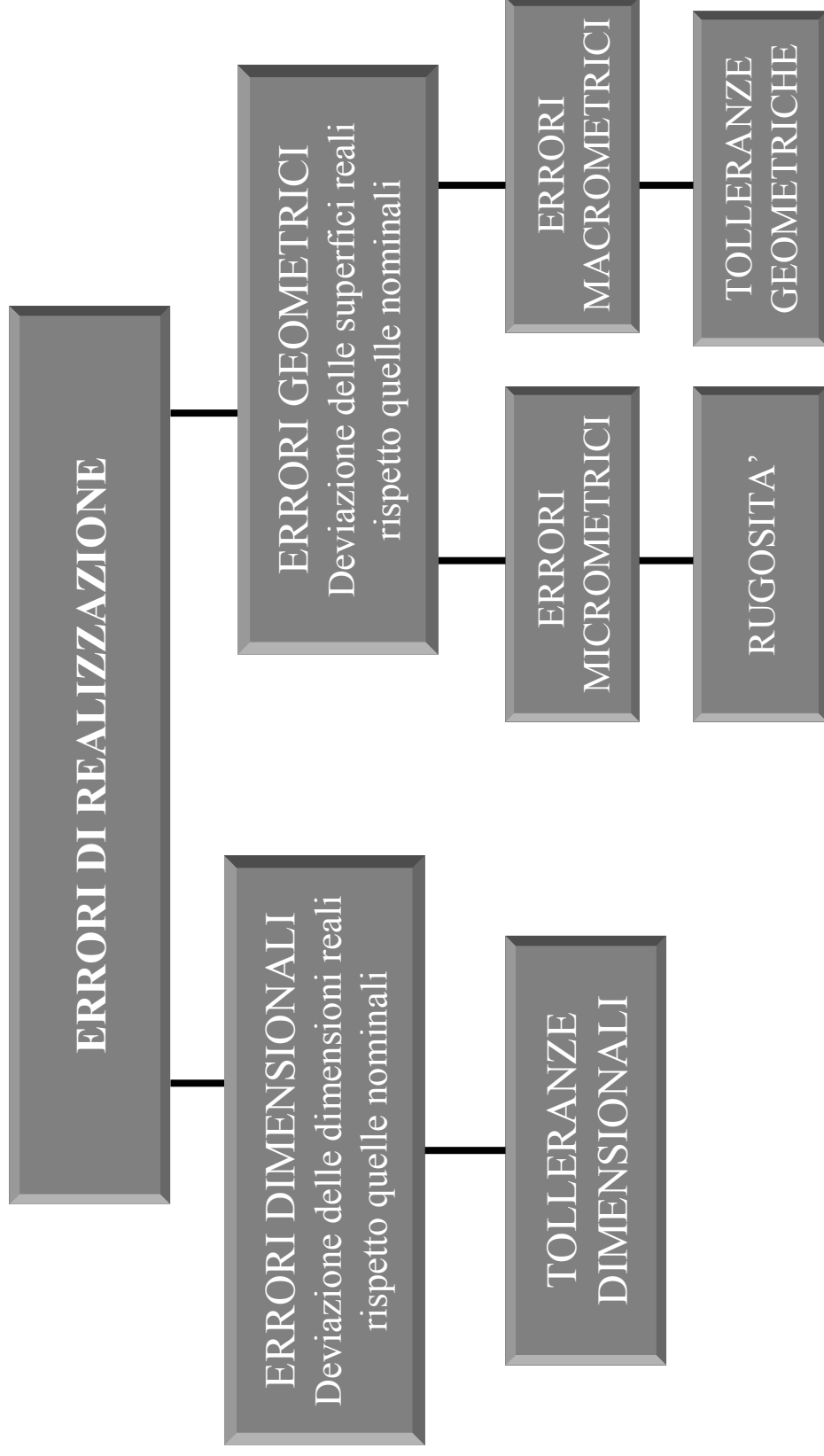
CAUSE :

- **Fattori economici:**
- **Macchine e strumenti di misura più o meno pregiati e/o costosi;**
- **Operai più o meno qualificati;**
- **Maggiore o minore tempo di esecuzione;**
- **Maggiore o minore scarto dei pezzi.**



INTRODUZIONE AL CONETTO DI TOLLERANZA:

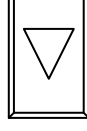
ERRORI DI LAVORAZIONE



Prima soluzione: "aggiustaggio"

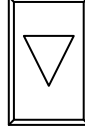
Caratteristiche:

- **Tempi di esecuzione elevati;**
- **Costi elevati;**
- **La quota nominale varia in modo imprevedibile durante l'operazione;**
- **Ciascun pezzo deve necessariamente essere considerato nell'insieme di cui fa parte.**

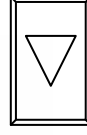
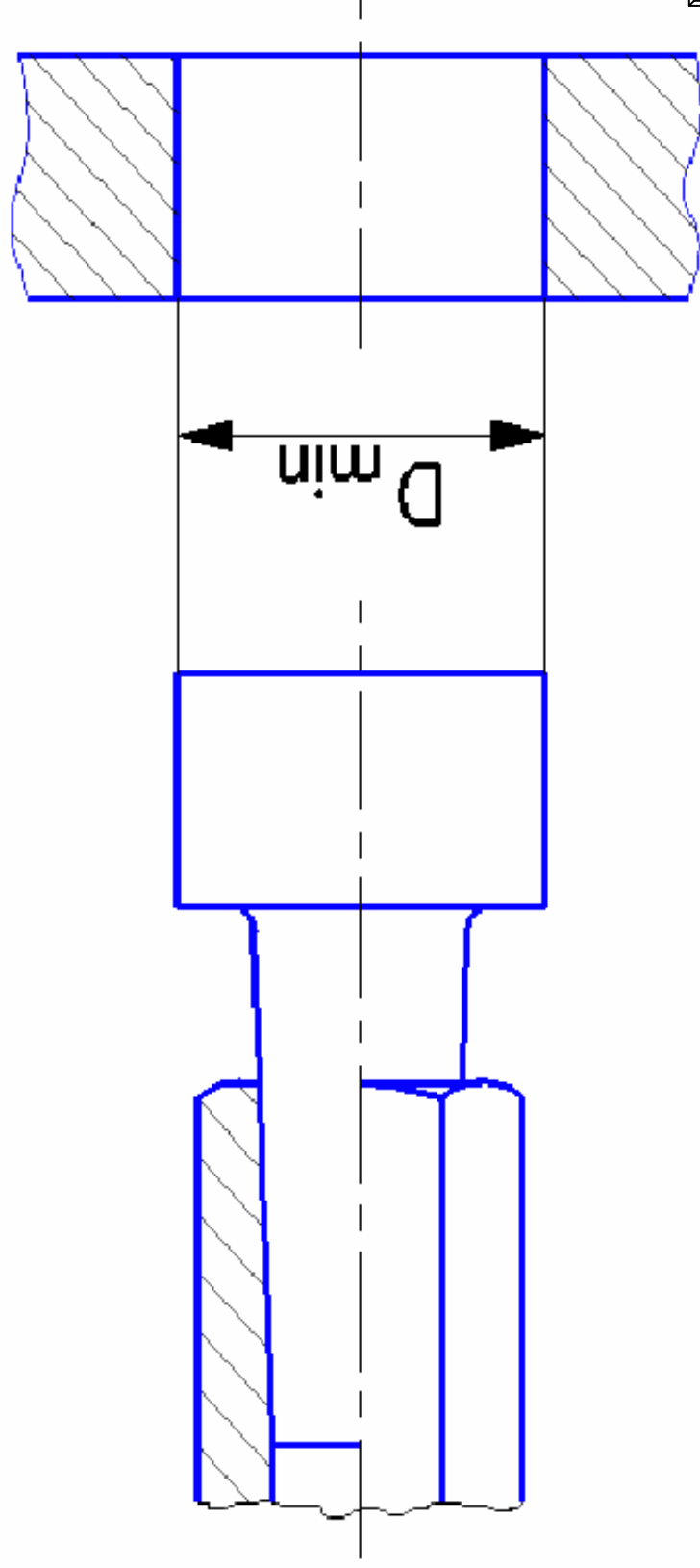


Esigenze non soddisfatte:

- **Intercambiabilità dei pezzi in un accoppiamento;**
- **Sostituzione di uno o entrambi i pezzi.**

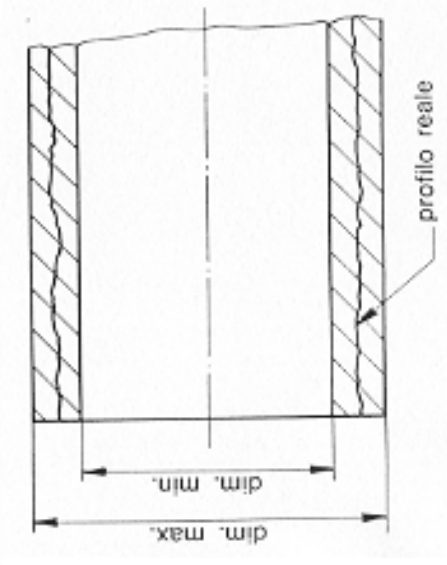
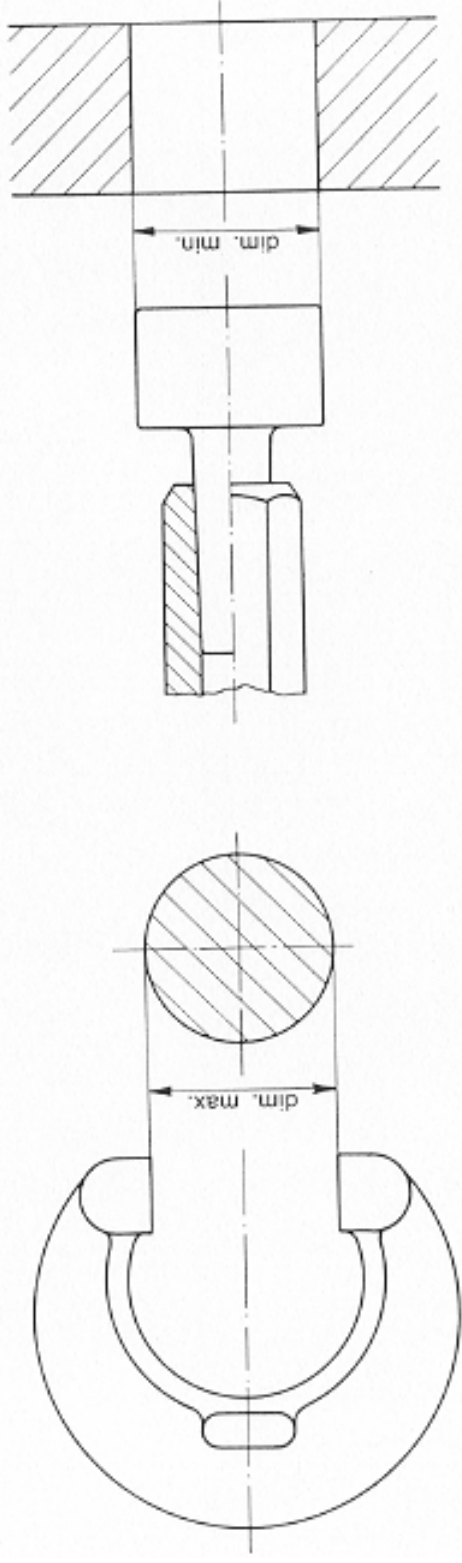


Seconda soluzione: introduzione dei calibri fissi (Whitney, fine 1700)



CENNI STORICI (I)

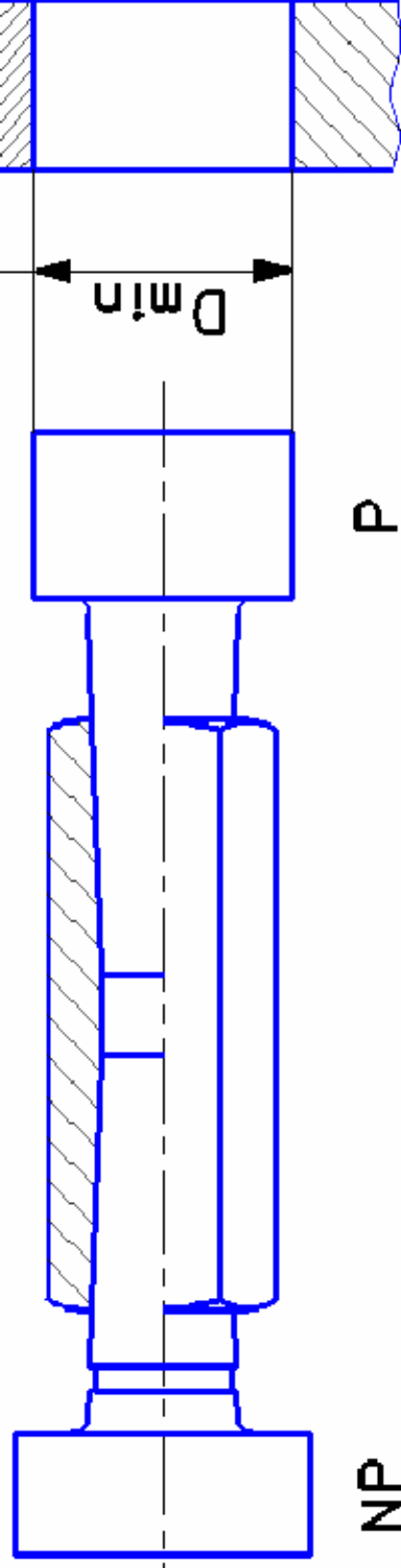
- Fine '700: calibri fissi di riscontro (Whitney, USA, fucili)



+ intercambiabilità dei pezzi

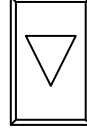
- gioco dipendente dalla sensibilità dell'operatore

Terza soluzione: introduzione dei calibri differenziali



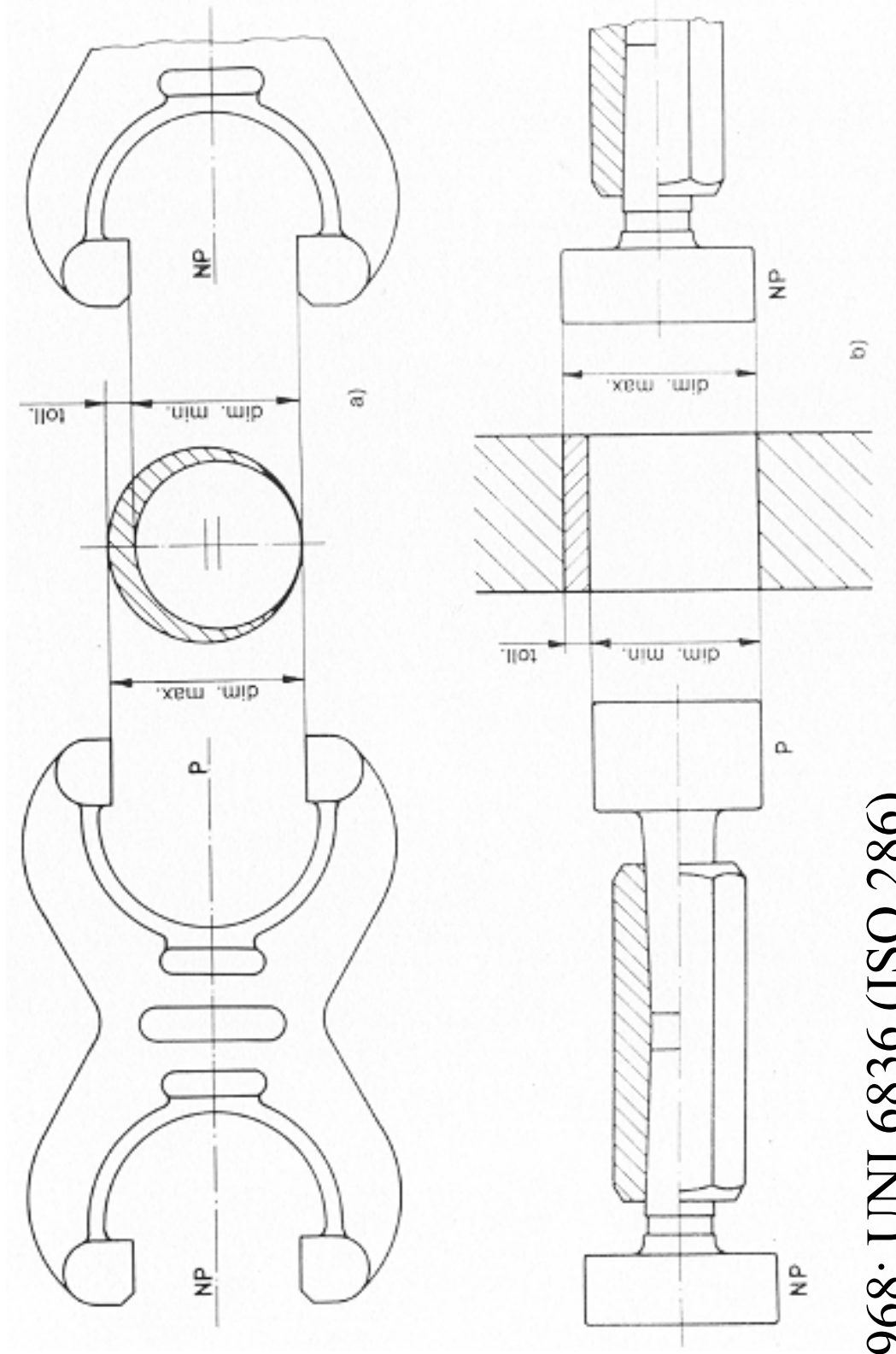
NP
(NON PASSA)

P
(PASSA)



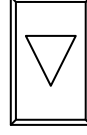
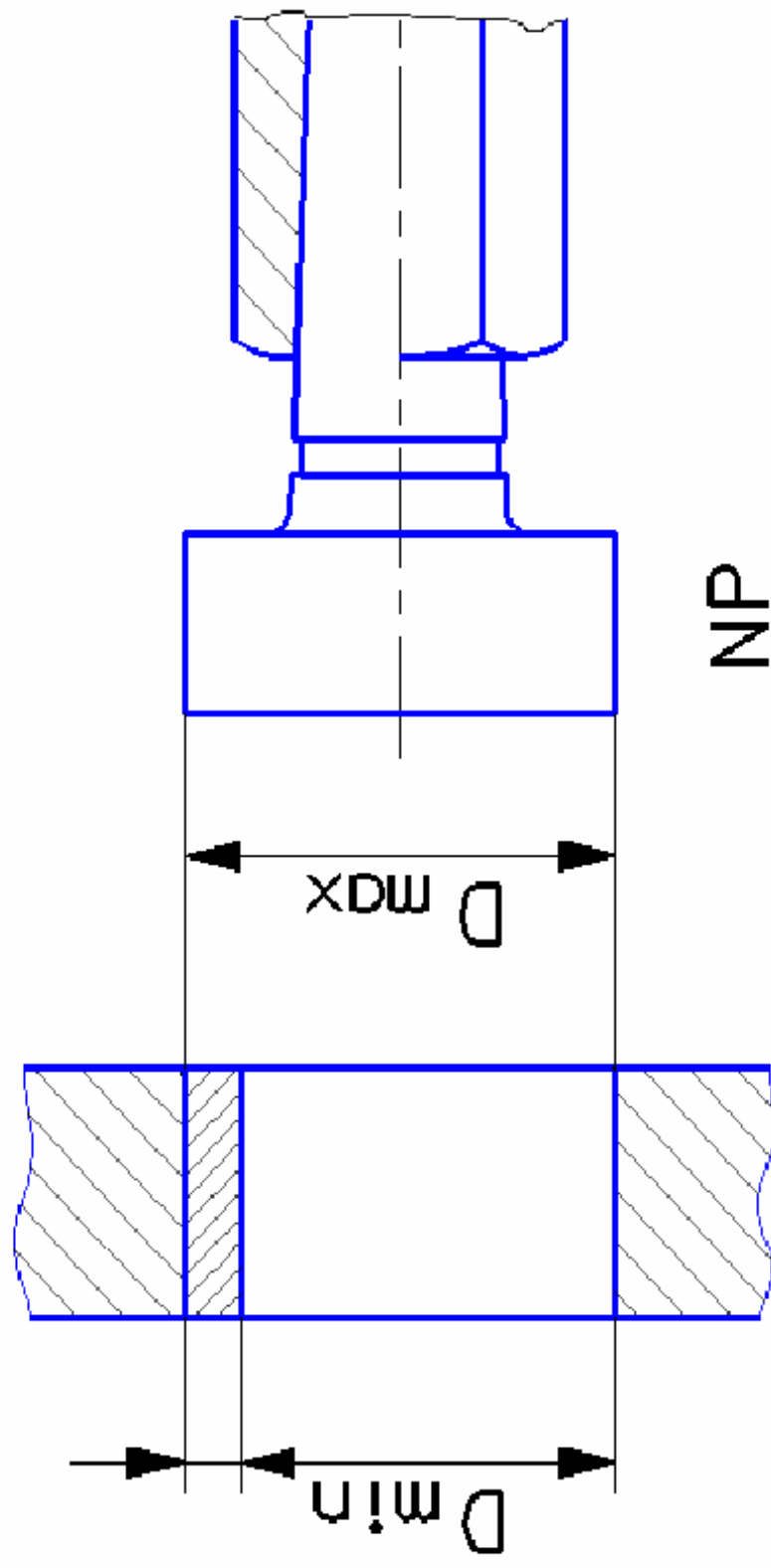
CENNI STORICI (II)

- Inizio '900: calibro differenziale e sistema di tolleranze (Loewe, D)



- 1968: UNI 6836 (ISO 286)

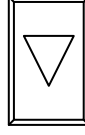
Terza soluzione: introduzione dei calibri differenziali



Si permette alla dimensione effettiva di variare tra due dimensioni limite ammissibili

CONSEGUENZE

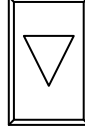
- **Concentrazione dell'esecutore sul pezzo in costruzione senza riferirsi al complessivo.**
- **Lavorazione e controllo più rapidi.**
- **Costi più contenuti.**
- **Graduazione della precisione in base all'impiego tecnico corretto.**

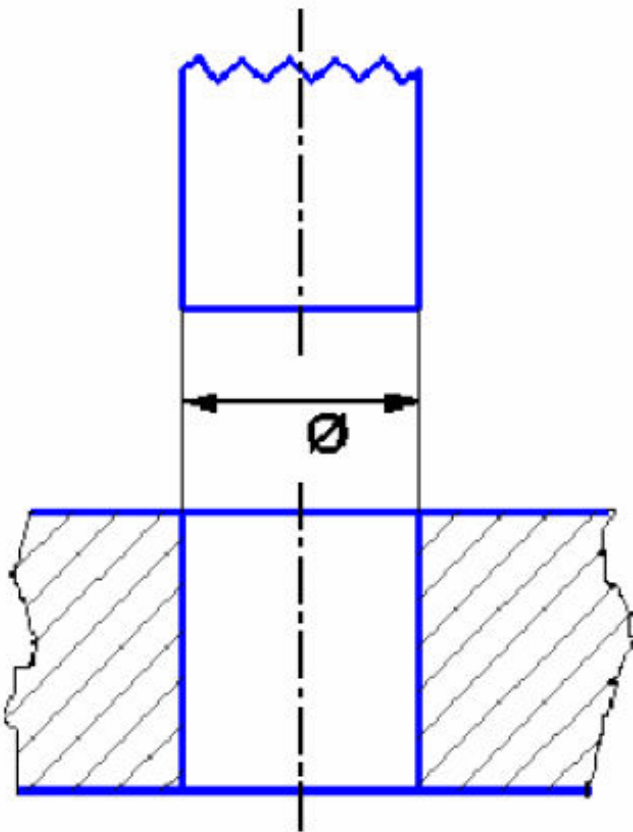
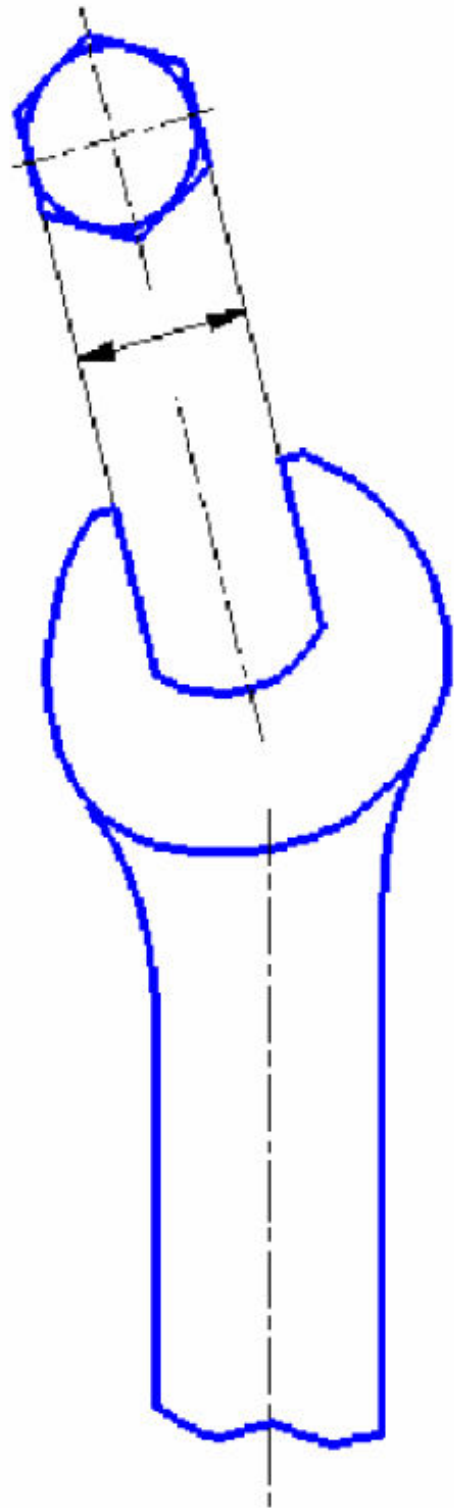
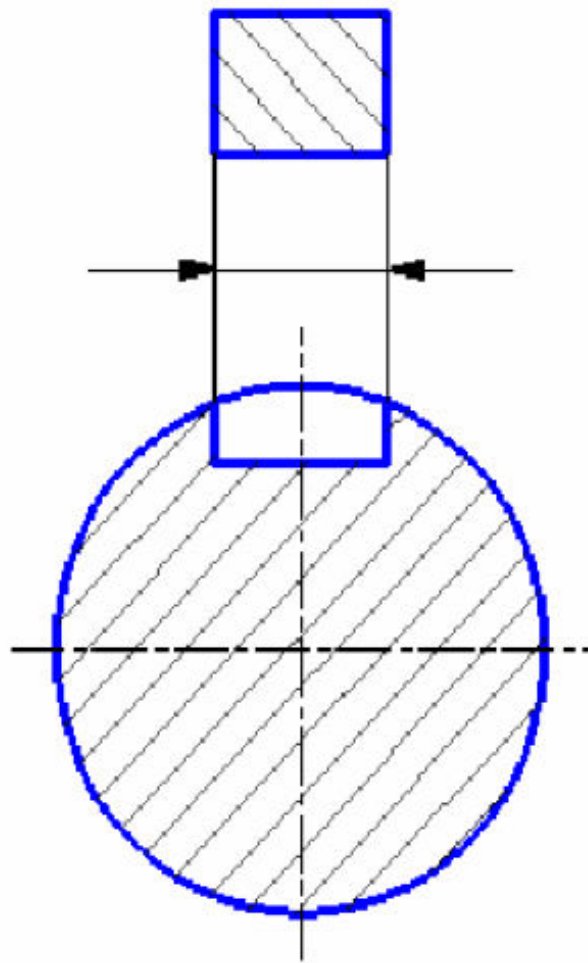
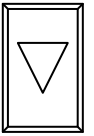


CONSEGUENZE

Al montaggio :

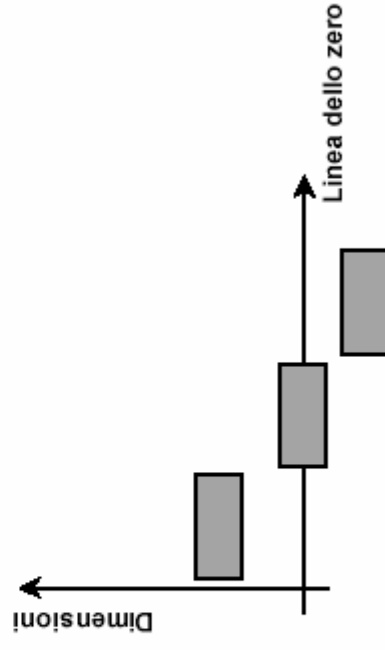
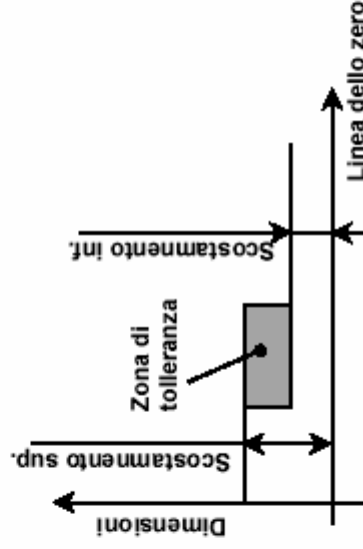
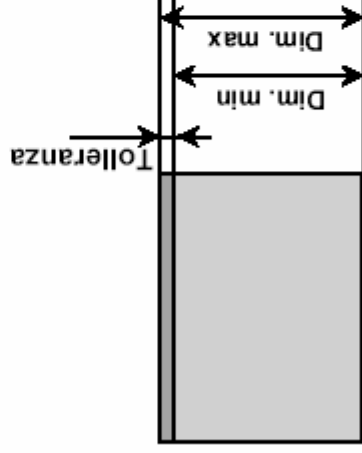
- **Intercambiabilità.**
- **Introduzione di sistemi rapidi di montaggio (“catene di montaggio”)**
- **Necessità di mano d’opera meno qualificata (rispetto all’ “aggiustaggio”)**
- **Costruzione anticipata di pezzi di ricambio sicuramente funzionali.**



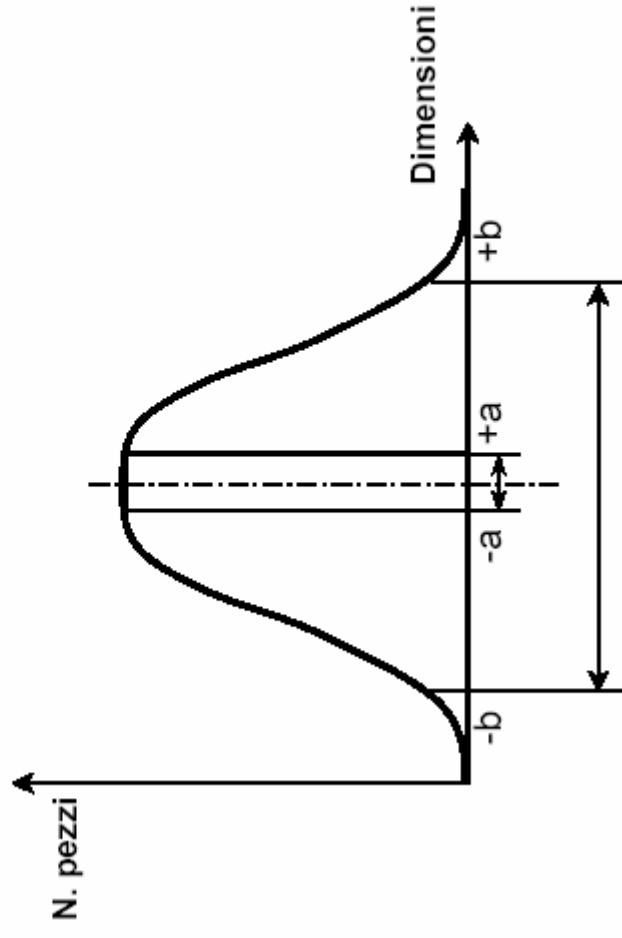
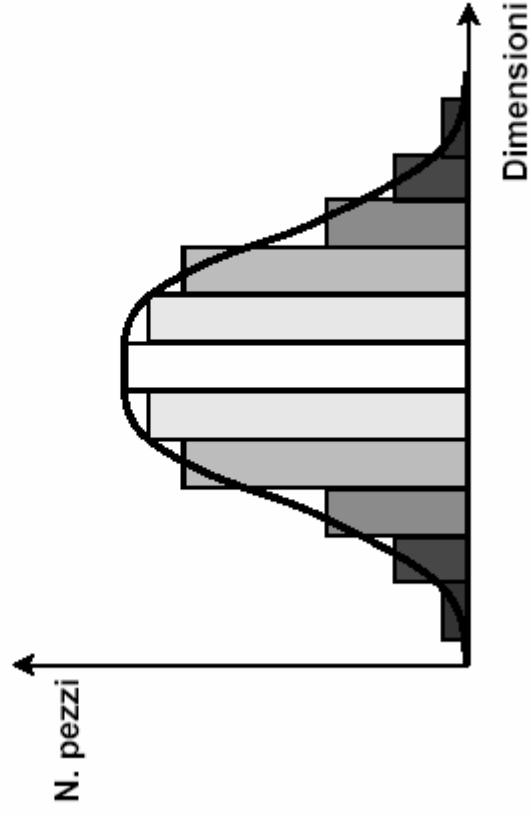


La tolleranza

- **Definizione**
 - differenza tra la dimensione massima e minima (cioè intervallo entro il quale può oscillare la dimensione effettiva): differenza algebrica tra scostamento superiore ed inferiore

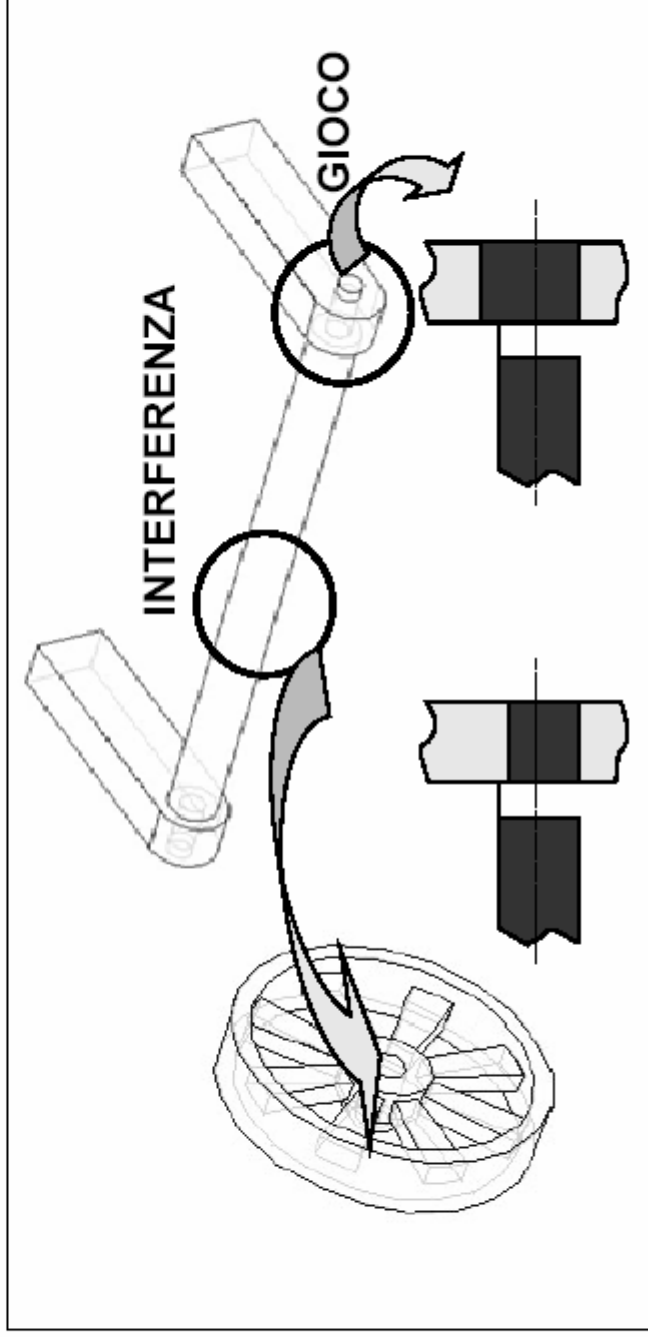
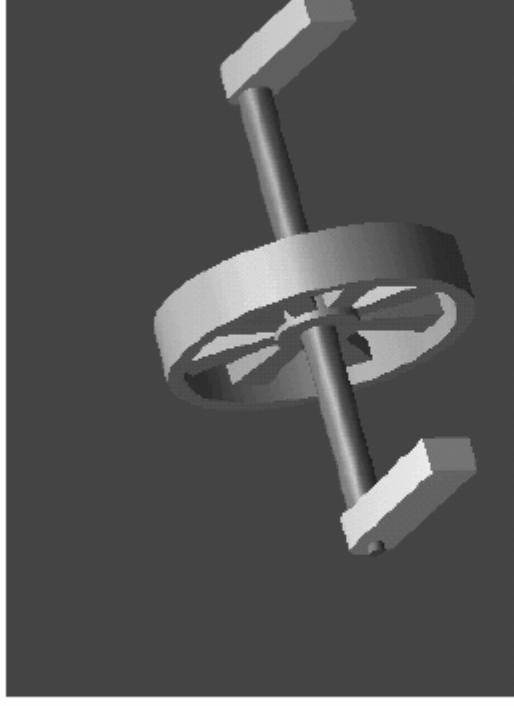


Tolleranza e lavorazione

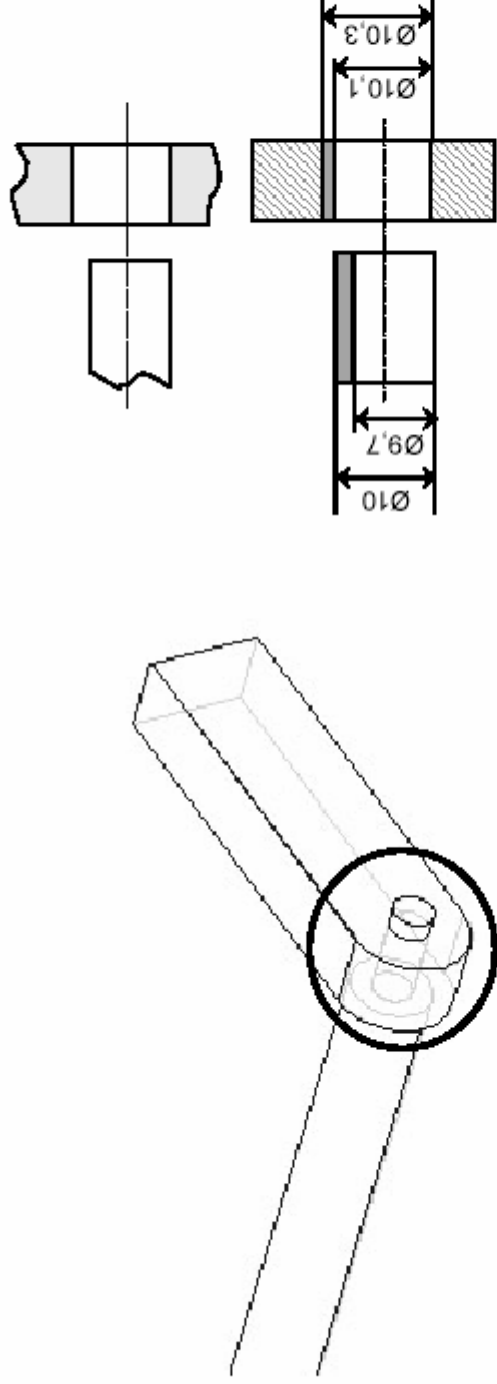


Tipi di accoppiamenti

- con interferenza
- con gioco
- incerto



Accoppiamento con gioco

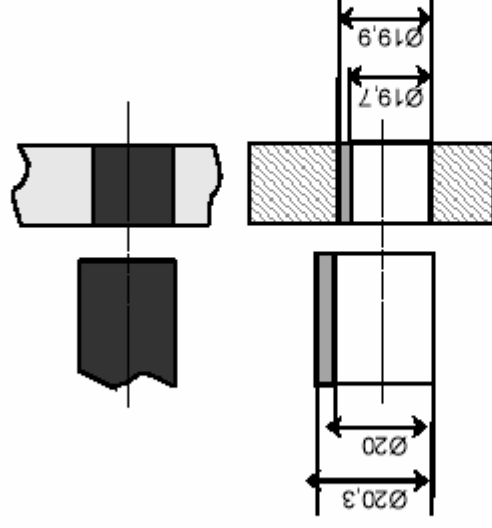


$$G_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 10.1 - 10 = 0.1 \text{ mm}$$

$$G_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 10.3 - 9.7 = 0.6 \text{ mm}$$

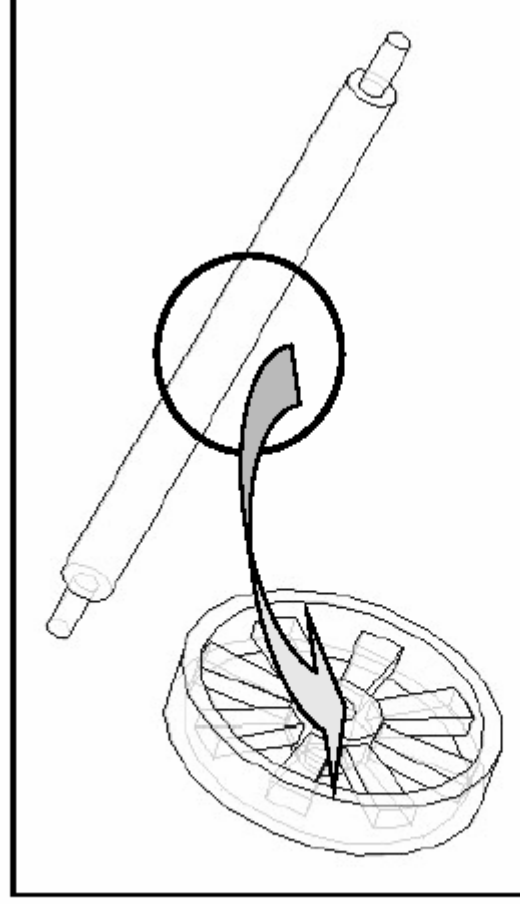
- **Gioco MINIMO:** differenza tra dimensione minima del foro e dimensione massima dell'albero
- **Gioco MASSIMO:** differenza tra dimensione massima del foro e dimensione minima dell'albero

Accoppiamento con interferenza



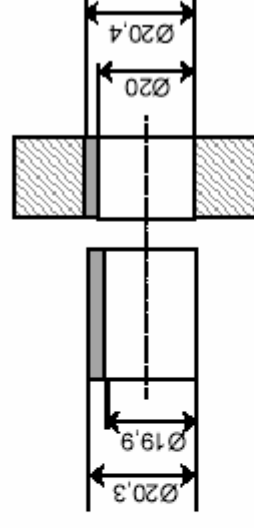
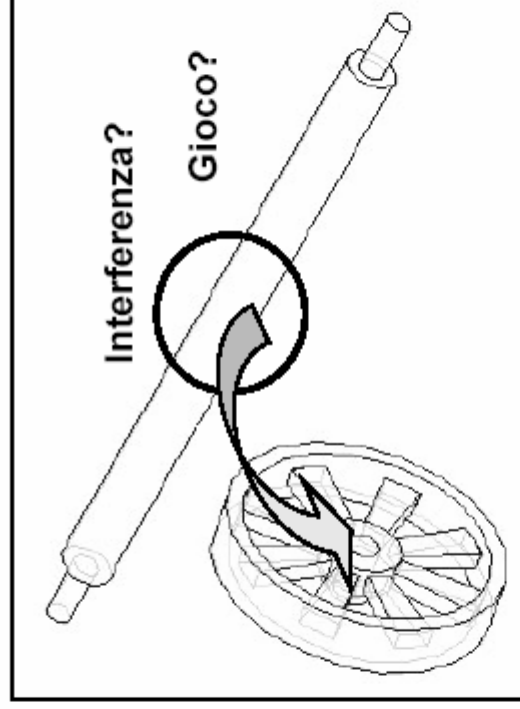
$$I_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 20 - 19,9 = 0,1 \text{ mm}$$

$$I_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 20,3 - 19,7 = 0,6 \text{ mm}$$



- **Interferenza MINIMA:** valore assoluto della differenza tra dimensione massima del foro e dimensione minima dell'albero
- **Interferenza MASSIMA:** valore assoluto della differenza tra dimensione minima del foro e dimensione massima dell'albero

Accoppiamento incerto

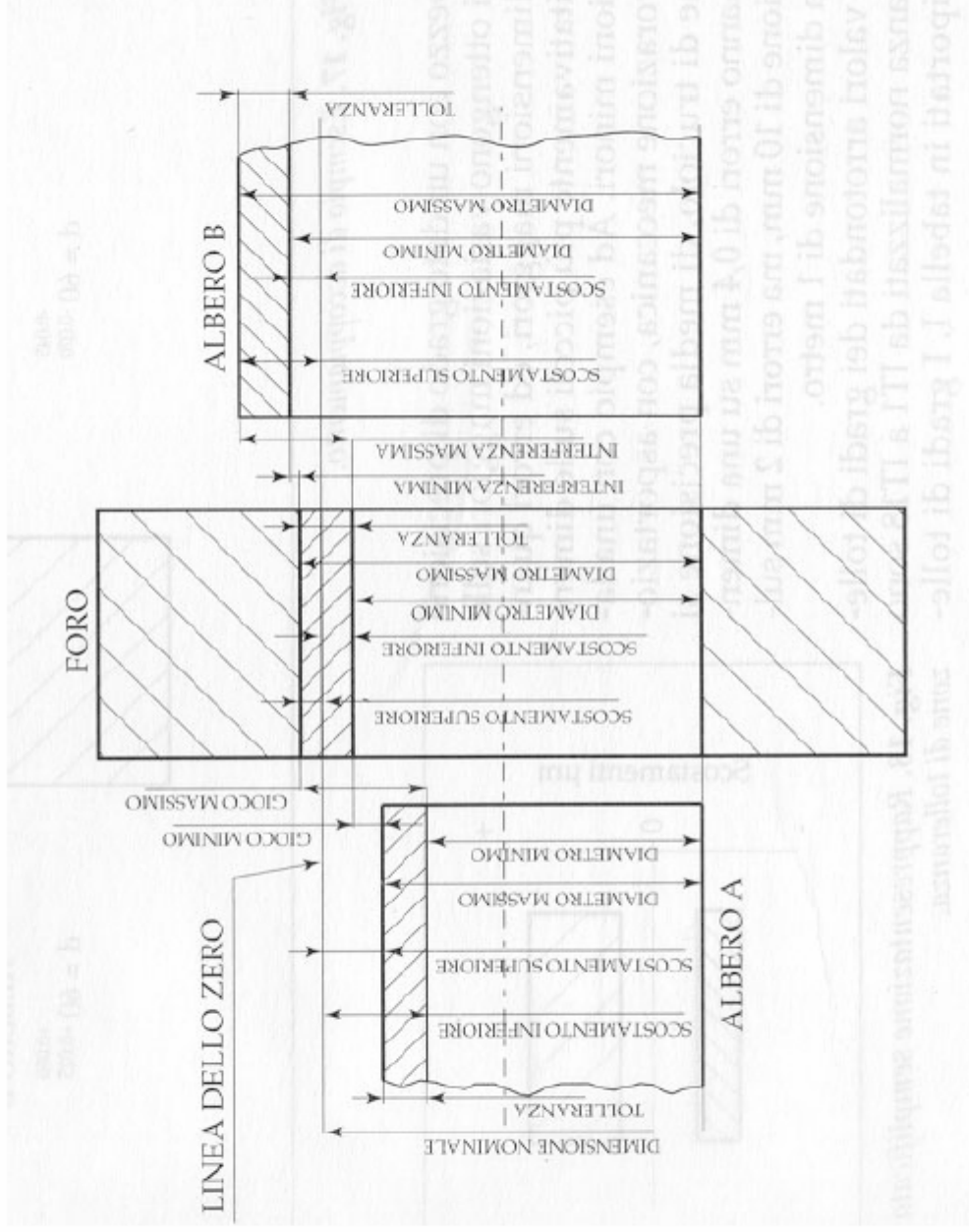


$$G_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 20.4 - 19.9 = 0.5 \text{ mm}$$

$$I_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 20.3 - 20 = 0.3 \text{ mm}$$

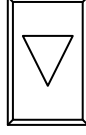
- **Gioco MASSIMO:** differenza tra dimensione massima del foro e dimensione minima dell'albero
- **Interferenza MASSIMA:** valore assoluto della differenza tra dimensione minima del foro e dimensione massima dell'albero

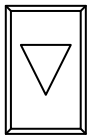
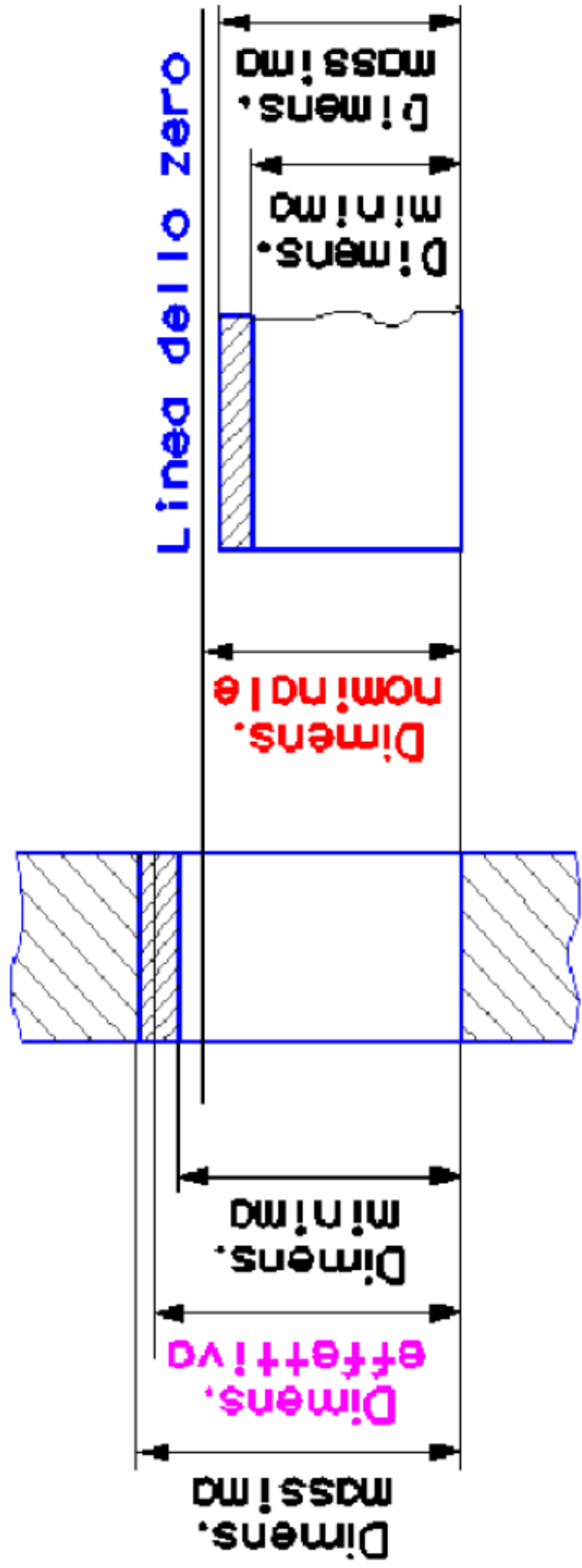
Riassumendo

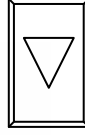
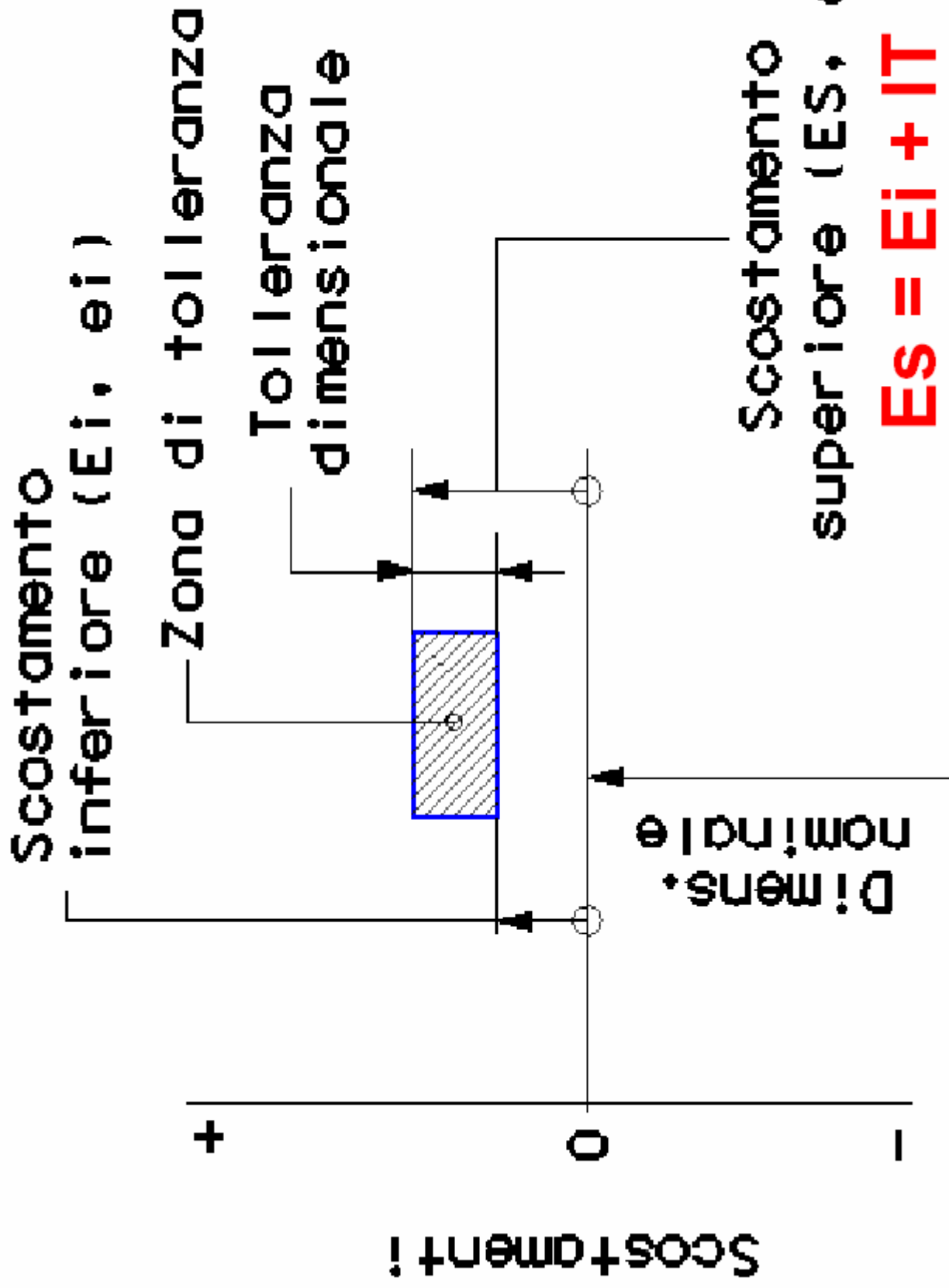


SISTEMA DI TOLLERANZE (UNI ISO 286)

- **AMPIEZZA DELLA ZONA DI TOLLERANZA**
- **POSIZIONE DELLA ZONA DI TOLLERANZA**
- **RISPETTO ALLA LINEA DELLO ZERO**







Scostamenti

Per indicare la posizione della tolleranza si utilizzano le differenze tra le dimensioni limite (massima e minima) e la dimensione nominale: queste differenze si chiamano scostamenti.

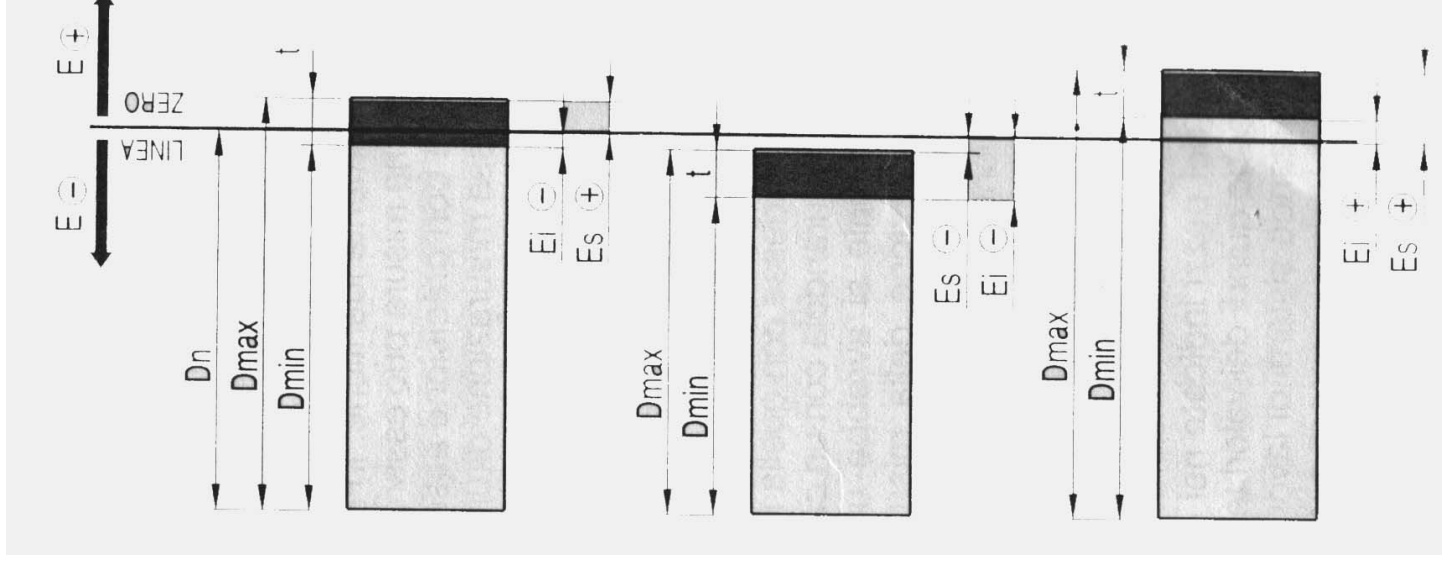
➤ **scostamento superiore**, (E_s) la differenza tra la dimensione massima e la dimensione nominale

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

➤ **scostamento inferiore**, (E_i) la differenza tra la dimensione minima e la dimensione nominale

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

A seconda della posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero, gli scostamenti possono essere positivi o negativi



Necessità della dipendenza della tolleranza e degli scostamenti dalla dimensione nominale

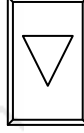
IT = 0.25 mm; scost. e = 0.25 mm

$$\frac{0.25 \text{ mm}}{1.0 \text{ mm}} = 25\%$$

$$D = 1 \text{ mm}$$

$$\frac{0.25 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} = 0.025\%$$

$$D = 1 \text{ m}$$

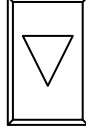


Ampiezza della zona di tolleranza

Tolleranza (IT)

• dimensione (D)

• grado di tolleranza
(q) (simbolo num.)

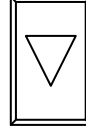


Gradi di tolleranza normalizzati (qualità)

Insieme di tolleranze considerate corrispondenti
ad uno stesso livello di precisione per tutte le
dimensioni nominali

20 (IT01, IT0, IT1, ..., IT18) $D \leq 500 \text{ mm}$

18 (IT1, ..., IT18) $500 \text{ mm} < D \leq 3150 \text{ mm}$



Gruppi dimensionali

Il valore della tol. dipende dalle dimensioni

- limitate tra 1 e 3150 mm
 - suddivise in due campi
 - da 1 a 500 mm
 - oltre 500 fino a 3150 mm
- suddivisi in gruppi:**
- principali
 - intermedi

Valori in mm

a) Dimensioni nominali minori od uguali a 500 mm		
gruppi principali		gruppi intermedi ¹⁾
oltre	fino a	oltre
–	3	fino a
3	6	
6	10	
10	18	Nessuna suddivisione
18	30	
30	50	
50	80	
80	120	
120	180	
180	250	
250	315	
315	400	
400	500	
		10
		14
		18
		24
		30
		40
		50
		65
		80
		100
		120
		140
		160
		180
		200
		225
		250
		280
		315
		355
		400
		450
		500

Valori in mm

b) Dimensioni nominali maggiori di 500 mm e minori o uguali a 3150 mm			
gruppi principali		gruppi intermedi ²⁾	
oltre	fino a	oltre	fino a
500	630	500	560
630	800	560	630
800	1 000	630	710
1 000	1 250	710	800
1 250	1 600	800	900
1 600	2 000	900	1 000
2 000	2 500	1 000	1 120
2 500	3 150	1 120	1 250
		1 250	1 400
		1 400	1 600
		1 600	1 800
		1 800	2 000
		2 000	2 240
		2 240	2 500
		2 500	2 800
		2 800	3 150

1) Tali gruppi sono utilizzati, in alcuni casi, per gli scostamenti da "a" fino a "c" e da "r" a "zc" o da "A" a "C" e da "R" a "ZC" (vedere prospetto II e III).

2) Tali gruppi sono utilizzati per gli scostamenti da "r" a "u" e da "R" a "U" (vedere prospetti II e III).

Gradi di tolleranza normalizzate (1/2)

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

GRADI DI TOLLERANZA NORMALIZZATI																			
Dimensione nominale mm	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
	Tolleranze																		
oltre	μm																		
fino a	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	22	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	15	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

Qualità della lavorazione

Gradi di tolleranza normalizzate (2/2)

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	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	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	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	Lavorazioni grossolane di stampaggio o fusione	Pezzi non destinati ad accoppiamenti con altri pezzi	

Tolleranza (IT) e Unità di tolleranza (i,I)

$$IT = n (q) \quad i (D) \quad IT5 - IT18$$

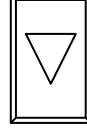
$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001 D$$

$$D \leq 500 \text{ mm}$$

$$IT = n (q) \quad I (D) \quad IT1 - IT18$$

$$I = 0,004 D + 2,1$$

$$500 \text{ mm} < D \leq 3150 \text{ mm}$$

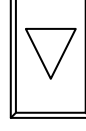


Divisione in gruppi di dimensioni nominali (UNI ISO 286)

$$D = \sqrt[2]{D_1 \cdot D_2}$$

(Per evitare di eseguire calcoli per tutte le dimensioni possibili)

D_1 e D_2 estremi minore e maggiore di ciascun gruppo dimensionale



Posizione della tolleranza

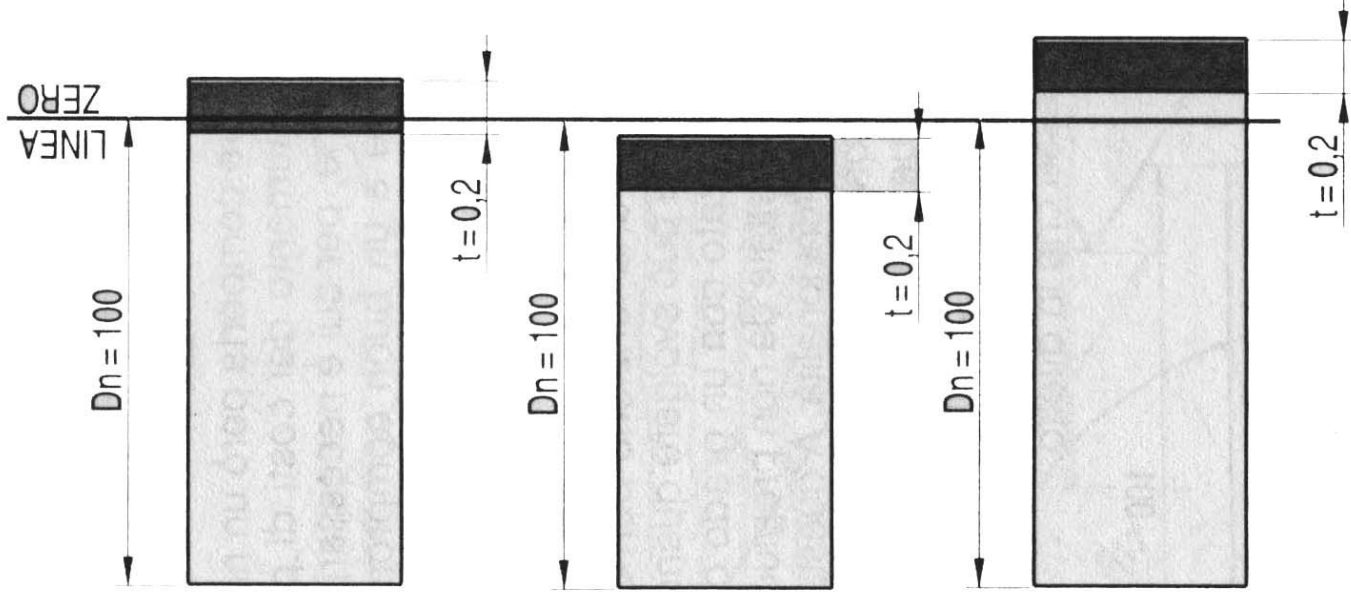
- A seconda delle esigenze, la tolleranza può essere assegnata:
 - tutta in eccesso;
 - tutta in difetto;
 - parte in eccesso e parte in difetto.

Pertanto, nello stabilire le tolleranze di lavorazione, oltre a valore della tolleranza deve essere anche indicata la sua posizione rispetto alla dimensione nominale.

- Nella rappresentazione grafica di un pezzo con tolleranza, si traccia una retta di riferimento detta linea dello zero, cui corrisponde la dimensione nominale

La definizione del grado di precisione di un pezzo è completa solo se sono definite:

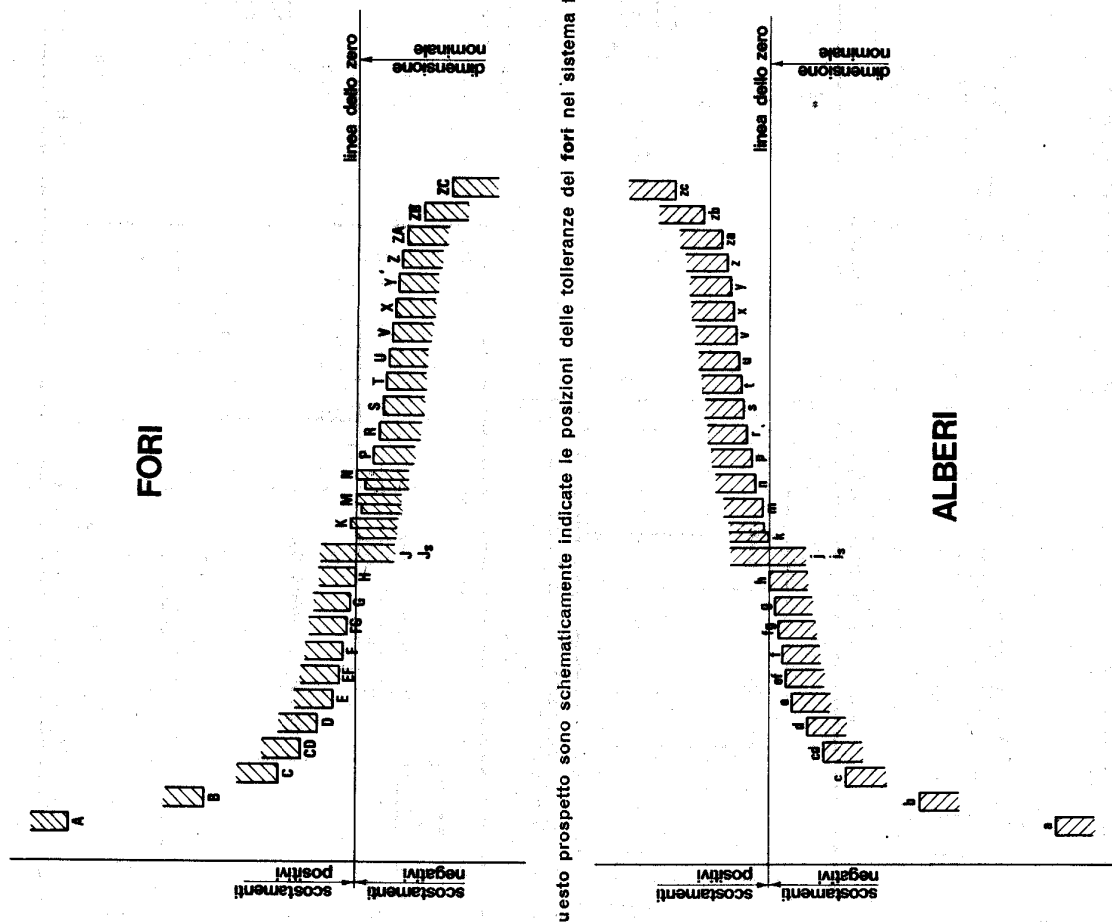
- La dimensione nominale;
- La tolleranza;
- La posizione della tolleranza rispetto alla linea dello zero.



- Posizione delle tolleranze

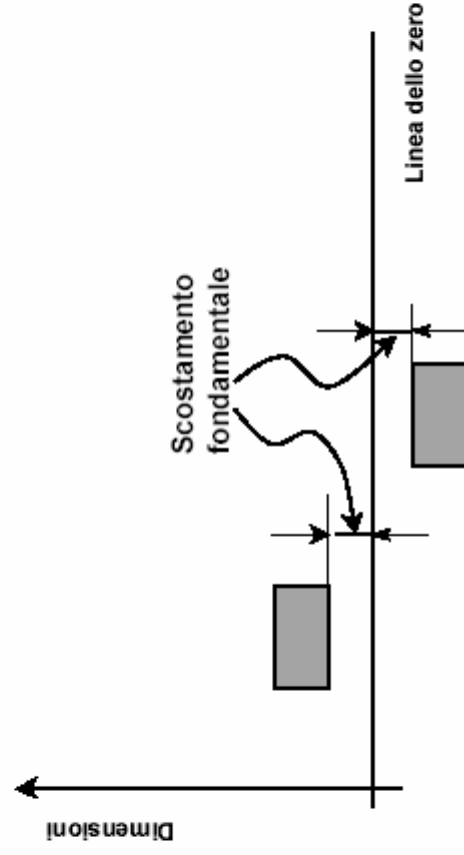
Rimane a questo punto da definire soltanto la **posizione del campo di tolleranza** rispetto alla linea dello zero. Per far questo, è sufficiente definire la posizione di uno degli scostamenti nominali, il superiore o l'inferiore, che verrà quindi detto **scostamento fondamentale**. L'altro scostamento si ottiene sommando o sottraendo allo scostamento fondamentale il valore della tolleranza t .

L'ISO prevede **28 possibili posizioni** di tolleranza rispetto alla linea dello zero, ciascuna individuata dalle lettere maiuscole che vanno da A a ZC per i fori e con lettere minuscole, da a a zc, per gli alberi.

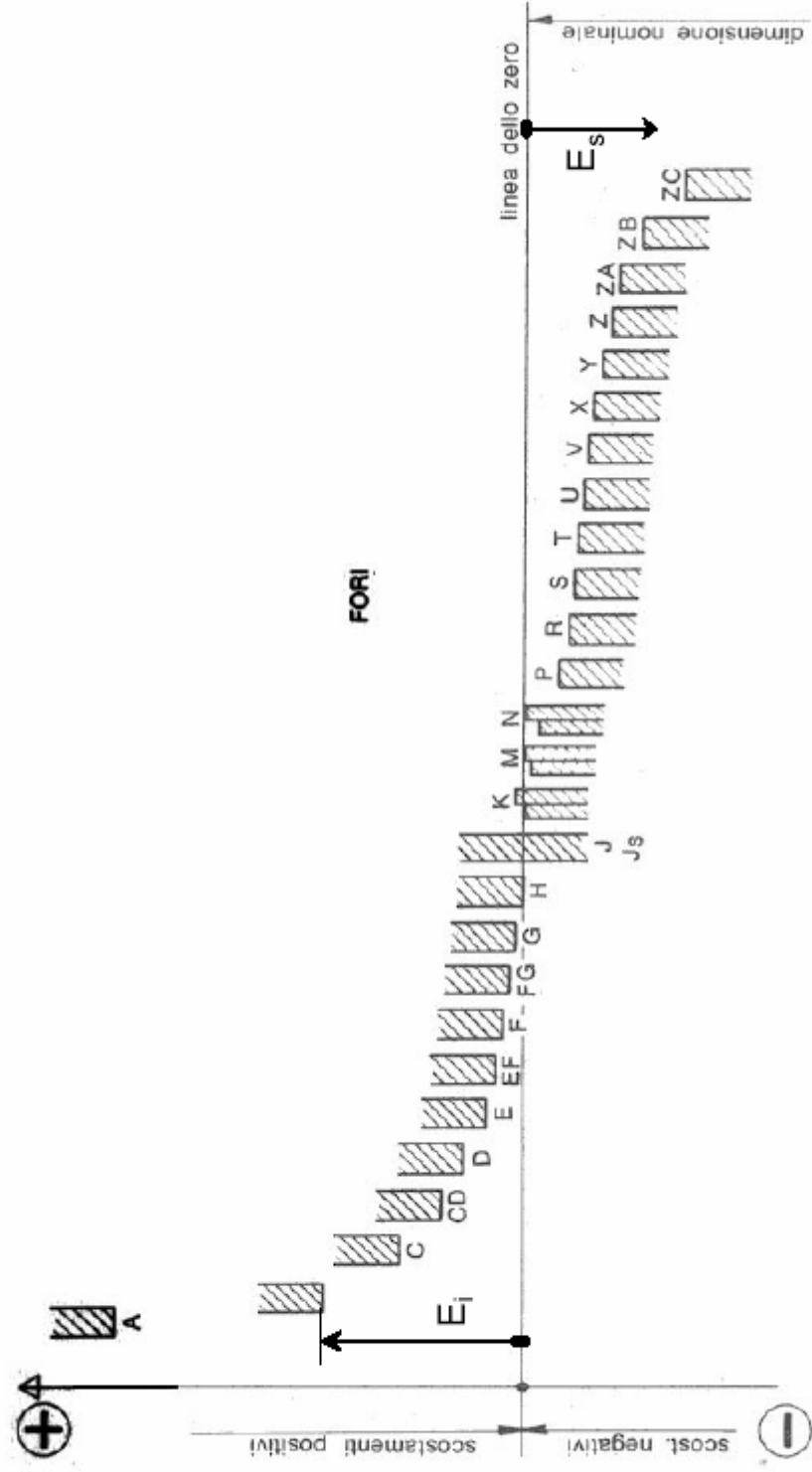


Posizione della tolleranza (1/3)

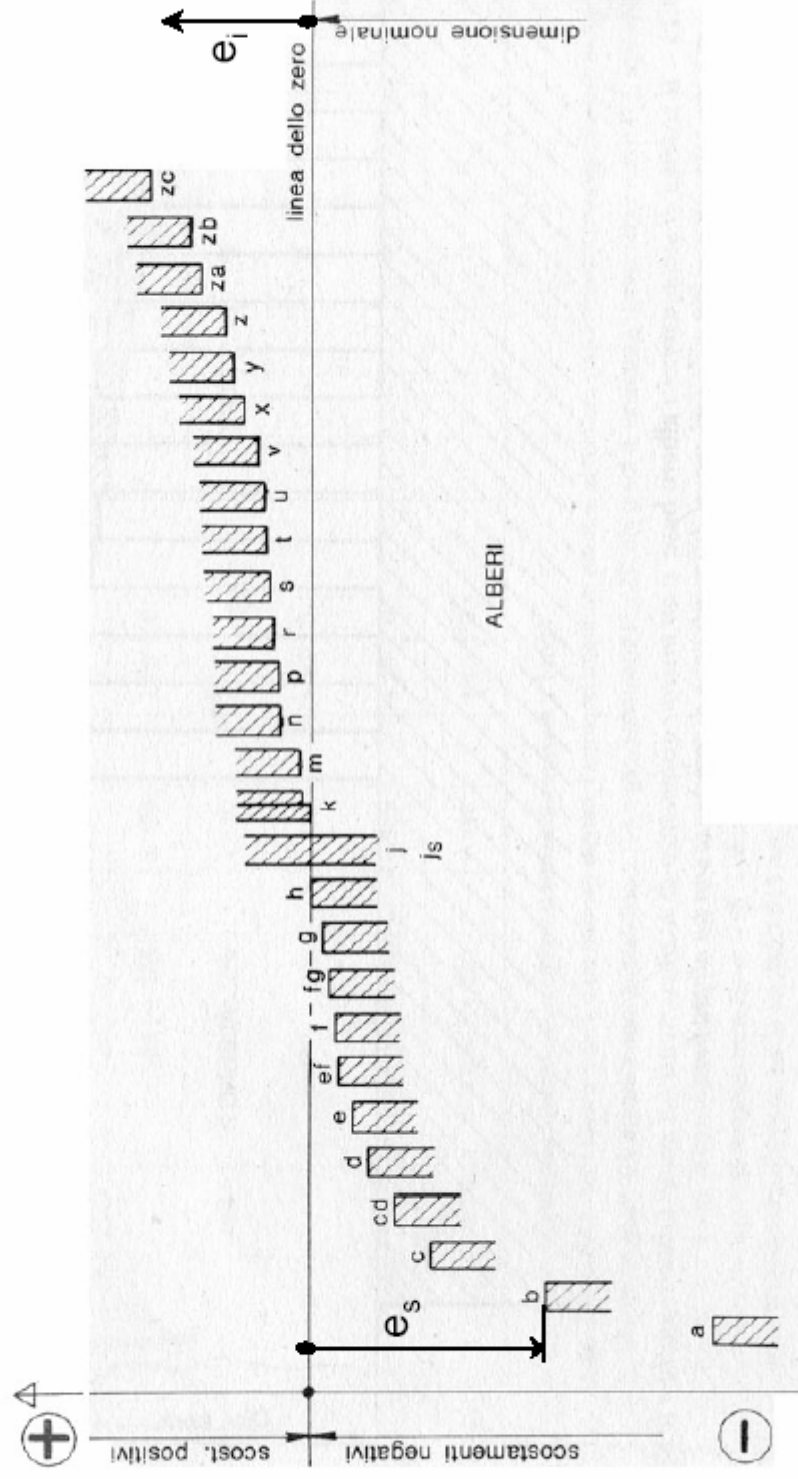
- **Designazione mediante una lettera o due**
 - maiuscola per fori pos **H** detta **foro base**
 - minuscola per alberi pos **h** detta **albero base**



Posizione della tolleranza (2/3)



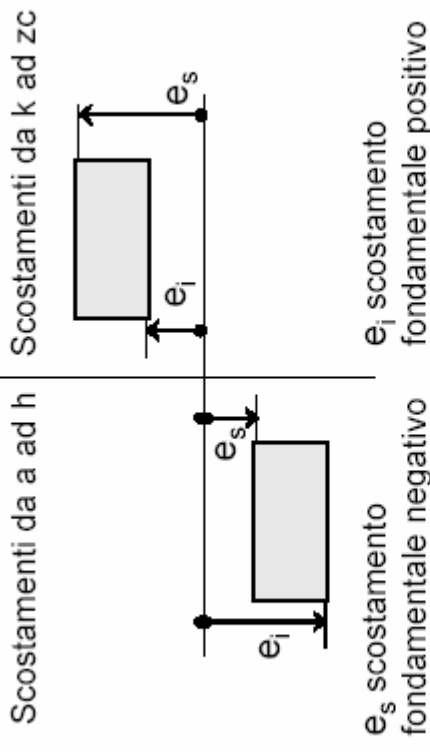
Posizione della tolleranza (3/3)



Scostamenti fondamentali

Alberi

- $e_i = e_s - IT$ da **a** ad **h**
- $e_s = e_i + IT$ da **j** ad **zc**



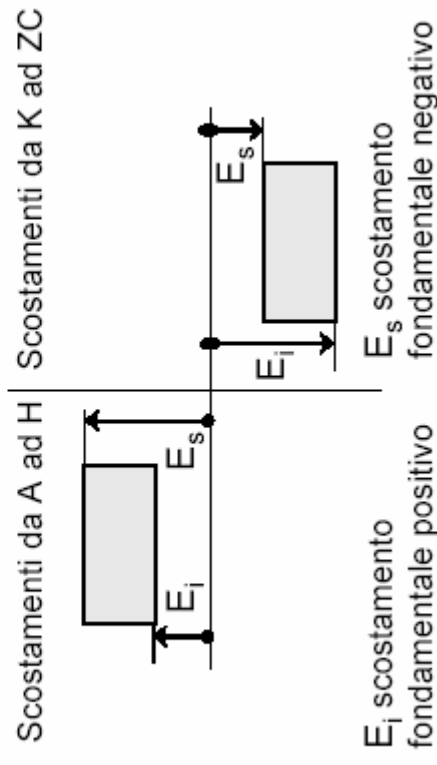
Fori

Regola generale

- $E_s = E_i + IT$ da **A** ad **H**
- $E_i = E_s - IT$ da **J** ad **ZC**

Regola speciale

- $E_s = -e_i + \Delta$ $\Delta = ITn - IT(n-1)$



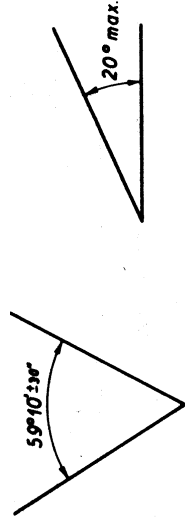
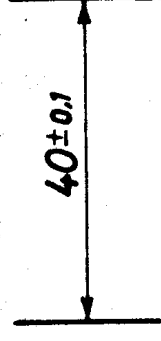
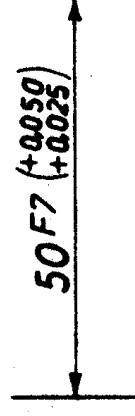
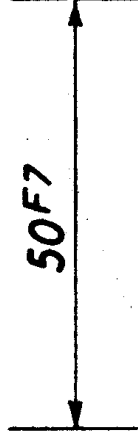
Scelta tolleranze sistema ISO

- Gradi di tolleranza sistema ISO: 20
- Posizioni: 27
- Combinazioni: $27^2 \times 20^2 = 291600$
- Utilizziamo da IT 6 a IT11, lavorazioni con macchine utensili tradizionali
- Combinazioni: $27^2 \times 6^2 = 26244$
- Usiamo sistema foro base o albero base
- Combinazioni: $27 \times 6^2 = 972$
- Riprendiamo lo schema delle tolleranze generali: IT6 molto preciso, IT7 preciso, IT8 medio, IT11 grossolano
- Combinazioni: $27 \times 4^2 = 432$
- Riduciamo ad 8 le posizioni, evitando giochi molto elevati ed interferenze eccessive: f, g, h, j, k, m, n, p
- Combinazioni: $8 \times 4^2 = 128$
- Sappiamo che si realizzano più facilmente le dimensioni esterne che quelle interne, pertanto se per l'albero si sceglie ITn, per il foro sarà IT(n + 1)
- Combinazioni: $8 \times 4 = 32$

- **Gioco:** H/f – H/g – H/h
- **Incerto:** H/j,k,m
- **Interferenza:** H/n,p

Indicazioni delle tolleranze nei disegni

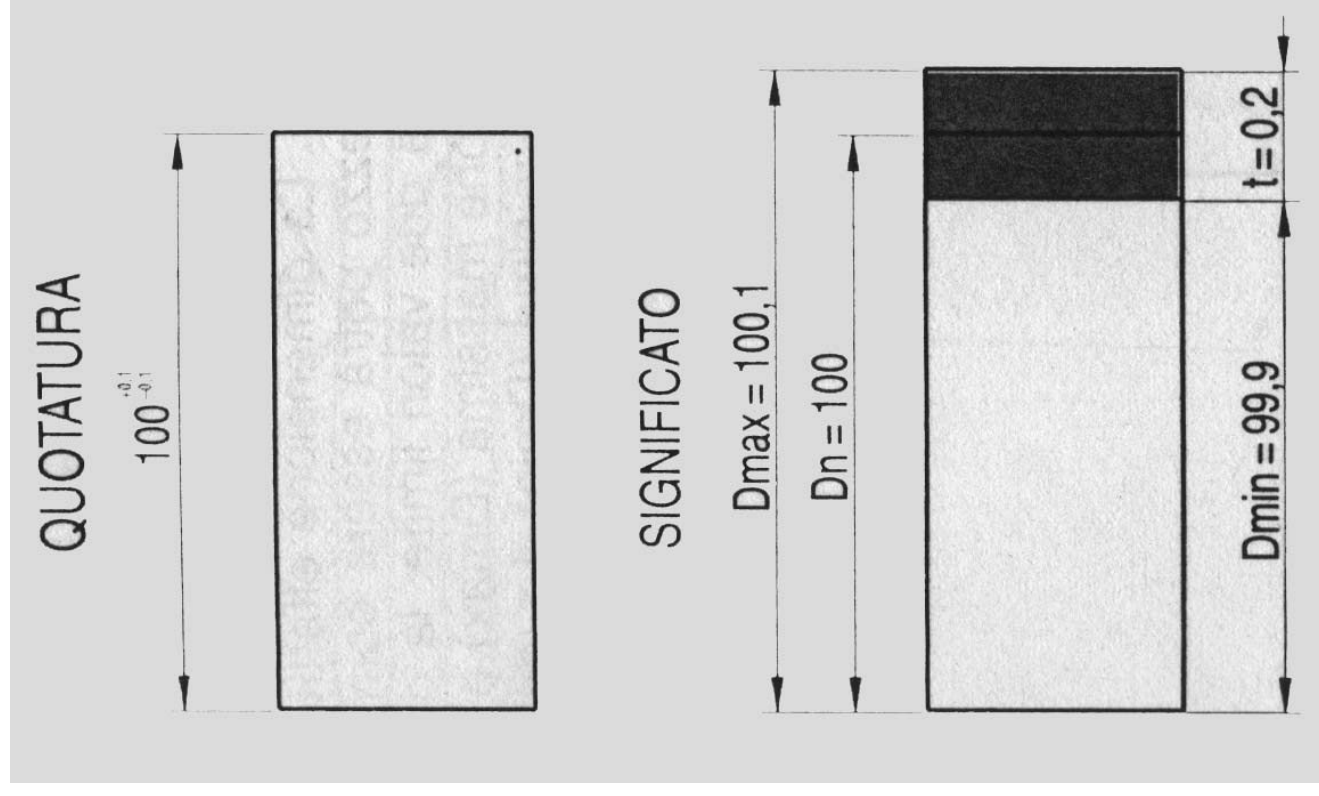
- Le tolleranze ISO possono essere indicate mediante la sola quota nominale seguita dal simbolo alfanumerico ISO corrispondente, ma per motivi di praticità di costruzione e controllo, si possono aggiungere tra parentesi gli scostamenti relativi.
- Se i valori degli scostamenti sono simmetrici rispetto alla dimensione nominale, il valore assoluto dello scostamento deve essere scritto una sola volta e preceduto dai segni + e -
- Nel caso di tolleranze relative a dimensioni angolari.



➤ Nell'indicazione della tolleranza, i relativi scostamenti devono essere scritti uno sotto l'altro: sopra lo scostamento superiore e sotto quello inferiore.

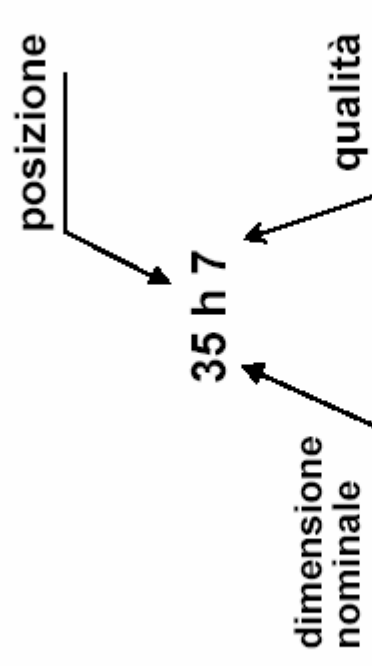
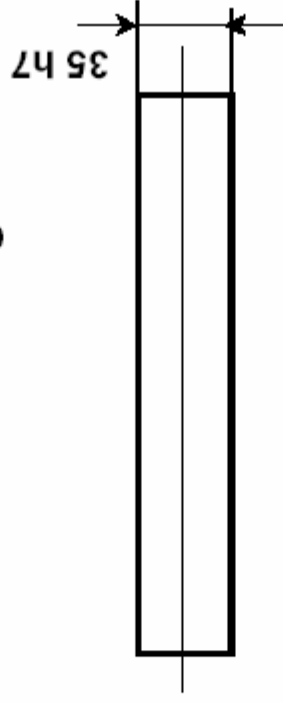
➤ I valori degli scostamenti devono essere espressi tutti con lo stesso numero di cifre, eccetto il caso in cui uno scostamento sia nullo, nel qual caso è sufficiente indicarlo con 0.

➤ Tolleranze su una quota orizzontale ed una verticale. Questo metodo di indicazione è l'unico consentito quando le tolleranze non sono quelle unificate.

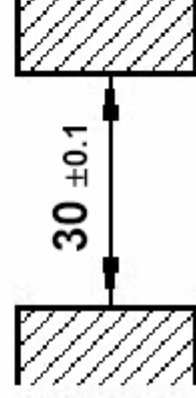
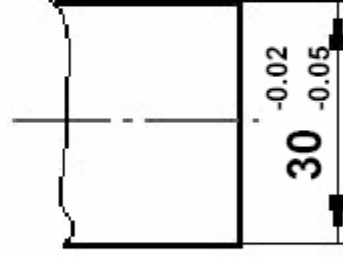


Indicazione delle quote con tolleranza (1/2)

- mediante la simbologia ISO

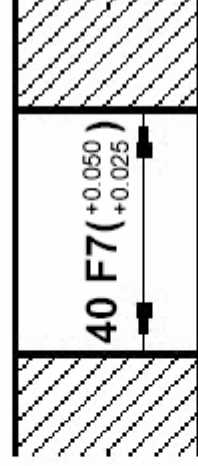


- mediante gli scostamenti limite

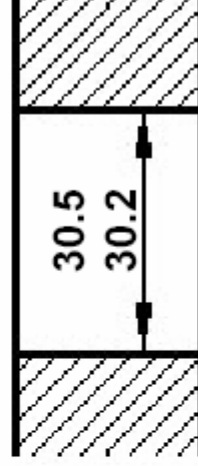


Indicazione delle quote con tolleranza (2/2)

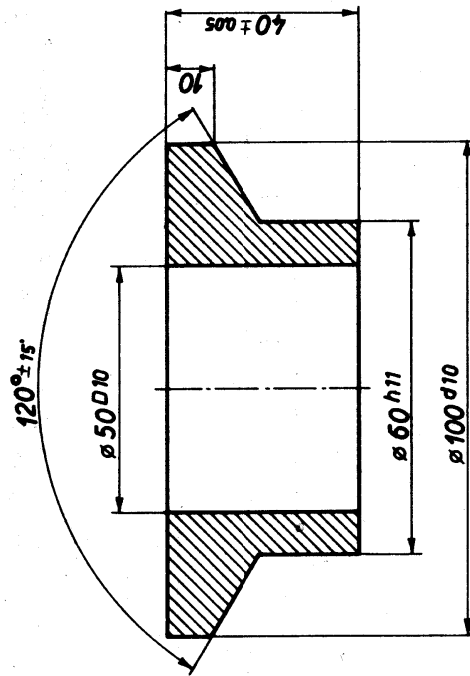
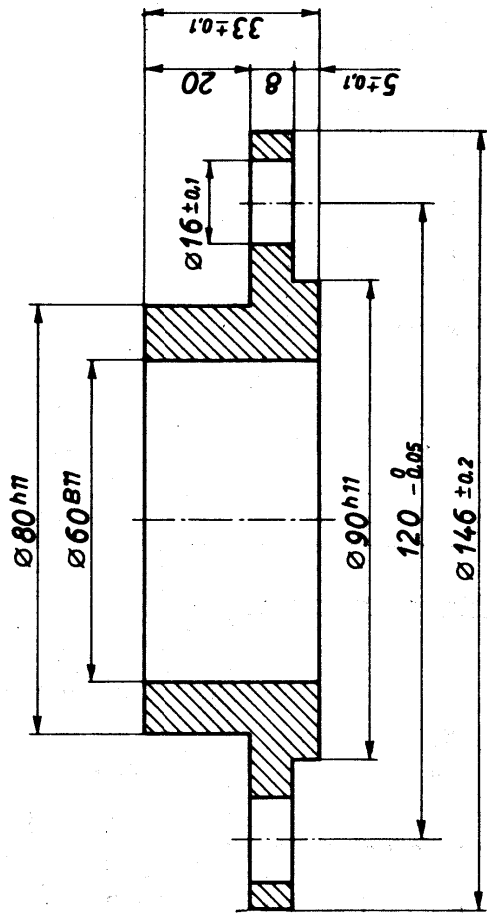
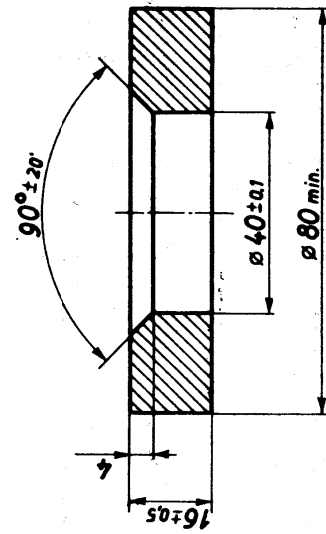
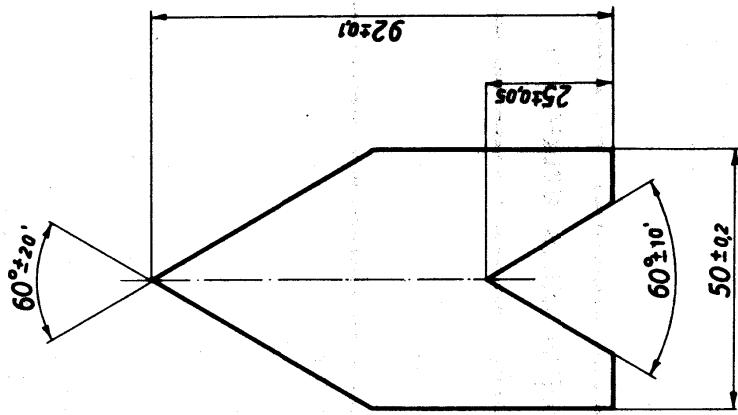
- mediante il simbolo della zona di tolleranza ISO e gli scostamenti limite



- mediante le dimensioni finite



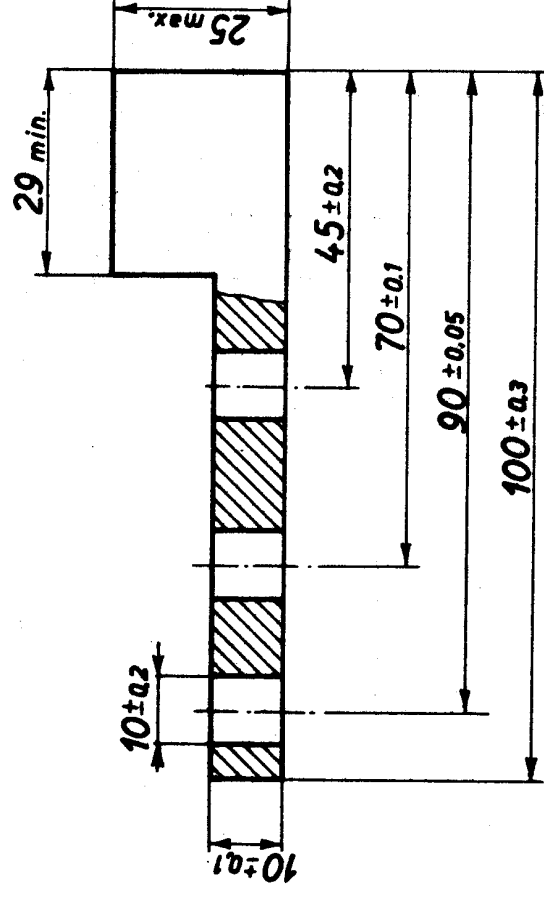
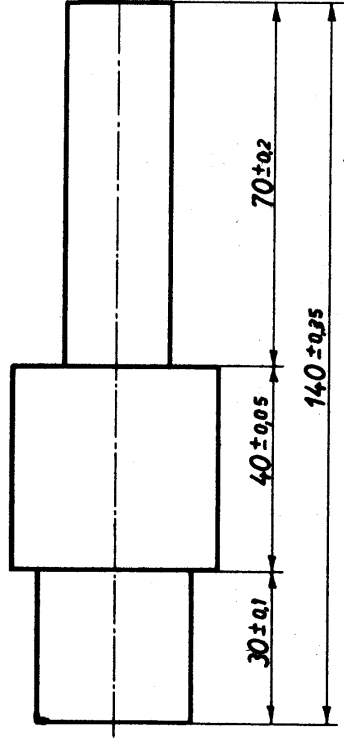
- Indicazioni delle tolleranze nei disegni (alcuni esempi)



- Indicazioni delle tolleranze nei disegni (alcuni esempi)

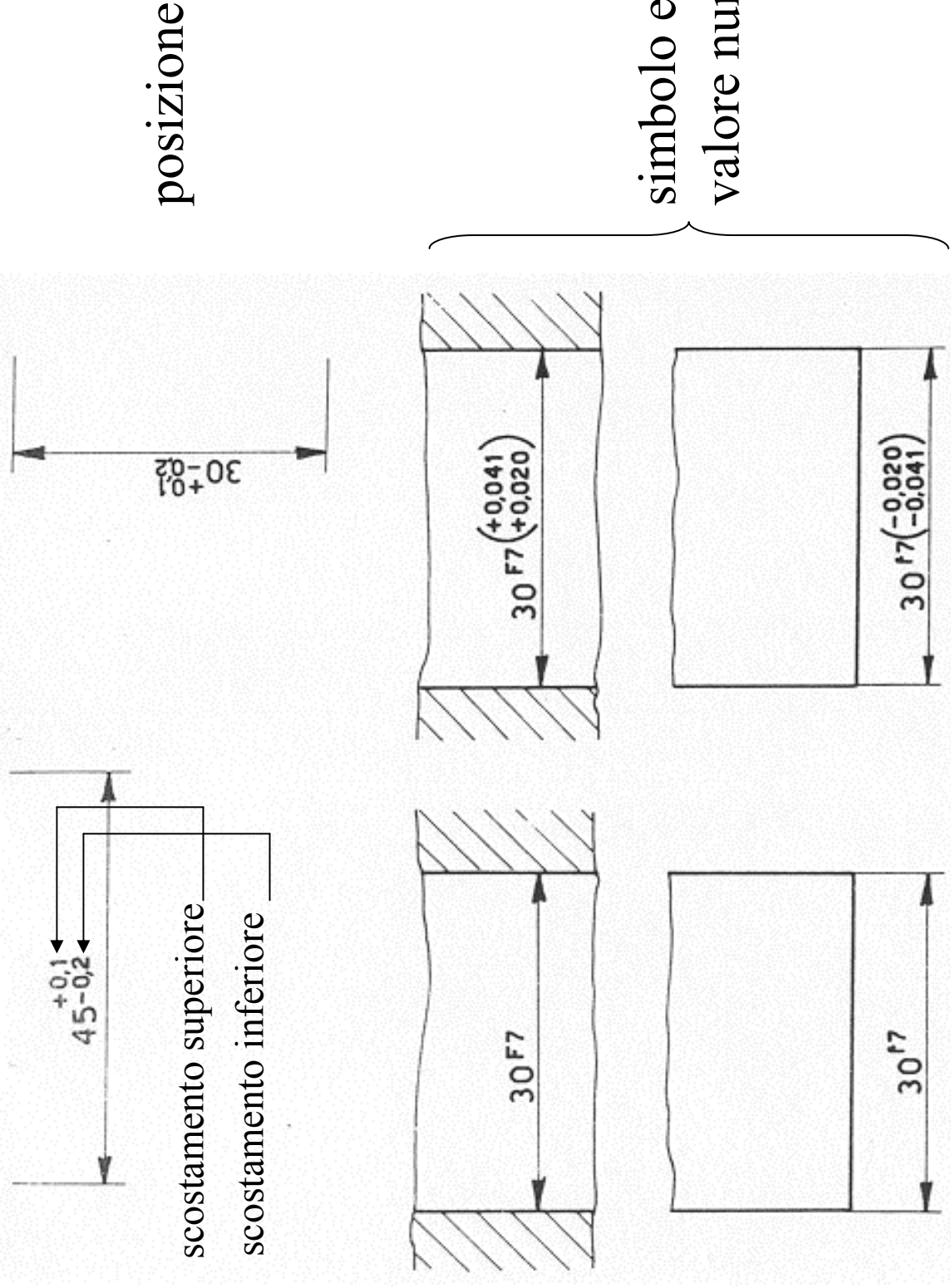
Comparazione dell'effetto delle tolleranze nei casi di quotatura in serie e in parallelo:

- Nel sistema di **quotatura in serie**, le tolleranze di ogni quota e quella della totale influiscono le une sulle altre; Gli scostamenti di ogni quota devono essere ricavati mediante semplice operazione di somma o sottrazione eseguite sugli scostamenti di tutte le altre quote.

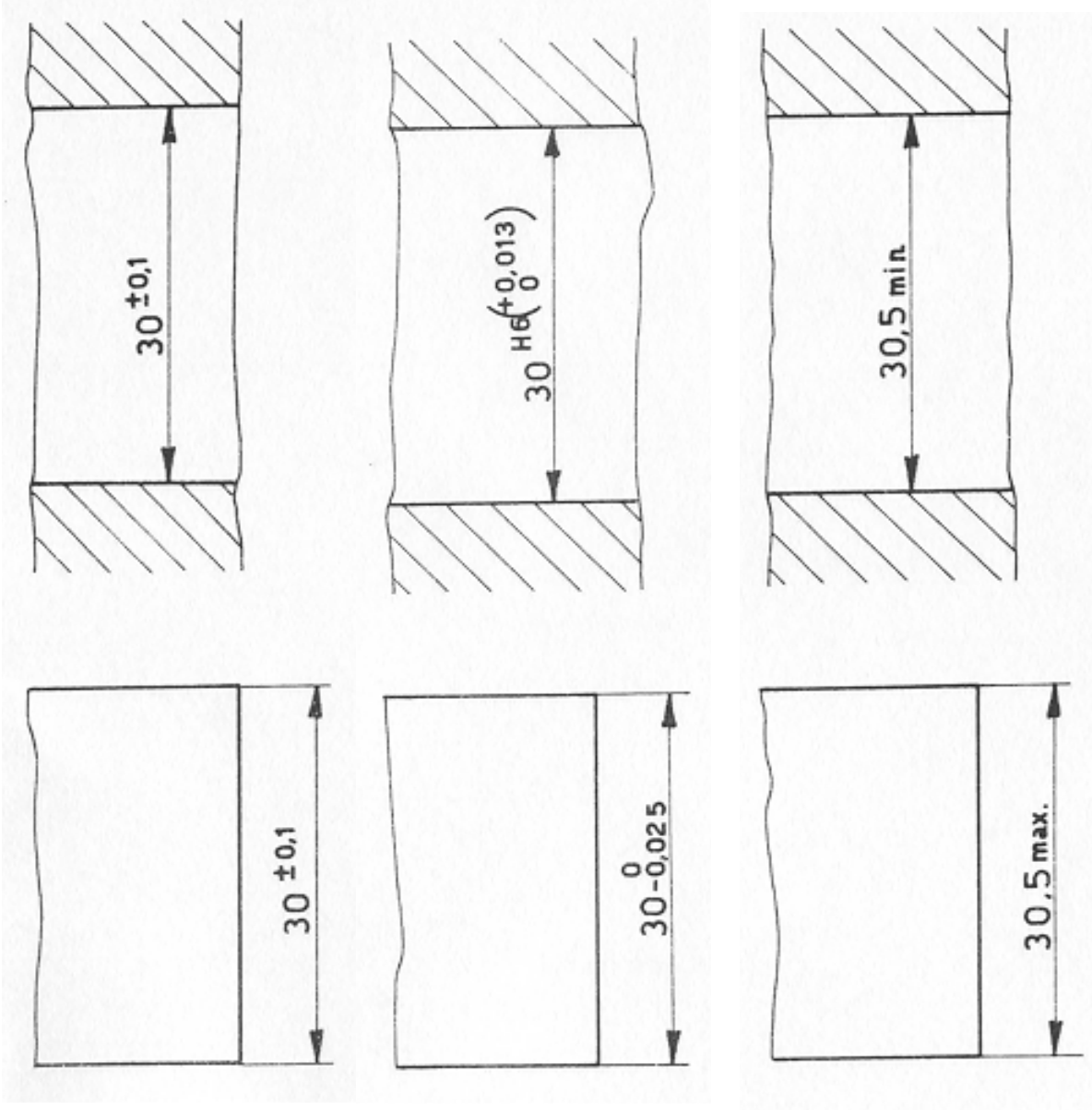


- Nella **quotatura con il sistema in parallelo** ogni quota ha le proprie tolleranze, sulle quali non influiscono le tolleranze delle altre quote.

INDICAZIONE DELLE TOLLERANZE (I)



INDICAZIONE DELLE TOLLERANZE (II)



tolleranza
simmetrica

uno scostamento
nullo

limitazione
unilaterale

Tolleranze generali

- Le dimensioni di un pezzo sono molte e se dovessero essere indicate tolleranze su ogni quota occorrerebbe molto tempo e la quotatura risulterebbe appesantita.
- L'indicazione delle tolleranze sul disegno dovrebbe però 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 personale. D'altra parte per un gran numero di dimensioni risultano accettabili gli errori ottenuti normalmente dall'abituale grado di precisione di officina.
- Si stabilisce allora con quale grado di precisione si intende eseguire la lavorazione e si fa riferimento a una **tabella** che indichi quali sono le corrispondenti tolleranze.
- La norma **UNI EN 22768/1** stabilisce le tolleranze generali per le dimensioni lineari ed angolari, prive di indicazioni di tolleranza specifiche, ed indica quattro classi di tolleranza o gradi di precisione.

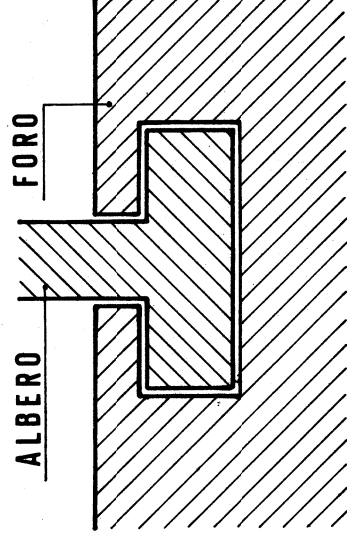
Le **lavorazioni** alle quali è applicabile la tabella unificata, indipendentemente dai tipi di macchine utensili utilizzate, sono: sbavatura, sgrossatura, taglio, tranciatura, molatura, lisciatura, rettifica, smerigliatura e similari dove sia coinvolta l'asportazione di truciolo.

Grado di precisione	Gruppo di dimensioni (dimensione del lato più lungo)		
	oltre 3 fino a 6 mm	oltre 6 fino a 30 mm	oltre 30 fino a 120 mm
Grossolano	± 1°	± 30'	± 20'
Medio			
Preciso			

Si deve considerare come lato minore dell'angolo, per l'angolo α la dimensione l e per l'angolo β la dimensione l_1 .

- Generalità sugli Accoppiamenti

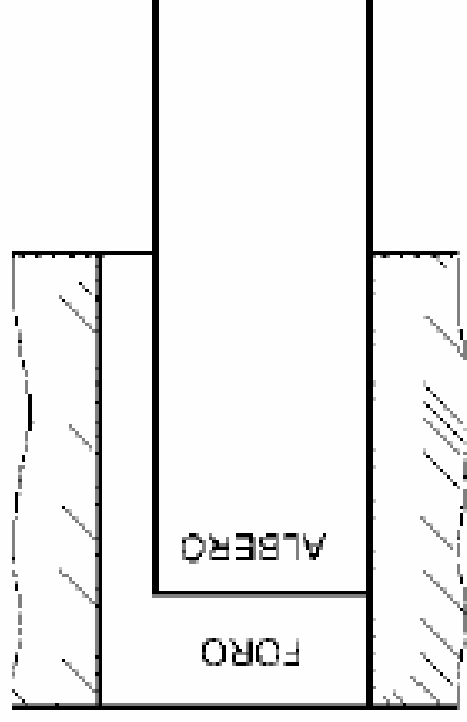
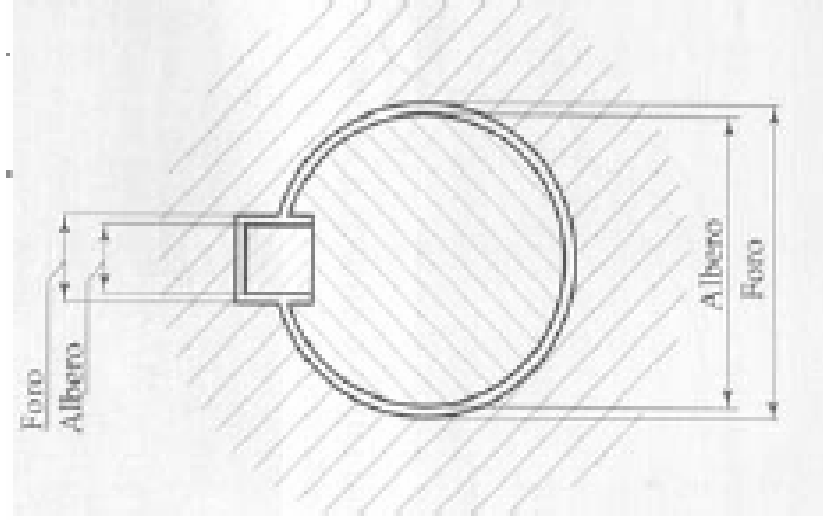
L'unione tra i pezzi prende il nome di **accoppiamento**. I tipi di accoppiamento con cui possono essere uniti due pezzi: incastro a coda di rondine, accoppiamento prismatico, ecc.



- Il tipo più semplice di accoppiamento è quello costituito da un **albero** e dal suo alloggiamento **foro**.
- **Albero** Termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi esterni di un pezzo "anche non cilindrici".

- Generalità sugli Accoppiamenti

- **Foro** Termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi interni di un pezzo “anche non cilindrici”.



"**Foro**" e "**Albero**" designano lo spazio, rispettivamente contenente e contenuto, compreso entro due facce (o piani tangenti) paralleli di un pezzo qualunque.

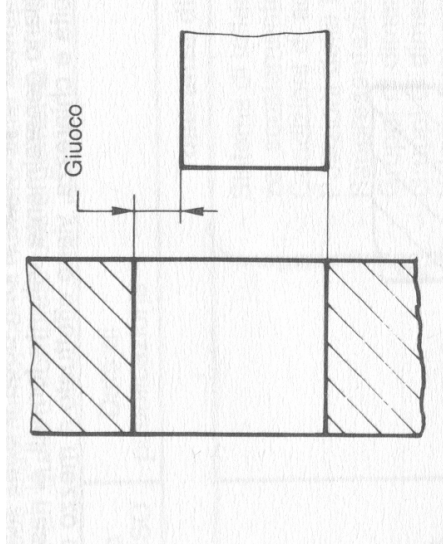
- Accoppiamenti mobili, stabili e incerti

L'accoppiamento avviene sempre tra elementi che hanno la stessa dimensione nominale alla quale è assegnato un ben preciso campo di tolleranza.

Possono aversi 3 casi:

- Quando la differenza tra il diametro del foro e quello del corrispondente albero è positiva, l'accoppiamento risulta mobile, cioè l'albero può compiere rotazioni o spostamenti assiali nel foro. In questo caso, si dice che tra il foro e l'albero vi è un gioco, misurato dalla differenza tra il diametro del foro e quello dell'albero. Nella rappresentazione grafica dell'accoppiamento le zone di tolleranza del foro e dell'albero sono completamente separate.

I due pezzi si accoppiano liberamente e l'accoppiamento si dice con gioco o mobile;



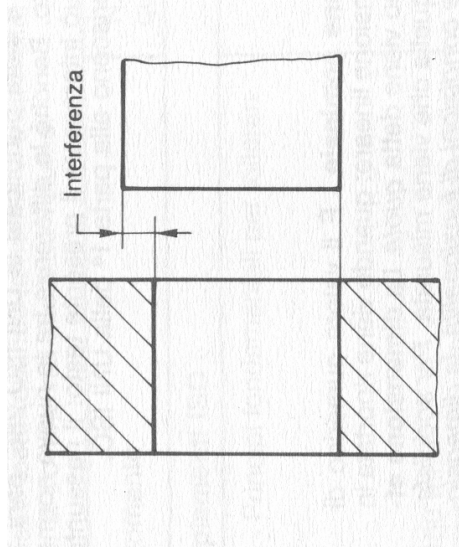
➤ Quando la differenza tra il diametro del foro, prima dell'accoppiamento, e quello dell'albero è negativa, l'accoppiamento è stabile, essendo l'albero più o meno fortemente bloccato nel foro.

L'accoppiamento può essere realizzato soltanto con uno sforzo esempio con una pressa. In questo caso si dice che tra foro e albero vi è una interferenza.

Nella rappresentazione grafica dell'accoppiamento, le zone di tolleranza del foro e dell'albero si sovrappongono totalmente.

L'albero ha dimensione effettiva maggiore di quella del foro; i due pezzi possono essere accoppiati solo mediante forzatura e

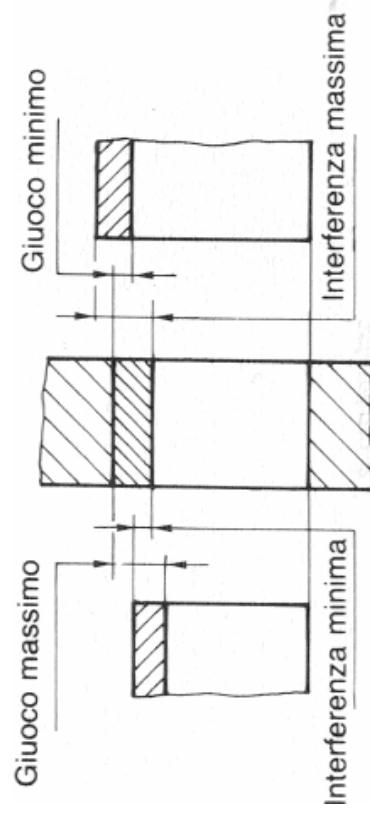
l'accoppiamento si dice con interferenza o stabile.



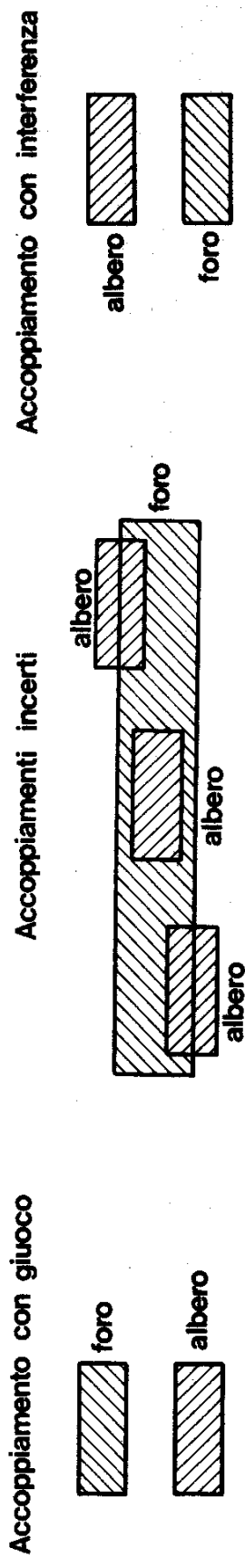
Tra l'accoppiamento con gioco e l'accoppiamento con interferenza si ha un caso intermedio, detto di accoppiamenti incerti, nel quale l'accoppiamento stesso può risultare mobile o stabile secondo le dimensioni effettive che il foro dell'albero presentano sempre nelle rispettive zone di tolleranza; si può avere un gioco o un'interferenza caso per caso.

➤ Nella rappresentazione grafica di un accoppiamento incerto le zone di tolleranza del foro e dell'albero sono parzialmente sovrapposte. Gli accoppiamenti con gioco possono presentare un gioco massimo o un gioco minimo. Analogamente, gli accoppiamenti con interferenza, possono presentare un'interferenza massima o un'interferenza minima.

I campi di tolleranza dell'albero e del foro hanno una parte in comune. I due pezzi possono accoppiarsi liberamente oppure richiedere il forzatura dell'uno nell'altro. L'accoppiamento si dice incerto;



- Condizioni di accoppiamento



L'unione di due o più pezzi deve essere realizzata in base a criteri di funzionalità.

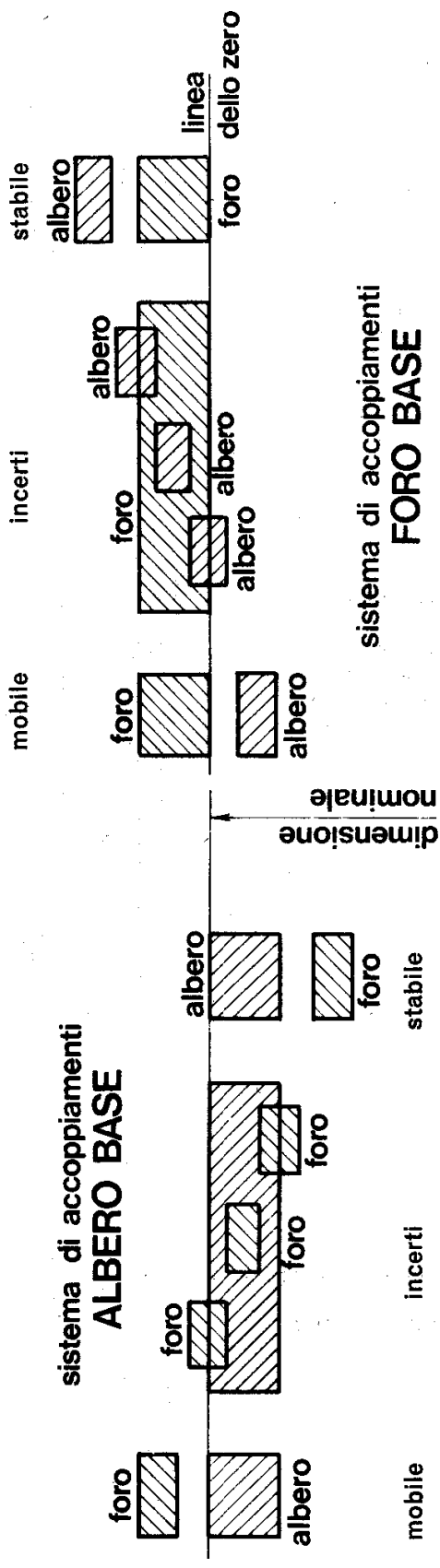
Un sistema di accoppiamenti è un insieme organizzato di accoppiamenti tra alberi e fori, appartenenti ad un dato sistema di tolleranze, in grado di soddisfare qualunque condizione sia desiderata per un accoppiamento.

Per ottenere una determinata condizione di accoppiamento, basta sistemare adeguatamente sia la posizione della tolleranza del foro, sia quella dell'albero.

Si ottengono 2 sistemi; secondo quale delle due tolleranze si tiene fissa

- **sistema albero base**
- **sistema foro base.**

- Sistema di accoppiamento albero base e foro base



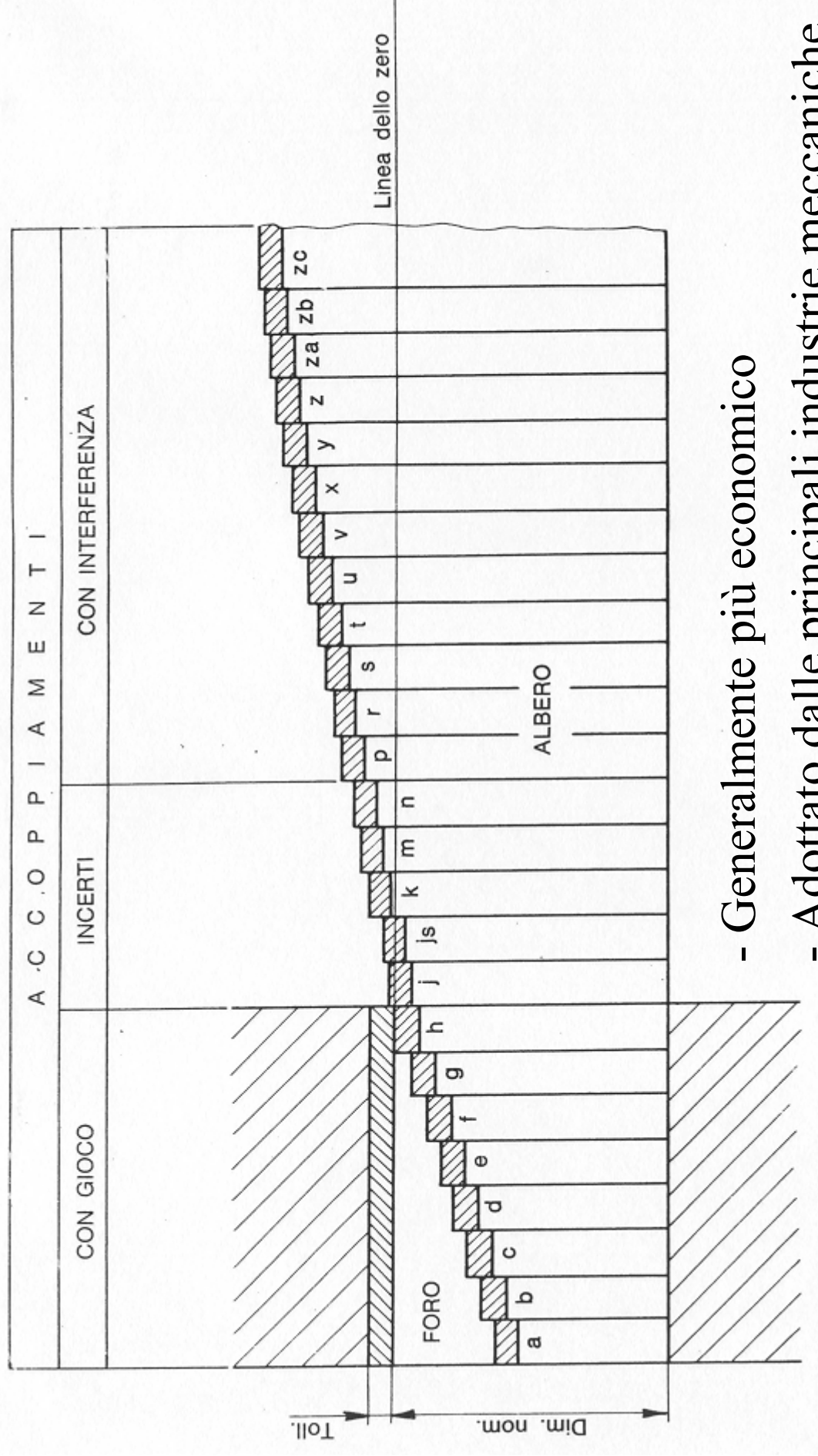
Sistema albero base

Nel sistema albero base si mantiene fissa la posizione della tolleranza dell'albero e si fa coincidere la massima dell'albero con la dimensione nominale. L'accoppiamento desiderato si ottiene variando la posizione della tolleranza del foro.

Sistema foro base

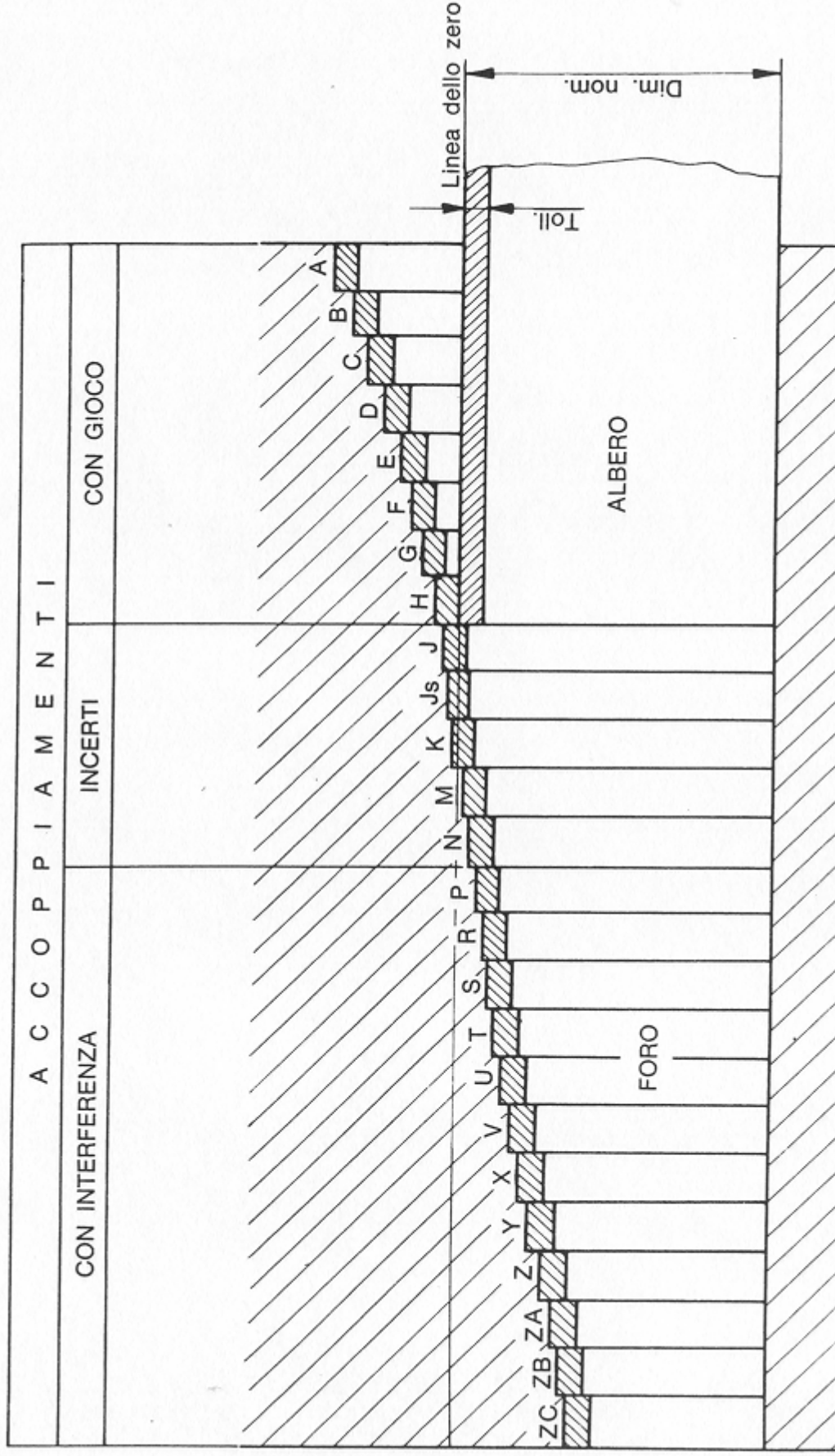
Nel sistema foro base si mantiene fissa la posizione della tolleranza del foro e si fa coincidere la dimensione minima del foro con la dimensione nominale. L'accoppiamento desiderato si ottiene variando la posizione della tolleranza dell'albero.

ACCOPIAMENTI FORO BASE



- Generalmente più economico
- Adottato dalle principali industrie meccaniche (auto, aeronautica, macchine utensili, ...)

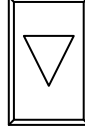
ACCOPPIAMENTI ALBERO BASE



- Adottato nella costruzione di trasmissioni, meccanica agricola, tessile, ...

Criteri di selezione delle tolleranze

- **Ricusa degli accoppiamenti tra pezzi lavorati con gradi di precisione molto diversi.**
- **Scelta delle zone di tolleranza di alberi e fori in modo da raccomandare solo uno tra gli accoppiamenti corrispondenti a condizioni simili di gioco o interferenza (UNI 7218).**
- **Adozione dei sistemi foro base, albero base.**



Accoppiamenti raccomandati

- **per alberi**
 - **a11, b11, c11, d8, d9, d10, e7, e8, e9, f6, f7, f8, g5, g6, h5, h6, h7, h8, h9, h11, js5, js6, js7, k5, k6, k7, m5, m6, m7, n5, n6, n7, p5, p6, p7, r5, r6, r7, s5, s6, s7, 75, y6, t7, u7**

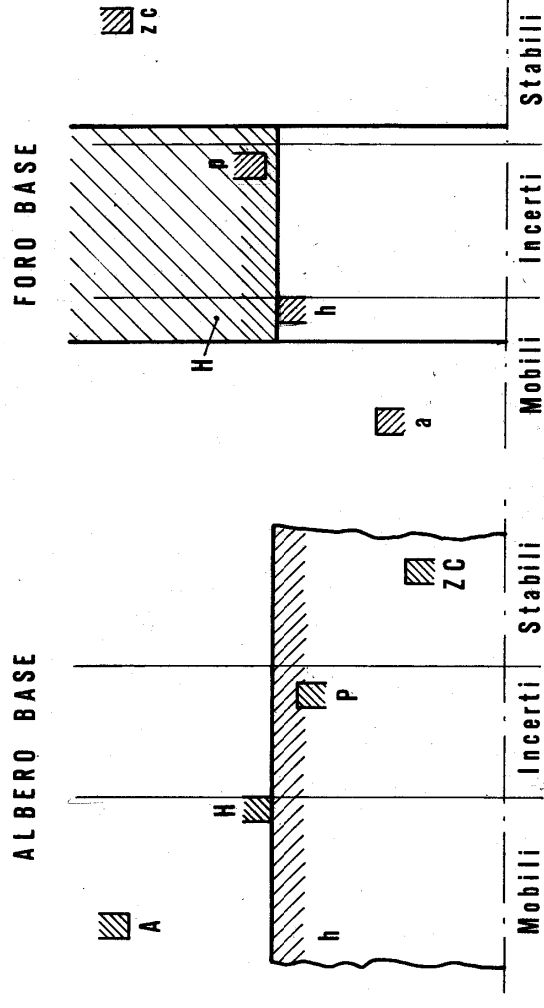
- **per fori**
 - **A11, B11, C11, D9, D10, E8, E9, E10, F6, F7, F8, F9, G6, G7, H6, H7, H8, H9, H10, H11, JS6, JS7, JS8, K6, K7, K8, M6, M7, M8, N6, N7, N8, P6, P7, P8, R6, R7, R8, S6, S7, T6, T7**

- Accoppiamenti raccomandati

➤ Per conferire determinate caratteristiche ad un accoppiamento si può scegliere, in teoria, fra un numero elevatissimo di coppie albero-foro: infatti è sufficiente che le ampiezze e le posizioni relative dei campi di tolleranza per ciascuna coppia siano le stesse perché tali risultino anche le caratteristiche di accoppiamento. In pratica, però, è conveniente riferirsi sempre a **coppie albero-foro particolari** e di generale impiego per le quali le caratteristiche di accoppiamento sono immediatamente individuate ed il controllo è spesso possibile con un numero non troppo elevato di calibri fissi.

Per questo sono stati introdotti due sistemi unificati di accoppiamenti denominati **albero base** e **foro base**.

Per ciascuno di essi si prende come fissa la posizione con scostamento fondamentale sulla linea dello zero (h oppure H); la scelta della posizione del campo di tolleranza dell'altro elemento definisce le caratteristiche dell'accoppiamento come può vedersi dallo schema sotto riportato:



- Accoppiamenti raccomandati (tabella 1)

➤ Nelle tre tabelle sono riportati alcuni accoppiamenti foro base e albero base di uso comune con le loro caratteristiche e l'indicazione dei tipici campi di impiego.

➤ Molto spesso ad un foro di qualità **n** è accoppiato un albero di qualità **n-1**, ciò in dipendenza della maggiore facilità con la quale si possono lavorare le superfici esterne.

Accoppiamento	Applicazione
H6/g5	Parti rotanti di alta precisione, con carichi anche forti, lubrificati razionalmente, a sustentazione idrodinamica corretta. Esempio: alberi rotanti di acciaio, bonificati e rettificati in bronzina (da non ripassare a mano, con accoppiamento esterno H6/n5; oppure da ripassare a mano, con accoppiamento esterno H6/p5). Mandrini di rettificatrici, di alesatrici, in bronzine registrabili (all'atto della registrazione). Ingranaggi per pompe d'olio, alloggiati nella cassa a elevato grado di precisione (in senso assiale e radiale). <i>Montaggio:</i> libero a mano.
H6/h5 - H6/h6	Centratra di accoppiamenti sotto alta precisione, scorrevoli assialmente o dotati di moto rotatorio lento od a carattere oscillante, con lubrificazione interna. Esempi: per leve oscillanti mosse da camme in bronzine. Aste di stantuffo e stantuffi senza segmenti, per pompe d'olio mobili nel cilindro. Manicotti porta-mandrino e mandrini per fresatrici od alesatrici di alta precisione. Perni nei pattini di comando di innesti di alta precisione. Cassetti o rubinetti a movimento alternativo longitudinale od angolare, per comandi idraulici di alta precisione nella loro sede. Spine di posizione di alta precisione. Bulloni di unione tra cappello e piede di biella. <i>Montaggio:</i> di scorrimento a mano.
H6/j5 - H6/j6	Accoppiamenti di precisione di parti reciprocamente fisse, sfilabili a mano; sedi fisse di centraggio di alta precisione; accoppiamenti stretti scorrevoli assialmente, a sede corta in genere. Esempi: ruote di ricambio, montate con chiavette o su alberi scanalati (centratra su albero interno). Grani di centratra di posizione con doppia superficie di centratra di diverso diametro nella parte smontabile. <i>Montaggio:</i> a mano con leggeri colpi di mazzuolo.
H6/n5	Accoppiamenti bloccati, non smontabili a mano. Parti che non necessitano di essere bloccate assialmente, ma soltanto contro la reciproca rotazione sotto l'azione di momento torcente, da montare a caldo con mazzuolo di legno od a freddo alla pressa (questa operazione non consente in genere successivi smontaggi). Esempi: ingranaggi di forza fissi, montati con chiavette o su alberi scanalati, da smontare molto raramente. Corone di bronzo per ruote elicoidali, da caletarsi sul corpo portante d'acciaio o di ghisa. Perni piantati smontabili (perni a due diametri, delle forelle per innesti). Bronzine nella loro sede esterna (se da smontare con una certa frequenza). Grani a doppia superficie di centratra cilindrica. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
H6/n6	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possono essere montati soltanto mediante forte pressione: i due organi vanno assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. Esempio: accoppiamento tra bussote di sede valvole e teste in un motore a combustione interna. <i>Montaggio:</i> con torchietto.
H6/p5	Accoppiamenti bloccati non smontabili. Per parti accoppiate che debbono comportarsi come un unico pezzo, da non smontarsi mai ed adatte a trasmettere forti carichi assiali e momenti torcenti senza l'uso di chiavette e simili, da smontare solo alla pressa a caldo. Esempi: tenoni piantati nelle forelle per comando di pattini. Innesti di grande responsabilità. Bronzine nella loro sede esterna, da non smontarsi mai. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
H7/f6	Accoppiamenti ruotanti in genere, con bassi carichi e senza esigenze di centramento preciso. Esempio: albero e boccole delle trasmissioni di comando a mano, non di notevole importanza. Pulegge folli, volanti di manovra. <i>Montaggio:</i> a mano.
H7/f7	Accoppiamenti rotanti molto veloci, con centratra anche imperfetta e sustentazione anche non perfettamente idrodinamica e gioco sensibile. Esempi: alberi veloci in genere, nelle relative bronzine (con accoppiamento esterno H7/n6 selezionato, da non ripassare). Mandrini di rettificatrici di precisione, nei relativi cuscinetti. Alberi (anche poco veloci), montati in bronzine aventi lunghezza assiale maggiore di due volte il diametro. Estremità dell'albero porta-fresa (lunga) direttamente montata nel cuscinetto del supporto di estremità. Chiavette. Albero per mandrino di trapani. Spine di posizione di media precisione. Diametri esterni di ingranaggi per pompe olio. <i>Montaggio:</i> libero a mano.

- Accoppiamenti raccomandati (tabelle 2 e 3)

Accoppiamento	Applicazione
H7/g6	Accoppiamenti rotanti a velocità periferica media (2 a 4 m/sec), con buona centratura. Accoppiamenti a movimento assiale alternativo a medie ed alte velocità < 35 m/min pari a circa 0,6 m/sec. Esempio: mandrilli per filetanti di media precisione, nei relativi cuscinetti (all'atto della registrazione). Bussole del supporto di entrata e di quello intermedio dell'albero porta-frese nelle relative sedi. Estremità dell'albero porta-frese (corsa) direttamente montato nel cuscinetto del supporto di estrimità. Alberi a bronzo in genere (bronzine con accoppiamento esterno a H7/n6 selezionato, da non ripassare, oppure con accoppiamento H7/r6, da ripassare). Ingranaggi per pompe d'olio alloggiati con precisione nella cassa (in sedi a filettate e radiali). Rasamenti di cuscinetti. Giunti di trasmissione a cacciavite. Ruote di cambio per diviori. Cuscinetti a sfere non molto veloci e poco carichi. <i>Montaggio:</i> di scorrimento a mano.
H7/h6	Impieghi analoghi all'accoppiamento H6/h5 ma di minore precisione, buone centrature di scorrimento, sedi meno precise ma più lunghe che con l'accoppiamento H6/h5. Per organi con centraggio buono, sottoposti a carichi non rilevanti ed a frequenti smontaggi. Esempi: alberi porta-frese. Aste di stannuffi, di pompe olio alternate nel cilindro. Cassetti e rubinetti a movimento alternativo in senso assiale ed angolare, per comandi idraulici di precisione. Mozzi di ingranaggi per catene. <i>Montaggio:</i> di scorrimento a mano.
H7/j6	Impieghi analoghi all'accoppiamento H6/j5 ma di minor precisione; accoppiamenti di spinta meno precisi, ma più lunghi che con l'accoppiamento H6/j5. N.B.: Accoppiamento possibilmente da evitare; generalmente sostituibile con l'accoppiamento H7/h6. <i>Montaggio:</i> a mano col mazzuolo. Raffreddare eventualmente l'albero.
H7/m6	Impieghi analoghi a quelli dell'accoppiamento H7/j6, ovvero H7/h6, se preceduti da selezione. N.B.: Accoppiamento completamente incerto possibilmente da evitare, oppure da selezionare. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o con torchietto, e con differenza di temperatura.
H7/n6	Impieghi analoghi all'accoppiamento H6/n5, di minor precisione e un po' meno bloccati; buone centrature, con sedi un po' lunghe ed in condizioni di montaggio di media difficoltà. N.B.: Accoppiamento spesso sostituibile con l'accoppiamento H7/r6 od H7/p6, oppure da selezionare. <i>Montaggio:</i> a mano, o con mazzuolo o torchietto, e con differenza di temperatura.
H7/r6 - H7/s6	Accoppiamenti bloccati non smontabili. Per parti accoppiate da considerarsi come un pezzo solo, da non smontarsi mai, adatte a trasmettere carichi assiali e coppie senza l'uso di chiaveve o simili, da smontare alla prima occasione. Impieghi analoghi a quelli dell'accoppiamento H6/p5. <i>Montaggio:</i> a mano, con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
H7/u7	Per organi fissi a bloccaggio fortissimo con smontaggio effettuabile solamente per sostituzione di uno degli organi. Usato principalmente per parti di acciaio da non smontare se non per sostituzione, come ad es. boccole di acciaio e bronzo nelle relative sedi e perni con organi di mozo. <i>Montaggio:</i> con torchietto od a mano con differenza di temperatura.
H8/h8	Accoppiamenti scorrevoli assialmente lubrificati, senza esigenza di precisione, a sede lunghissima, oppure con bassi carichi e montati senza sforzo. Esempio: cassette e rubinetti idraulici di pompe alternative, nei cilindri, ecc., di meccanica corrente. Alberi e boccole di trasmissione ruotanti a bassa velocità, centramenti grossolani di scorrimento soggetti a sforzi di scarsa entità. <i>Montaggio:</i> a mano.

Tabella V-5b - Accoppiamenti raccomandati albero-base.

N6/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possano essere montati o smontati soltanto mediante forte pressione; i due organi vanno normalmente assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.
M6/h6	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possono essere montati e smontati senza grande pressione; i due organi vanno assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e con differenza di temperatura.

Accoppiamento	Applicazione
K6/h6	Per organi fissi uno rispetto all'altro, che possono essere montati o smontati facilmente: i due organi vanno assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o piombo.
J6/h6	Per organi che non devono scorrere facilmente uno rispetto all'altro ed assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano o con leggeri colpi di martello di legno.
H6/h6	Per organi che possono muoversi uno rispetto all'altro con movimento lento. <i>Montaggio:</i> a mano.
R8/h7 - P7/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro. Per dimensioni nominali superiori a 100 mm e per il foro R8 è bene eseguire prove per determinare se l'accoppiamento dà luogo alle caratteristiche desiderate. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e differenza di temperatura.
N7/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro ed assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano con mazzuolo o torchietto e differenza di temperatura.
K7/h7	Per organi fissi uno rispetto all'altro montabili e smontabili senza esercitare pressioni notevoli ed assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a mano o con martello di piombo o con leggera pressa a mano.
J7/h7	Per organi che non devono scorrere facilmente uno rispetto all'altro, ma che possano essere montati e smontati facilmente, assicurati contro la rotazione e lo scorrimento. <i>Montaggio:</i> a semplice pressione della mano o con leggeri colpi di martello di legno.
H7/h6	Per organi che possano muoversi lubrificati uno rispetto all'altro con movimento lento. <i>Montaggio:</i> a mano.
G7/h7	Per organi che debbano muoversi uno rispetto all'altro, ma senza giuoco sensibile. <i>Montaggio:</i> a mano.
F8/h7	Per organi che debbano muoversi uno rispetto all'altro con giuoco sensibile. <i>Montaggio:</i> a mano.
E8/h7	Per organi che debbano muoversi uno rispetto all'altro con giuoco abbondante. <i>Montaggio:</i> a mano.
H9/h8	Per organi che possono essere montati senza sforzo e che, nelle condizioni normali di lavoro, possono scorrere facilmente uno sull'altro per mezzo di lubrificanti. <i>Montaggio:</i> a mano.
F9/h8 - E9/h8	Per organi che debbano muoversi uno rispetto all'altro: l'accoppiamento può dare giuoco piccolissimo od abbondante ed è quindi atto a soddisfare condizioni di accoppiamento diverse. <i>Montaggio:</i> a mano.
D10/h8	Per organi che debbano muoversi uno rispetto all'altro, dà sempre giuoco molto abbondante. <i>Montaggio:</i> a mano.
H13/h11	Per organi che in tutti i casi devono poter essere montati o smontati e per i quali, malgrado le ampie tolleranze di lavorazione, si richiede un giuoco possibilmente piccolo. <i>Montaggio:</i> a mano.
B11/h11 - C11/h11	Per organi da montare molto liberi fra loro e per i quali siano trascurabili grandi differenze di giuoco. <i>Montaggio:</i> a mano.
A11/h11	Per organi che debbano essere montati liberrissimi uno rispetto all'altro e che richiedono giuoco abbondante. <i>Montaggio:</i> a mano.

Gli accoppiamenti vengono designati indicando:

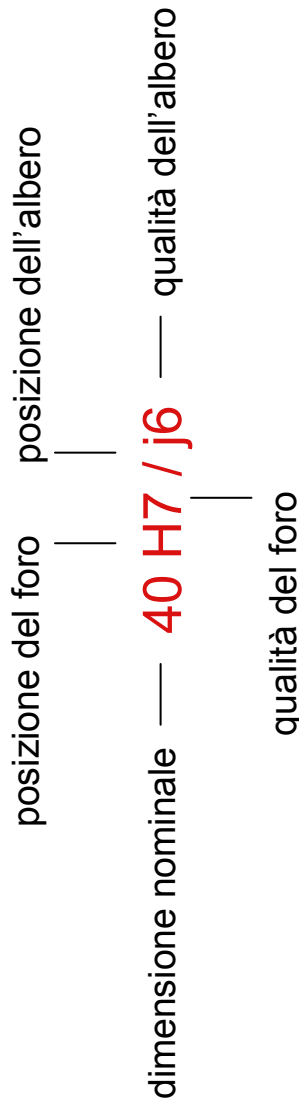
- **la dimensione nominale comune**
- **la posizione e il grado di tolleranza** rispettivamente del foro e dell'albero

Esempio

40 H7/j6 foro H7 accoppiato con un albero j6

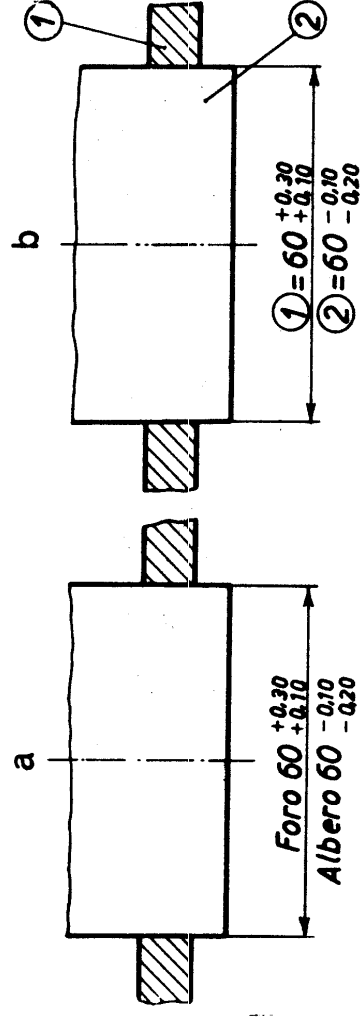
Nella scelta degli accoppiamenti occorre sempre tenere presente che, si lavorano più facilmente le dimensioni esterne (alberi) rispetto a quelle interne (fori). Solitamente pertanto, ipotizzando la stessa accuratezza, si prevede di accoppiare un albero con grado di tolleranza IT(i) con un foro di grado IT(i+1)

Il sistema ISO prevede per gli accoppiamenti la seguente designazione:

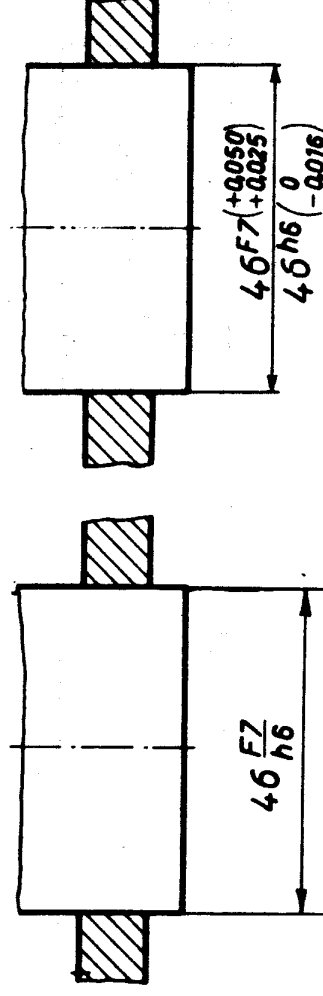


- Indicazioni delle tolleranze nei disegni

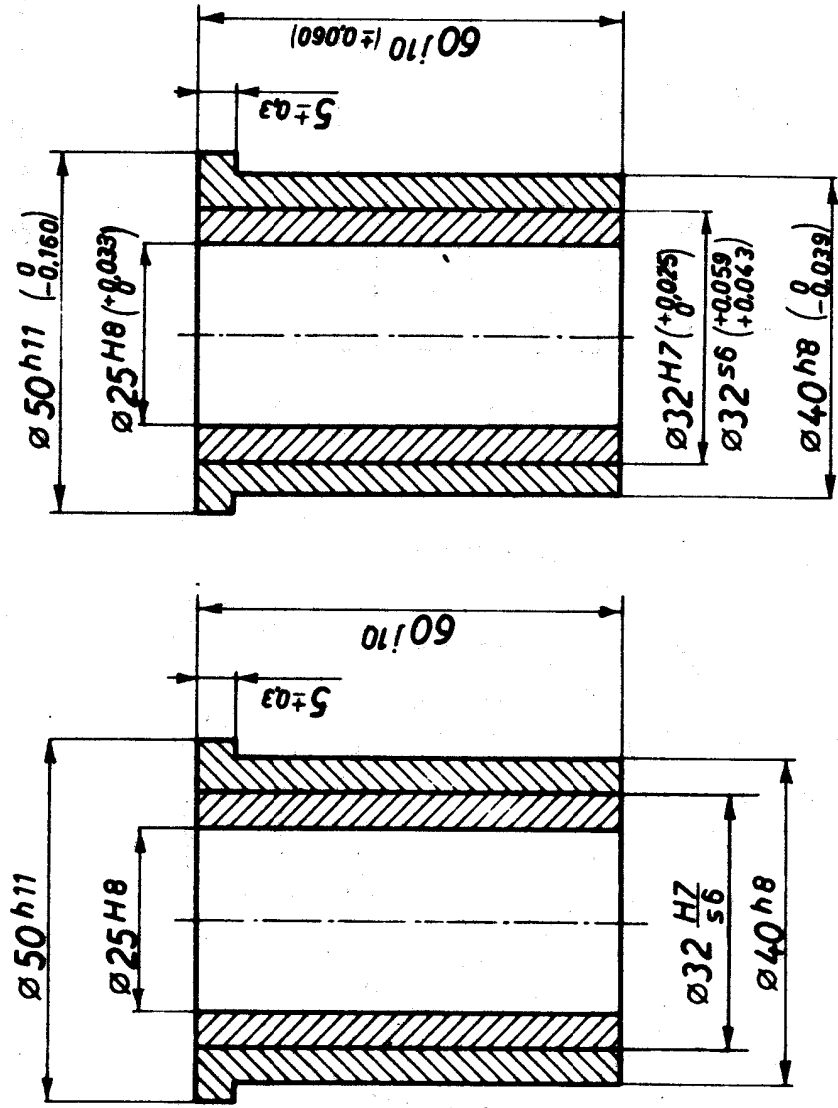
- Quando per particolari esigenze si quota un **comlessivo**, le quote di ciascun elemento devono essere precedute dalla denominazione dell'elemento cui le quote si riferiscono, oppure dal riferimento dell'elemento stesso.



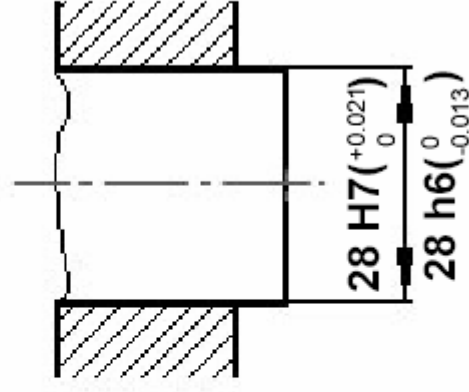
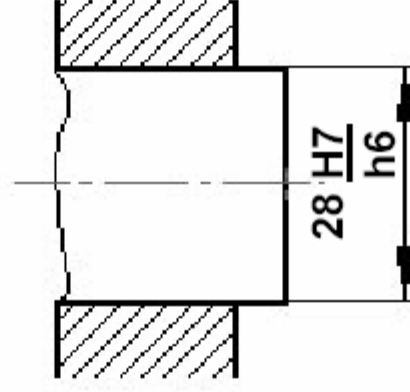
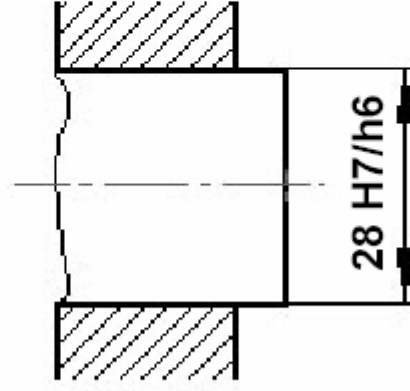
- Se si quota un **accoppiamento** ISO, si devono indicare i simboli delle tolleranze mentre la dimensione nominale dei due elementi viene riportata una sola volta; il simbolo del foro viene posto sopra la linea mentre quello dell'albero al di sotto.



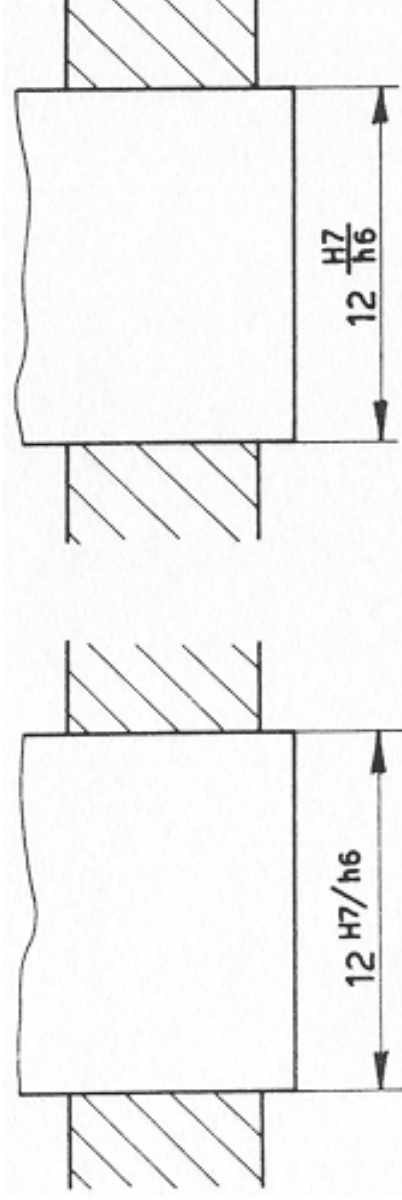
- Indicazioni delle tolleranze nei disegni (alcuni esempi)



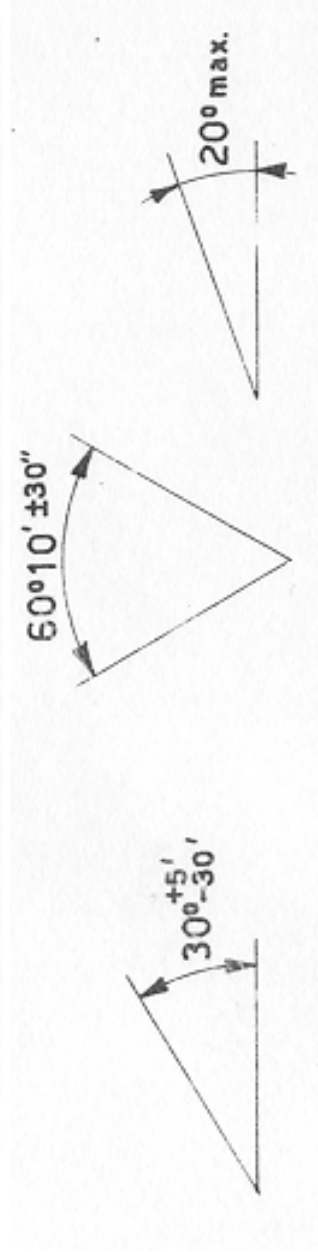
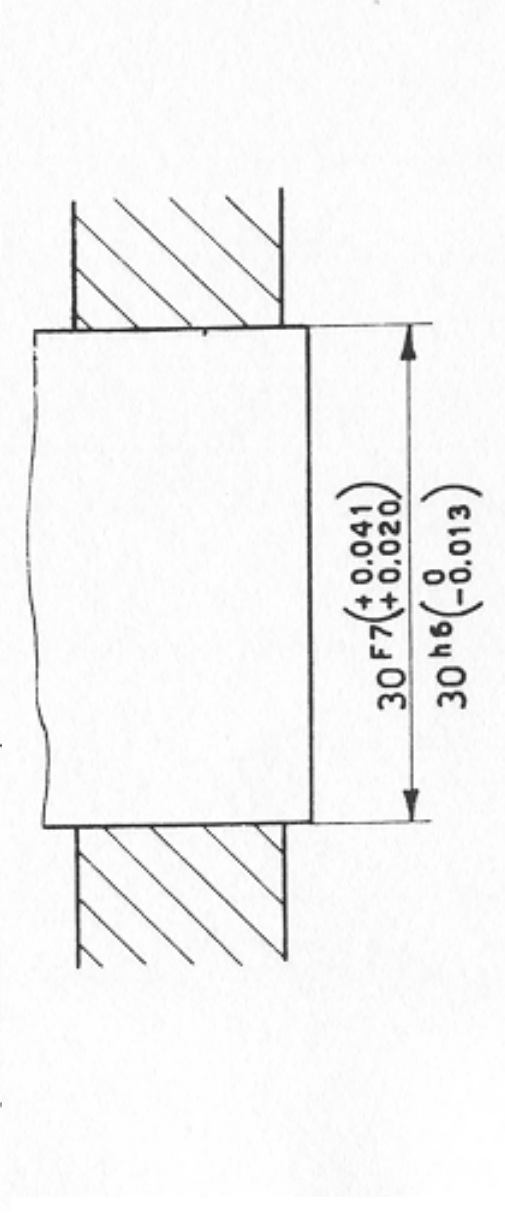
Accoppiamenti nel sistema ISO (1/2)



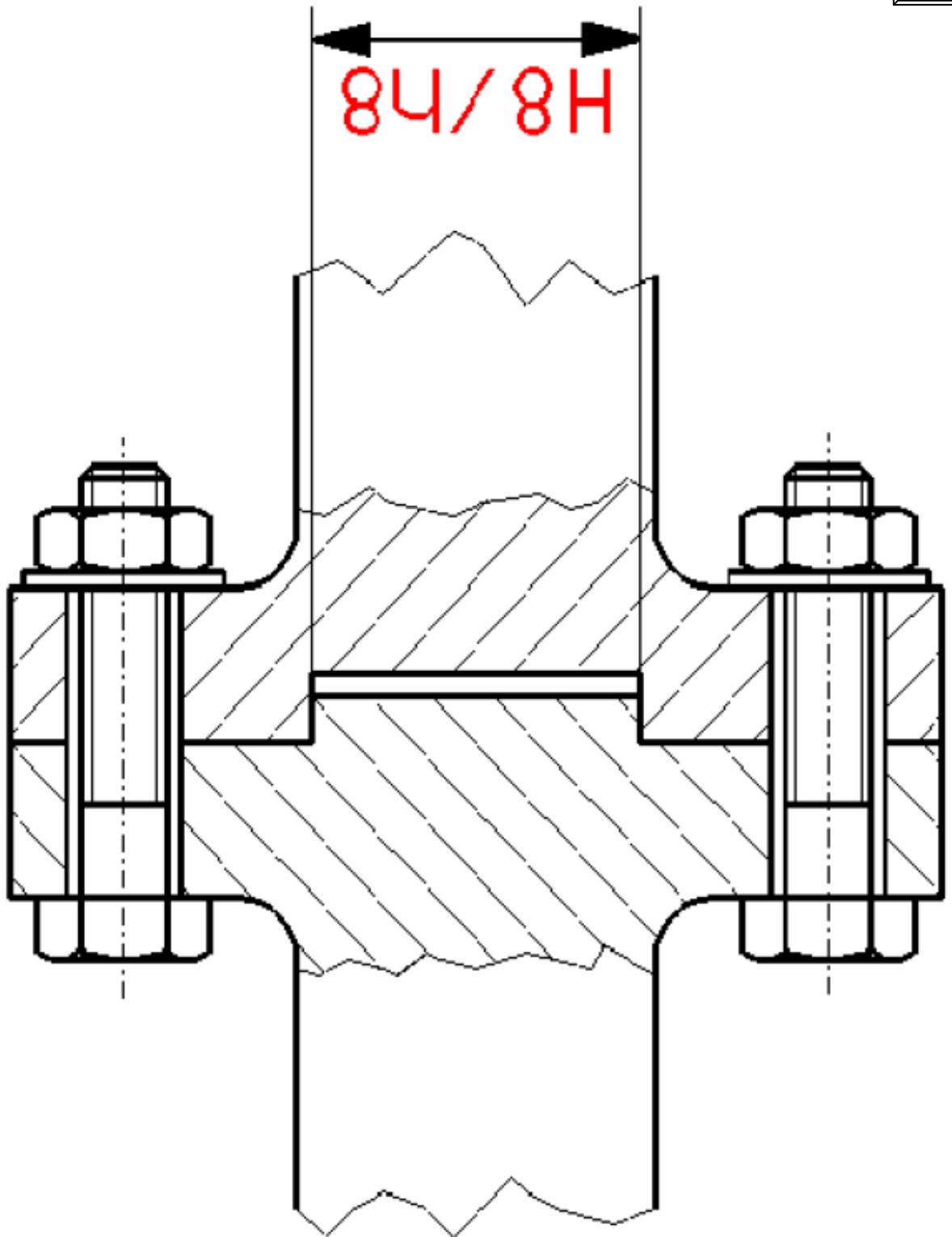
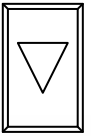
INDICAZIONE DELLE TOLLERANZE (III)

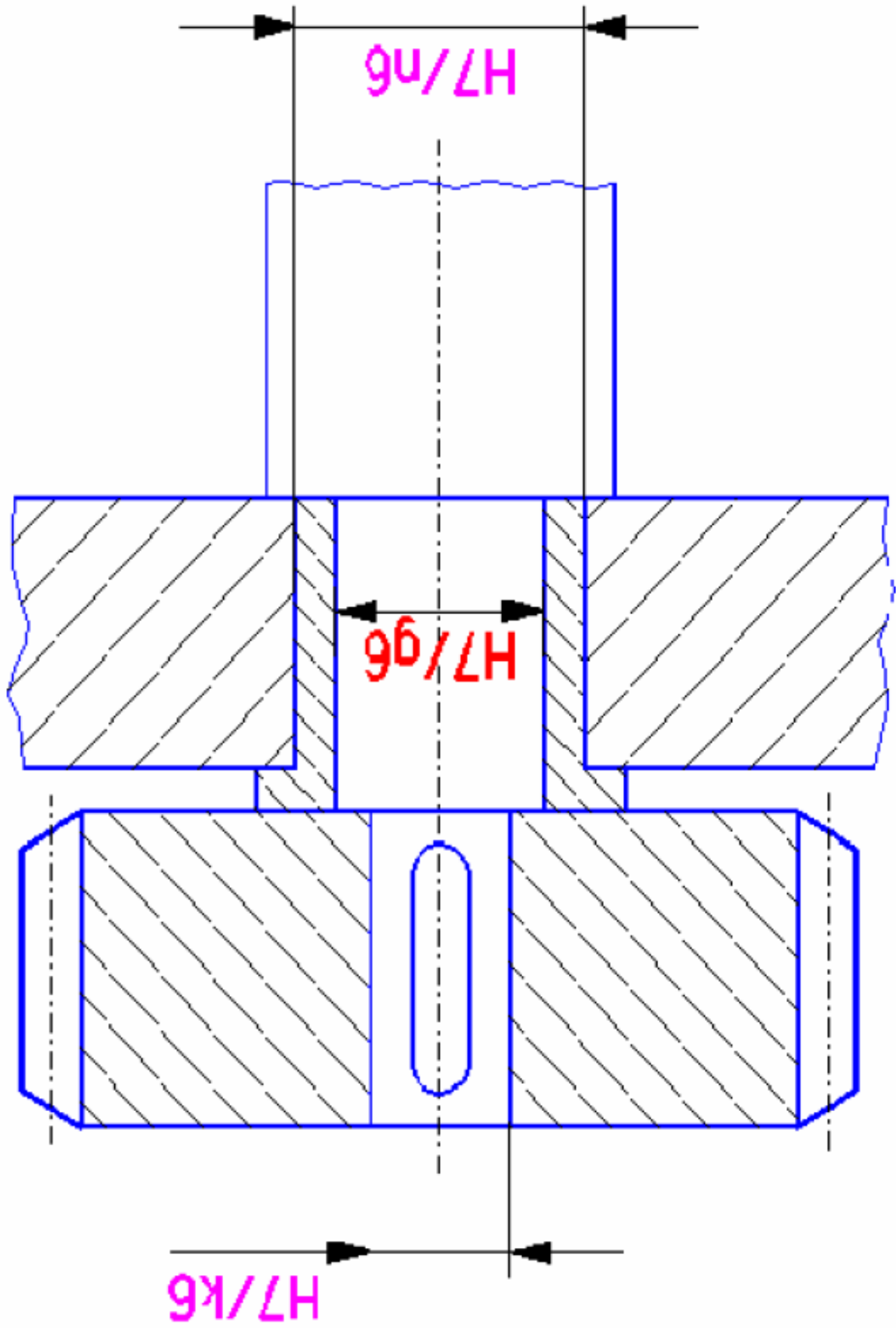
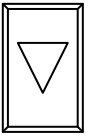


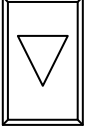
accoppiamenti



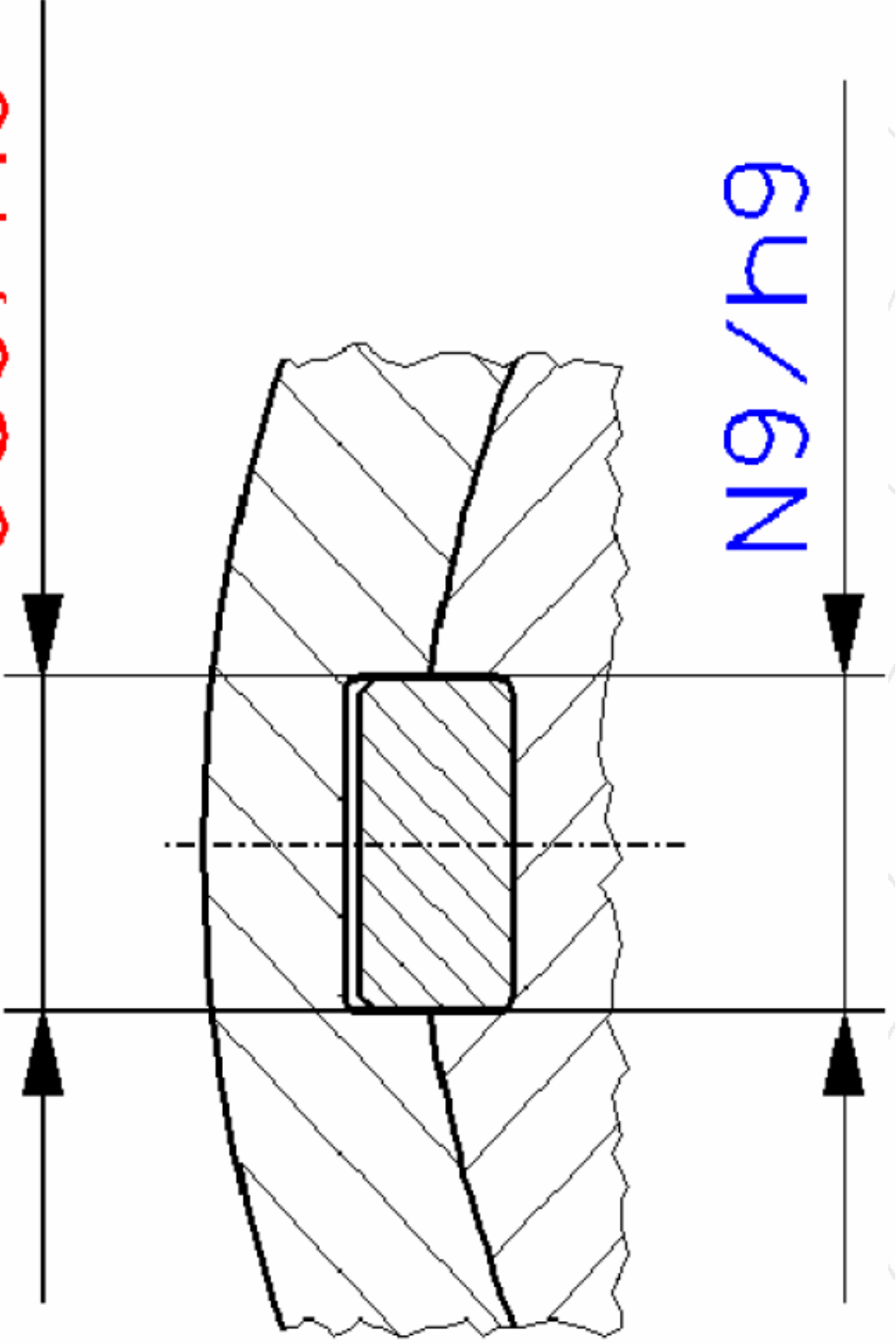
tolleranze
angolari



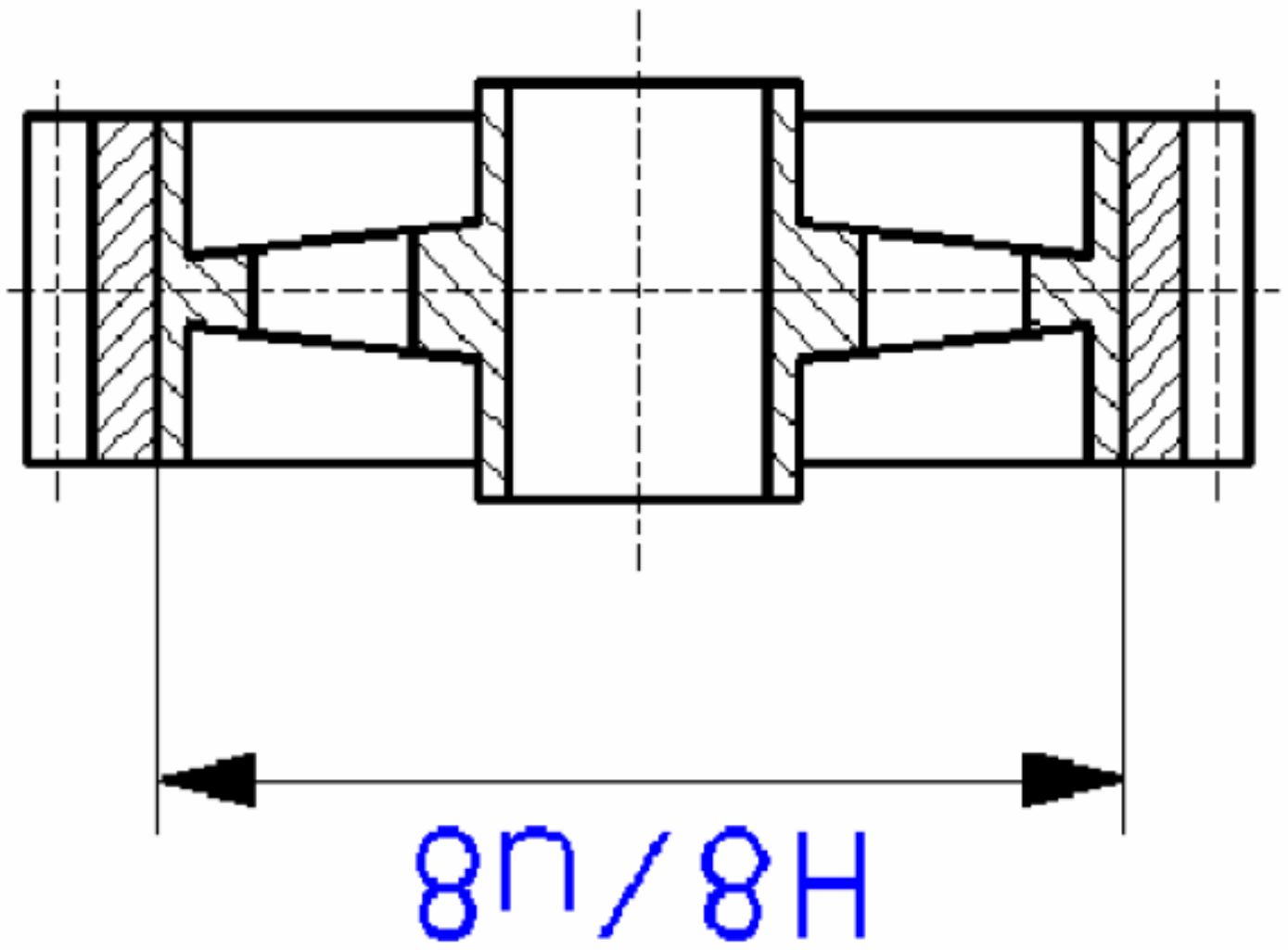
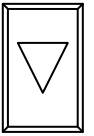




$js9/h9$

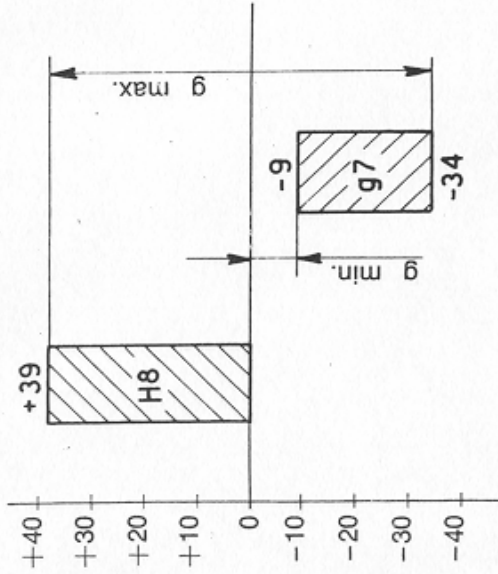


$N9/h9$



ESEMPI DI ACCOPPIAMENTI

Valori in μm



Accoppiamento: 45 H 8 / g 7

Dimensione nominale: 45 mm

Tolleranza fondamentale foro IT 8 = $39 \mu\text{m} = 0,039 \text{ mm}$

Scostamento fondamentale foro H: $E_i = 0$

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

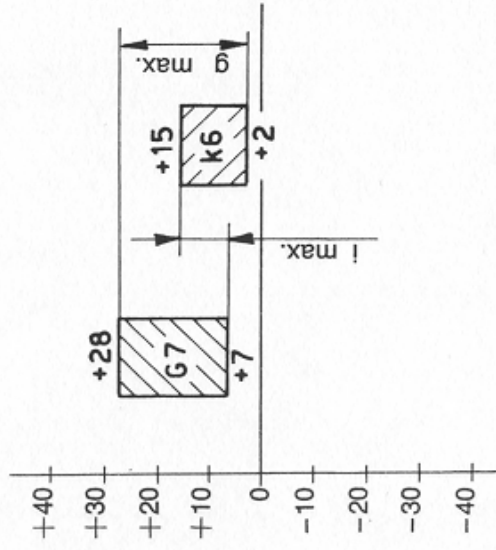
Tolleranza fondamentale albero IT 7: $25 \mu\text{m} = 0,025 \text{ mm}$

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

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

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

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



Accoppiamento: 30 G 7 / k 6

Dimensione nominale: 30 mm

Tolleranza fondamentale foro IT 7: $21 \mu\text{m} = 0,021 \text{ mm}$

Scostamento fondamentale foro G: $E_i = +7 \mu\text{m} = +0,007 \text{ mm}$

Scostamento sup. foro: $E_s = E_i + IT 7 = 7 + 21 = 28 \mu\text{m} = 0,028 \text{ mm}$

Tolleranza fondamentale albero IT 6: $13 \mu\text{m} = 0,013 \text{ mm}$

Scostamento fondamentale albero k: $e_i = +2 \mu\text{m} = +0,002 \text{ mm}$

Scostamento super. albero: $e_s = e_i + IT 6 = 2 + 13 = 15 \mu\text{m} = 0,015 \text{ mm}$

Gioco massimo: $26 \mu\text{m} = 0,026 \text{ mm}$

Interferenza massima: $8 \mu\text{m} = 0,008 \text{ mm}$

Esempio

- **Accoppiamento: 45 H8/g7**
 - Dimensione nominale: 45 mm
 - Tolleranza fondamentale foro IT8 = $39 \mu\text{m} = 0.039 \text{ mm}$
 - Scostamento fondamentale foro: $E_i = 0$
 - Scostamento superiore foro: $E_s = E_i + IT = 0 + 0.039 \text{ mm} = 0.039 \text{ mm}$
 - Dimensione minima foro: $45 + E_i = 45 \text{ mm}$
 - Dimensione massima foro: $45 + E_s = 45 + 0.039 = 45.039$
 - Tolleranza fondamentale albero IT7 = $25 \mu\text{m} = 0.025 \text{ mm}$
 - Scostamento fondamentale albero: $e_s = -9 \mu\text{m} = -0.009 \text{ mm}$
 - Scostamento inferiore albero: $e_i = e_s - IT = -9 - (+25) = -34 \mu\text{m} = -0.034 \text{ mm}$
 - Dimensione massima albero: $45 - e_s = 44.991 \text{ mm}$
 - Dimensione minima foro: $45 - e_i = 44.966$
 - **Gioco minimo: $45 - 44.991 = 0.009 \text{ mm}$**
 - **Gioco massimo: $45.039 - 44.996 = 0.073 \text{ mm}$**

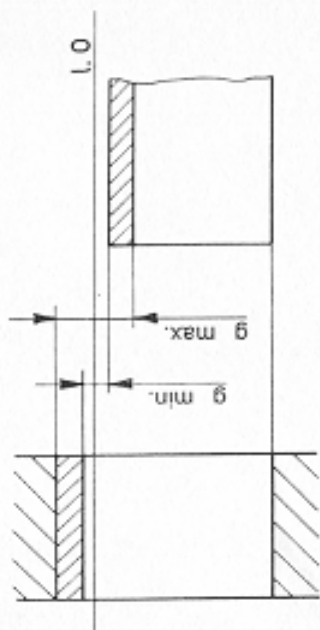
Schema riassuntivo:

$$\begin{array}{l} D_{\max} - d_{\min} = E_s - e_j \quad \left. \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} g_{\max} \\ -i_{\min} \end{array} \\ \\ D_{\min} - d_{\max} = E_j - e_s \quad \left. \begin{array}{l} > 0 \\ < 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} g_{\min} \\ -i_{\max} \end{array} \end{array}$$

$$D_{\max} = D + E_s, \quad D_{\min} = D + E_j, \quad \text{ecc.....}$$



DEFINIZIONI (IV)

	<p>Accoppiamento con gioco: è un accoppiamento che assicura sempre un gioco.</p> <p>La zona di tolleranza del foro è completamente al di sopra della zona di tolleranza dell'albero.</p> <p>Gioco minimo: in un accoppiamento con gioco è la differenza tra la dimensione minima del foro e la dimensione massima dell'albero.</p> <p>Gioco massimo: in un accoppiamento con gioco è la differenza tra la dimensione massima del foro e la dimensione minima dell'albero.</p>																																						
<p>Esempio: la dimensione nominale dell'accoppiamento è 50 mm</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">dimensioni limite dell'albero</td> <td style="width: 10%;">:</td> <td style="width: 10%;">d_{min}</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 10%;">49,970 mm</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>d_{max}</td> <td>=</td> <td>49,991 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>dimensioni limite del foro</td> <td>:</td> <td>D_{min}</td> <td>=</td> <td>50,010 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>D_{max}</td> <td>=</td> <td>50,023 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>g_{min}</td> <td>=</td> <td>D_{min}</td> <td>-</td> <td>d_{max}</td> <td>=</td> <td>0,019 mm = $E_i - e_s$</td> </tr> <tr> <td>g_{max}</td> <td>=</td> <td>D_{max}</td> <td>-</td> <td>d_{min}</td> <td>=</td> <td>0,053 mm = $E_s - e_i$</td> </tr> </table>		dimensioni limite dell'albero	:	d_{min}	=	49,970 mm				d_{max}	=	49,991 mm		dimensioni limite del foro	:	D_{min}	=	50,010 mm				D_{max}	=	50,023 mm		g_{min}	=	D_{min}	-	d_{max}	=	0,019 mm = $E_i - e_s$	g_{max}	=	D_{max}	-	d_{min}	=	0,053 mm = $E_s - e_i$
dimensioni limite dell'albero	:	d_{min}	=	49,970 mm																																			
		d_{max}	=	49,991 mm																																			
dimensioni limite del foro	:	D_{min}	=	50,010 mm																																			
		D_{max}	=	50,023 mm																																			
g_{min}	=	D_{min}	-	d_{max}	=	0,019 mm = $E_i - e_s$																																	
g_{max}	=	D_{max}	-	d_{min}	=	0,053 mm = $E_s - e_i$																																	

DEFINIZIONI (V)

Accoppiamento con interferenza: è un accoppiamento che assicura sempre un'interferenza.

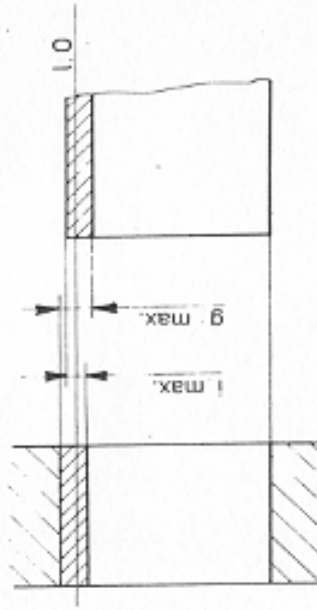
Interferenza minima: in un accoppiamento con interferenza è il valore assoluto della differenza (negativa) tra la dimensione massima del foro e la dimensione minima dell'albero, prima della connessione.

Interferenza massima: in un accoppiamento con interferenza è il valore assoluto della differenza (negativa) tra la dimensione minima del foro e la dimensione massima dell'albero prima della connessione.

Esempio: la dimensione nominale dell'accoppiamento è 30 mm

dimensioni limite dell'albero	:	d min	=	29,979	mm
		d max	=	30	mm
dimensioni limite del foro	:	D min	=	29,945	mm
		D max	=	29,978	mm
i min	=	D max - d min	=	29,978 - 29,979	= - 0,001 mm
i max	=	D min - d max	=	29,945 - 30	= - 0,055 mm
					= Es - ei
					= Ei - es

DEFINIZIONI (VI)



Accoppiamento incerto: è un accoppiamento che può comportare sia un gioco sia un'interferenza. Le zone di tolleranza dell'albero e del foro si sovrappongono.

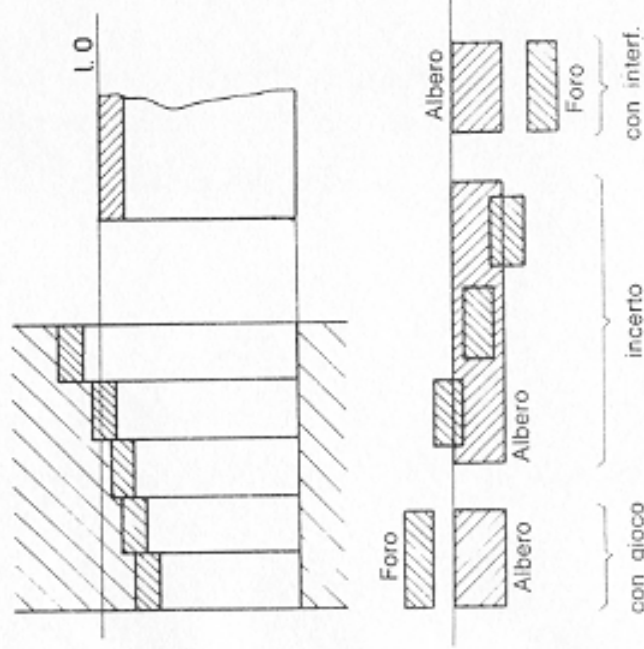
Gioco massimo: in un accoppiamento incerto è la differenza tra la dimensione massima del foro e la dimensione minima dell'albero.

interferenza massima: in un accoppiamento incerto è il valore assoluto della differenza (negativa) tra la dimensione minima del foro e la dimensione massima dell'albero prima della connessione.

Esempio: la dimensione nominale dell'accoppiamento è 40 mm

dimensioni limite dell'albero	:	d min	=	39,981 mm
		d max	=	40,019 mm
dimensioni limite del foro	:	D min	=	40 mm
		D max	=	40,039 mm
$g_{max} = D_{max} - d_{min}$	=	40,039 - 39,981	=	0,053 mm = $E_s - e_i$
$i_{max} = D_{min} - d_{max}$	=	40 - 40,019	=	- 0,019 mm = $E_i - e_s$

DEFINIZIONI (VII)



Albero base: è un albero il cui scostamento superiore è nullo (albero scelto come riferimento del sistema di accoppiamenti albero base).

Sistema di accoppiamenti albero base: è un insieme sistematico di accoppiamenti nel quale i diversi giochi ed interferenze sono ottenuti combinando fori aventi diverse zone di tolleranza con un albero base.

DEFINIZIONI (VIII)

Foro base: è un foro il cui scostamento inferiore è nullo (foro scelto come riferimento del sistema di accoppiamenti foro base).

Sistema di accoppiamenti foro base: è un insieme sistematico di accoppiamenti nel quale i diversi giochi ed interferenze sono ottenuti combinando alberi aventi diverse zone di tolleranza con un foro base.

DEFINIZIONI (IX)

	<p>Scostamento fondamentale: è quello dei due scostamenti convenzionalmente scelto per definire la posizione della zona di tolleranza rispetto alla linea dello zero. La posizione è designata con un simbolo letterale costituito da una o due lettere maiuscole per i fori, minuscole per gli alberi.</p> <p>Nell'esempio relativo ai fori gli scostamenti fondamentali sono rispettivamente lo scostamento inferiore, zero, e lo scostamento superiore.</p> <p>Nell'esempio relativo agli alberi gli scostamenti fondamentali sono rispettivamente lo scostamento superiore, zero, e lo scostamento inferiore.</p> $e_i = e_s - IT \quad \left. \begin{array}{l} \text{alberi} \\ \text{fori} \end{array} \right\}$ $E_s = E_i + IT$ $E_i = E_s - IT$
<p>01 - 0 - 1 - 2</p> <p>Numero basso=tolleranza bassa</p>	<p>Qualità: è l'insieme di tolleranze considerate come corrispondenti ad uno stesso grado di precisione per tutte le dimensioni nominali.</p> <p>È designata con un simbolo numerico.</p>
<p>IT 01 - IT 0 - IT 1 - IT 2</p>	<p>Tolleranza fondamentale: è una tolleranza qualunque del sistema di tolleranze.</p> <p>È designata dal simbolo IT seguito dal simbolo numerico relativo alla qualità.</p>
<p>Nel sistema ISO di tolleranze per dimensioni fino a 500 mm e per le qualità da 5 fino a 17:</p> $i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 D \text{ (micrometri)}$ <p>Nel sistema ISO di tolleranze per dimensioni oltre 500 mm a 3150 mm e per le qualità da 6 fino a 16:</p> $I = 0,004 D + 2,1 \text{ (micrometri)}$ <p>(D, espresso in mm, è la media geometrica delle dimensioni estreme di ogni singolo gruppo).</p>	<p>Unità di tolleranza: è un fattore espresso solamente in funzione della dimensione nominale che serve di base per la determinazione delle tolleranze fondamentali del sistema (i oppure I). Ogni tolleranza fondamentale è uguale al prodotto dell'unità di tolleranza corrispondente alla dimensione nominale considerata, per un coefficiente proprio per ogni qualità.</p>