

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Ingegneria dell'Innovazione del Prodotto

A.A. 2022/23

Metodi di rappresentazione tecnica e CAD

Lezione 15

Sistema GPS

Tolleranze dimensionali

Contenuti della lezione

Lezione 15:

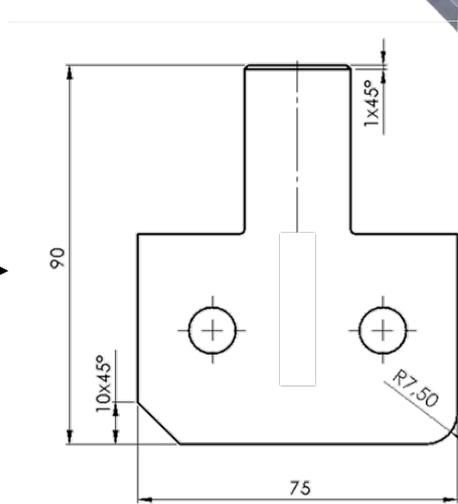
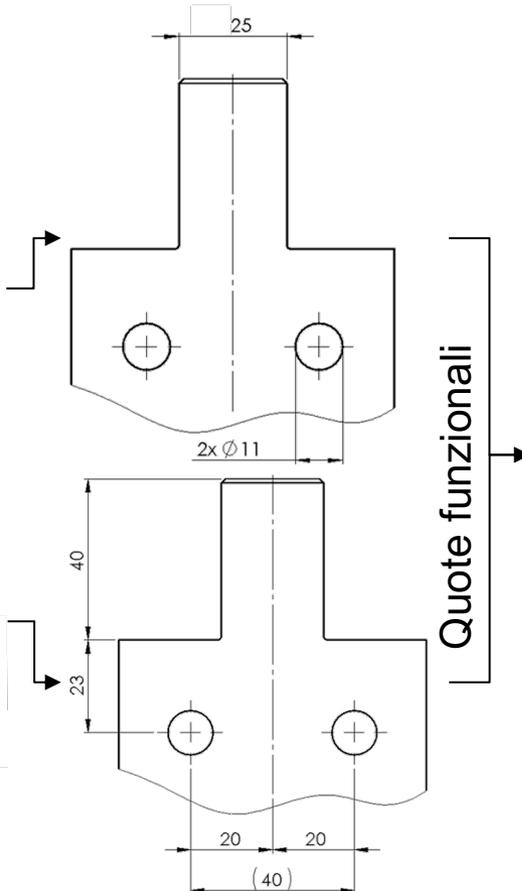
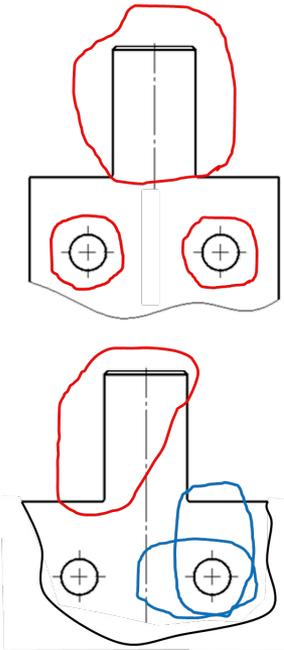
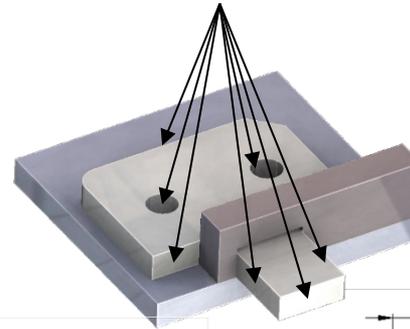
- ✓ Sintesi della Quotatura funzionale
- ✓ Concetto di dimensione di accoppiamento
- ✓ Procedura operativa di specificazione dimensionale funzionale
- ✓ Fase 1
- ✓ Fase 2
- ✓ Fase 3
- ✓ Sintesi
- ✓ Introduzione alla Specificazione Geometrica dei Prodotti
- ✓ Accoppiamenti e tolleranze.
- ✓ Il sistema ISO di tolleranze dimensionali.
- ✓ Indicazione delle tolleranze dimensionali
- ✓ Esigenza di inviluppo



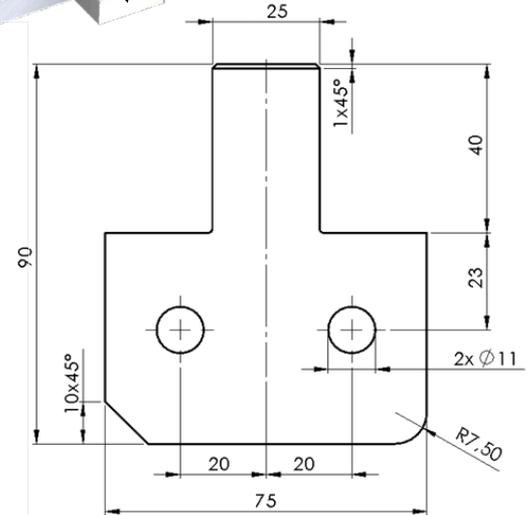
Schema di quotatura dimensionale funzionale: sintesi

Identifico gli elementi geometrici funzionali, non funzionali, attribuisco le quote, integro gli schemi funzionale e non-funzionale e ri-organizzo le quote in sistemi

Elementi geometrici funzionali



Quote non funzionali

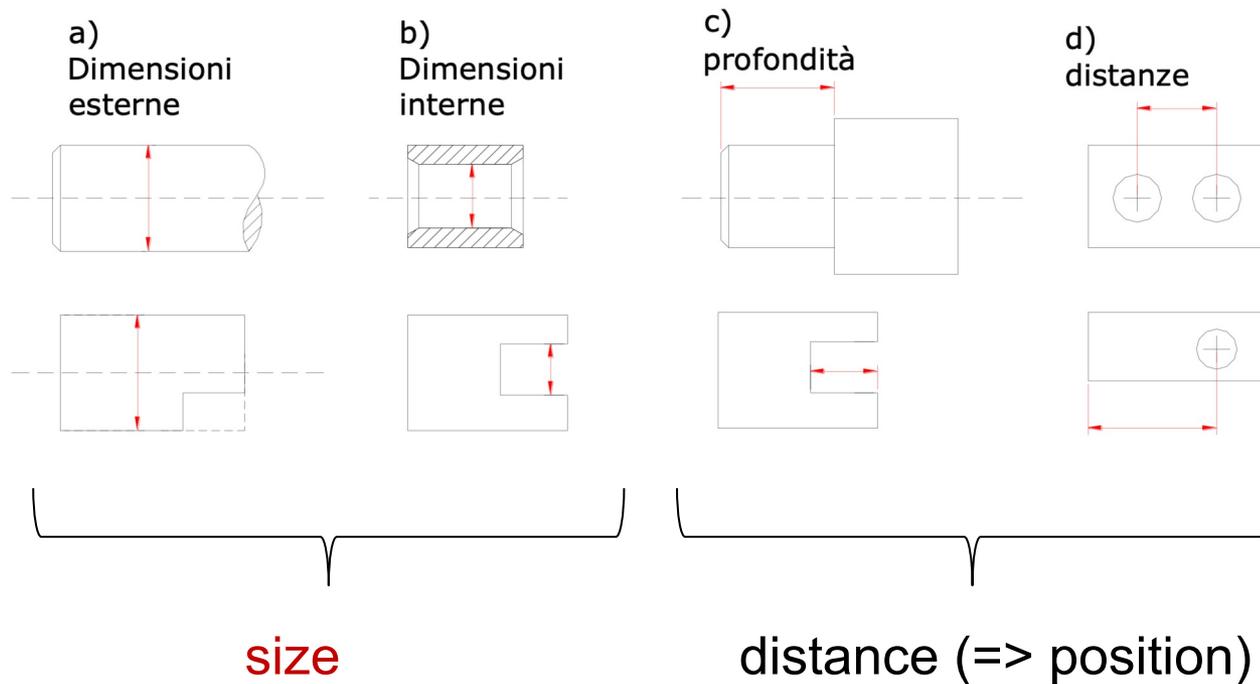


Schema di quotatura completo

Size = dimensione di accoppiamento



DIMENSIONI



Differenti gruppi di dimensioni:
a) Dimensione esterna, b) Dimensione interna,
c) Profondità, d) Distanza.

- ✓ Cilindro, sfera, una coppia di piani paralleli opposti, cono, prisma (cuneo)

Elementi accoppiabili

Size = Caratteristica dimensionale intrinseca di elemento accoppiabile

(es per il cilindro la *size* è il diametro, per due piani paralleli è la loro distanza)

Le size possono essere **lineari** o **angolari**.

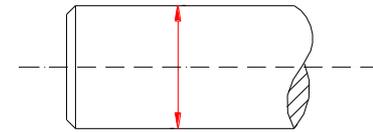
Distance = dimensione tra due elementi geometrici che non è considerata come la dimensione di elementi accoppiabili (es. posizione di un piano)

Solo le **linear size** possono essere indicate su un disegno senza ambiguità. L'interpretazione di una linear size è descritta nella **UNI EN ISO 14405-1:2011**

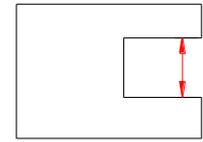
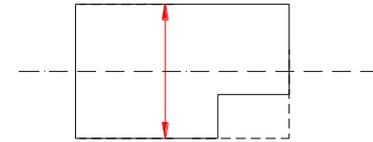
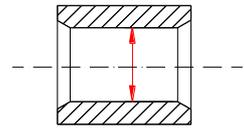
DIMENSIONI:

✓ Dimensioni di accoppiamento (Size)

Dimensioni esterne

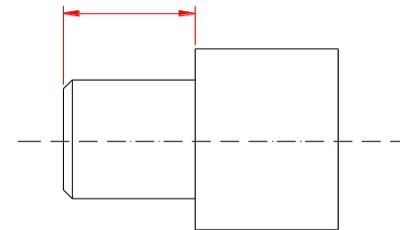


Dimensioni interne

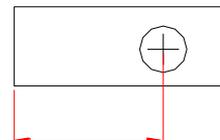
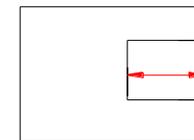
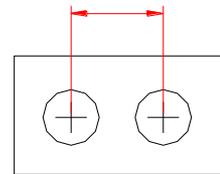


✓ Distanze (Distance)

profondità



1) distanze

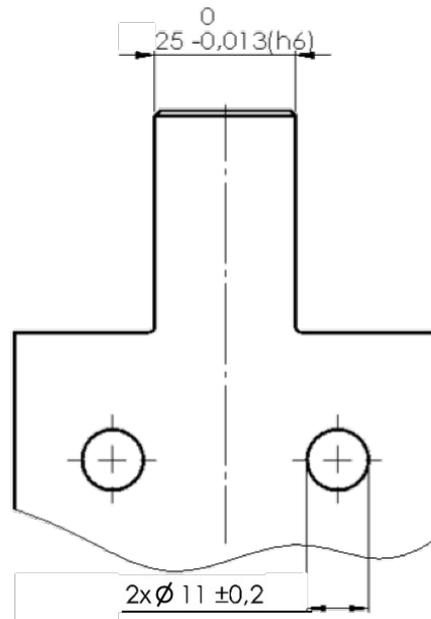
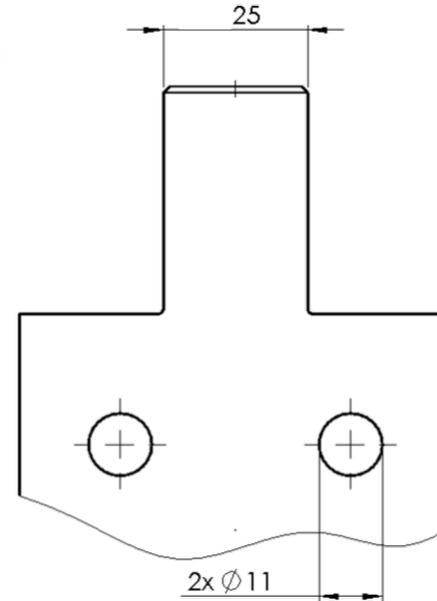


Procedura operativa di specificazione dimensionale funzionale



Fase 1. Specifico le tolleranze dimensionali di accoppiamento (size)

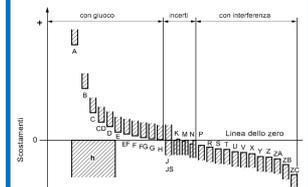
1.a Identifico le quote dimensionali di accoppiamento (size)



1.b Attribuisco le tolleranze dimensionali di accoppiamento alle quote dimensionali di accoppiamento

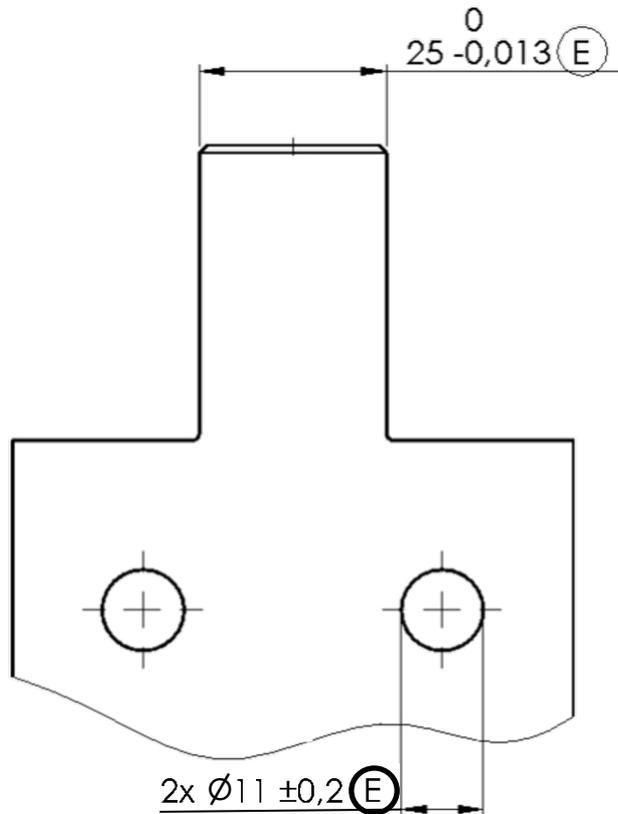
Table 1 — Values of standard tolerances

Nominal size mm	Tolerance grades										
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	15
3	6	0,4	0,5	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
6	10	0,4	0,5	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
10	16	0,5	0,5	1,2	2	3	5	8	11	18	27
16	25	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	20	30



Fase 2. Specifico il modificatore alla tolleranza dimensionale di accoppiamento

2. Attribuisco il modificatore alla tolleranza dimensionale di accoppiamento



- locale (default)

- **modificatore di involuppo**

- locale (non default),

- globali,

- calcolate

- statistiche

LP

E

LS

GG GN

GC GX

CA CV

CC

SA SD

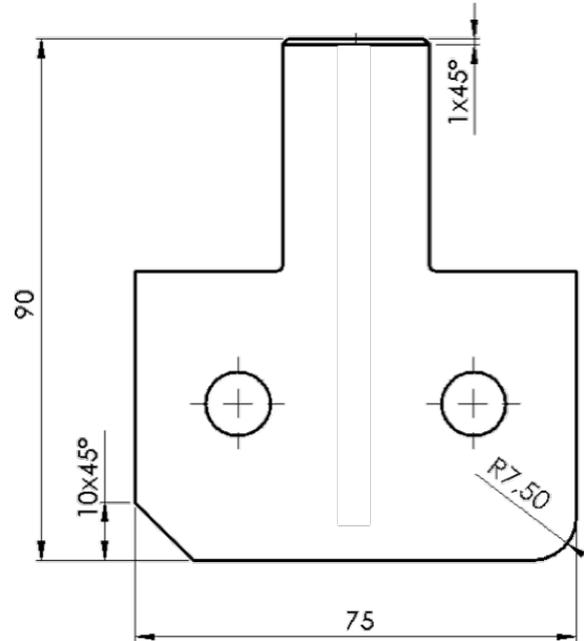
SX SM

SR SQ

SN

Fase 3. Specifico le tolleranze generali dimensionali

3.a Identifico le quote dimensionali non funzionali

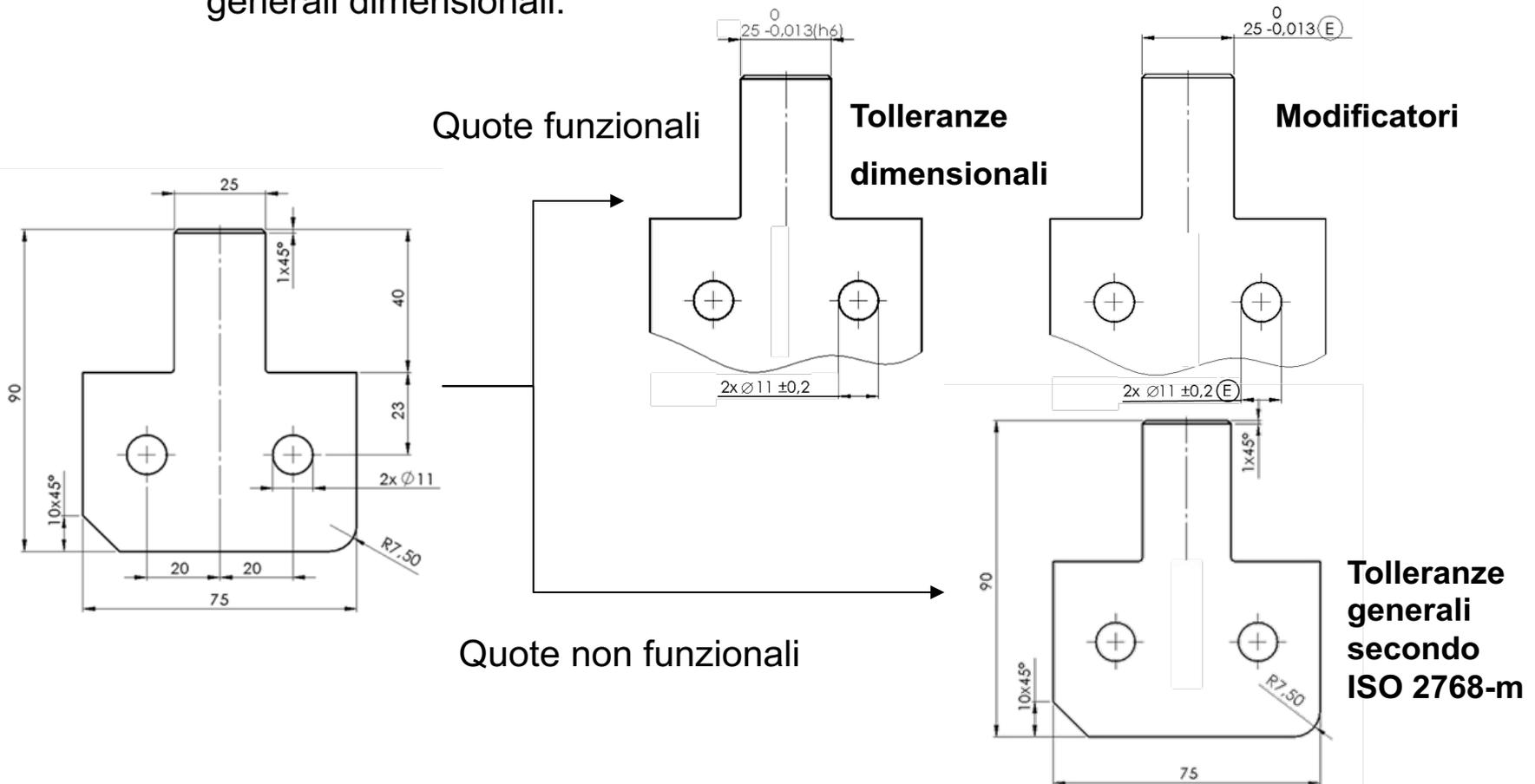


3.b Attribuisco la classe di tolleranza generale dimensionale alle quote non funzionali (*Identifico la qualità generale di produzione per le quote dimensionali non funzionali, di distanza, raccordi, smussi, ecc.*)

**Tolleranze generali
secondo ISO 2768-m**

Schema di specifica dimensionale funzionale: sintesi

Identifico le quote degli elementi funzionali dimensionali (di accoppiamento) e attribuisco le tolleranze dimensionali con eventuali modificatori. Di seguito, attribuisco le tolleranze generali dimensionali.



Introduzione alla Specificazione Geometrica dei Prodotti



Specificazione Geometrica dei Prodotti: premessa

Obiettivo del processo di sviluppo prodotto la realizzazione di una macchina che risponda ai requisiti di:

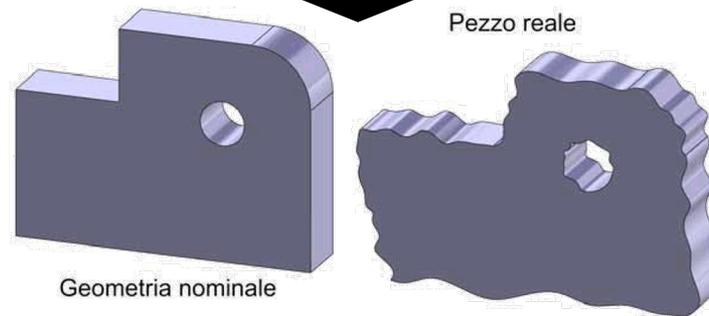
⇒ Funzionalità

Durata

Economicità

per cui il cliente è disposto a pagare e/o previsti da norme/leggi, ... e non è la realizzazione della macchina “perfetta”

La differenza tra macchina ideale e macchina reale non deve comprometterne funzionalità, durata, economicità, ...



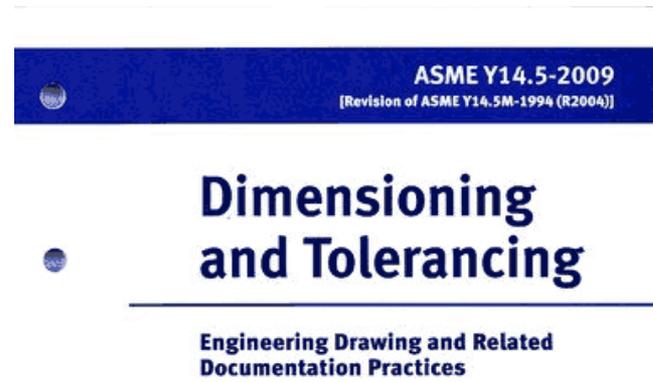
Compito del progettista è **definire le differenze** (“*scostamenti*”) **ammissibili** (=tolleranze) **tra dimensioni/geometria ideali e dimensioni/geometria reali** che garantiscano il corretto funzionamento.

Cos'è la **Specificazione Geometrica dei Prodotti**?

È un **linguaggio comune** per **esprimere** e **trasmettere** i **requisiti funzionali** dei prodotti, allo scopo di garantirne la piena **funzionalità**, **affidabilità** e **verificabilità**.

In ambito **ASME**:

GD&T: Geometrical
Dimensioning and
Tolerancing



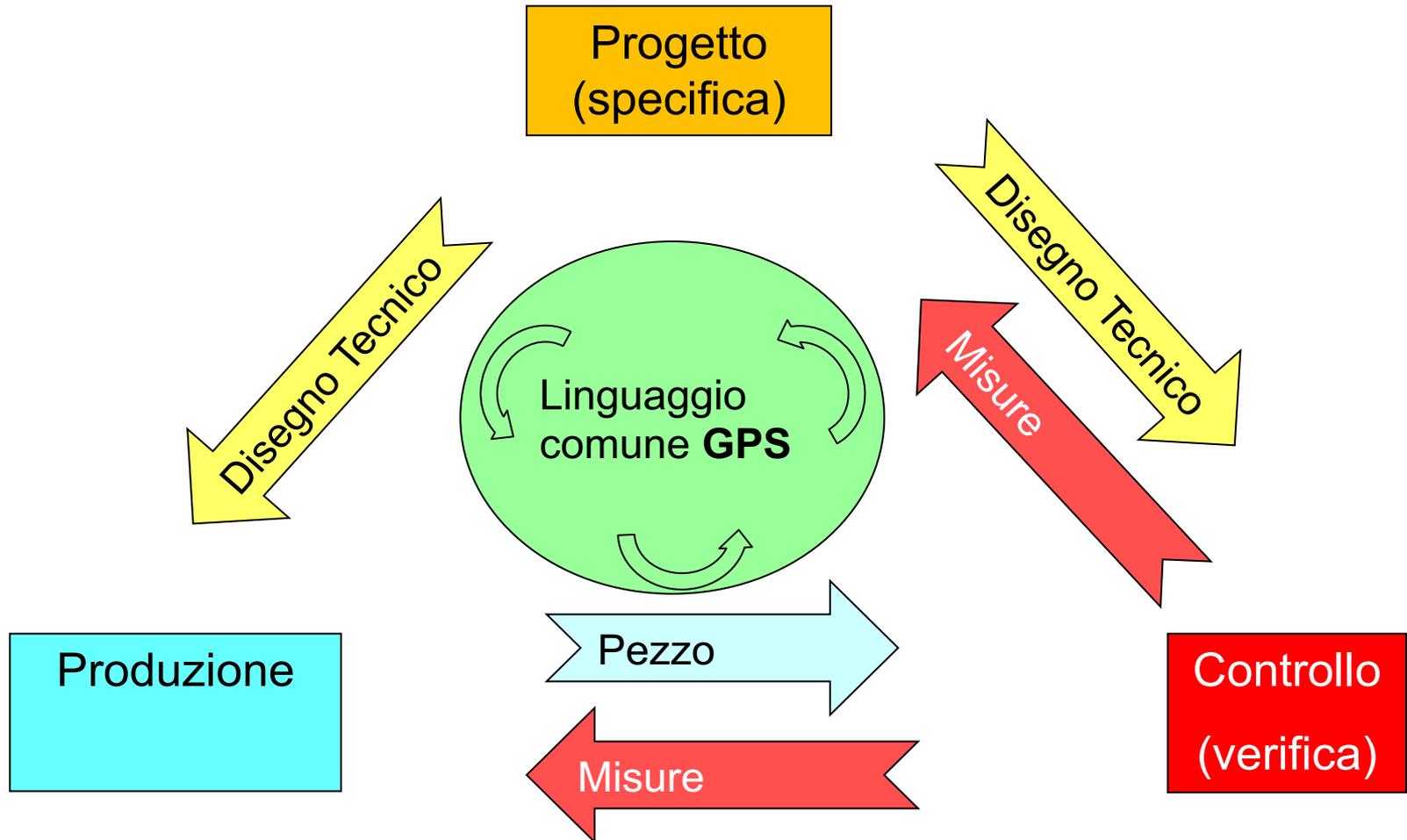
In ambito **ISO**:

GPS: Geometrical
Product Specification
and Verification



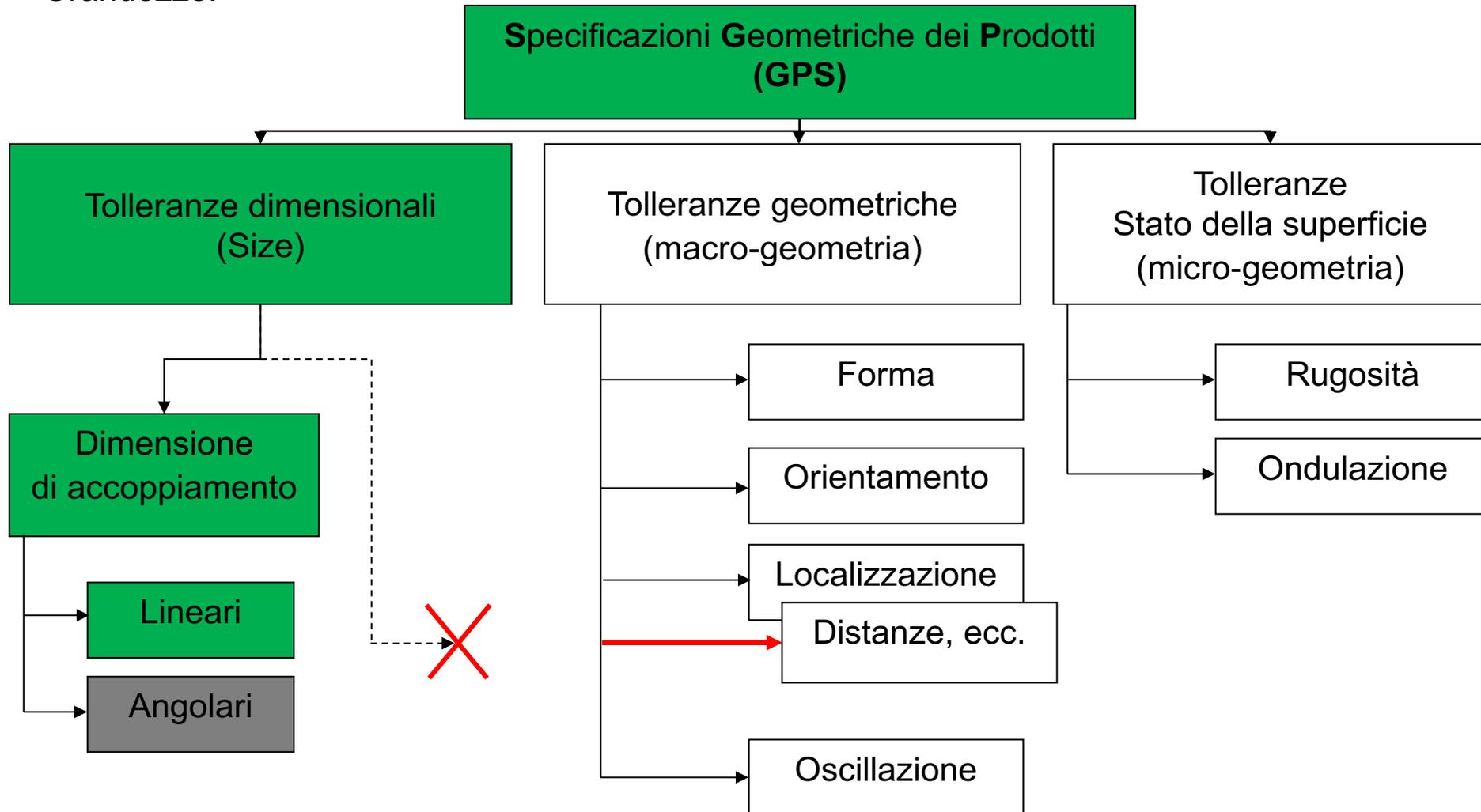
**ISO/TC 213 Dimensional and geometrical
product specifications and verification**

Visione del sistema ISO GPS



Specificazione Geometrica dei Prodotti

Grandezze:



Principi fondamentali della filosofia GPS (ISO/TS 17450-2:2002):

- A) È possibile **controllare** in modo significativo **la funzione** di un componente mediante una o più **specificazioni GPS** nel disegno (TPD).

- B) Una **specificazione GPS** per una caratteristica GPS **deve essere dichiarata** a disegno (TPD). Il componente è accettato se soddisfa la specificazione. Solo ciò che è esplicitamente richiesto nel disegno (TPD) è preso in considerazione. La effettiva specificazione GPS a disegno (TPD) definisce il misurando.

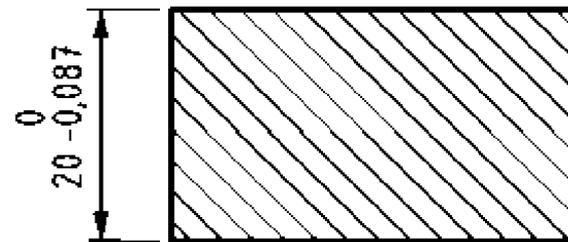
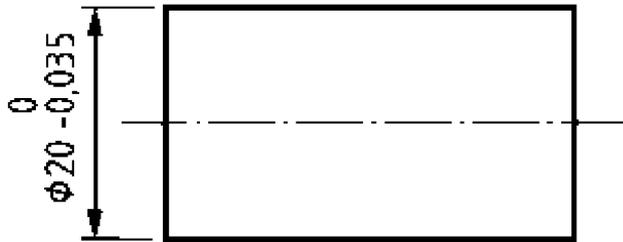
- C) ...

UNI EN ISO 14405-1:2011 – GPS – Tolleranze dimensionali - Parte 1: Dimensioni (*di accoppiamento*) lineari

Cilindri o piani paralleli opposti

Stabilisce:

- differenti tipologie di “dimensione lineare” e relativa designazione
- dimensione lineare assunta come default in mancanza di altre indicazioni: distanza tra due punti)
- modalità di indicazione sui disegni delle dimensioni lineari e la loro designazione.



Quali possono essere le “dimensioni lineari”?

- ***Local size (dimensione locale)***

Dimensione che cambia a seconda di dove viene eseguita la misura di un elemento accoppiabile lineare

- ***Global size (dimensione globale)***

Dimensione che da luogo ad un'unica misura di un elemento accoppiabile lineare

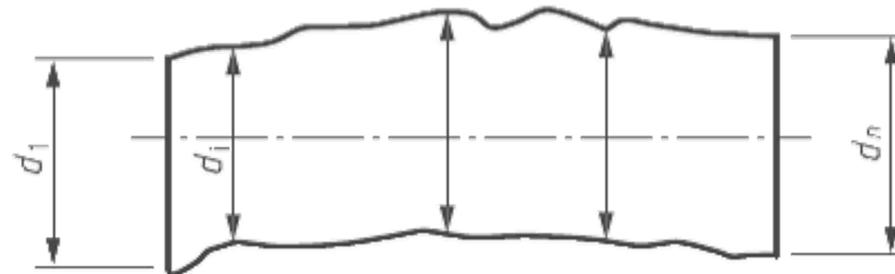
- ***Calculated size (dimensione calcolata)***

Dimensione ottenuta usando una formula matematica che mette in relazione la dimensione con una caratteristica intrinseca dell'elemento accoppiabile lineare

- ***Rank order size (dimensione statistica)***

Dimensione derivata da un insieme di dimensioni locali misurate di un elemento accoppiabile lineare

Local size (dimensione locale): $\textcircled{\text{LP}}$



LP: two point size

Dimensione ricavata misurando la distanza tra due punti opposti (calibro a corsoio)

Il sistema ISO di accoppiamenti e le tolleranze dimensionali di accoppiamento

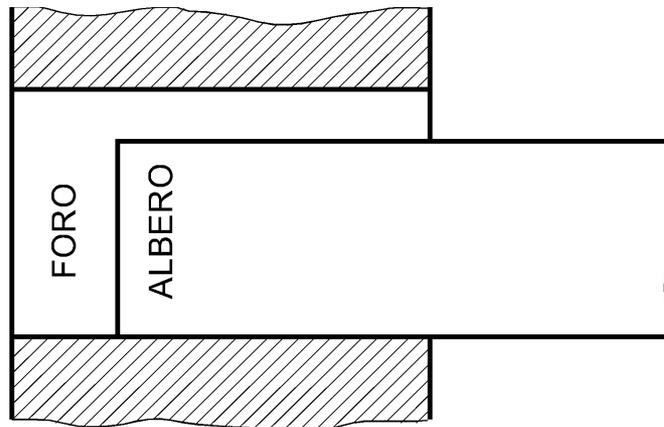
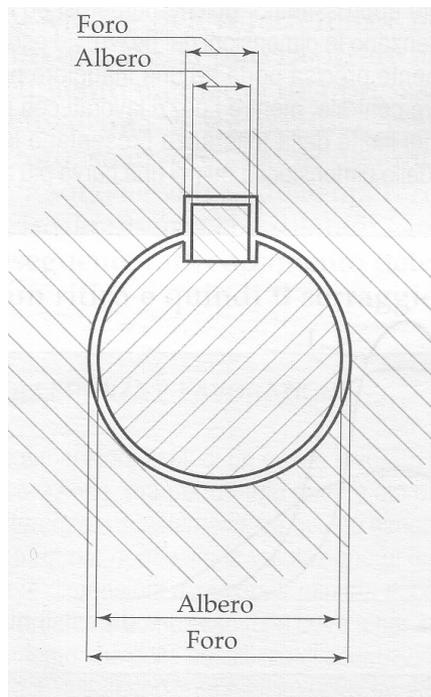


Accoppiamenti e tolleranze dimensionali

Definizioni fondamentali:

Foro: termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi interni di un pezzo, anche non cilindrici

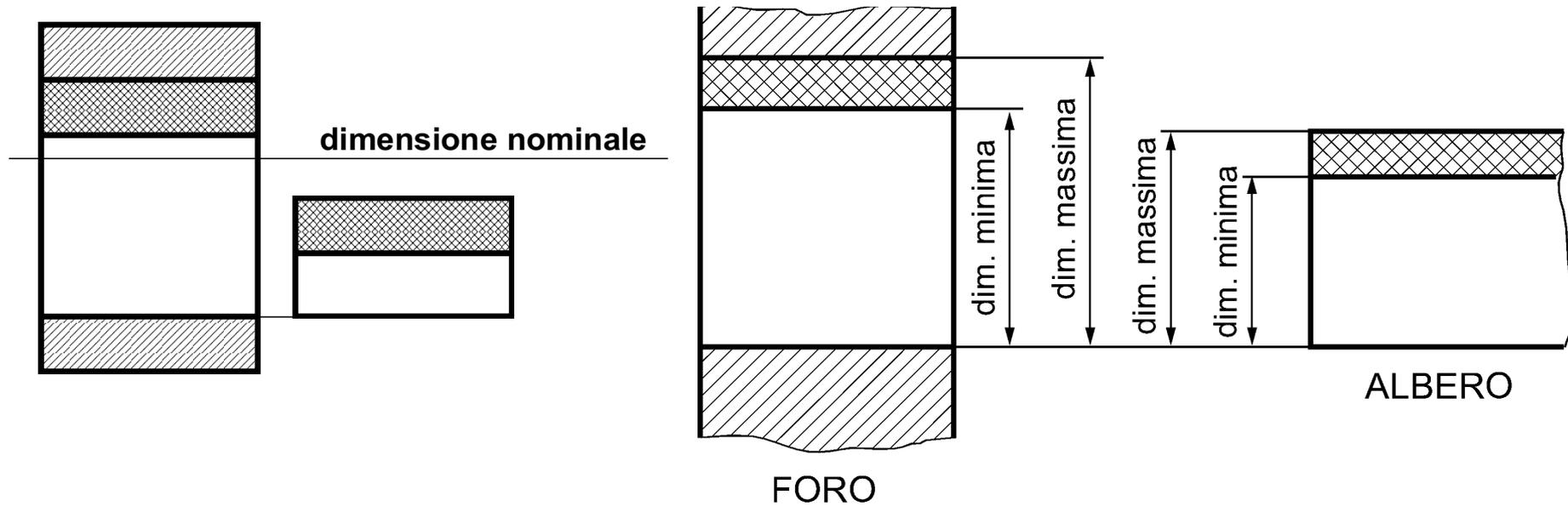
Albero: termine usato convenzionalmente per designare tutti gli elementi esterni di un pezzo, anche non cilindrici



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

Accoppiamenti e tolleranze dimensionali

Dimensione nominale: dimensione assegnata dal progettista e riferita a superfici geometriche ideali.

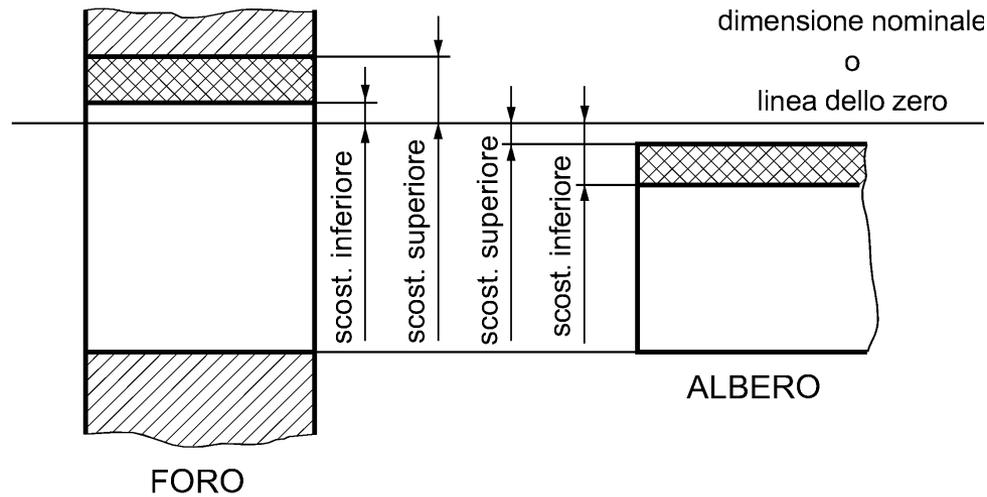


Dimensione effettiva: dimensione reale del pezzo (misurata).

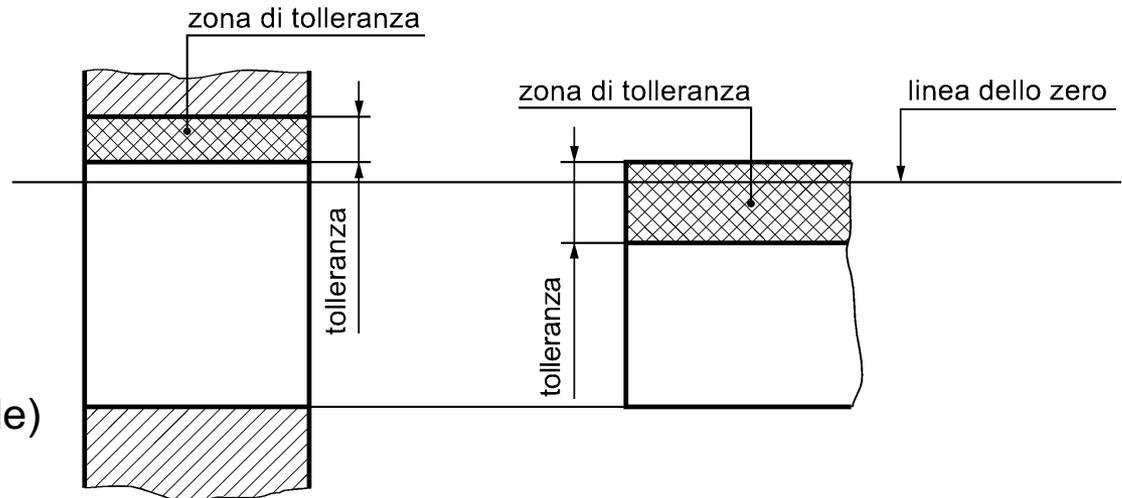
Dimensioni limiti: valori massimo e minimo entro i quali è ammessa la variazione della dimensione effettiva.

Accoppiamenti e tolleranze dimensionali

Scostamento = dimensione effettiva - dimensione nominale



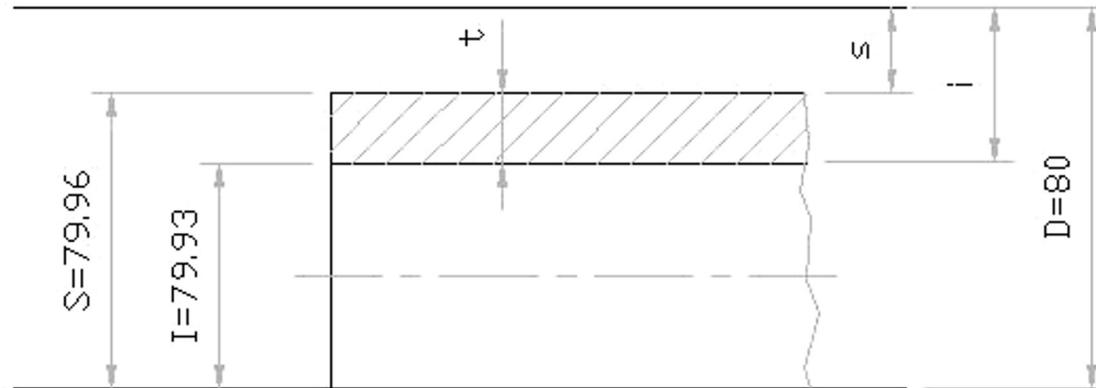
Tolleranza: differenza tra le due dimensioni limite (ampiezza dell'intervallo di variazione ammissibile)



Accoppiamenti e tolleranze dimensionali

◀ ESEMPIO: Calcolo degli scostamenti

linea dello zero



$$t = S - I = 79.96 - 79.93 = 0.03 \text{ mm} = 30 \mu\text{m}$$

$$s = S - D = 79.96 - 80 = -0.04 \text{ mm} = -40 \mu\text{m}$$

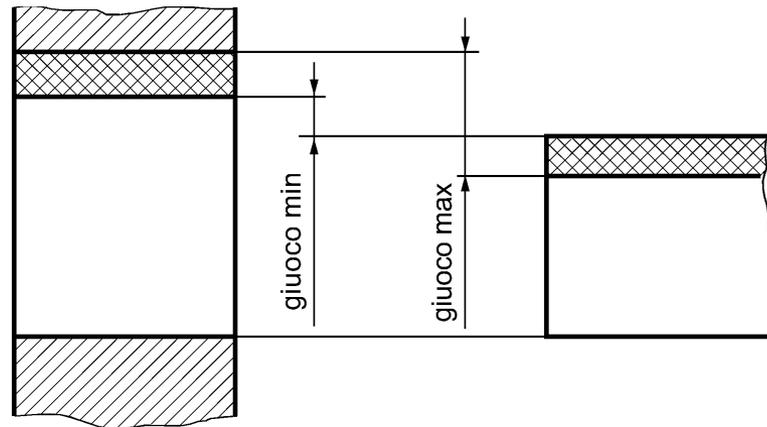
$$i = I - D = 79.93 - 80 = -0.07 \text{ mm} = -70 \mu\text{m}$$

Perchè il pezzo sia accettabile: $I < D_e < S$

Accoppiamenti e tolleranze dimensionali

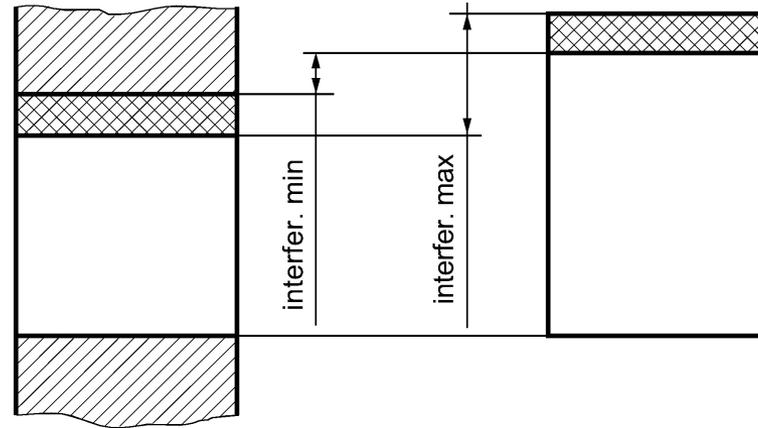
Accoppiamento: relazione risultante dalla differenza, prima del montaggio, tra le dimensioni di due contorni (foro e albero) destinati ad essere accoppiati.

I due elementi dell'accoppiamento hanno la stessa dimensione nominale

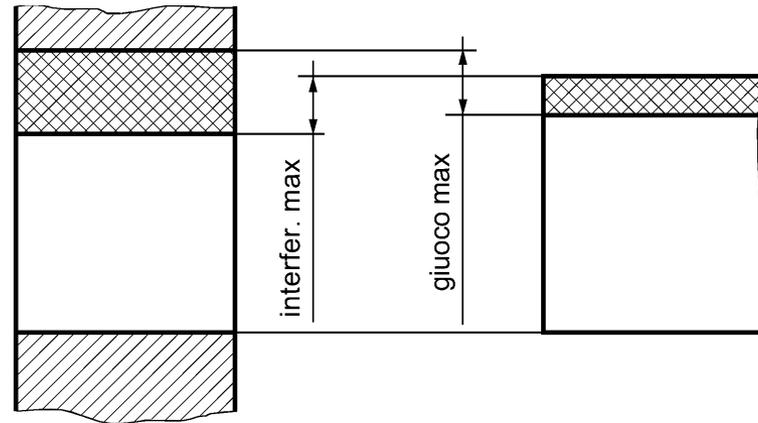


a) con **giuoco**: dimensione del foro sempre maggiore di quella dell'albero

Accoppiamenti e tolleranze dimensionali



b) con **interferenza**: dimensione dell'albero sempre maggiore di quella del foro

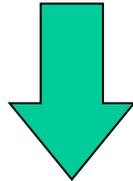


c) **incerto**: si possono avere contemporaneamente entrambi i casi

Tolleranze dimensionali: sistema di tolleranze ISO

Sistema ISO di tolleranze ed accoppiamenti (UNI EN ISO 286-1,2:2010)

definisce un metodo per **specificare i requisiti di accoppiamento albero/foro** in modo indipendente dalle diverse dimensioni nominali.

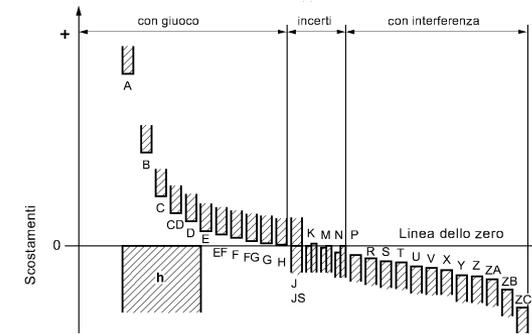


La zona di tolleranza ammissibile per un dato diametro è individuata in base a:

- **grado (o qualità) di tolleranza normalizzato**, che definisce l'ampiezza della zona di tolleranza ed è designato mediante la sigla IT seguita da un numero;
- **posizione della zona di tolleranza** rispetto la linea dello zero, designato mediante una o più lettere (maiuscole per i fori e minuscole per gli alberi).

Table 1 — Values of standard toleran

Nominal size mm		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	
Above	Up to and including	µm								
	—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6
	3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8
	6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9
	10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	



Sistema di tolleranze ISO: Gradi di tolleranza normalizzati

Table 1 — Values of standard tolerance grades for nominal sizes up to 3 150 mm

Nominal size mm		Standard tolerance grades																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Above	Up to and including	Standard tolerance values																			
		µm										mm									
—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	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	0,4	0,6	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	0,5	0,8	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	0,6	1	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	0,6	1	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	0,8	1,2	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	1	1,5	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	1,2	2	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	2	3	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	2,5	4	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	3	5	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	4	6	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	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1 000	1 250			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
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33



Grado (o qualità) di tolleranza normalizzato:

- Il sistema UNI/ISO prevede **20** diversi **gradi di tolleranza *normalizzati***, ovvero che descrivono in modo adimensionalizzato il requisito di precisione della lavorazione.
- I diversi gradi di tolleranza sono indicati con le sigle **IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT18**, con precisione decrescente.
- Le dimensioni fino a 3150 mm sono state suddivise in **21 intervalli** (ad esempio, oltre 18 e fino a 30 mm)
- L'ampiezza effettiva della zona di tolleranza dipende pertanto dal grado di tolleranza normalizzato (es. IT7) e dalla dimensione media (*geometrica*) dell'intervallo dimensionale considerato.

Es:
$$D_{medio} = \sqrt{D_{min} \times D_{max}} = \sqrt{18 \times 30} = 23,238mm$$

- A parità di grado di tolleranza normalizzato, l'ampiezza cresce al crescere dell'intervallo considerato. Nell'ambito dello stesso intervallo, la tolleranza è la stessa.
- Le ampiezze sono utilizzate sempre e solo in forma tabulata

Sistema di tolleranze ISO: lavorazioni e applicazioni

Lavorazioni ed applicazioni tipiche corrispondenti ai gradi di tolleranza

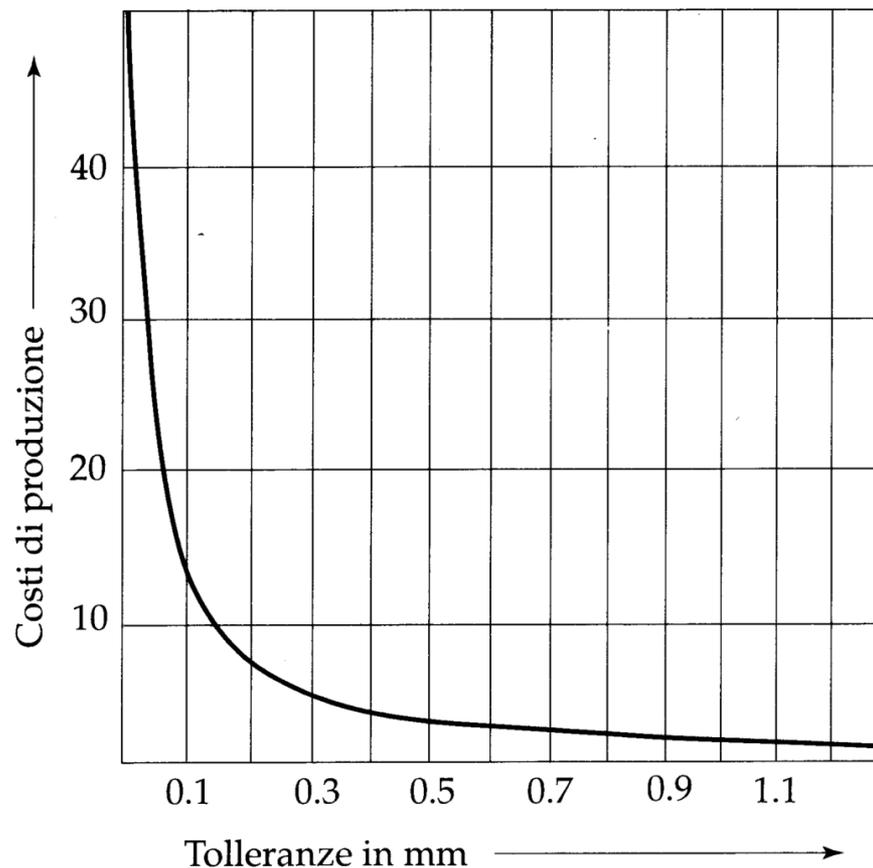
Grado di tolleranza normalizzato	Classe di tolleranza		Lavorazioni meccaniche corrispondenti		Applicazioni	
	Alberi	Fori	Alberi	Fori	Alberi	Fori
IT1 - IT4			Lavorazione con macchine speciali	Lavorazione con macchine speciali	Lavorazioni di precisione di strumenti di misura, calibri, blocchetti di riscontro	
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	



Sistema di tolleranze ISO: relazione tra tolleranza e costo di produzione

Criteri per la scelta dell'ampiezza della zona di tolleranza (grado di tolleranza normalizzato):

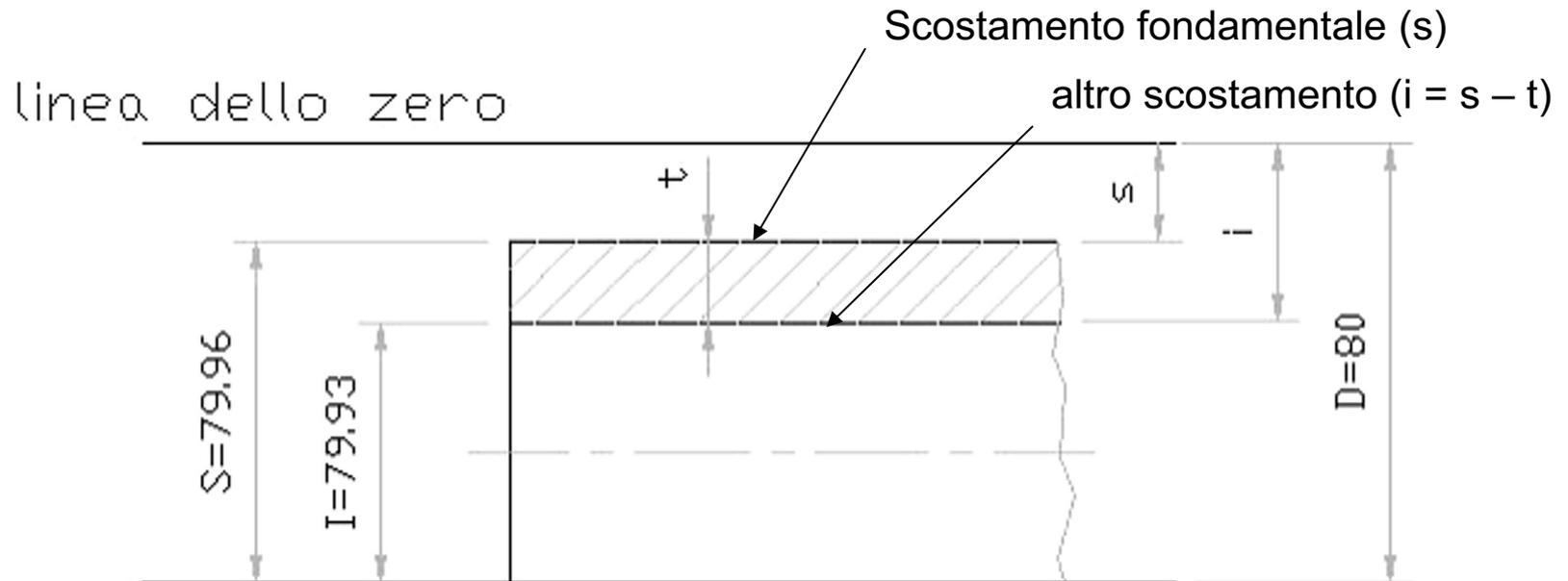
- precisione richiesta per garantire la funzionalità
- costi di produzione



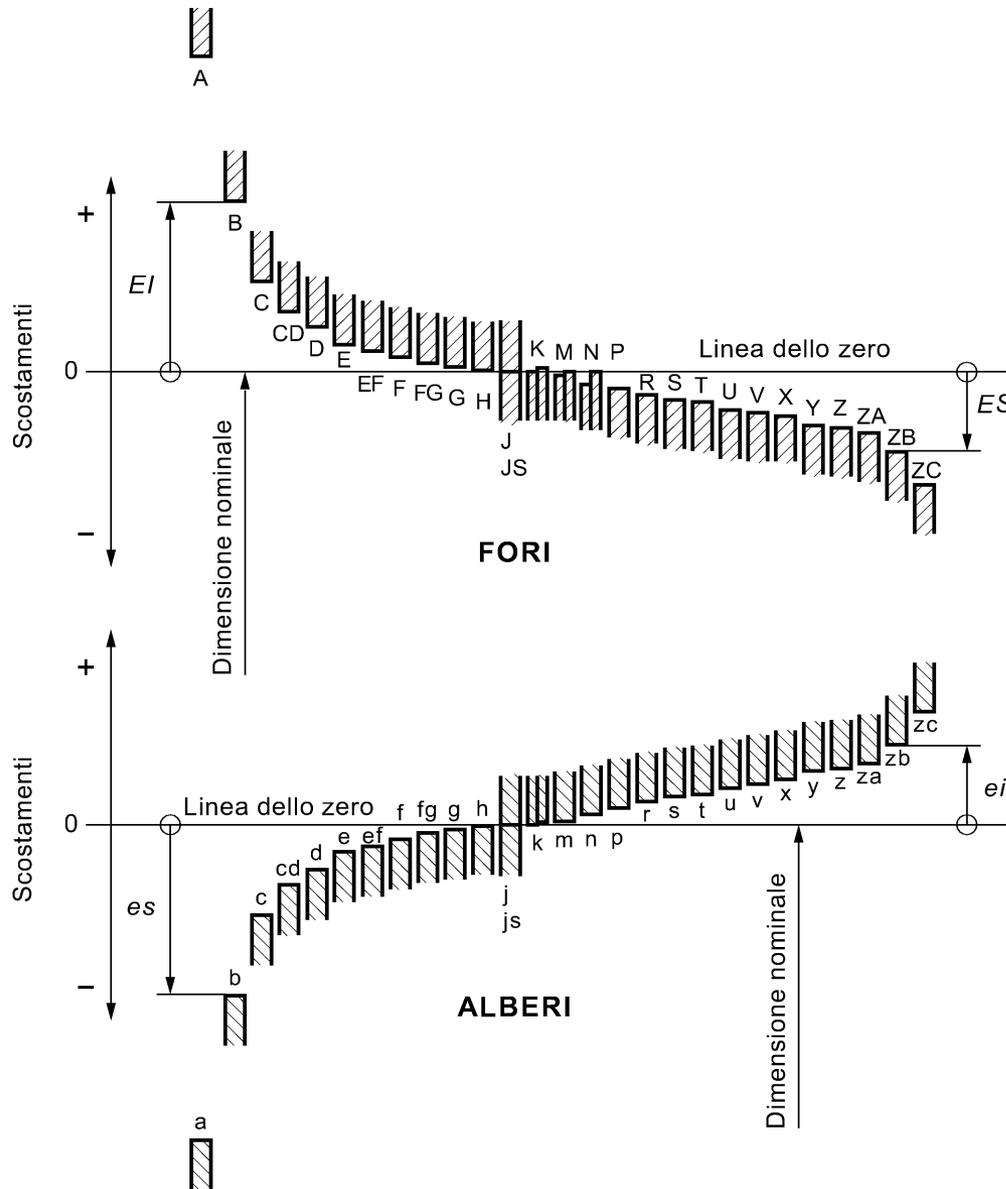
Sistema di tolleranze ISO: posizioni del campo di tolleranza

La posizione del campo di tolleranza rispetto alla linea dello zero è definita da uno dei due scostamenti (quello più vicino alla linea dello zero) detto **SCOSTAMENTO FONDAMENTALE**.

L'altro scostamento si ottiene sommando o sottraendo dallo scostamento fondamentale la tolleranza, determinate dal grado di tolleranza normalizzato.



Sistema di tolleranze ISO: posizioni per fori e alberi



La posizione è designata da una lettera **maiuscola** per i **fori** e **minuscola** per gli **alberi**.

Le posizioni di tolleranza sono sempre riferite alla dimensione nominale (**linea dello zero**).

Le posizioni contraddistinte con la stessa lettera (**maiuscola** per i **fori** e **minuscolo** per gli **alberi**) sono, di massima, disposte simmetricamente rispetto alla dimensione nominale (nelle lavorazioni si procede infatti allargando il foro o diminuendo l'albero).

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

Sistema di tolleranze ISO: tabella scostamenti fondamentali per alberi

— Values of the fundamental deviations or shafts

Fundamental deviation values in micrometres

Fundamental deviation values
Lower limit deviation, e_i

Above	Nominal size mm	Fundamental deviation values													Fundamental deviation values																		
		Upper limit deviation, e_s													Lower deviation, e_i			IT4 to IT7	Up to and including IT3 and above IT7	All standard tolerance grades													
		All standard tolerance grades													IT5 and IT6	IT7	IT8																
		a ^h	b ^h	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	J	k	M	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc				
—	3	-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	-70	-50	-32	-23	-16	-10	-6	0		-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
18	24																																
24	30	-300	-160	-110	-85	-65	-40	-25	-20	-12	-7	0		-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
30	40	-310	-170	-120	-100	-80	-50	-35	-25	-15	-9	0		-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218	
40	50	-320	-180	-130																													
50	65	-340	-190	-140																													
65	80	-360	-200	-150																													
80	100	-380	-220	-170																													
100	120	-410	-240	-180																													
120	140	-460	-260	-200																													
140	160	-520	-280	-210																													
160	180	-580	-310	-230																													
180	200	-660	-340	-240																													
200	225	-740	-380	-260																													
225	250	-820	-420	-280																													
250	280	-920	-480	-300																													
280	315	-1 050	-540	-330																													
315	355	-1 200	-600	-360																													
355	400	-1 350	-680	-400																													
400	450	-1 500	-760	-440																													
450	500	-1 650	-840	-480																													
500	560																																
560	630																																
630	710																																
710	800																																
800	900																																
900	1 000																																
1 000	1 120																																
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																																

Deviations = ± IT_n/2, where n is the standard tolerance grade number

^a Fundamental deviations a and b shall not be used for nominal sizes < 1 mm.



Sistema di tolleranze ISO: calcolo degli scostamenti – caso albero

ESEMPIO: 20 e7

posizione e $\longrightarrow e_s = -40 \mu\text{m}$

IT7 $\longrightarrow t = 21 \mu\text{m}$

Dimensione nominale mm		IT1 ²⁾	IT2 ²⁾	IT3 ²⁾	IT4 ²⁾	IT5 ²⁾	IT6	IT7
oltre	fino a	μm						
–	3 ³⁾	0,8	1,2	2	3	4	6	10
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21

DIMENSIONE NOMINALE mm		SCOSTAMENTO SUPERIORE						
		GRADI DI TOLLERANZA						
oltre	fino a	a ¹⁾	b ¹⁾	c	cd	d	e	ef
–	3 ¹⁾	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-15
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18
10	14	-290	-150	-95		-50	-32	
14	18						-32	
18	24	-300	-160	-110		-65	-40	
24	30						-40	
30	40	-310	-170	-120		-80	-50	
40	50						-50	

$$e_i = e_s - t = -40 - 21 = -61 \mu\text{m}$$


20

-0.040
-0.061

Sistema di tolleranze ISO: scelta e indicazione

- Combinando tra loro tutte le diverse posizioni per fori ed alberi previste dal sistema UNI/ISO si potrebbe ottenere un numero elevatissimo di possibili accoppiamenti.
- Tale molteplicità è **inutile e dannosa**.
- Il sistema UNI/ISO prescrive infatti di utilizzare solo i seguenti sistemi di accoppiamento:
 - **foro base**: si ottengono le diverse condizioni di accoppiamento combinando alberi con diverse posizioni (a – zc) con un **foro in posizione H**.

es.: **H7/g6**

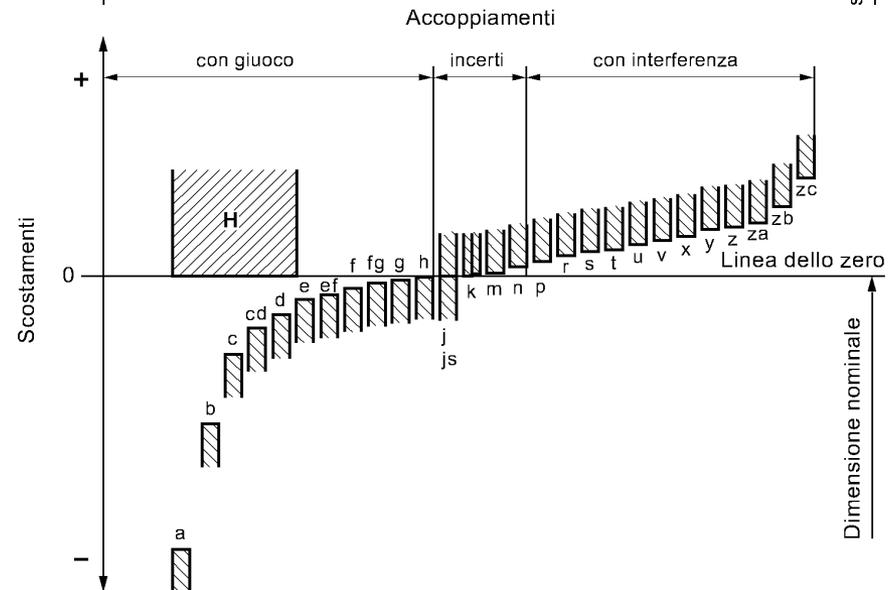
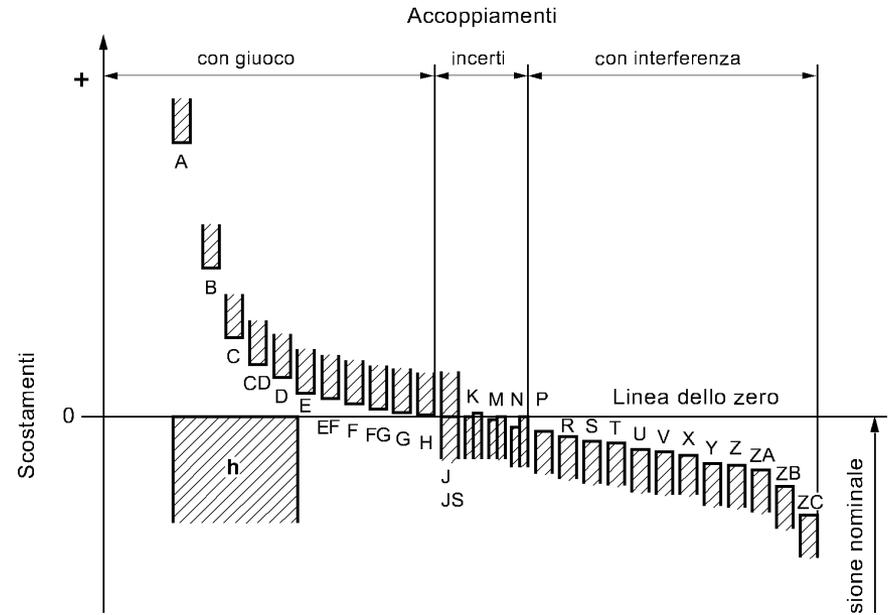
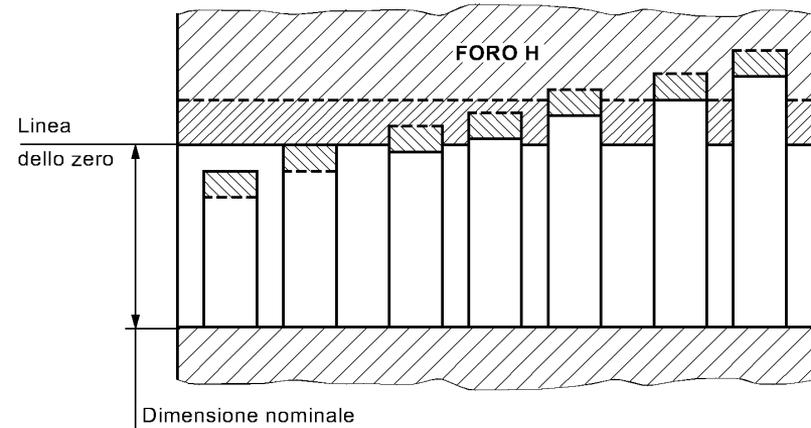
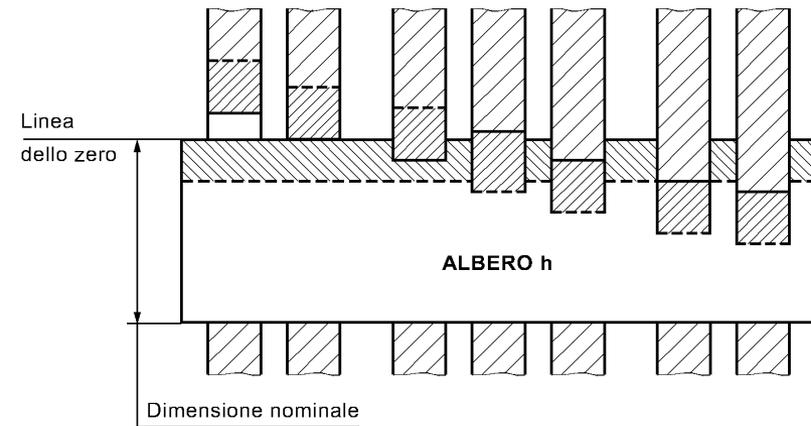
H6/p5

- **albero base**: si ottengono le diverse condizioni di accoppiamento combinando fori con diverse posizioni (A – ZC) con un **albero in posizione h**.

es.: **G7/h6**

P6/h5

Sistema di tolleranze ISO: scelta e indicazione



Indicazioni per la scelta degli accoppiamenti:

- Lavorare e verificare i fori è più difficile e costoso: **preferire il sistema foro base** (standardizza maggiormente la lavorazione più critica)
- Adottare il sistema **albero base** nel caso comporti sicuri **vantaggi economici** (ad es. acquisto di componenti a catalogo prodotti in posizione h)
- Scegliere le **tolleranze dell'albero e del foro più ampie** compatibilmente con le condizioni di impiego richieste. Assegnare un grado di tolleranza più ampio al foro. Consultare le tabelle con gli accoppiamenti di uso comune.
- Un **accoppiamento incerto** si comporta come un **accoppiamento con lieve interferenza**, per effetto dell'errore di forma sempre presente e del fatto che in genere gli alberi tendono ad essere prodotti con dimensioni più vicine alla massima, mentre i fori alla minima
- Negli accoppiamenti **con gioco**, **valutare il comportamento funzionale al variare della temperatura** e in presenza di usura
- Negli accoppiamenti **con interferenza** (forzati) l'interferenza minima deve assicurare comunque **il collegamento dei componenti**, quella massima **non deve causare danneggiamento dei componenti**.

Sistema di tolleranze ISO: scelta e indicazione

PREFERRED FITS FOR SHAFTS AND HOLES*

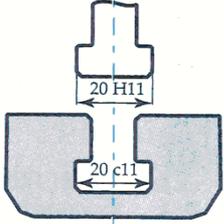
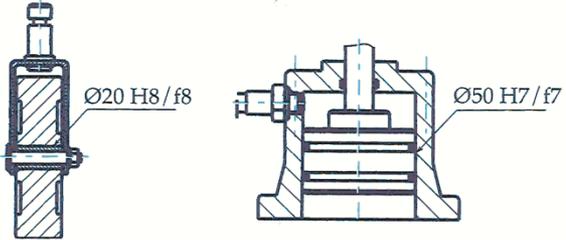
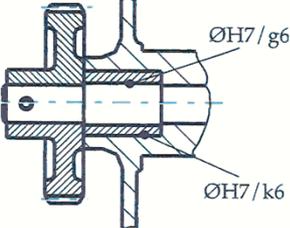
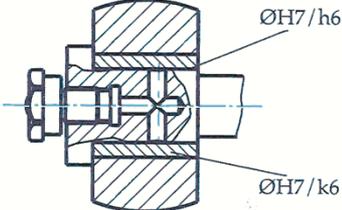
Hole Basis	Shaft Basis	Description
H11/c11	C11/h11	Loose running fits are for wide commercial tolerances or allowances on external members
H9/d9	D9/h9	Free running fits are good for large temperature variations, high running speeds, or heavy journal pressure, but not where accuracy is essential.
H8/f7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

* Reprinted from Kverneland, K.O., "How ISO Standards Cut Manufacturing Costs," *Machine Design*, pp 126-130, November 5, 1998.



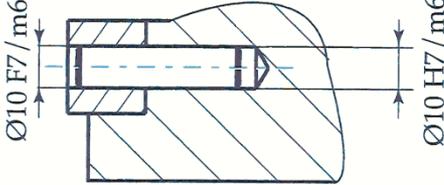
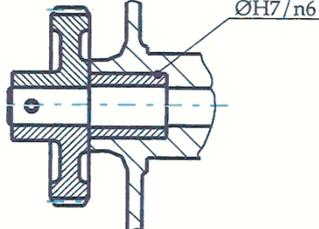
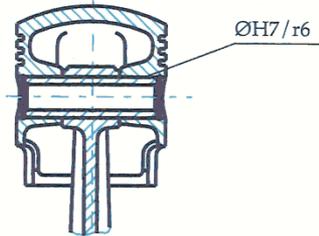
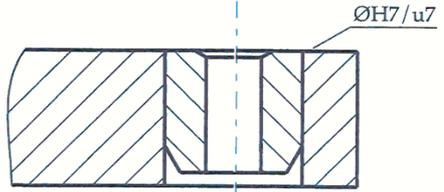
Sistema di tolleranze ISO: scelta e indicazione

Accoppiamenti con gioco

	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

Sistema di tolleranze ISO: scelta e indicazione

Accoppiamenti con interferenza

	ACCOPIAMENTO	APPLICAZIONE	ESEMPI
Precisione ↑	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.	 <p>Spina cilindrica di riferimento</p>
Precisione ↑	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.	 <p>Montaggio di bronzine nella loro sede esterna</p>
Precisione ↑	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.	 <p>Accoppiamento spinotto-pistone</p>
Precisione ↑	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.	 <p>Bussola di guida per utensili</p>

Indicazione delle tolleranze

Indicazione delle tolleranze dimensionali (per singole *feature of size*)

(vedi UNI EN ISO 14405-1:2011)

Table 4 — Different basic GPS specifications for size

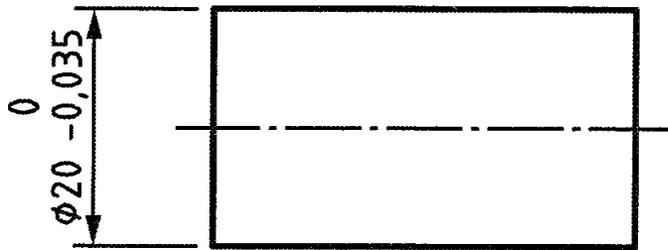
Basic GPS specification for linear size	Examples	Figure
Nominal size \pm deviation limits	$\begin{matrix} 0 \\ 150 - 0,2; \end{matrix}$ $\begin{matrix} +0,2 \\ \text{Ø } 38 - 0,1; \end{matrix}$ $55 \pm 0,2$	9
Nominal size followed by tolerance code in accordance with ISO 286-1	68 H8; Ø 67 k6; 165 js10	10
Values of upper and lower limits of size	$\begin{matrix} 85,2 & 29,000 & 120,2 \\ 84,8 & 28,929 & 119,8 \end{matrix}$	11
Values of upper or lower limits of size	85,2 max. 84,8 min.	—
General tolerancing defined by a nominal size neither indicated in brackets nor as a theoretically exact dimension (TED) (squared dimension)	10 and in the title block ISO 2768-m ^a	—
^a See ISO 2768-1 for information on general tolerancing.		

Indicazione delle tolleranze

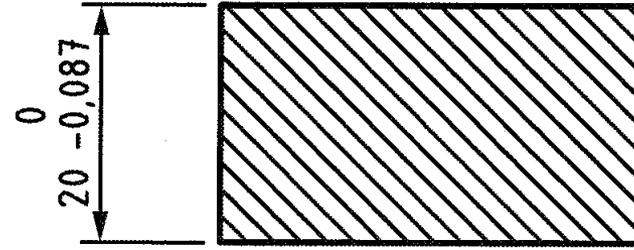
Indicazione delle tolleranze dimensionali (per singole *feature of size*)

(vedi UNI EN ISO 14405-1:2011) *cont.*

1) Dimensione nominale \pm scostamenti limite

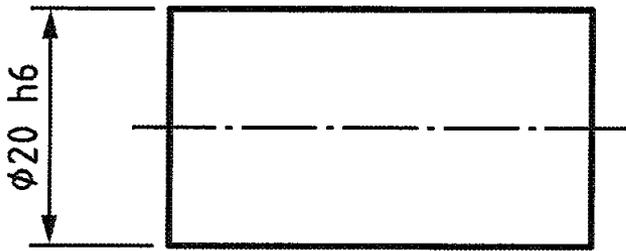


a) Feature of size type: cylinder

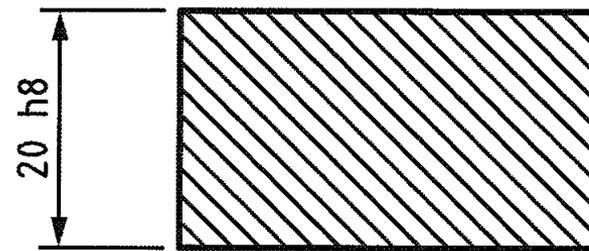


b) Feature of size type: two parallel opposite planes

2) Dimensione nominale + codifica ISO della tolleranza



a) Feature of size type: cylinder

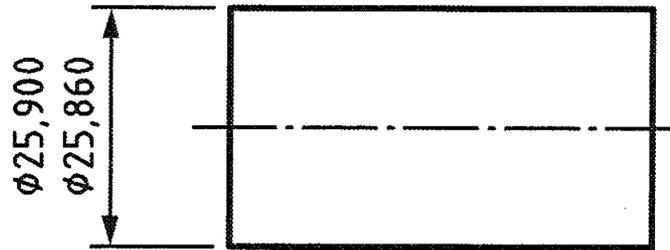


b) Feature of size type: two parallel opposite planes

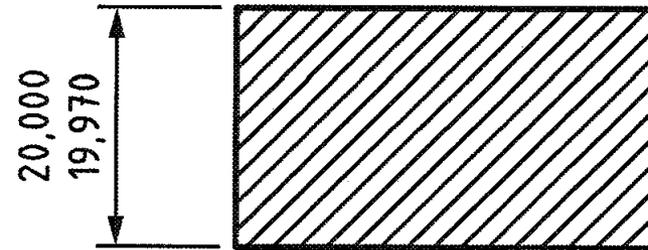
Indicazione delle **tolleranze** dimensionali (per singole **feature of size**)

(vedi UNI EN ISO 14405-1:2011) *cont.*

3) Dimensione massima e dimensione minima (ULS e LLS)



a) Feature of size type: cylinder



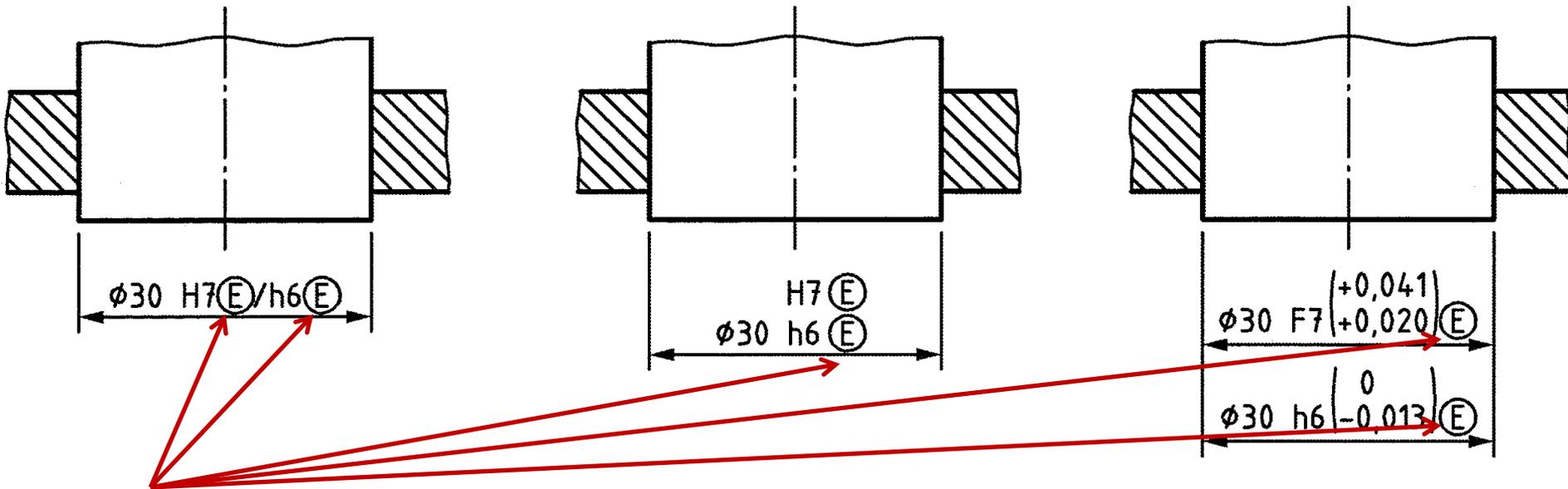
b) Feature of size type: two parallel opposite planes

Indicazione delle tolleranze

Indicazione delle tolleranze dimensionali (per accoppiamenti)

(vedi UNI EN ISO 14405-1:2011)

1) Mediante sistema ISO per gli accoppiamenti



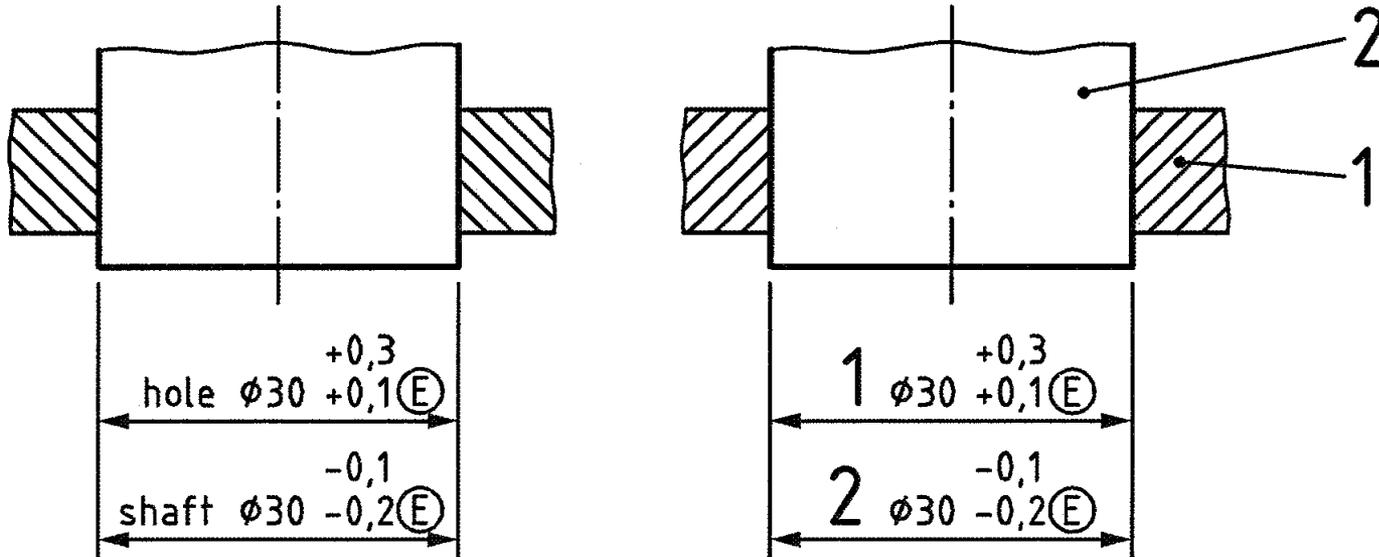
Attenzione: condizione di involuppo per accoppiamenti con gioco!!!

Indicazione delle tolleranze

Indicazione delle **tolleranze** dimensionali (per accoppiamenti)

(vedi UNI EN ISO 14405-1:2011) *cont.*

2) Mediante indicazione degli scostamenti limite



Modificatori: esigenza di inviluppo

Se l'elemento dimensionabile è destinato ad un accoppiamento, è opportuno legare assieme i vincoli su dimensione e forma:

applico l'**ESIGENZA DI INVILUPPO**

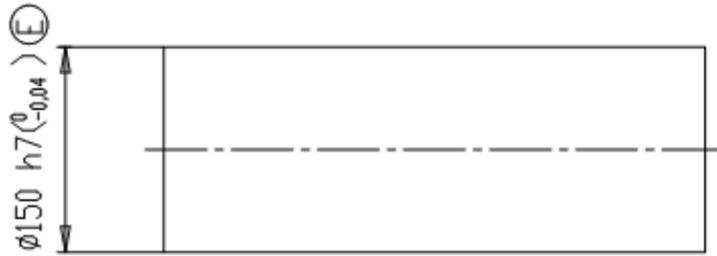
Si applica alle tolleranze nelle quote degli elementi dimensionabili aggiungendo il simbolo \textcircled{E}

Cosa significa?

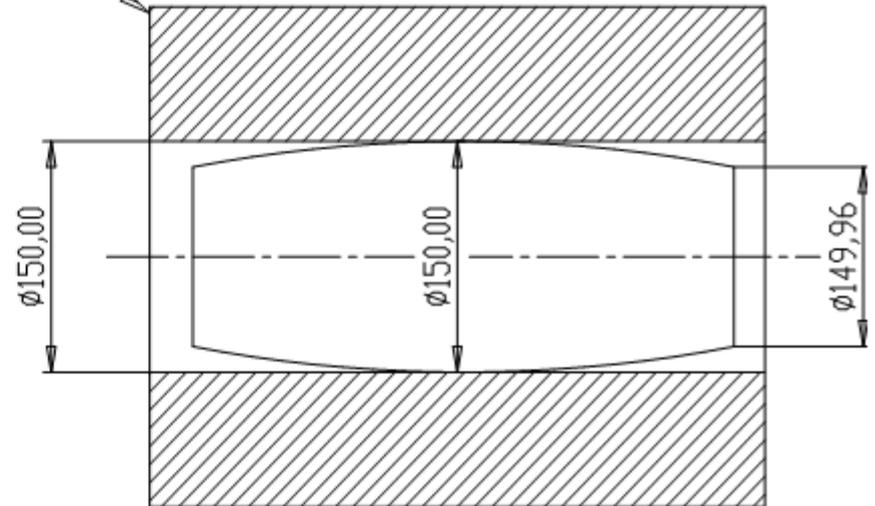
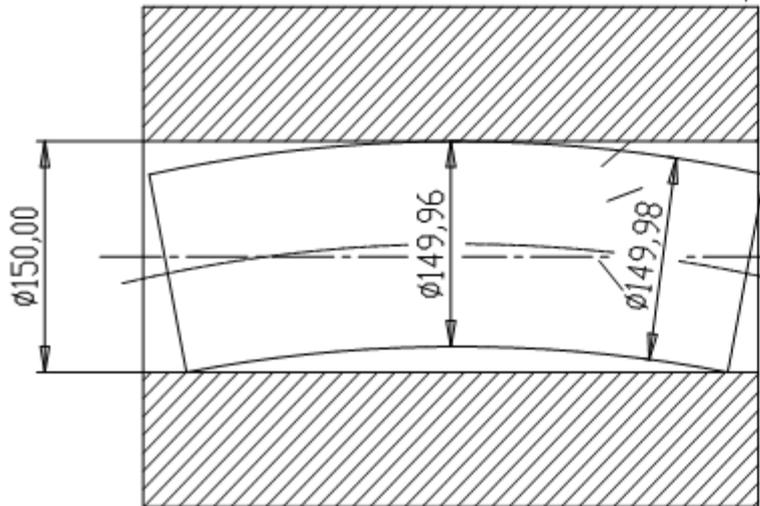
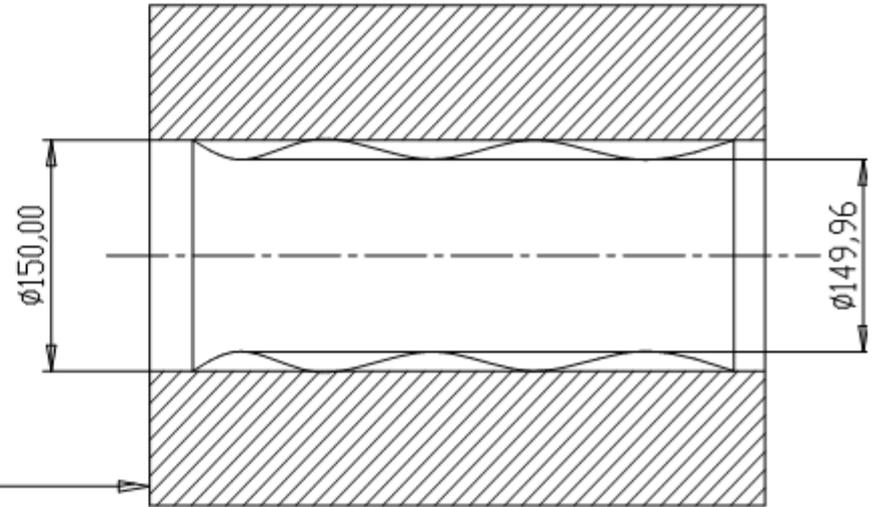
- i punti sulla **superficie dell'elemento cilindrico reale** non devono superare l'inviluppo di forma perfetta alla dimensione di massimo materiale ($\textcircled{\varnothing}150$ nell'esempio seguente);
- nessuna **dimensione locale** deve risultare minore della dimensione di minimo materiale ($\textcircled{\varnothing}149,96$ nell'esempio seguente);
- quindi ciascun diametro locale deve essere contenuto entro le dimensioni di $\textcircled{\varnothing}150$ e $\textcircled{\varnothing}149,96$ nel rispetto della tolleranza dimensionale (0,04 mm);
- quando tutti i diametri locali reali siano alla dimensione corrispondente alla condizione di massimo materiale ($\textcircled{\varnothing}150$), l'albero deve essere perfettamente cilindrico.

Esigenza di involuppo

a)



calibro di forma perfetta
corrispondente alla condizione
di massimo materiale



Fine

