

# Sommario

Uso delle tolleranze geometriche .....	1
Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo .....	1
Introduzione .....	1
Il processo concettuale di valutazione delle tolleranze geometriche .....	2
Specifica e verifica .....	2
Elementi considerati e elementi soggetti a tolleranza .....	7
Fasi della valutazione.....	7
Confronti con la prassi precedente.....	8
Strutturazione della routine di misurazione per le tolleranze geometriche .....	8
Introduzione .....	8
Definizione e uso degli elementi di riferimento .....	16
Uso e sintassi dei comandi della finestra di dialogo Definizione elemento di riferimento .....	17
Elementi di riferimento singoli .....	19
Tipi di elementi che rappresentano una superficie planare .....	20
Tipi di elementi che rappresentano una superficie cilindrica .....	20
Elementi di riferimento comuni .....	21
Configurazioni di elementi di riferimento .....	35
Definizione delle tolleranze geometriche e controllo dei rapporti .....	36
Sintassi della modalità di comando .....	36
Esempio semplice .....	36
Esempio complesso .....	37

Blocco alternativo di comandi 1.....	40
Blocco alternativo di comandi 2.....	41
Blocco alternativo di comandi 3.....	42
Blocco alternativo di comandi 4.....	42
La finestra di dialogo Tolleranza geometrica.....	43
Tipi di tolleranze geometriche .....	81
Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento .....	182
Gradi di libertà vincolati da un sistema di elementi di riferimento.....	184
Tipi di algoritmi di calcolo di un elemento di riferimento secondo la norma ASME Y14.5.....	186
Tipi di algoritmi di calcolo di un elemento di riferimento secondo ISO 1101 .....	187
I modificatori degli elementi di riferimento .....	189
Piani di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5 .....	191
Piani di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101 .....	192
Illustrazioni di piani di riferimento: filtraggio, adattamento ottimale e vincoli di orientamento .....	192
Piani di riferimento senza dati di superficie .....	195
Sezioni trasversali dei piani di riferimento .....	196
Campioni di piani di riferimento .....	197
Cilindri di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5 .....	198
Cilindri di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101 .....	199
Illustrazioni dei cilindri di riferimento con e senza vincoli di localizzazione .....	199
Cilindri di riferimento senza dati di superficie e assi senza superficie .....	201
Sezioni trasversali dei cilindri di riferimento .....	202

Larghezze di riferimento secondo ASME Y14.5 .....	204
Larghezze di riferimento secondo ISO 1101 .....	204
Asole e asole aperte di riferimento .....	205
Coni di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5 .....	206
Coni di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101 .....	207
Coni di riferimento senza dati di superficie .....	208
Sfere di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5 .....	208
Sfere di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101 .....	209
Sfere di riferimento senza dati di superficie e punti in 3D senza superficie .....	209
Configurazioni di elementi di riferimento .....	210
Elementi di riferimento comuni: cilindri coassiali .....	214
Elementi di riferimento comuni: piani paralleli distanziati. ....	216
Elementi di riferimento con modificatore di materiale .....	217
Determinazione delle dimensioni del limite di materiale .....	224
Confronto tra elementi di riferimento con localizzazione non vincolata ed elementi di riferimento con precedenza più alta .....	232
Tipi di elementi con e senza dati di superficie .....	233
Introduzione .....	233
Piani .....	234
Linee .....	235
punti .....	236
Cilindri .....	237
Cerchi .....	237
Larghezze .....	238

Asole e asole aperte .....	238
Coni.....	239
Sfere .....	239
Elementi a forma libera .....	240
Elementi inversi.....	241
Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica .....	242
Specifiche di dimensione .....	242
Dimensione globale.....	242
Dimensione locale.....	243
Modificatori di dimensione ISO.....	244
Calcoli del bonus.....	247
Rapporto .....	248
Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza.....	250
Tolleranze simultanee.....	268
Definizione di una tolleranza simultanea.....	268
Sintassi della modalità di comando .....	269
Comportamento .....	270
Raccomandazioni di struttura della routine di misurazione .....	271
Confronto con la procedura precedente.....	271
Migrazione .....	272
Output dei risultati delle tolleranze geometriche .....	272
Dati statistici.....	273
Output in Excel.....	273

Espressioni.....	273
Note sulle etichette dei rapporti di tolleranza geometrica.....	276
Migrazione da XactMeasure .....	277
Introduzione .....	277
Workflow suggerito.....	278
Rapporto sulla migrazione .....	279
Note importanti.....	280
Opzioni per il controllo della migrazione.....	282
Uso del comando di dimensione.....	284
Le modalità di comando .....	284
Elementi di input.....	286
Come dimensionare un elemento mediante l'opzione DIMENSIONE .....	289
Lettura del rapporto.....	292
Modificatori ISO 14405-1 supportati.....	296
Uso della modalità di selezione delle GD&T per creare FCF.....	297
Uso della modalità di selezione delle GD&T (da CAD) .....	297
Uso della modalità di selezione delle GD&T (da file) .....	298
Informazioni sul riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) per creare riquadri di controllo .....	304
Messaggi di errore e avvertenze per la risoluzione dei problemi .....	312



# Uso delle tolleranze geometriche

## Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo

### Introduzione

Un pezzo lavorato ha dei requisiti funzionali. Questi requisiti spesso riguardano forme, dimensioni, orientamenti e ubicazioni degli elementi—sono i requisiti geometrici. Gli elementi devono soddisfare i requisiti geometrici sia presi da soli sia insieme ad altri elementi.

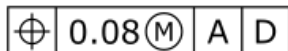
Le tolleranze geometriche comunicano con precisione i requisiti geometrici. Un disegno o un modello CAD specifica le tolleranze geometriche con gli strumenti seguenti:

- Riquadri di controllo (ASME Y14.5);
- Indicatori di tolleranza (ISO 1101).



**Nota sulla terminologia:** i riquadri di controllo ASME e gli indicatori di tolleranza ISO hanno un aspetto e un funzionamento molto simile tra loro. Perciò, si indicherà l'uno o all'altro di essi con il lo stesso termine "Riquadro di controllo". Useremo anche il termine "Standard di dimensionamento e tolleranza geometrica" (o, in breve, "Standard GD&T"). Questo termine si riferisce a entrambe le norme interessate (ASME Y14.5 e ISO 1101) anche se il termine usato dall'ISO è "specifiche geometriche dei prodotti".

Un riquadro di controllo (FCF) usa numeri e simboli in caselle rettangolari, come queste:



Anche se PC-DMIS può verificare le tolleranze geometriche secondo qualsiasi standard, può farlo più facilmente quando le tolleranze sono scritte secondo i seguenti standard:

- ASME Y14.5 1994 / 2009 / 2018

- ASME Y14.5.1 1994 / 2019
- ISO 1101: 2012/2017
- ISO 5459: 2011
- ISO 5458 : 1998
- ISO 14405-1: 2010
- ISO 17450-3 : 2016
- ISO 2692 : 2014
- ISO 1660 : 2017



**Nota sulla terminologia:** per brevità, ci si riferirà al gruppo di standard ASME come "ASME Y14.5" e al gruppo di standard ISO come "ISO 1101".

## Il processo concettuale di valutazione delle tolleranze geometriche

Una tolleranza geometrica comprende sempre le seguenti parti:

- uno o più elementi soggetti a tolleranza;
- una zona di tolleranza per ogni elemento soggetto a tolleranza;
- nessuno o più elementi di riferimento. Questa vincola il modo in cui gli elementi soggetti a tolleranza possono essere ottimizzati nella zona o nelle zone di tolleranza.

Quando si valuta una tolleranza geometrica è necessario conoscere tutte le dimensioni base (ASME Y14.5) o le dimensioni teoricamente esatte (ISO 1101). Queste sono le relazioni nominali tra tutti gli elementi in questione. Questo significa che tutti gli elementi devono avere valori nominali (teorici) corretti. Se non sono corretti, PC-DMIS può valutare le tolleranze geometriche in modo non corretto.



Il modo più semplice per assicurarsi che i valori nominali siano corretti consiste nel costruire la routine di misurazione a partire dal modello CAD.

## Specifica e verifica

Gli standard delle GD&T ASME e ISO sono standard di *specifica*. Le tolleranze geometriche sono un tipo di specifica. Gli standard definiscono le specifiche—cioè quello che indicano le tolleranze—ma non dicono come verificare che un pezzo soddisfi le specifiche.



## Uso delle tolleranze geometriche

Il mondo delle specifiche è un mondo di informazioni *perfette*. Una specifica è definita in termini di tutta la superficie reale. Questa è composta da un numero infinito di punti con incertezza di misura nulla.

Il mondo delle verifiche ha a che fare con informazioni *imperfette*. La verifica è definita in termini di punti misurati. Questi sono in numero finito e hanno un'incertezza di misura. Quando si sceglie un algoritmo, lo si fa in modo che questo porti a un risultato quanto più vicino possibile alla specifica. In altre parole, la specifica è quello che si sta cercando di misurare (il "misurando"), mentre la misura è la migliore approssimazione della specifica. Spesso il miglior algoritmo di verifica è molto diverso da quello della specifica.

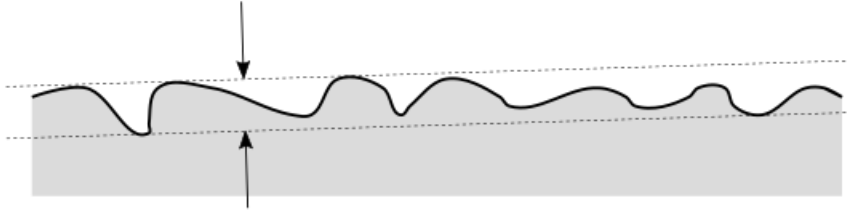
A causa di questa differenza tra specifica e verifica, i valori degli elementi di riferimento e delle tolleranze sono forniti in genere a coppie. Per esempio, ci sono elementi di riferimento reali ed elementi di riferimento misurati, come pure tolleranze reali e tolleranze misurate.

- I valori degli elementi di riferimento e delle tolleranze reali sono definiti dalla specifica usando informazioni perfette sulla superficie reale.
- I valori degli elementi di riferimento e delle tolleranze misurate sono approssimazioni dei loro valori reali sulla base dei dati misurati.

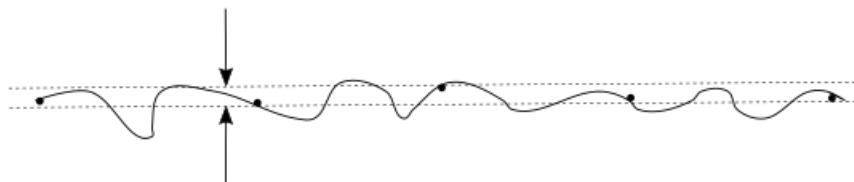
Sfortunatamente, non ci sono standard di verifica per le GD&T, quindi è molto difficile confrontare in modo significativo pacchetti software diversi destinati a valutare la stessa specifica. Pacchetti software diversi usano algoritmi diversi per approssimare i valori reali di elementi di riferimento e tolleranze, per cui ottengono valori misurati di elementi di riferimento misurati diversi e valori misurati diversi.

Per esempio, la rettilineità reale di una linea si basa su informazioni perfette sulla superficie. La rettilineità misurata si basa sui punti misurati. La rettilineità misurata può risultare minore di quella reale se non si misurano punti massimi e minimi reali. In alternativa, la rettilineità misurata può risultare maggiore di quella reale se l'incertezza di misura dei punti è grande.

Quella che segue è un'illustrazione della rettilineità reale di una superficie. Tutta la sezione trasversale della superficie reale deve giacere tra due linee parallele a distanza minima tra loro. La distanza tra le linee è il valore reale.



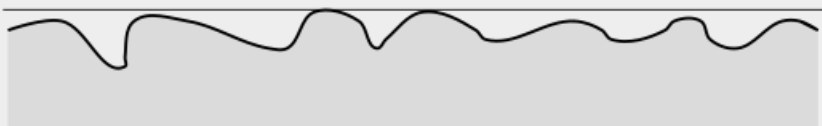
Segue ora un'un'illustrazione della rettilineità misurata di una superficie. I punti misurati sulla sezione trasversale della superficie devono giacere tra due linee parallele. La distanza tra le linee è il valore misurato. La linea continua sottile rappresenta la superficie reale (informazione perfetta), mentre i puntini rappresentano i punti misurati sulla superficie (informazione imperfetta). In questo caso sono stati misurati troppo pochi punti per cui il valore misurato è minore di quello reale.



Nel mondo delle specifiche, la norma ISO 5459:2011 ci dice che un piano di riferimento primario è definito come un piano costruito con l'algoritmo dei massimi e minimi vincolati. Questo piano è esterno al materiale. Tocca almeno un punto massimo e minimizza le deviazioni dai punti minimi (dopo il filtraggio della superficie).

Nel mondo delle verifiche, se i punti sono stati densamente misurati (cioè sono stati misurati molti punti ravvicinati) e l'incertezza della misura è molto minore dell'errore di forma, il miglior algoritmo da usare per la verifica è l'algoritmo dei massimi e minimi vincolati. Questo algoritmo assicura che il piano di riferimento misurato coincide quanto più possibile con il piano di riferimento specificato. D'altra parte, nel mondo delle verifiche se l'incertezza della misura dei punti misurati è maggiore dell'errore di forma (questo è il caso più comune) sarebbe probabilmente meglio usare l'algoritmo dei minimi quadrati ordinari non vincolati. Questo perché la maggior parte dell'errore di forma è dovuta in realtà all'errore di misura, e quindi il contatto con i punti massimi allontana il piano di riferimento dalla superficie reale. In questo caso, l'algoritmo dei minimi quadrati ordinari è una scelta migliore.

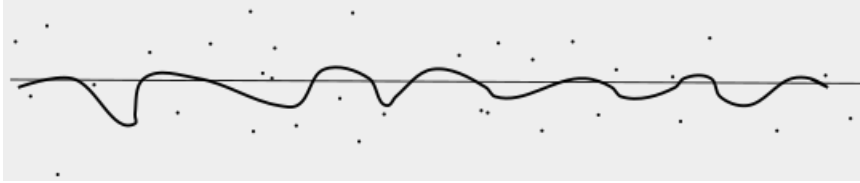
Quello che segue è un esempio di piano di riferimento primario contenente un errore di forma. L'elemento di riferimento reale specificato dalla norma ISO 5459:2011 è mostrato dalla linea retta sottile.



Quello che segue è un esempio di quel piano di riferimento primario che è stato misurato da un sensore, e dove la misura di ogni punto ha una notevole incertezza. La linea continua ondulata rappresenta la superficie reale. Se si usa l'algoritmo indicato nella specifica (massimi e minimi vincolati dopo il filtraggio dei vuoti) l'elemento di riferimento misurato è molto lontano da quello reale, come mostrato dalla linea retta sottile.



Segue ora un esempio dello stesso elemento di riferimento primario con gli stessi punti misurati ma che è stato ricavato con l'algoritmo dei minimi quadrati ordinari non vincolati. Questo elemento di riferimento misurato approssima molto meglio l'elemento reale.



Spesso, durante la verifica può essere necessario usare algoritmi diversi da quelli usati per la specifica. Per questo, i comandi di tolleranza geometrica offrono *scelte di algoritmi* che permettono di controllare quali algoritmi usare per la verifica. Può essere difficile fare la scelta migliore. Il solo modo di essere veramente certi di aver fatto la scelta migliore è quello di fare un attento studio.

### **Passi raccomandati per un attento studio**

1. Prendere diversi pezzi reali che presentano tutta la gamma di errori del processo di produzione.
2. Misurare densamente tutti i pezzi con molte sezioni trasversali e usare apparecchiature che offrano un'incertezza di misura molto inferiore all'errore di forma.
3. Scegliere gli algoritmi che approssimano strettamente la specifica.
4. Misurare gli stessi pezzi nel modo in cui ci si aspetta di misurarli realmente in produzione. Usare gli stessi sensori e le stesse strategie di misura che si useranno.
5. Scegliere un'ampia gamma di algoritmi e confrontare quanto bene approssimano le misure ravvicinate e molto precise. Questo permetterà di scegliere la combinazione di algoritmi che generano il risultato che approssima meglio le specifiche.

Normalmente, la scelta dell'algoritmo migliore dipende dal rapporto tra l'incertezza di misura e l'errore di forma. Se l'incertezza di misura è molto maggiore dell'errore di forma, non è possibile misurare comunque il vero errore di forma con il sensore, e per il

calcolo dell'elemento di riferimento e dell'elemento è meglio scegliere qualcosa di semplice come l'algoritmo dei minimi quadrati ordinari. D'altra parte, se l'incertezza di misura è molto minore dell'errore di forma è meglio scegliere gli algoritmi che approssimano strettamente la specifica.



La discussione sulle modalità di scelta dell'algoritmo è completamente separata dalla questione se il sensore è in grado di verificare le specifiche. Questo aspetto complesso non sarà trattato in questa documentazione. Tuttavia, è essenziale che i tecnici addetti alle verifiche scelgano sensori e strategie di misura in grado di verificare, insieme agli algoritmi scelti, la specifica con sufficiente precisione.

## Elementi considerati e elementi soggetti a tolleranza

C'è differenza tra elementi considerati e elementi soggetti a tolleranza.

Un elemento considerato è una superficie misurata che rappresenta la superficie controllata. Nella routine di misurazione si misurano gli elementi considerati. Un elemento considerato è, nella terminologia ISO 1101, una misura di un intero elemento reale. Quando si usa il comando di tolleranza geometrica, si scelgono gli elementi considerati per ogni tolleranza.

L'elemento soggetto a tolleranza è quello che deve rientrare nella zona di tolleranza. Talvolta, l'elemento soggetto a tolleranza è la superficie dell'elemento considerato. Talvolta è qualcosa derivato dalla superficie dell'elemento considerato. Per esempio, potrebbe essere l'asse dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (ASME Y14.5) o la linea media estratta (ISO 1101). Per ulteriori informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

## Fasi della valutazione

La valutazione di una tolleranza geometrica comprende diverse fasi.

1. Misurazione delle superfici degli elementi considerati e degli elementi di riferimento
2. Calcolo degli elementi di riferimento nel loro ordine gerarchico di precedenza.
3. Produzione dell'elemento soggetto a tolleranza dall'elemento considerato come necessario.
4. Valutazione di ogni elemento soggetto a tolleranza all'interno della sua zona di tolleranza. Questa è soggetta ai vincoli degli elementi di riferimento.
5. Creazione di un rapporto con i risultati.

Nella maggior parte dei casi l'utente è responsabile della fase 1 del processo di valutazione. Il comando di tolleranza geometrica di PC-DMIS gestisce le altre fasi in modo che siano conformi agli standard ASME Y14.5 o ISO 1101.

Poiché è responsabile della fase 1 del processo di valutazione, l'utente deve misurare le superfici con una densità di punti e con un numero di sezioni trasversali tali che gli elementi di riferimento misurati e i valori misurati possano approssimare da vicino quelli reali. Questo significa che l'utente deve conoscere a fondo le specifiche, i punti di forza e di debolezza delle apparecchiature di misura, e i tipi di errori che il processo di produzione può generare.

## Confronti con la prassi precedente

PC-DMIS 2020 R2 ha introdotto il comando di tolleranza geometrica. Prima di questa versione, PC-DMIS aveva alcune funzioni degli FCF che supportavano i vecchi standard e che erano più limitate.



**Nota sulla terminologia:** questa documentazione si riferisce alle vecchie funzioni come "XactMeasure". Questo perché nelle versioni precedenti di PC-DMIS la finestra di dialogo dei riquadri di controllo aveva "XactMeasure" nella barra dell'intestazione. L'attuale comando di tolleranza geometrica usa la locuzione "Tolleranza geometrica".

Questa documentazione contiene diversi confronti con la prassi precedente. Mostrano un confronto tra funzioni e comportamento di "XactMeasure" e del comando di tolleranza geometrica.

---

# Strutturazione della routine di misurazione per le tolleranze geometriche

## Introduzione

A partire da PC-DMIS 2023.2, quando si crea una nuova routine di misurazione la finestra di dialogo **Nuova routine di misurazione** richiede che si selezioni lo standard appropriato per le GD&T (vedere "Creazione di nuove routine di misurazione" nella documentazione della versione base di PC-DMIS). PC-DMIS applica lo standard delle GD&T selezionato (ASME Y14.5 1994, ASME Y14.5 2009, ASME Y14.5 2018 o ISO

1101 2012/2017) per ogni comando di dimensione e tolleranza geometrica che si crea nella nuova routine di misurazione. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione "Confronto con la prassi precedente - Riferimento allo standard delle GD&T" che segue.

Nella maggior parte dei casi, per la routine di misurazione si consiglia una struttura semplice come la seguente:

1. Creare un allineamento iniziale per individuare il pezzo nello spazio in 3D. Per informazioni, vedere il capitolo "Creazione e uso degli allineamenti" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.
2. Misurare le superfici di tutti gli elementi considerati e degli elementi di riferimento.
3. Definire gli elementi di riferimento usando i comandi di definizione degli elementi di riferimento.
4. Definire le tolleranze di dimensione e geometriche usando i comandi di tolleranza geometrica.
5. Definire le tolleranze simultanee usando i comandi di tolleranza simultanea.

Creare le tolleranze di dimensione e geometriche sugli elementi di riferimento prima delle tolleranze geometriche che si riferiscono a tali elementi di riferimento. Ciò perché le tolleranze geometriche che fanno riferimento a un elemento di riferimento spesso devono conoscere le tolleranze di dimensione e geometriche su tale elemento. Se successivamente si modificano la tolleranza di dimensione su un elemento di riferimento, assicurarsi che tutte le tolleranze geometriche successive che fanno riferimento allo stesso elemento abbiano le informazioni corrette relative alla tolleranza di dimensione. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.



Se si modificano le tolleranze inferiori o superiori di un elemento nella finestra di modifica o nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** (scheda **Riquadro di controllo** o scheda **Nominali**), e lo stesso elemento è usato come elemento considerato o elemento di riferimento, PC-DMIS mostra un messaggio in cui chiede se si desidera applicare le stesse modifiche a tutti i comandi successivi che si riferiscono a quell'elemento.

Per esempio:

### Tolleranze

La tolleranza delle dimensioni di CYL1 è stata cambiata. Applicare lo stesso cambiamento a tutti i relativi comandi successivi che si riferiscono a CYL1?

**Sì/No**

Se si fa clic su **Sì**, PC-DMIS aggiorna le tolleranze delle dimensioni in tutti i comandi di tolleranza geometrica che si trovano sotto la posizione del cursore che si riferisce allo stesso elemento, sia esso un elemento considerato o un elemento di riferimento.

Se si fa clic su **No**, PC-DMIS aggiorna solo la tolleranza modificata. PC-DMIS non aggiorna nessuna delle tolleranze delle dimensioni nei relativi comandi di tolleranza geometrica che si trovano sotto la posizione del cursore che si riferisce allo stesso elemento modificato, sia esso un elemento considerato o un elemento di riferimento.

Si consiglia di non utilizzare la funzione di copia e incolla o incolla con configurazione per replicare il comando di tolleranza geometrica. Ci sono alcuni casi in cui funziona, e ci sono altri casi in cui l'incolla-con-configurazione è fondamentalmente incapace di funzionare correttamente. Per gli stessi motivi, è inoltre preferibile non inserire il comando di tolleranza geometrica all'interno di un ciclo. All'interno di un ciclo si può inserire l'intera routine di misurazione.

### Confronto con la prassi precedente - Riferimento allo standard delle GD&T

In passato, XactMeasure permetteva di creare comandi dei riquadri di controllo che facevano riferimento a differenti standard delle GD&T all'interno della stessa routine di misurazione. Si poteva anche cambiare lo standard delle GD&T dall'interno del comando. Anche le prime versioni dei comandi di tolleranza geometrica supportavano questo comportamento per facilitare la migrazione. Tuttavia, non ha senso mischiare



nella stessa routine di misurazione standard delle GD&T diversi tra loro. Questo poiché i pezzi sono progettati in base a un solo standard.

Per questa ragione, a partire da PC-DMIS 2023, non sarà più possibile fare riferimento a entrambi gli standard ASME e ISO nella stessa routine di misurazione.

### **Confronto con la prassi precedente - Elementi costruiti**

In passato, a causa delle limitazioni di XactMeasure, spesso era necessario utilizzare comandi di elementi costruiti. Questi erano piani intermedi, linee di intersezione e così via. Questi elementi sono stati utilizzati sia come elementi considerati che come elementi di riferimento.

Con le tolleranze geometriche, tuttavia, la maggior parte dei comandi degli elementi costruiti è d'intralcio. Gli elementi costruiti possono impedire a una tolleranza geometrica di comprendere la superficie misurata. Tuttavia, nei seguenti pochi casi ha senso utilizzare un comando del genere:

- I comandi di larghezza costruita sono necessari per rappresentare una larghezza (ASME Y14.5) o piani opposti paralleli (ISO 1101). Ciò perché in PC-DMIS non è ancora disponibile un comando di larghezza automatica. I comandi di larghezza costruita conservano tutti i dati di superficie e pertanto non impediscono l'esecuzione del comando di tolleranza geometrica.
- A volte sono necessari i comandi di insiemi costruiti. Quando tutti gli input rappresentano superfici misurate, gli insiemi costruiti conservano tutti i dati di superficie e non impediscono l'esecuzione del comando di tolleranza geometrica.
- In rari casi, è possibile misurare un elemento con comandi di punti separati, come punti vettore. È possibile quindi costruire un elemento best fit con ricompensazione (BFRE) dai punti vettore. L'elemento costruito conserva i dati di superficie e pertanto non impedisce l'esecuzione del comando di tolleranza geometrica.



Con le costruzioni Best Fit (BF) o di ricompensazione best fit (BFRE), anche se si può usare come elemento di input qualsiasi tipo di elemento, i tipi BF e BFRE sono tipicamente usati con gli elementi Punto o con insiemi di punti (una scansione di punti, un insieme di elementi con punti, o un'espressione che genera un array di punti).

Per i dettagli sull'uso dei metodi Best Fit e Best Fit con ricompensazione per costruire elementi, vedere gli argomenti "Informazioni sulle costruzioni Best Fit (BF) e Best Fit con ricompensazione (BFRE)" nella documentazione della versione base di PC-DMIS..

- In pochi casi, un elemento considerato o un elemento di riferimento potrebbero dover essere una geometria derivata. Ciò significa che non è presente alcuna superficie. Un esempio è dato dal minimo cerchio circoscritto che contiene tre perni in ASME Y14.5 2018, Figura 7-42 (b). In questi casi, l'unico modo per trasmettere l'intento specificato al comando di tolleranza geometrica è quello di costruire un elemento di cui mancano i dati di superficie. Se si decide di operare in questo modo, è necessario accertarsi di rispettare gli standard applicabili.

Il comando di tolleranza geometrica utilizza gli elementi costruiti senza informazioni nei seguenti modi:

- come elemento soggetto a tolleranza;
- come elemento di riferimento pre-risolto (elemento di situazione nel linguaggio ISO 5459)

In questi casi, si stanno assumendo le fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale. È responsabilità dell'operatore costruire l'elemento in base agli standard appropriati. Per informazioni sul processo di valutazione concettuale, vedere "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo" nella documentazione della versione base di PC-DMIS. Per informazioni sui tipi di elementi che hanno o meno dati di superficie vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

### **Confronto con la prassi precedente - Dati misurati in sezioni trasversali**

Certi tipi di tolleranze geometriche richiedono una valutazione dei dati misurati nelle sezioni trasversali. Ad esempio, si consideri la specifica della rettilineità

dell'asse di un cilindro. È necessario misurare il cilindro in diverse sezioni trasversali per i seguenti motivi:

- Per calcolare il centro di ogni sezione trasversale
- Per valutare la rettilineità dell'asse dei centri dei cerchi

Il comando XactMeasure richiedeva di misurare i comandi di diversi cerchi. Ci potevano anche essere elementi figli di una strategia di scansione. Doveva quindi essere costruita una linea BF in 3D attraverso i centri dei cerchi. Infine, veniva creata una tolleranza di rettilineità dell'asse XactMeasure sulla linea BF.

Con il comando di tolleranza geometrica non è più necessario effettuare tutte queste operazioni. Adesso basta misurare il cilindro (usando o meno una strategia di misurazione). Viene quindi valutata la rettilineità dell'asse sul cilindro. Il comando di tolleranza geometrica divide automaticamente i dati in sezioni trasversali in base alla distribuzione dei punti. Quindi calcola il centro di ogni cerchio e valuta la rettilineità in base a tali centri.

A partire da PC-DMIS 2025.1, il comando di tolleranza geometrica offre una capacità di sezionamento automatico notevolmente migliore che supporta un intervallo più ampio di distribuzione dei punti all'interno di un elemento e calcolarne le sezioni trasversali. Questo miglioramento era stato principalmente pensato per supportare elementi misurati con un sensore laser, ma vale per tutti i tipi di sensori per permettere maggiore flessibilità. I dati laser sono raramente organizzati in sezioni trasversali chiare e le precedenti capacità di generare sezioni trasversali limitavano i tipi di tolleranze che potevano essere valutate. Per esempio, in precedenza non era possibile valutare circolarità, oscillazione circolare o rettilineità (della superficie o di un asse) di un cilindro laser perché tipicamente non c'erano sezioni trasversali chiare. La funzionalità avanzata di estrazione delle sezioni trasversali è adesso, nella maggior parte dei casi, in grado di estrarre automaticamente sezioni trasversali lineari o circolari da qualsiasi configurazione di punti quando gli elementi sono misurati con una densità di punti adeguata. Tuttavia, in alcuni casi può dar luogo a un comportamento indesiderato. Per esempio, per ogni sezione trasversale circolare sono necessari almeno tre punti estratti su un arco di 90 gradi. Questo significa che possono essere considerati casi estremi:

- elementi con punti molto sparsi;
- Elementi con configurazioni a spirale dei punti costituite da una o pochissime rotazioni e un passo pronunciato (scansioni adattative a spirale di cilindri, cilindri o coni automatici distanziate, cilindri o coni costruiti Best Fit o Best Fit con ricompensazione, coni o cilindri misurati manualmente);
- elementi con una copertura parziale.

In generale, se ci si vuole assicurare che un comando di tolleranza geometrica sezioni i dati esattamente dove si desidera, si dovrebbero misurare i dati nelle sezioni trasversali (come era necessario nelle versioni precedenti di PC-DMIS). In caso di strumenti manuale (come i bracci portatili) si consiglia di usare scatti automatici per assicurarsi che i dati siano raccolti in una sezione trasversale. Questo aiuta anche a mantenere la consistenza dei dati quando ci sono più usi del dispositivo.

### **Confronto con la procedura precedente - Elementi considerati e dati misurati**

Con il comando di tolleranza geometrica ogni elemento considerato ha un valore misurato. In alcuni casi, ciò differisce dal comportamento di XactMeasure.

Ad esempio, si consideri la tolleranza di un profilo di superficie di tre cerchi. In XactMeasure alla fine si aveva un solo valore misurato. Con un comando di tolleranza geometrica invece si hanno tre valori.

Ciò significa che se si desidera un unico valore misurato, è necessario costruire un insieme degli elementi di input e rendere poi tale insieme l'elemento considerato.

Questo nuovo comportamento è preferibile in quanto fornisce maggiore flessibilità nel modo in cui si riportano i valori misurati. I singoli valori misurati sono comunque disponibili con un insieme costruito. Ma i valori misurati separati sono disponibili anche dove prima non lo erano.

### **Confronto con la prassi precedente - Tipi di algoritmi ISO**

Nelle versioni di PC-DMIS anteriori alla 2025.1, quando si selezionava ISO 1101 come standard delle GD&T non era disponibile nessuno di questi tre tipi di algoritmi del comando di tolleranza geometrica:

- **FEATURE\_MATH** - Questo tipo di algoritmo determinava l'algoritmo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) che PC-DMIS avrebbe usato per gli elementi considerati. PC-DMIS lo avrebbe applicato sia al calcolo della dimensione sia al modo in cui era calcolato l'elemento considerato rispetto alla relativa specifica della tolleranza geometrica.
- **DATUM\_MATH** - Questo tipo di algoritmo definisce quale algoritmo (**PREDEFINITO**, **LSQ** o **CL2**) sarà usato da PC-DMIS per gli elementi di riferimento. PC-DMIS lo applicherà sia al calcolo delle dimensioni sia all'adattamento degli elementi di riferimento.
- **TOLERANCE\_ZONE\_MATH** - Questo tipo di algoritmo definiva quale algoritmo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) PC-DMIS avrebbe usato per i calcoli di forma e di profilo.

Se si era modificato l'algoritmo di calcolo degli elementi o la tolleranza all'MMC/LLC dell'elemento considerato, veniva anche modificato il modo in cui viene riportata la dimensione (per i dettagli, vedere l'argomento "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica" nella documentazione della versione base di PC-DMIS). Questo semplifica la verifica manuale dei calcoli del bonus, poiché tutte le informazioni relative alla dimensione sono presentate nel rapporto.

Grazie alla regola di indipendenza (vedere la norma ISO 8015), l'ISO permette di calcolare separatamente tutte le caratteristiche di una dipendenza geometrica. A partire da PC-DMIS 2025.1, il comando di tolleranza geometrica adotta le seguenti modifiche.

- **SIZE\_MATH** - Questo è un nuovo tipo di algoritmo che PC-DMIS può usare per determinare come calcolare la dimensione di un elemento. Si può selezionare **PREDEFINITO**, **LSQ** o aggiungere un modificatore ISO. Per i dettagli su come aggiungere un modificatore ISO, vedere la sezione "Modificatori di dimensione ISO" dell'argomento "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.
- **FEATURE\_MATH** - Questo tipo di algoritmo determina solo il modo in cui viene calcolato l'elemento considerato rispetto alla specifica della tolleranza geometrica. Si può scegliere tra **PREDEFINITO** e **LSQ** oppure aggiungere un modificatore ISO dell'elemento soggetto a tolleranza associato alla sezione relativa alla tolleranza del riquadro di controllo.
- **DATUM\_MATH** - Questo tipo di algoritmo definisce quale algoritmo (**PREDEFINITO**, **LSQ** o **CL2**) sarà usato da PC-DMIS per gli elementi di riferimento. PC-DMIS lo applicherà sia al calcolo delle dimensioni sia all'adattamento degli elementi di riferimento.
- **TOLERANCE\_ZONE\_MATH** - Questo tipo di algoritmo separa le tolleranze di forma e di profilo come descritto qui di seguito.
  - Tolleranze di forma - Si può scegliere tra **PREDEFINITO** e **LSQ** oppure si può aggiungere un modificatore di associazione dell'elemento di riferimento alla sezione della tolleranza del riquadro di controllo.
  - Tolleranze di profilo (senza elemento di riferimento) - Si può scegliere tra **PREDEFINITO** e **LSQ**.

A seconda delle combinazioni dei tipi di algoritmi o dei modificatori che si selezionano, potrebbe non essere più possibile verificare manualmente in ogni situazione i calcoli dei bonus. Per determinare i valori del bonus ISO PC-DMIS usa sempre l'involuppo di forma perfetta (E) applicabile, ma quella dimensione

potrebbe non essere presente nel rapporto se si seleziona un modificatore della dimensione alternativo.

Per ulteriori informazioni vedere le sezioni 8.2.2.2.2 (Elemento di specificazione degli elementi soggetti a tolleranza associati) e 8.2.3.1 (Elemento di specificazione degli elementi di riferimento associati) dello standard ISO 1101:2017. Vedere le sezioni "Derivazione dell'elemento con tolleranza" e "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

---

## Definizione e uso degli elementi di riferimento

La maggior parte delle tolleranze geometriche fa uso di uno o più elementi di riferimento. Un indicatore degli elementi di riferimento identifica uno o più elementi di riferimento. Un indicatore di un elemento di riferimento è normalmente una lettera che indica un singolo elemento di riferimento come A o D, ma può essere una sequenza composta da un massimo di tre lettere. In PC-DMIS un indicatore di un riferimento può riferirsi a uno o più dei seguenti elementi:

- un elemento singolo come un piano, una linea, un punto, un cilindro, un cerchio, un piano o una sfera, o una larghezza—chiamati spesso *elemento di riferimento singolo*;
- una configurazione di elementi dimensionabili che hanno tutti le stesse dimensioni nominali e le stesse tolleranze di dimensione; questo caso riguarda solo cilindri, sfere, cerchi e larghezze—chiamata *configurazione di elementi di riferimento*.



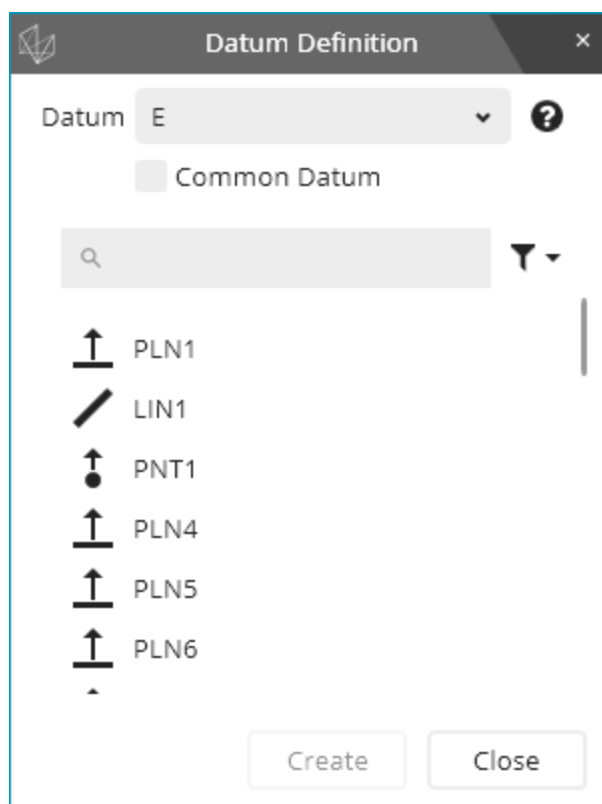
PC-DMIS permette di usare come elemento di riferimento solo una singola larghezza monodimensionale. Non è possibile usare come elemento di riferimento una configurazione di larghezze monodimensionali.

Una tolleranza geometrica può riferirsi contemporaneamente a due o più indicatori di elementi di riferimento uniti tra loro da un trattino, come C-D; questo è chiamato spesso elemento di riferimento comune. PC-DMIS supporta come elementi di riferimento comuni diverse combinazioni di elementi di riferimento. Per ulteriori informazioni, vedere "Elementi di riferimento comuni".

## Uso e sintassi dei comandi della finestra di dialogo Definizione elemento di riferimento

Prima di poter usare un indicatore di un elemento di riferimento occorre definirlo nella routine di misurazione. Si può fare questo con il comando di definizione dell'elemento di riferimento (**DEFDAT**). Per definire un indicatore di un elemento di riferimento e creare questo comando, selezionare nel menu **Inserisci | Dimensione | Definizione elemento di riferimento**.

Verrà visualizzata la finestra di dialogo **Definizione elemento di riferimento**.

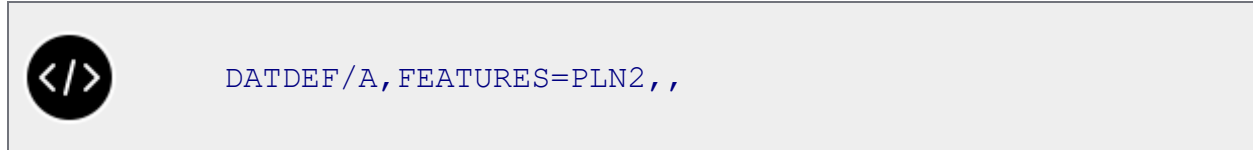


1. Nella casella **Riferimento** immettere o selezionare il nome dell'elemento di riferimento.
2. Nell'elenco di elementi di riferimento selezionare uno o più elementi.
3. Se si seleziona un solo elemento di riferimento, l'indicatore dell'elemento di riferimento rappresenta un singolo elemento di riferimento. Dopo che quell'elemento è stato selezionato, PC-DMIS filtra l'elenco degli elementi in modo da mostrare altri elementi con le stesse caratteristiche. Per esempio, se si seleziona un cerchio con un diametro di 25 mm, filtra l'elenco in cerca di altri cerchi con lo stesso diametro. Questo permette all'utente di selezionare ulteriori

elementi simili in modo che l'indicatore dell'elemento di riferimento possa rappresentare una configurazione di elementi.

4. Fare clic su **Crea**.
5. Continuare a usare questa finestra di dialogo come necessario per creare altri elementi di riferimento e elementi di riferimento comuni.

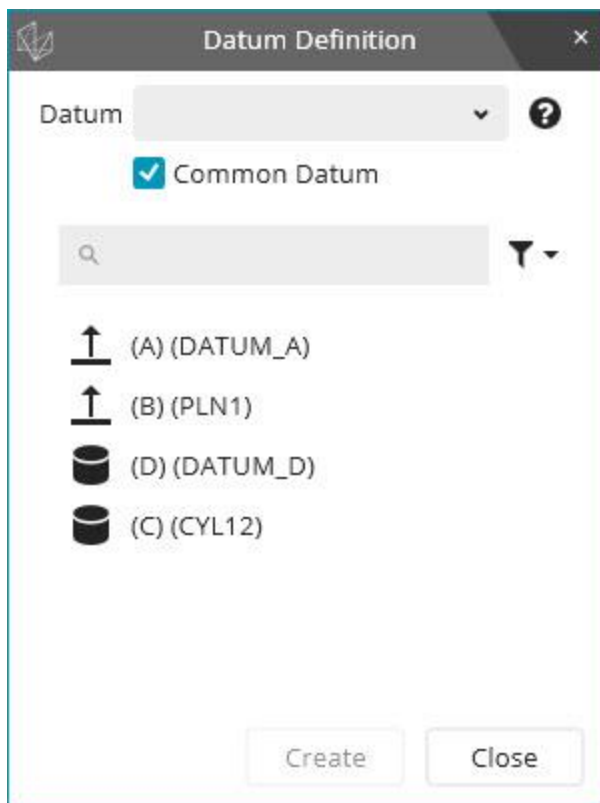
La sintassi dei comandi di definizione degli elementi di riferimento nella finestra di modifica in modalità di comando sarà più o meno come la seguente:



**Elemento di riferimento** - Questa casella definisce il nome dell'indicatore dell'elemento di riferimento. Normalmente è una sola lettera come E o una sequenza di poche lettere come BG.

**Elemento di riferimento comune** - Questa casella di opzione definisce un elemento di riferimento comune. Se si seleziona questa casella di opzione, l'elenco degli elementi non mostra più gli elementi; mostra invece gli elementi di riferimento già definiti e gli elementi associati a quelli di riferimento.

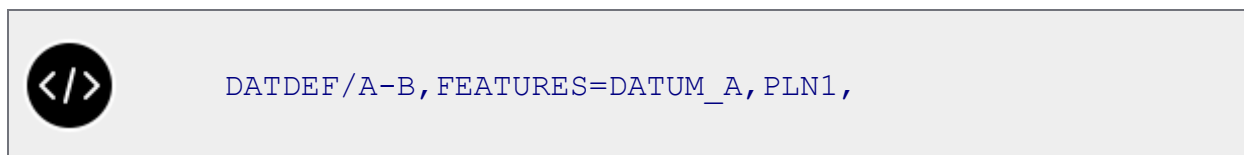




Finestra di dialogo Definizioni elementi di riferimento con la casella di opzione Elemento di riferimento comune selezionata

Per esempio, per definire l'elemento di riferimento comune A-B, definire prima l'elemento di riferimento A, poi definire l'elemento di riferimento B, quindi selezionare la casella di opzione **Elemento di riferimento comune**. Nell'elenco degli elementi di riferimento disponibili selezionare l'elemento di riferimento A e l'elemento di riferimento B per definire l'elemento di riferimento comune A-B.

Se si usa un elemento di riferimento comune, la sintassi del comando di definizione degli elementi di riferimento nella finestra di modifica in modalità di comando sarà più o meno come la seguente:



## Elementi di riferimento singoli

Un elemento di riferimento singolo fa riferimento a un identificativo di riferimento come A o AC che fa riferimento a un solo elemento. Un elemento di riferimento singolo può fare riferimento a uno dei seguenti tipi di elementi:

- Piano
- Linea
- Punto
- Cilindro
- Cerchio
- Sfera
- Cono
- Larghezza

La maggior parte degli elementi di riferimento nel comando di tolleranza geometrica sono come gli elementi di riferimento su uno spessimetro di ispezione:

- Hanno una distanza fissa e un orientamento gli uni verso gli altri.
- Impegnano il pezzo in un ordine di precedenza fisso.

### **Confronto con la prassi precedente.**

In XactMeasure, nella maggior parte dei casi PC-DMIS trattava gli elementi di riferimento come elementi di allineamento. Essi definivano il livello, la rotazione e l'origine.

Il comando di tolleranza geometrica è più preciso, in quanto simula il modo in cui il modello di riferimento dell'elemento di riferimento contatta il pezzo di accoppiamento.

## **Tipi di elementi che rappresentano una superficie planare**

Un elemento di riferimento può rappresentare una superficie planare con un elemento piano oppure un elemento linea o un elemento punto misurati su una superficie.

Mentre è possibile misurare un elemento linea o un elemento punto di superficie su un elemento non planare, PC-DMIS li tratta come derivati da superfici planari quando indicati come riferimenti nel comando di tolleranza geometrica. Per maggiori dettagli, vedere "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento".

## **Tipi di elementi che rappresentano una superficie cilindrica**

Un elemento di riferimento può rappresentare una superficie cilindrica con un elemento cilindro o un elemento cerchio. Mentre è possibile misurare un cerchio su un elemento non cilindrico, PC-DMIS tratta i cerchi come derivati da superfici cilindriche quando indicati come riferimenti nel comando di tolleranza geometrica. Per maggiori dettagli, vedere "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento".

## Elementi di riferimento comuni

Un *elemento di riferimento comune* è definito da un indicatore di elementi di riferimento come A-B or A-BC-D. Si compone di uno o più trattini che separano gli indicatori dei singoli elementi di riferimento. PC-DMIS supporta elementi di riferimento comuni costituiti da diverse combinazioni di elementi di riferimento descritte in questa sezione della documentazione.

### Elementi di riferimento comuni: prassi ottimali

Quando ci si riferisce a elementi di riferimento comuni, consigliamo di usare elementi tridimensionali per le seguenti ragioni:

- gli elementi tridimensionali rappresentano superfici e contengono più dati che permettono di valutarli correttamente;
- gli elementi tridimensionali controllano correttamente i gradi di libertà applicabili e quindi li si può usare come elementi di riferimento primari, secondari e terziari;
- come elementi di riferimento secondari o terziari, ci si può riferire solo a larghezze mono o bidimensionali;



PC-DMIS non supporta una configurazione di elementi bidimensionali come parte di un elemento di riferimento comune. PC-DMIS ammette come parti di elementi di riferimento comuni solo configurazioni di elementi di riferimento composte da cilindri, sfere o larghezze tridimensionali.

### Elementi di riferimento comuni: linee guida generali

Per gli elementi di riferimento comuni, PC-DMIS permette di combinare elementi dello stesso tipo. È possibile combinare singoli elementi in una o più configurazioni. PC-DMIS permette di combinare elementi di tipo diverso **solo** nei casi seguenti.

Numero di elementi di input	Elemento 1 dell'elemento di riferimento comune	Elemento 2 dell'elemento di riferimento comune	Elementi 3-5 dell'elemento di riferimento comune (quando selezionati)	Comments
Almeno due elementi	Piano	Piano	Piano	Solo più piani paralleli. Vedere l'esempio 1.
2		Cilindro	-	Solo un singolo piano e un singolo cilindro perpendicolare al piano. Vedere l'esempio 6.
2	Cilindro	Cono	-	Solo un cilindro e un cono coassiale. Vedere l'esempio 7.
2		Piano	-	Solo un singolo piano e un singolo cilindro perpendicolare al piano. Vedere l'esempio 6.
Almeno due elementi		Cerchio	Cerchio o cilindro	Solo cerchi e cilindri coassiali possono essere usati come elementi di

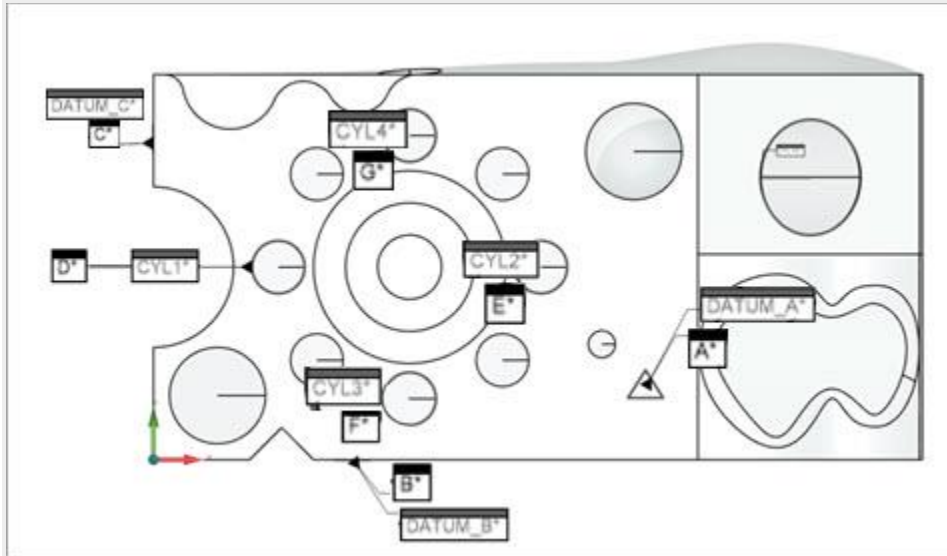
				<p>riferimento primari. Vedere l'esempio 8.</p> <p>Questo limite della coassialità non vale per gli elementi di riferimento comuni secondari e terziari.</p>
Almeno due elementi		Cilindro o configurazione di cilindri	Cilindro o configurazione di cilindri	Ogni elemento o configurazione elementi può consistere di elementi interni o esterni dimensionabili con dimensioni nominali diverse. Vedere gli esempi 2, 4 e 5.
Almeno due elementi	Configurazione di cilindri	Cilindro o configurazione di cilindri	Cilindro o configurazione di cilindri	
Almeno due elementi	Cerchio	Cerchio o cilindro	Cerchio o cilindro	<p>Solo cerchi e cilindri coassiali possono essere usati come elementi di riferimento primari. Vedere l'esempio 8.</p> <p>Questo limite della coassialità non vale per gli elementi di riferimento comuni</p>

				secondari e terziari.
2	Cono	Cilindro	-	Solo un cilindro e un cono coassiale. Vedere l'esempio 7.
Almeno due elementi	Sfera	Sfera o configurazione di sfere	Sfera o configurazione di sfere	Ogni elemento o configurazione elementi deve consistere di sfere interne o esterne con le stesse dimensioni nominali.
	Configurazione di sfere	Sfera o configurazione di sfere	Sfera o configurazione di sfere	
Almeno due elementi	Larghezza in 3D	Larghezza in 3D o configurazione di larghezze in 3D	Larghezza in 3D o configurazione di larghezze in 3D	Ogni elemento o configurazione elementi può consistere di elementi interni o esterni dimensionabili con dimensioni nominali diverse. Vedere l'esempio 3.  Quando si selezionano più larghezze (o una
	Configurazione di larghezze in 3D	Larghezza in 3D o configurazione di larghezze in 3D	Larghezza in 3D o configurazione di larghezze in 3D	

				configurazione di larghezze), queste devono avere la stessa direzione del piano di lavoro per costituire un elemento di riferimento accettabile. La direzione del piano di lavoro è necessaria per simulare il sistema di elementi di riferimento, simile a un calibro funzionale che scorre su diverse larghezze.
--	--	--	--	--

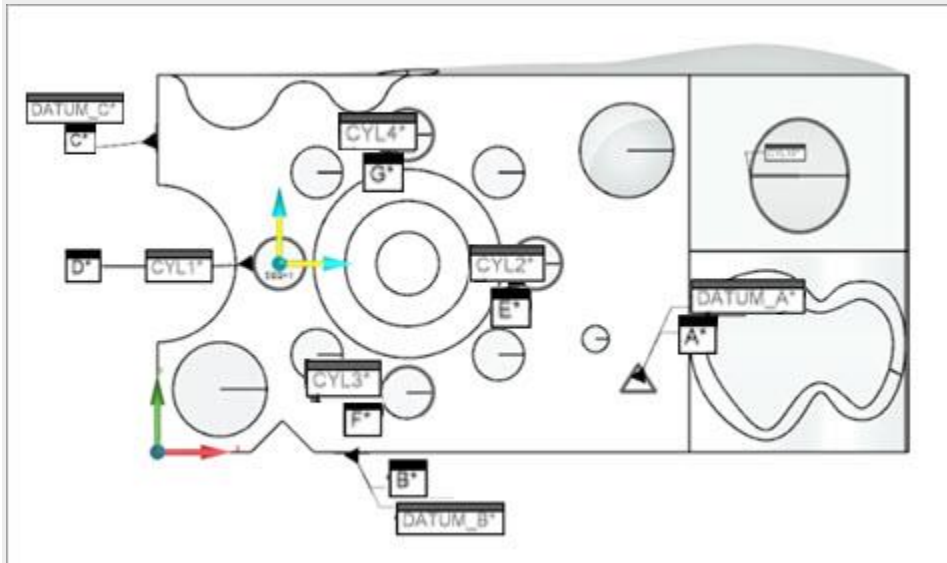


In alcuni casi, la posizione del triedro del sistema di coordinate può differire da quella degli assi mostrati sul disegno del pezzo. Per esempio, il pezzo seguente mostra quattro elementi di riferimento cilindrici (D, E, F e G).



Ø 18 0.75/0.75		
$\oplus$	Ø 0.4 <MC> <PZ> A	D-E <MC>

Per , PC-DMIS centrerebbe il triedro sull'elemento di riferimento D come mostrato qui sotto:

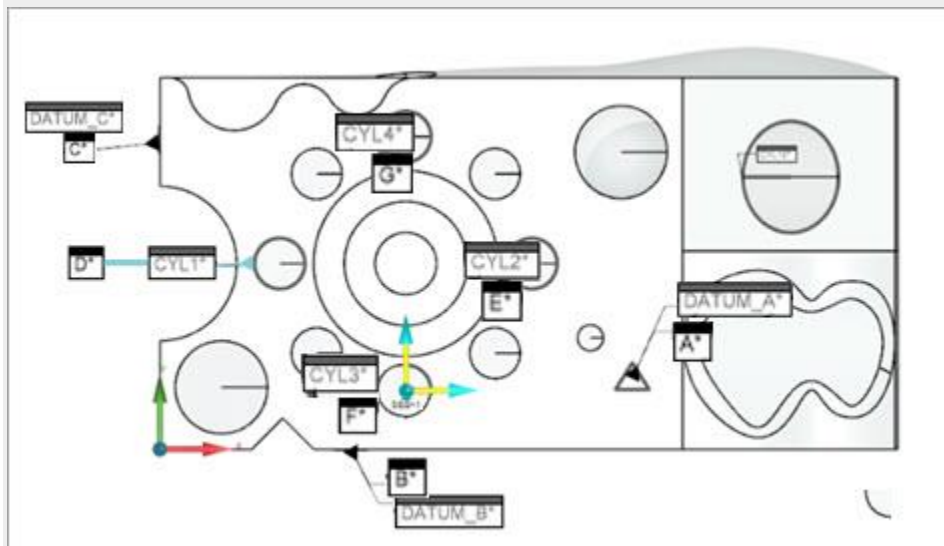




## Uso delle tolleranze geometriche

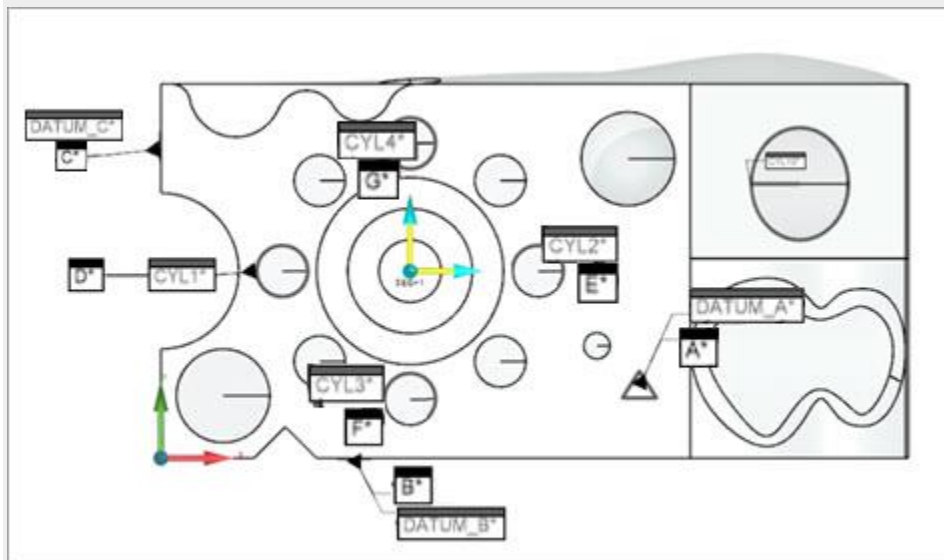
$\varnothing 18 \ 0.75/0.75$
$\varnothing \ 0.4 \ <MC> \ <PZ> \ A \ F-G \ <MC>$

Per , PC-DMIS centrerebbe il triedro sull'elemento di riferimento F come mostrato qui sotto:



$\varnothing 18 \ 0.75/0.75$
$\varnothing \ 0.4 \ <MC> \ <PZ> \ A \ D-E-F-G \ <MC>$

Per , PC-DMIS posizionerebbe il triedro al centro tra tutti e quattro gli elementi di riferimento (il centro della configurazione), come mostrato qui sotto:



PC-DMIS permette di cambiare facilmente posizione e orientamento del triedro. A questo scopo, per prima cosa creare o selezionare un appropriato comando di allineamento, e quindi cambiare le coordinate di visualizzazione del comando di tolleranza geometrica da **Sistema di elementi di riferimento** a **Allineamento attuale**. Per i dettagli, vedere la sezione "Mostra coordinate" dell'argomento "Scheda Nominali" nel capitolo "Uso delle tolleranze geometriche" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

Qualsiasi combinazione di elementi non supportata darà luogo a un messaggio di errore come il seguente quando si prova a creare un riquadro di controllo (FCF):

#### PC-DMIS

Errore di elemento di riferimento multiplo. Può essere causato da valori nominali non corretti (x, y, z o vettore i, j, k) o da una combinazione di elementi non supportata.

Quando si selezionano elementi di riferimento come parte di un elemento di riferimento comune, assicurarsi che tutti abbiano, o non abbiano, i dati di superficie.



Se si devono combinare elementi di riferimento con e senza dati di superficie, la combinazione è supportata solo con i modificatori della condizione del materiale (M o L). L'algoritmo di calcolo degli elementi di riferimento è disponibile ma si applica solo agli elementi con dati di superficie. PC-DMIS non ricalcola gli elementi di riferimento senza dati di superficie poiché usano l'algoritmo nel comando che rappresenta l'elemento di riferimento.

Quando si creano elementi di riferimento comuni nella finestra di dialogo **Definizioni elementi di riferimento**, PC-DMIS esegue solo un limitato controllo degli errori. Tutti i controlli di validità sono eseguiti dal comando di tolleranza geometrica quando viene generato il riquadro di controllo.

- Una volta completato il riquadro di controllo, PC-DMIS esegue la verifica finale per accertare se l'elemento di riferimento comune è supportato. Se la verifica del riquadro di controllo fallisce, PC-DMIS lo segnala con un messaggio di errore.
- Se l'elemento di riferimento comune ha un errore, vedere la tabella precedente e le suddette linee guida generali per individuare e risolvere i problemi riguardanti l'elemento di riferimento comune.
- Al momento, PC-DMIS supporta un massimo di cinque elementi di riferimento singoli o configurazioni di elementi di riferimento combinati per definire un elemento di riferimento comune (per esempio: A – B – C – D – E).

## Uso delle tolleranze geometriche

- PC-DMIS non supporta la combinazione di elementi di riferimento che hanno e non hanno dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

Come richiesto da ASME Y14.5 e ISO 5459, i simulatori degli elementi di riferimento di una configurazione hanno un orientamento e una localizzazione nominale reciproci. PC-DMIS supporta l'uso di un modificatore del materiale (MMB o LMB) sull'elemento di riferimento comune quando TUTTI gli elementi all'interno dell'elemento di riferimento comune sono "elementi dimensionabili". Quando uno qualsiasi degli elementi non è un elemento dimensionabile, i modificatori non sono ammessi.

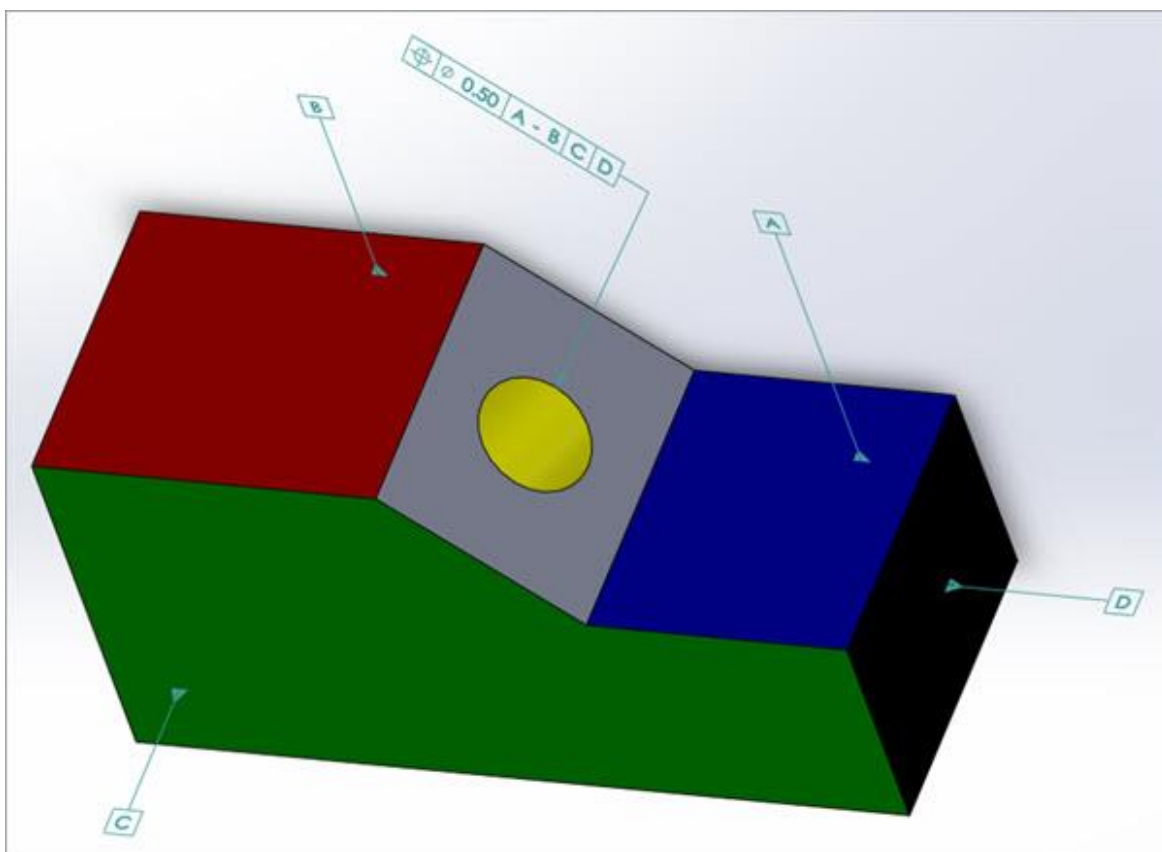


Affinché PC-DMIS ingrandisca o riduca correttamente e contemporaneamente le dimensioni del simulatore e calcoli correttamente i limiti del materiale (quando si usano MMB o LMB), ogni elemento di riferimento deve essere prima soggetto a tolleranza rispetto ai suoi elementi di riferimento con precedenza più alta. Inoltre, accertarsi di includere le tolleranze di dimensione prima che qualsiasi altra tolleranza geometrica faccia riferimento a questi elementi di riferimento.

In altre parole, le tolleranze dell'elemento di riferimento devono **PRECEDERE** nella routine di misurazione le tolleranze geometriche che fanno riferimento a quegli elementi.

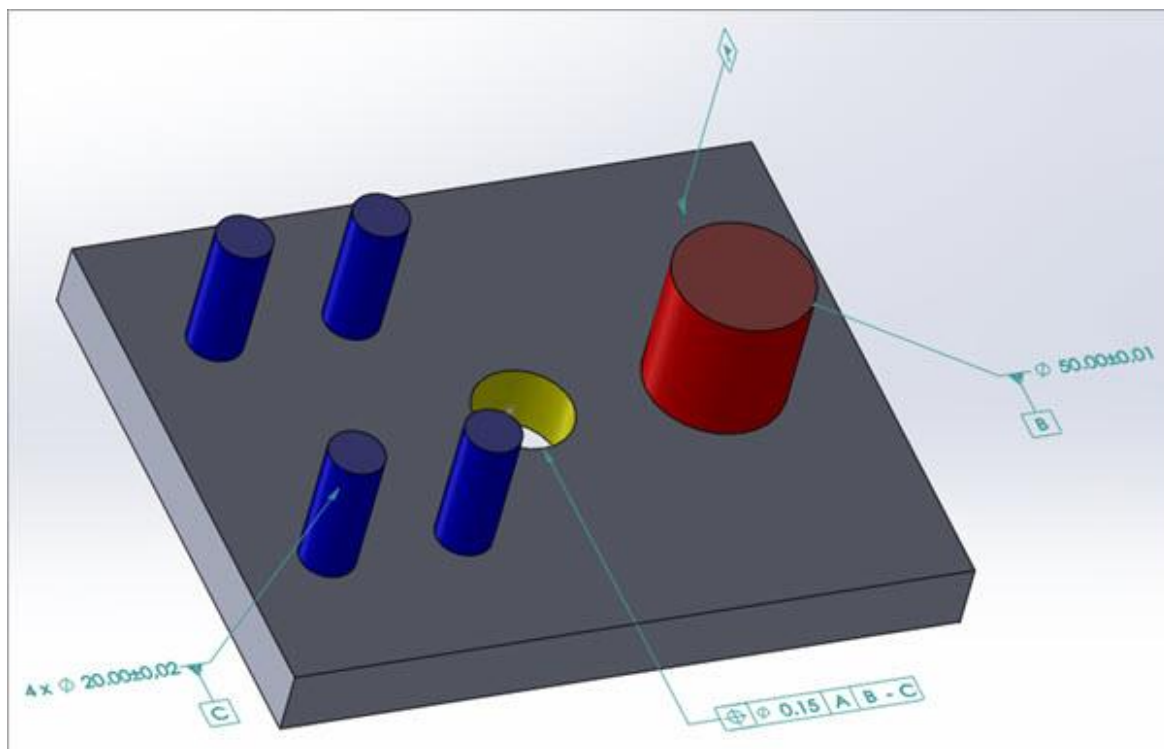
Gli esempi seguenti mostrano combinazioni supportate per elementi di riferimento comuni.

**Esempio 1: Piano A e piano parallelo B come elemento di riferimento comune A-B**



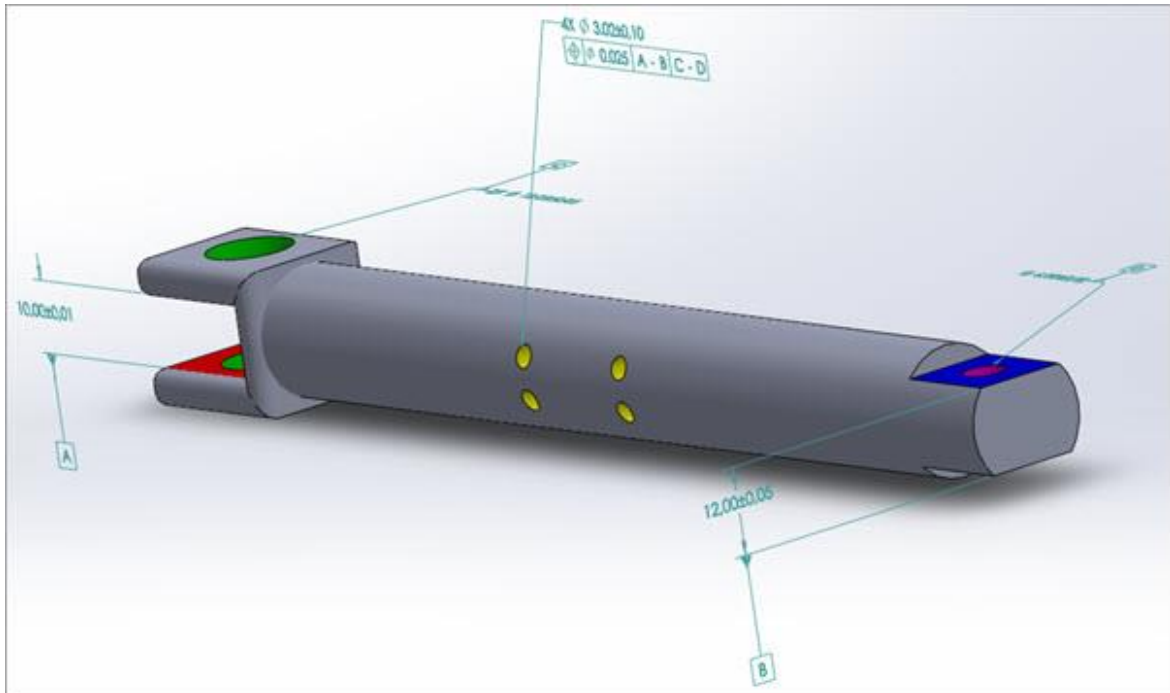
*Esempio 1: Piano A (blu) e piano parallelo B (rosso) come elemento di riferimento comune A-B*

**Esempio 2: Cilindro esterno B con una configurazione di cilindri esterni C come elemento di riferimento comune B-C**



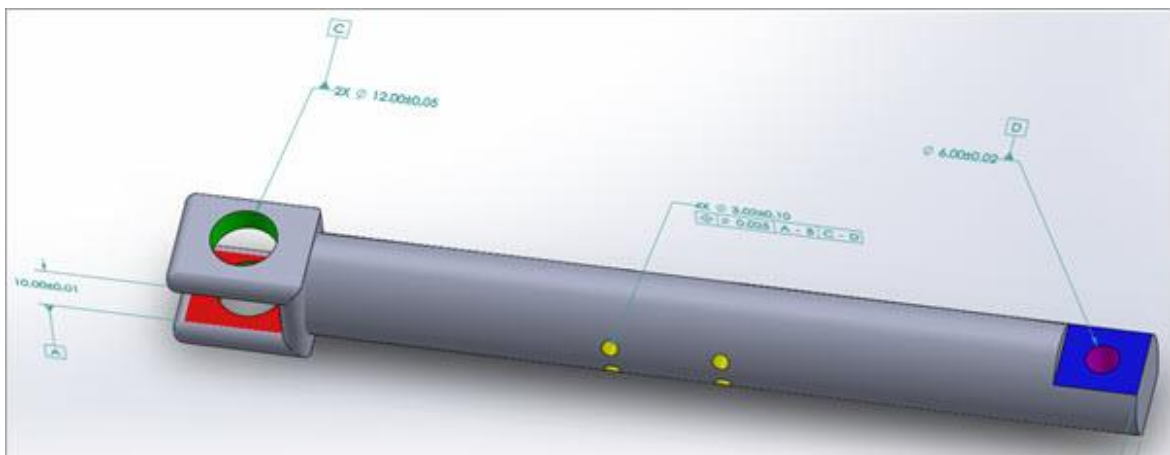
**Esempio 2: Cilindro esterno B (rosso) con una configurazione di cilindri esterni C (blu) come elemento di riferimento comune B-C**

**Esempio 3: Larghezza esterna A con una larghezza esterna B come elemento di riferimento comune primario A-B**



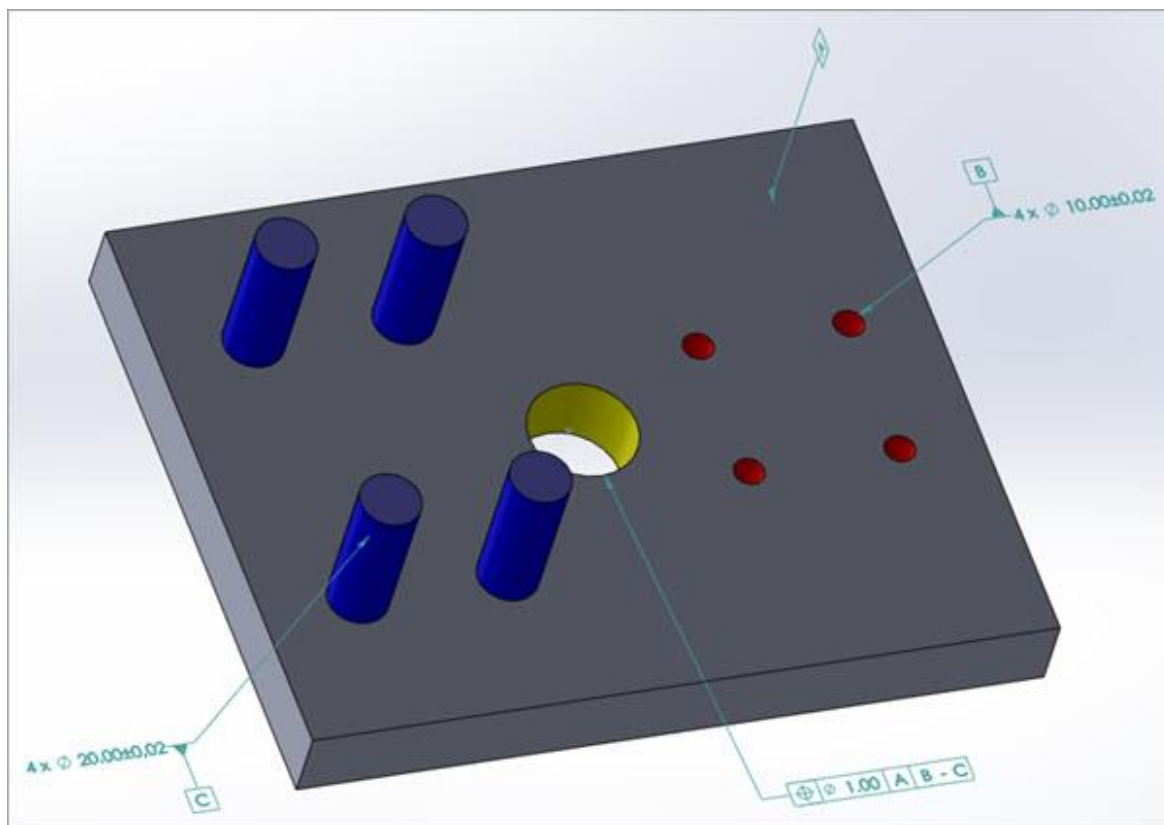
*Esempio 3: Larghezza esterna A (blu) con una larghezza esterna B (rossa) come elemento di riferimento comune primario A-B*

**Esempio 4: Cilindro interno C con un cilindro interno D come elemento di riferimento comune secondario C-D**



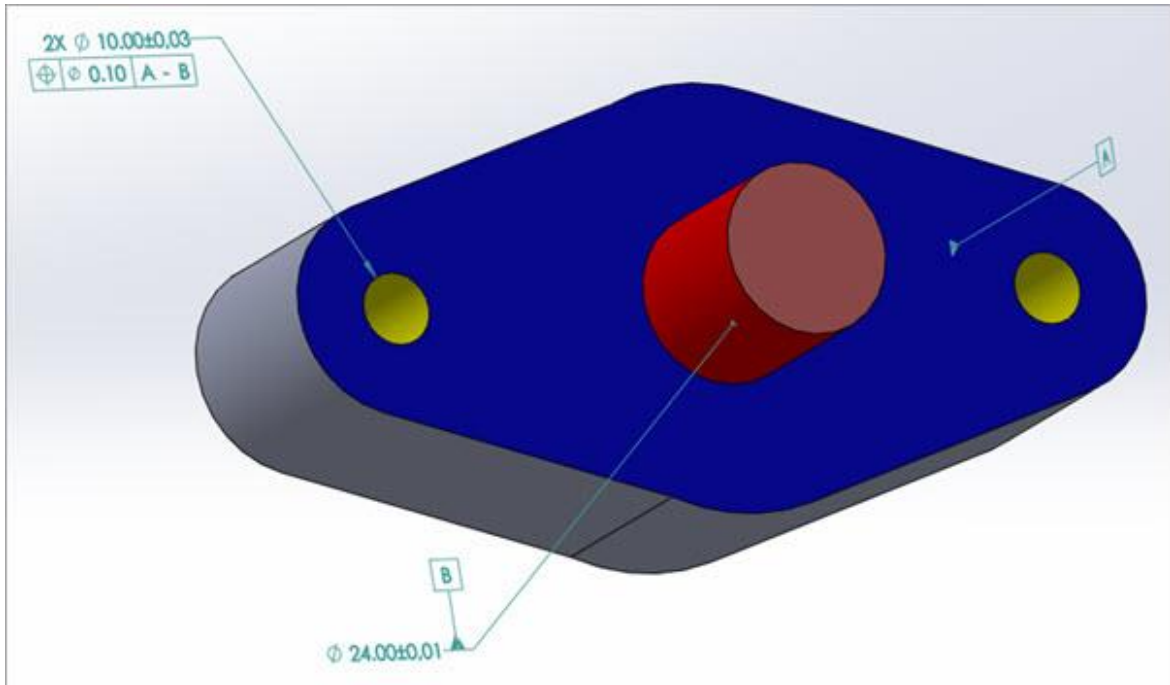
*Esempio 4: Cilindro interno C (verde) con un cilindro interno D (magenta) come elemento di riferimento comune secondario C-D*

**Esempio 5: Configurazione di cilindri interni B e configurazione di cilindri esterni C come elemento di riferimento comune B-C**



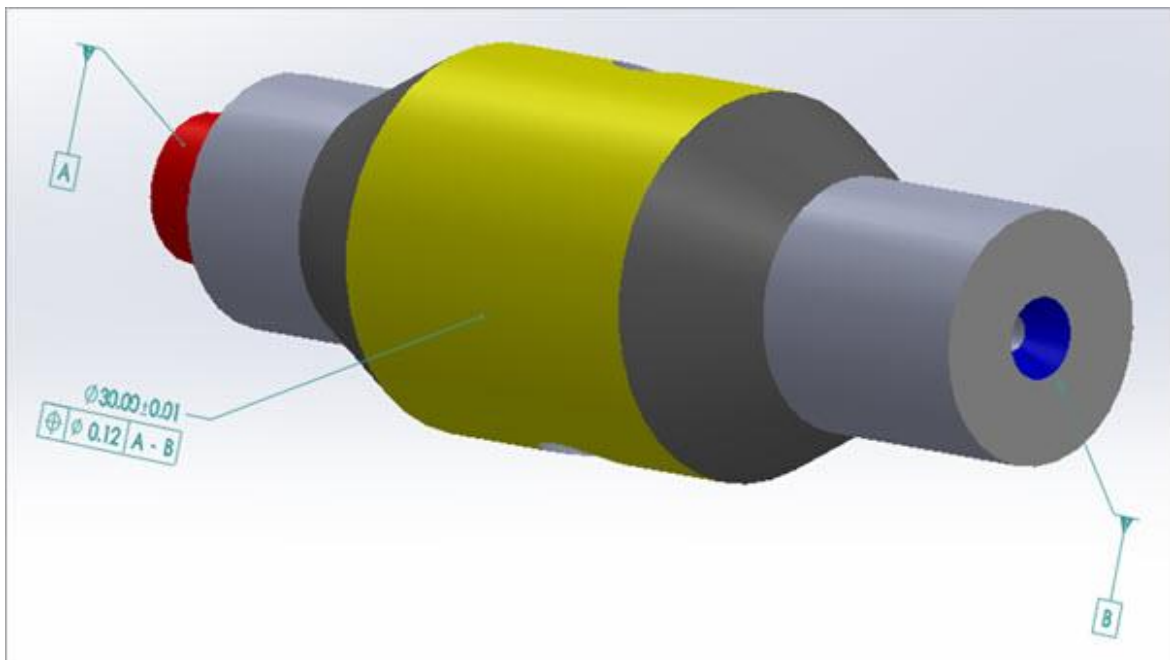
*Esempio 5: Configurazione di cilindri interni B (rossi) e configurazione di cilindri esterni C (blu) come elemento di riferimento comune B-C*

**Esempio 6: Piano A e cilindro esterno B come elemento di riferimento comune A-B**



Esempio 6: Piano A (blu) e cilindro esterno B (rosso) come elemento di riferimento comune A-B

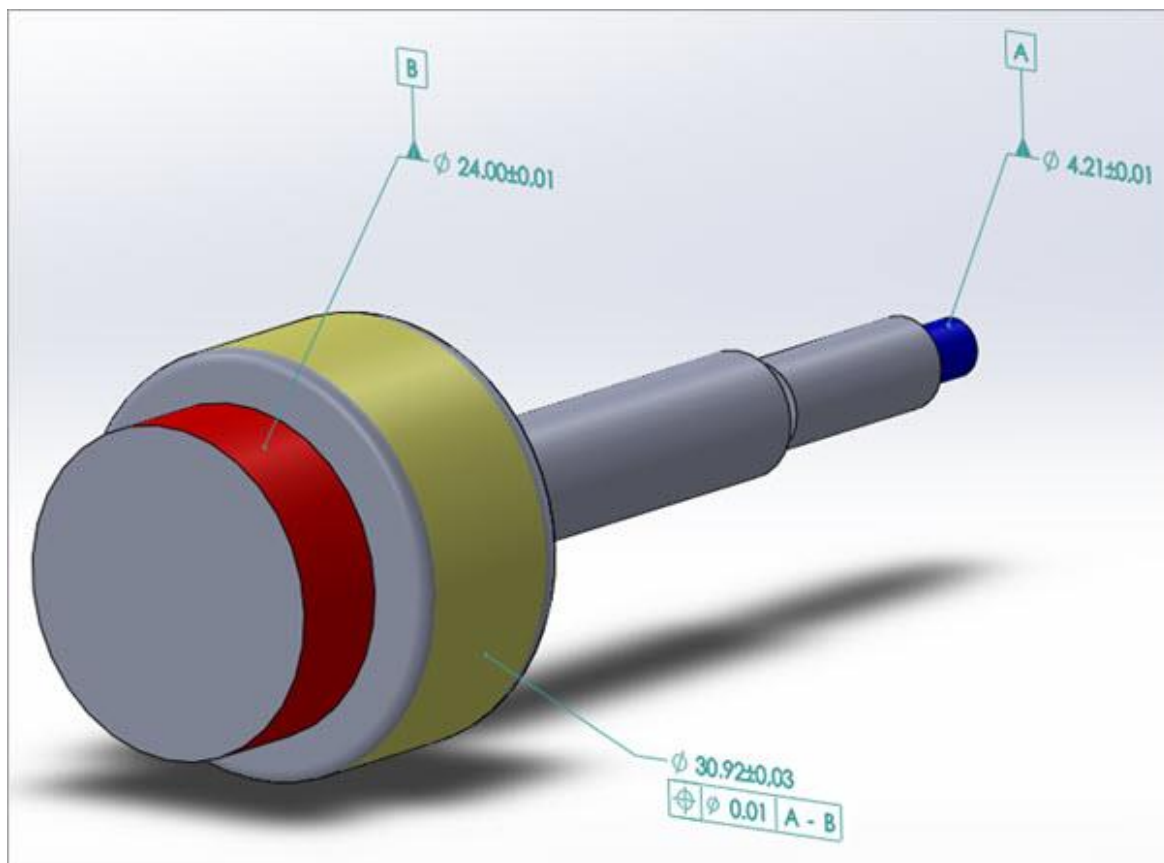
**Esempio 7: Cilindro esterno A e cono coassiale interno B come elemento di riferimento comune A-B**



Esempio 7: Cilindro esterno A (rosso) e cono coassiale interno B (blu) come elemento di riferimento comune A-B



**Esempio 8: Cilindro esterno A e cilindro coassiale esterno B come elemento di riferimento comune A-B**



*Esempio 8: Cilindro esterno A (blu) e cilindro coassiale esterno B (rosso) come elemento di riferimento comune A-B*

## Configurazioni di elementi di riferimento

Con *configurazione di elementi di riferimento* si intende un indicatore di elementi di riferimento come A o AC che indica più elementi dimensionabili simili con le stesse tolleranze di dimensione. Per esempio, una configurazione di fori potrebbe essere indicata come configurazione di elementi di riferimento B. Tecnicamente (secondo le norme ASME Y14.5 e ISO 5459), una configurazione di elementi di riferimento è un tipo di elemento di riferimento comune, ma questa documentazione non usa questa terminologia.

Per ulteriori informazioni, vedere "Configurazioni di elementi di riferimento" in "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

# Definizione delle tolleranze geometriche e controllo dei rapporti


In PC-DMIS, è possibile definire le tolleranze geometriche con il comando relativo. Questo argomento e gli argomenti correlati descrivono come usare la finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** per definire e controllare i comandi delle tolleranze geometriche. Descrive anche le opzioni che permettono di controllare l'emissione dei rapporti. Infine, vengono descritti in dettaglio tutti i tipi di tolleranza geometrica.

## Sintassi della modalità di comando

La finestra di dialogo Tolleranza geometrica rappresenta la via principale per creare o modificare un comando di tolleranza geometrica. Per ulteriori informazioni, vedere l'argomento "La finestra di dialogo Tolleranza geometrica" nella documentazione della versione base di PC-DMIS. Tuttavia, è possibile creare o modificare un comando di tolleranza geometrica anche nella finestra di modifica in modalità di comando. Segue ora un paio di esempi su come usare il comando nella finestra di modifica.

## Esempio semplice

Nella finestra di modifica in modalità di comando, una tolleranza geometrica relativamente semplice avrebbe l'aspetto seguente:



```
FCFCYLY1    =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO
1101, SHOWEXPANDED=NO,
            SEGMENT_1, CYLINDRICITY, 0.05, , REFERENCE_
FEATURE_MATH=DEFAULT,
            FEATURES/CYL4, ,
```

Ci sono diverse parti in questa sintassi della finestra di modifica:

- `FCFCYLY1` è l'ID della dimensione.
- `GEOMETRIC_TOLERANCE` definisce il comando come comando di tolleranza geometrica.
- `STANDARD=ISO 1101` mostra che la tolleranza geometrica è valutata rispetto alla famiglia degli standard ISO 1101.
- `SHOWEXPANDED=NO` indica che la visualizzazione nella finestra di modifica è condensata e semplificata (non mostra molti dettagli). Se si imposta questa voce su YES, saranno mostrate molte più informazioni come descritto nell'argomento "Esempio complesso" che segue.
- `SEGMENT_1` inizia le informazioni sul primo segmento.

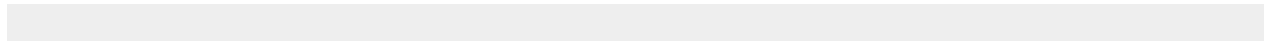
## Uso delle tolleranze geometriche

- `CYLINDRICITY` indica che il segmento è una tolleranza di cilindricità.
- `0.05` è la tolleranza.
- `TOL_ZONE_MATH=DEFAULT` indica il tipo di algoritmo della zona di tolleranza.  
Per i dettagli, vedere l'argomento "Cilindricità" nella documentazione della versione base di PC-DMIS
- `FEATURES/CYL4,,` indica che la tolleranza si riferisce all'elemento CYL4.

Notare `SHOWEXPANDED=NO`. Questa voce nasconde la maggior parte dei dettagli.

## Esempio complesso

Ecco un esempio della modalità di comando per una tolleranza geometrica più complessa, con `SHOWEXPANDED=YES`:





```

FCFLOC1      =TOLLERANZA_GEOMETRIC/STANDARD=ISO
1101,MOSTRAESPANDO=SÌ,
      DESCRIZIONE=ON, Posizione multisegmento di uno
schema dei fori 4x Ø8,2mm,
      ELEMENTO_MATE=MODIFICATORE_SELEZIONATO,DIMENSION
E_MATE=MODIFICATORE_SELEZIONATO,ELEMENTORIFERIMENTO_MATE=LSQ
,VISUALIZZAZIONE_COORD=DRF,
      UNITÀ=MM, USCITA=ENTRAMBI,DENSITÀFRECCE=100,
      DIMENSIONE/NOMINALE=8.2,MODALITÀ SPECIFICA
TOLLERANZA=NOMINALE_CON_DEVIAZIONI,
      TOLLERANZA_SUPERIORE=0.1,TOLLERANZA
INFERIORE=0.1,
      MODIFICATORE_SPECIFICA_SUPERIORE=__,
      MODIFICATORE_SPECIFICA_INFERIORE=(LP),
      CIL4:
        DIMENSIONE LOCALE MIN:8.2,
        DIMENSIONE LOCALE MAX:8.2,
      CIL6:
        DIMENSIONE LOCALE MIN:8.2,
        DIMENSIONE LOCALE MAX:8.2,
      CIL8:
        DIMENSIONE LOCALE MIN:8.2,
        DIMENSIONE LOCALE MAX:8.2,
      CIL10:
        DIMENSIONE LOCALE MIN:8.2,
        DIMENSIONE LOCALE MAX:8.2,
      SEGMENTO_1,POSIZIONE,DIAMETRO,0.4,(G),__,<len>,A
,D,MMB,__,B,__,
      TESTO=OFF,GRAFICOCAD=OFF,GRAFICORAPPORTO=OFF,MUL
T=10,
      MISURATO:
        CIL4:0.0000,
        CIL6:0.0000,
        CIL8:0.0000,
        CIL10:0.0000,
      SEGMENTO_2,POSIZIONE,COMPOSITO,DIAMETRO,0.2,(G),
__,<len>,A,<dat>,<dat>,
      TESTO=OFF,GRAFICOCAD=OFF,GRAFICORAPPORTO=OFF,MUL
T=10,
      MISURATO:
        CIL4:0.0000,
        CIL6:0.0000,
        CIL8:0.0000,
        CIL10:0.0000,
AGGIUNGI

```

```
ELEMENTIRIFERIMENTO/DIMENSIONEDATORAPPORTO=OFF,  
D (ELEMENTORIFERIMENTO_D) :NOM=30,+Tol=0.025,-  
Tol=0.25,  
ELEMENTI/CIL4,CIL6,CIL8,CIL10,,
```

La vista espansa ha le seguenti voci:

- `FCFLOC1` è l'ID della dimensione.
- `GEOMETRIC_TOLERANCE` definisce il comando come comando di tolleranza geometrica.
- `STANDARD=ISO 1101` mostra che la tolleranza geometrica è valutata rispetto alla famiglia degli standard ISO 1101.
- `SHOWEXPANDED=YES` indica che la visualizzazione nella finestra di modifica è espansa (mostra più dettagli). Se si imposta questa voce su NO, si vedranno molte meno informazioni come descritto nel precedente argomento "Esempio semplice".
- `DESCRIPTION=ON` indica che il testo descrittivo "Multi-segment position of 4x Ø8.2mm hole pattern" sarà mostrato nel rapporto come spiegato nell'argomento "Scheda Descrizione" della documentazione della versione base di PC-DMIS.
- `FEATURE_MATH=MODIFIER_SELECTED` indica che l'algoritmo userà un modificatore ISO dell'elemento soggetto a tolleranza associato come spiegato nell'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" della documentazione della versione base di PC-DMIS.
- `SIZE_MATH=MODIFIER_SELECTED` indica che PC-DMIS calcolerà la dimensione di un elemento usando un modificatore di dimensione ISO 14405-1 come spiegato nell'argomento "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.
- `DATUM_MATH=LSQ` indica che l'algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento userà il metodo dei minimi quadrati come spiegato nell'argomento "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".
- `DISPLAY_COORDS=DRF` indica che i risultati sono riportati nelle coordinate del sistema di elementi di riferimento (invece che nelle coordinate dell'allineamento usato).
- `UNITS=MM` indica che le unità di misura sono i millimetri.
- `OUTPUT=BOTH` che i risultati sono inviati sia alle statistiche sia al rapporto.
- `ARROWDENSITY=100` indica la densità delle frecce usate con l'analisi grafica.

## Blocco alternativo di comandi 1



```

DIMENSIONE/NOMINALE=8.2,MODALITÀ SPECIFICHE
TOLLERANCA=NOMINALE_CON_DEVIAZIONI,
      TOLLERANZA SUPERIORE=0.1,TOLLERANZA
INFERIORE=0.1,      MODIFICATORE_SPECIFICA_SUPERIORE=_
_',
      MODIFICATORE_SPECIFICA_INFERIORE=(LP),      C
IL4:
      DIMENSIONE LOCALE
MIN:8.2,      DIMENSIONE
      LOCALE MAX:8.2,      CIL6:      DIMENSIONE
      LOCALE MIN:8.2,      DIMENSIONE LOCALE
MAX:8.2,
      CIL8:      DIMENSIONE LOCALE MIN:8.2,
      DIMENSIONE LOCALE MAX:8.2,      CIL10:
      DIMENSIONE LOCALE
MIN:8.2,      DIMENSIONE
      LOCALE MAX:8.2,

```

Questo blocco di comandi rappresenta la tolleranza di dimensione inclusa la dimensione nominale, le tolleranze inferiore e superiore e i modificatori inferiore e superiore della specifica (se selezionati). In questo caso, il modificatore (LP) specifica le dimensioni locali massima e minima in due punti. I rispettivi valori misurati sono quindi elencati sotto per ciascuno dei quattro elementi.



Se si modificano le tolleranze inferiori o superiori di un elemento nella finestra di modifica o nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** (scheda **Riquadro di controllo** o scheda **Nominali**), e lo stesso elemento è usato come elemento considerato o elemento di riferimento, PC-DMIS mostra un messaggio in cui chiede se si desidera applicare le stesse modifiche a tutti i comandi successivi che si riferiscono a quell'elemento.

Per esempio:

### Tolleranze

La tolleranza delle dimensioni di CYL1 è stata cambiata. Applicare lo stesso cambiamento a tutti i relativi comandi successivi che si riferiscono a CYL1?

**Sì/No**

Se si fa clic su **Sì**, PC-DMIS aggiorna le tolleranze delle dimensioni in tutti i comandi di tolleranza geometrica che si trovano sotto la posizione del cursore che si riferisce allo stesso elemento, sia esso un elemento considerato o un elemento di riferimento.

Se si fa clic su **No**, PC-DMIS aggiorna solo la tolleranza modificata. PC-DMIS non aggiorna nessuna delle tolleranze delle dimensioni nei relativi comandi di tolleranza geometrica che si trovano sotto la posizione del cursore che si riferisce allo stesso elemento modificato, sia esso un elemento considerato o un elemento di riferimento.

## Blocco alternativo di comandi 2



```
SEGMENTO_1, POSIZIONE, DIAMETRO, 0.4, (G), __, <len>, A, D, M  
MB, __, B, __,
```

```
TESTO=OFF, GRAFICOCAD=OFF, GRAFICORAPPORTO=OFF, MULT=10  
, MISURATO:  
        CIL4:0.000,        CIL6:0.000,  
        CIL8:0.000,        CIL10:0.000,
```

Questo blocco di comandi rappresenta il primo segmento, che è una tolleranza di posizione con una zona di tolleranza diametrica, un valore della tolleranza di 0.4, un modificatore (G) e un sistema di elementi di riferimento composto da A | D | B. L'analisi testuale è disattivata, l'analisi grafica del CAD è disattivata, l'analisi grafica nel rapporto è disattivata, e il fattore moltiplicativo delle frecce è 10. Questo blocco di comandi include anche i valori delle posizioni misurate di ognuno dei quattro elementi.

## Blocco alternativo di comandi 3



```
SEGMENTO_2,POSIZIONE,COMPOSITO,DIAMETRO,0.2,(G),__,
<len>,A,<dat>,<dat>,
TESTO=OFF,GRAFICOCAD=OFF,GRAFICORAPPORTO=
OFF,MULT=10,MISURATO:
CIL4:0.000,CIL6:0.000,
CIL8:0.000,CIL10:0.000,
```

Questo blocco di comandi rappresenta il secondo segmento, che è il segmento inferiore di una tolleranza di posizione composta con una zona di tolleranza diametrica, un valore della tolleranza di 0.2, un modificatore (G) e un sistema di elementi di riferimento composto da A. L'analisi testuale è disattivata, l'analisi grafica del CAD è disattivata, l'analisi grafica nel rapporto è disattivata, e il fattore moltiplicativo delle frecce è 10. Questo blocco di comandi include anche i valori delle posizioni misurate di ognuno dei quattro elementi.

## Blocco alternativo di comandi 4



```
AGGIUNGI ELEMENTIRIFERIMENTO/DIMENSIONEDATIRAPPOR
TO=OFF,
D(CYL2):NOM=30,+TOL=0.25,-TOL=0.25,
ELEMENTI/CIL4,CIL6,CI,CIL10,,
```

- **ADD** è un comando che si può usare per aggiungere un altro segmento alla tolleranza di posizione composta. Per usarlo, tenere per un paio di secondi il puntatore su **ADD**, quindi fare clic una volta su di esso e quindi sul pulsante **AGGIUNGI** che appare.
- **DATUMS/REPORTDATUMSIZE=OFF,**

```
D(CYL2):NOM=30,+Tol=0.25,-Tol=0.25,
```



Questa parte del comando indica che le dimensioni misurate degli elementi di riferimento non sono incluse nel rapporto. Mostra anche la tolleranza di dimensione sull'elemento di riferimento D (CYL2). La tolleranza di dimensione sugli elementi di riferimento può essere importante in diverse situazioni, come nel caso di elementi di riferimento indicati con un modificatore di materiale  $\textcircled{M}$  o  $\textcircled{L}$ , e configurazioni di elementi di riferimento con o senza modificatore.

Accertarsi sempre che le tolleranze di dimensione degli elementi di riferimento siano corrette. Per i dettagli vedere la sezione "Determinazione delle dimensioni del limite di materiale" nell'argomento "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento" della documentazione delle versione base di PC-DMIS.

- `FEATURES/CYL4,CYL6,CYL8,CYL10,,`

Questa parte del comando indica che la tolleranza composta della posizione si applica agli elementi CYL4, CYL6, CYL8 e CYL10.

## La finestra di dialogo Tolleranza geometrica

La finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** è il mezzo principale per creare o modificare il comando di tolleranza geometrica. Per usare questa finestra di dialogo per creare una tolleranza geometrica, selezionare nel menu **Inserisci | Dimensione | <tipo di tolleranza geometrica>** oppure selezionare un tipo di tolleranza geometrica nella barra degli strumenti **Dimensione**.

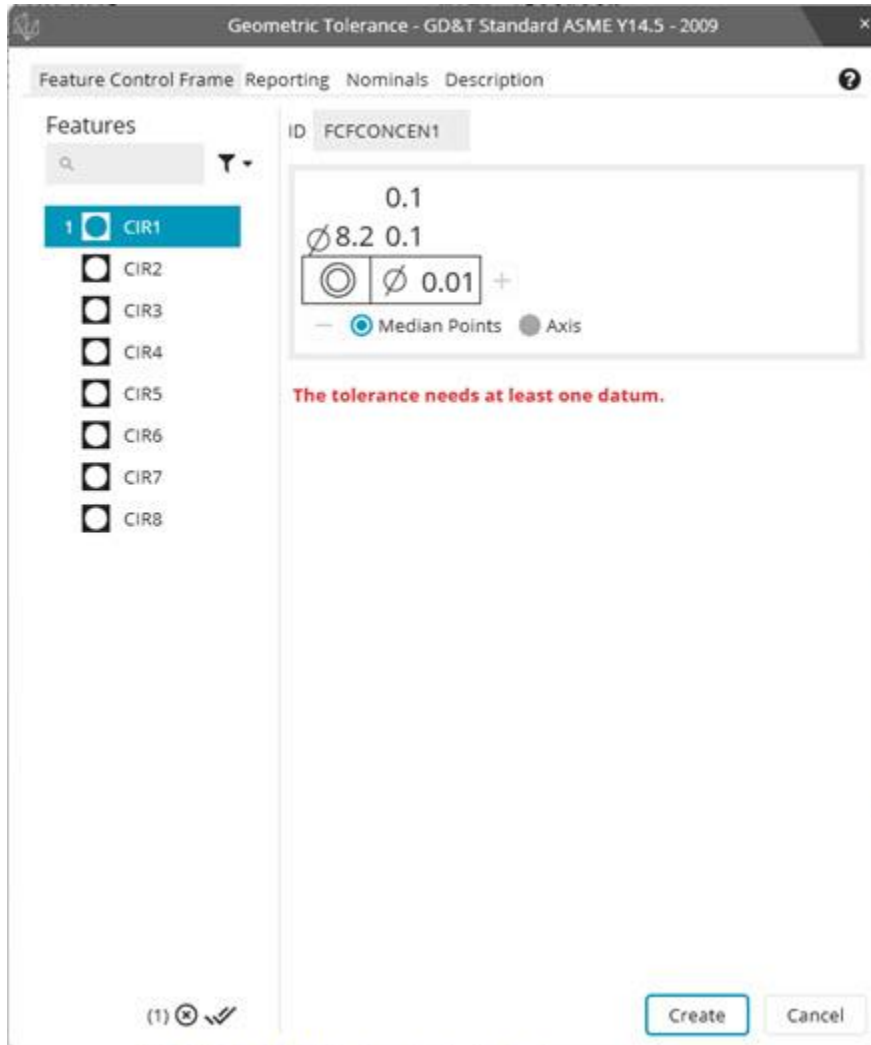
I tipi di tolleranza geometrica sono:

- Angolarità
- Oscillazione Circolare
- Circolarità
- Concentricità
- Cilindricità
- Planarità
- Parallelismo
- Perpendicolarità
- Posizione
- Profilo di una linea
- Profilo di una superficie
- Rettilineità
- Simmetria
- Oscillazione Totale



Gli altri tipi di tolleranza (Localizzazione, Angolo e così via) non sono tipi di tolleranze geometriche e non sono gestiti tramite il comando di tolleranza geometrica.

Dopo aver selezionato nel menu **Inserisci | Dimensione | <tipo di tolleranza geometrica>** (oppure averlo selezionato nella barra degli strumenti **Dimensione**) viene visualizzata la finestra di dialogo **Tolleranza geometrica**:



All'inizio, questa finestra di dialogo è quasi vuota. La finestra di dialogo nell'immagine precedente ha le seguenti proprietà:

- L'ID della dimensione predefinita è FCFCNCEN2;
- il simbolo del tipo selezionato di tolleranza è quello della concentricità;
- il valore della tolleranza recentemente usato è 0.01;

## Uso delle tolleranze geometriche

- il messaggio di errore in rosso indica che non è stato ancora selezionato alcun elemento

Quando si usa la finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** si consiglia di usare il seguente workflow.

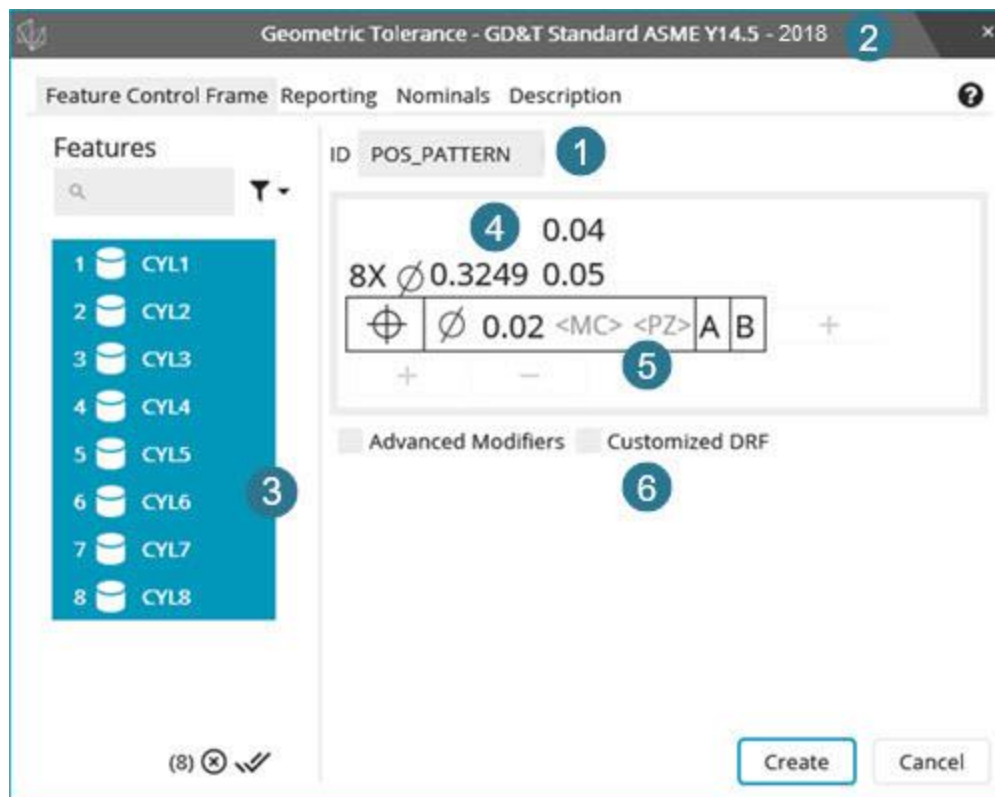
1. Scegliere il tipo di tolleranza nel menu **Inserisci | Dimensione | <tipo di tolleranza geometrica** (oppure nella barra degli strumenti **Dimensione**) per aprire la finestra di dialogo **Tolleranza geometrica**.
2. Nell'elenco degli elementi scegliere gli elementi considerati per la tolleranza. L'elenco mostra solo gli elementi che si trovano sopra la posizione occupata dal cursore nella finestra di modifica.
3. Modificare il riquadro di controllo. A tal fine, aggiungere simboli, modificatori, segmenti, specifiche di orientamento delle zone di tolleranza, ecc.
4. Fare clic sulla scheda **Creazione rapporto** e accertarsi che tutte le opzioni siano impostate come desiderato.
5. Fare clic sulla scheda **Nominali** (quando presente) e accertarsi che tutte le opzioni siano impostate come desiderato.
6. Fare clic sulla scheda **Descrizione** e sul pulsante **Aggiungi** per aggiungere le informazioni di descrizione come necessario. Selezionare la casella di opzione **Mostra sul rapporto** se si desidera aggiungere il testo nei rapporti.
7. Fare clic su **Crea** per creare il comando di tolleranza geometrica nella routine di misurazione.

Con il cursore sul comando nella finestra di modifica si può premere in ogni momento il tasto funzione F9 per modificare il comando nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica**. Se si modifica una tolleranza geometrica esistente, la finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** presenta il pulsante **OK** invece del pulsante **Crea**.

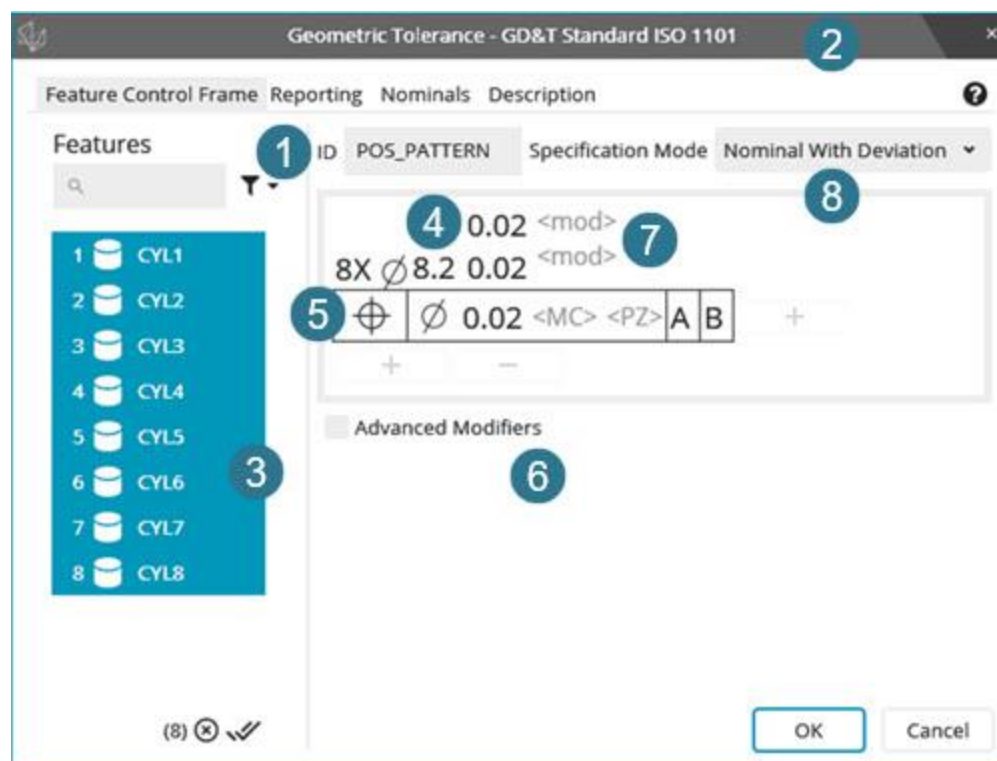
## Scheda Riquadro di controllo

### Introduzione

La scheda **Riquadro di controllo** della finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** permette di apportare la maggior parte delle modifiche. Una tipica tolleranza di posizione avrebbe l'aspetto seguente nella finestra di dialogo:



Versione ASME della finestra di dialogo Tolleranza geometrica che mostra la scheda del riquadro di controllo



Versione ISO della finestra di dialogo Tolleranza geometrica che mostra la scheda del riquadro di controllo

1. **ID** - Questa casella definisce l'ID della dimensione. Nell'immagine qui sopra è stata modificata per mostrare POS\_PATTERN. Se non si modifica, il valore predefinito dell'ID della tolleranza di posizione è del tipo FCFLOC1, 2, 3... etc.
2. **Standard GD&T** - Questo mostra lo standard da usare per la tolleranza. Dovrebbe corrispondere allo standard usato dalla stampa. Supportiamo stampe basate sulle norme ASME Y14.5 e ISO 1101; le versioni specifiche delle norme che supportiamo (incluse le norme di supporto come ISO 5459) sono dettagliate nell'argomento "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo".
3. **Elenco degli elementi** - Questo elenco mostra gli elementi disponibili per il tipo di tolleranza geometrica. Per ulteriori informazioni, vedere "L'elenco degli elementi" più avanti.
4. **Editor delle tolleranze di dimensione** - La prima riga nel pannello di modifica delle tolleranze mostra informazioni sulle tolleranze positive e negative e di dimensione. Per ulteriori informazioni, vedere "L'Editor delle tolleranze di dimensione" più avanti.
5. **Editor dei riquadri di controllo** - La seconda riga nel pannello di modifica della tolleranza è l'area principale di modifica. Per ulteriori informazioni, vedere "L'Editor dei riquadri di controllo" più avanti.

6. **Altre opzioni** - Questo riquadro della finestra di dialogo contiene opzioni avanzate e altre opzioni sulla tolleranza. Per ulteriori informazioni, vedere "Altre opzioni" più avanti.
7. **Modificatori inferiori e superiori** (solo ISO) - Questo riquadro della finestra di dialogo permette di selezionare gli appropriati modificatori di dimensione ISO. Per i dettagli, vedere "I modificatori di dimensione ISO" nella sezione seguente.
8. **Modalità di specifica** (solo ISO) - Questo elenco permette di selezionare la modalità di specifica ISO. Le opzioni sono **Nominale con deviazione** o **Codice ISO**. Per ulteriori dettagli, vedere la sezione "Modalità di specifica" che segue.

### L'elenco degli elementi

La prima cosa da fare quando si inizia a creare una tolleranza geometrica è selezionare l'elemento o gli elementi considerati. Quando si apre la finestra di dialogo, non sono selezionati elementi. Viene mostrato ogni elemento nella routine di misurazione che ammette un tipo di tolleranza. Se non si vede un elemento atteso, accertarsi che il puntatore nella finestra di modifica si trovi sotto l'elemento desiderato prima di accedere alla finestra di dialogo **Tolleranza geometrica**.



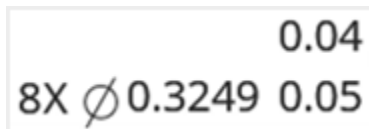
In grandi routine con molti elementi, può essere utile cercare un elemento per mezzo della barra di ricerca.

Dopo aver selezionato un elemento, PC-DMIS filtra l'elenco degli elementi in modo che siano mostrati solo l'elemento o gli elementi simili con le stesse caratteristiche (come cilindri con lo stesso diametro). A questo punto è possibile selezionare altri elementi.

### L'editor delle tolleranze di dimensione

La prima riga del pannello di modifica delle tolleranze è quella dell'Editor delle tolleranze di dimensione. È disponibile quando gli elementi considerati sono elementi dimensionabili (cilindri, cerchi misurati su una superficie, sfere o larghezze) e il tipo di tolleranza geometrica ammette le tolleranze di dimensione.

L'editor delle tolleranze di dimensione ha l'aspetto seguente:



Questa riga contiene diversi tipi di informazioni e due controlli:

- 8X significa che ci sono otto elementi considerati, e non è visibile se c'è un solo elemento considerato. Questo simbolo non si può modificare.
- $\varnothing$  significa che gli elementi sono cilindri o cerchi misurati su una superficie. Il simbolo è diverso a seconda dei tipi di elementi dimensionabili. Gli elementi sferici hanno il simbolo  $S\varnothing$ . Gli elementi di larghezza non hanno simbolo.. Questo simbolo non si può modificare.
- Il primo numero dopo il simbolo suddetto è la dimensione nominale. Questo valore non si può modificare perché il comando di tolleranza geometrica richiede che tutti gli elementi abbiano valori nominali corretti. La dimensione nominale proviene dalla dimensione teorica dell'elemento.
- Il secondo numero, quello all'estrema destra in alto (0.04 nell'esempio precedente), è la tolleranza positiva della dimensione dell'elemento. Lo si può modificare. Il limite superiore della dimensione è dato dalla somma della dimensione nominale e della tolleranza positiva.
- Il terzo e ultimo numero, quello all'estrema destra in basso (0.05 nell'esempio precedente), è la tolleranza negativa della dimensione dell'elemento. Lo si può modificare. Il limite inferiore della dimensione è dato dalla differenza tra la dimensione nominale e la tolleranza negativa quando la casella di opzione **Tolleranze negative visualizzate come negative** nella scheda **Dimensione** della finestra di dialogo **Opzioni di impostazione** è deselezionata. Se si seleziona la casella di opzione **Tolleranze negative visualizzate come negative**, il limite inferiore della dimensione è uguale alla somma della dimensione nominale e della tolleranza negativa. Potrebbe essere preferibile selezionare questa casella di opzione per far sì che la tolleranza di dimensione sia come nella stampa. Per informazioni su questa casella di opzione, vedere l'argomento "Tolleranze negative visualizzate come negative" nel capitolo "Impostazione delle preferenze". Questa casella di opzione esiste affinché non si debba usare il segno meno per le tolleranze negative.

### L'Editor del riquadro di controllo

La parte più complessa del pannello di modifica delle tolleranze è quella dell'Editor del riquadro di controllo. Ha un aspetto simile al seguente:

$\oplus$	$\varnothing$ 0.02 <MC> <PZ> A B	+
+	-	

Questo Editor si compone di diverse parti, dettagliate qui di seguito.

## Il simbolo della tolleranza

Il simbolo della tolleranza è mostrato nella prima casella sinistra dell'Editor del riquadro di controllo. Mostra il simbolo del tipo di tolleranza scelto. Si può cambiare il simbolo per cambiare il tipo di tolleranza. Fare clic sul simbolo della tolleranza per scegliere un altro tipo di tolleranza geometrica valida per gli elementi selezionati; gli altri simboli appaiono in una casella di riepilogo a discesa.

## La sezione relativa a zone di tolleranza, elementi e caratteristiche

La sezione relativa a zone di tolleranza, elementi e caratteristiche del riquadro di controllo include la forma della zona di tolleranza, il valore della tolleranza e i modificatori della tolleranza. Pertanto, questa sezione contiene diversi controlli. La loro disponibilità varia a seconda del tipo di tolleranza e degli elementi considerati scelti.

- Il primo simbolo è quello della forma della zona di tolleranza. È  $\varnothing$  per le zone diametrali,  $S\varnothing$  per le zone sferiche, e non è indicato per le zone piane (e per le zone radiali e perpendicolari al raggio). Se si fa clic sul simbolo che appare, lo si può modificare, ma i soli simboli disponibili sono quelli che hanno senso per gli elementi considerati e il tipo di tolleranza scelto.
- Segue il valore della tolleranza. È un numero (0.02 nell'immagine sovrastante). Lo si può cambiare in qualsiasi numero positivo.
- Quando ha senso per gli elementi considerati e il tipo di tolleranza, viene poi il controllo della condizione del materiale. Appare come  $\langle MC \rangle$  quando non c'è alcun modificatore della condizione del materiale. Questo significa che si fa riferimento all'elemento di riferimento indipendentemente dalla sua dimensione (RFS). Quando c'è una condizione di massimo materiale (MMC) il modificatore appare come  $\textcircled{M}$ . Quando c'è una condizione di minimo materiale (LMC) il modificatore appare come  $\textcircled{L}$ . Fare clic su  $\langle MC \rangle$ ,  $\textcircled{M}$  o  $\textcircled{L}$  per scorrere tra i modificatori della condizione del materiale (nessun modificatore, MMC e LMC). Le tolleranze ISO di orientamento (angolarità, parallelismo e perpendicolarità) e di posizione (posizione, concentricità e simmetria) permettono di selezionare un modificatore dell'elemento associato soggetto a tolleranza all'interno di questo controllo. Le tolleranze di forma ISO (circolarità, cilindricità, planarità e rettilineità di una superficie) permettono di selezionare un modificatore di associazione dell'elemento di riferimento all'interno di questo controllo.





Non è possibile combinare un modificatore dell'elemento soggetto a tolleranza associato (AFTM) o un modificatore di associazione dell'elemento di riferimento (RFAM) con un modificatore della condizione del materiale (MMC o LLC).

Per i dettagli, vedere l'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

- Quando ha senso per gli elementi considerati e il tipo di tolleranza, il controllo successivo è quello della zona di tolleranza proiettata. Appare come `<PZ>` quando non c'è alcun modificatore della zona proiettata. Quando c'è un modificatore della zona di tolleranza proiettata appare come `Ⓟ`, seguito immediatamente dal valore della lunghezza proiettata: `Ⓟ 0.8`. Fare clic sul valore della lunghezza proiettata per modificarlo. Fare clic su `<PZ>` o `Ⓟ` per scorrere tra nessun modificatore e il modificatore della zona di tolleranza proiettata.
- Quando ha senso per gli elementi considerati e il tipo di tolleranza, il controllo successivo è quello del piano tangente. Appare come `<T>` quando non c'è alcun modificatore del piano tangente. Quando c'è un piano tangente il modificatore appare come `Ⓣ`. Fare clic su `<T>` o `Ⓣ` per scorrere tra nessun modificatore e modificatore del piano tangente.



Il modificatore del piano tangente non è disponibile per la norma ASME Y14.5 1994.

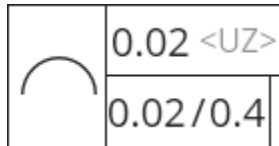
- Per le tolleranze di profilo, il controllo del modificatore del profilo appare dopo la tolleranza. In assenza di modificatore appare come `<UZ>`. Quando c'è un modificatore ASME di profilo disposto in modo irregolare, appare come `Ⓢ`, seguito immediatamente dalla distanza della disposizione irregolare: `Ⓢ 0.02`. Quando c'è un modificatore ISO di profilo disposto in modo irregolare, appare come `UZ`, seguito immediatamente dalla distanza della disposizione irregolare: `UZ 0.02`. Quando c'è, un modificatore di profilo dinamico ASME appare come `Δ`. Quando c'è un modificatore ISO della zona non centrata, appare come `OZ`.



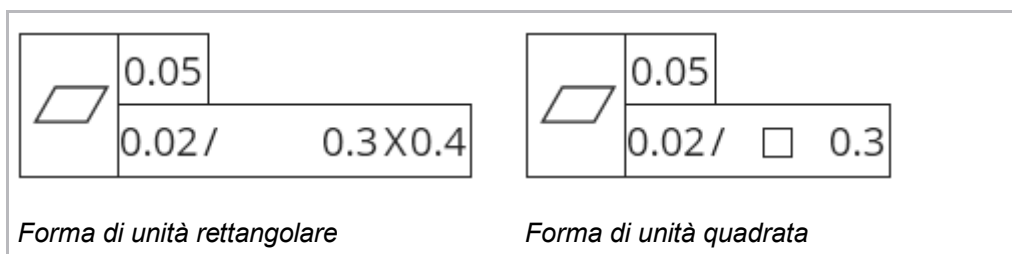
Il modificatore del piano tangente  $\textcircled{T}$  e il modificatore della disposizione irregolare  $\textcircled{U}$  non sono disponibili per la norma ASME Y14.5 1994.

Il modificatore di profilo dinamico  $\Delta$  non è disponibile per le norme ASME Y14.5 1994 e ASME Y14.5 2009.

- Per la rettilineità e il profilo per unità di una linea, è possibile modificare la lunghezza per unità immediatamente dopo il simbolo "/" come mostrato nel seguente segmento inferiore:



- Per la planarità dell'unità, a destra del simbolo "/" c'è il controllo della forma delle unità. Non compare quando la forma dell'unità è rettangolare e appare come un quadrato  $\square$  quando la forma è quadrata. Le forme rettangolari hanno una larghezza e una lunghezza da modificare, mentre le forme quadrate hanno solo la lunghezza. Fare clic sullo spazio vuoto o sul quadrato per passare dall'una all'altra forma.

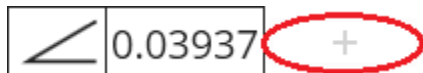


### La sezione degli elementi di riferimento

La sezione degli elementi di riferimento di un riquadro di controllo (o di un indicatore della tolleranza) si trova a destra della sezione relativa a zone di tolleranza, elementi e caratteristiche. Può contenere da zero a tre caselle. Ogni casella contiene un indicatore di un elemento di riferimento (potenzialmente un indicatore di un elemento di riferimento comune) e nessuno o più modificatori degli elementi di riferimento.

## Il pulsante di aggiunta di elementi di riferimento

Il pulsante **+** a destra dell'Editor del riquadro di controllo permette di aggiungere elementi di riferimento:

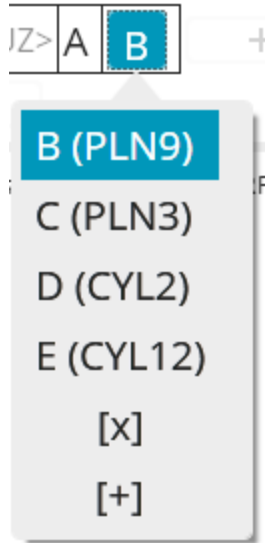


Quando si fa clic su questo pulsante, PC-DMIS aggiunge al riquadro di controllo un elemento di riferimento predefinito. Ogni volta che si fa clic su di esso, aggiunge un elemento di riferimento predefinito che non era stato aggiunto in precedenza a questo riquadro di controllo.

Se non esiste un elemento di riferimento predefinito che non è stato già aggiunto al riquadro di controllo (o non ne esiste alcuno), questo pulsante visualizza la finestra di dialogo **Definizione elemento di riferimento**. È possibile usare questa finestra di dialogo per definire un elemento di riferimento. Per informazioni sulla finestra di dialogo, vedere "Uso della finestra di dialogo e sintassi dei comandi". Questa operazione inserisce un comando di definizione di un elemento di riferimento immediatamente sopra il comando di tolleranza geometrica. Tuttavia, il nuovo elemento di riferimento non viene selezionato automaticamente. Questo significa che si deve fare ancora clic sul pulsante di aggiunta (+) per selezionare il nuovo indicatore dell'elemento di riferimento.

## Modifica dell'indicatore di un elemento di riferimento

Per cambiare l'indicatore di un elemento di riferimento all'interno di una casella dei riferimenti fare clic sull'indicatore. Verrà visualizzato un menu a discesa in cui sarà possibile scegliere un nuovo indicatore:



Nel menu a discesa è possibile selezionare un indicatore predefinito di un elemento di riferimento, in cui il nome dell'elemento è mostrato tra parentesi accanto all'indicatore (le configurazioni di elementi di riferimento mostrano solo il nome di un elemento e gli elementi di riferimento comuni non mostrano i nomi degli elementi).




Se si seleziona l'opzione **[X]**, la casella degli elementi di riferimento viene eliminata.







Se si seleziona l'opzione **[+]**, si apre la finestra di dialogo **Definizione elemento di riferimento** che permette di definire un nuovo elemento di riferimento. Per informazioni sulla finestra di dialogo, vedere "Uso della finestra di dialogo e sintassi dei comandi". Tuttavia, il nuovo elemento di riferimento non viene selezionato automaticamente. Questo significa che si deve fare clic sul vecchio indicatore nella casella dell'elemento di riferimento e quindi scegliere il nuovo indicatore,

### Modificatori degli elementi di riferimento

A destra di ogni indicatore di un elemento di riferimento ci sono i comandi dei modificatori dell'elemento di riferimento.

- Quando ha senso per il tipo di elemento di riferimento e di tolleranza, il primo controllo è quello del limite del materiale. Appare come **<MC>** quando si indica un elemento di riferimento senza modificatore di materiale. Questo significa che si fa riferimento all'elemento di riferimento indipendentemente dal limite del materiale (RMB). Quando c'è un modificatore di limite di massimo materiale (MMB), appare come **(M)**. Quando c'è un modificatore limite di minimo

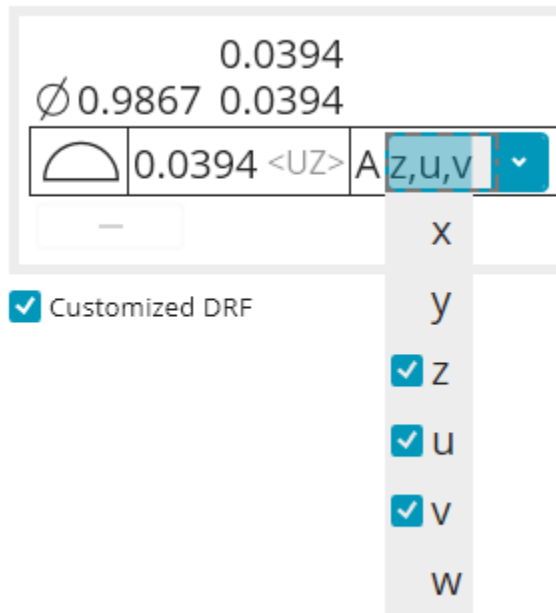
materiale (LMB), appare come  . Fare clic su  o su  per scorrere tra i modificatori del limite del materiale (nessun modificatore, MMB e LMB).

- Quando si fa riferimento a un elemento di riferimento all'MMB o all'LMB, e si è selezionata la casella di opzione **Modificatori avanzati**, è possibile specificare una dimensione del limite di materiale. Questa non è la dimensione nominale né la dimensione della condizione di minimo o massimo materiale dell'elemento di riferimento. Per ulteriori informazioni sulle dimensioni dei limiti, vedere la voce "Determinazione delle dimensioni del limite di materiale" nell'argomento "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento". Per i cilindri di riferimento, e se non è stata specificata la dimensione del limite di materiale, questo modificatore viene mostrato come  <size> . Dopo aver specificato la dimensione del limite di materiale, il modificatore è indicato con  9.2 , indipendentemente dal valore specificato per la dimensione. Per rimuovere una dimensione del limite di materiale, eliminare il valore e premere il tasto di tabulazione per uscire dal modificatore. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione seguente "Altre opzioni".
- Quando un elemento di riferimento è secondario o terziario e si seleziona la casella di opzione **Modificatori avanzati**, appare il controllo della traslazione. Appare come  quando si fa riferimento a un elemento di riferimento senza modificatore di traslazione. Quando c'è un modificatore di traslazione, appare come  . Fare clic su  o su  per scorrere tra nessun modificatore e modificatore della traslazione. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione seguente "Altre opzioni".



Il modificatore di traduzione non è disponibile per la norma ASME Y14.5 1994.

- Le tolleranze ASME di profilo e posizione hanno la casella di opzione **Sistema di elementi di riferimento personalizzato**. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione seguente "Altre opzioni".



Se si seleziona questa casella di opzione, PC-DMIS abilita l'accesso a sistemi di elementi di riferimento personalizzati, e rimuove l'accesso ai modificatori avanzati degli elementi di riferimento. Ogniqualvolta è possibile, PC-DMIS determinerà i gradi di libertà che ogni elemento di riferimento vincolerebbe naturalmente. Dove il software non può determinare quali gradi di libertà vincolare, la personalizzazione mostrerà <DOF> e si dovrà fare una selezione manuale. Il software deselecta questa casella di opzione per impostazione predefinita poiché la maggior parte delle volte non si ha bisogno di sistemi di elementi di riferimento personalizzati.



Non sono disponibili DRF personalizzati per la norma ASME Y14.5 del 1994.

Per ulteriori informazioni sui sistemi di elementi di riferimento personalizzati e relative regole, vedere la sezione 7.22 e le figure 7-55, 7-56 e 7-57 della norma ASME Y14.5 2018.

## Ulteriori opzioni

### Casella di opzione Modificatori avanzati

Questa casella di opzione non è disponibile se si seleziona ASME Y14.5 1994 come standard GD&T. Per tutte le altre opzioni relative agli standard GD&T, è possibile trovarle nel pannello di modifica della tolleranza, come mostrato qui:

### Advanced Modifiers

Le tolleranze di profilo e posizione hanno la casella di opzione **Modificatori avanzati**. Se si seleziona questa casella di opzione, PC-DMIS abilita l'accesso ai modificatori di traslazione (ASME), ai modificatori dei limiti dei materiali specificati (ASME) e al modificatore [DF] (ISO). Impedisce anche l'accesso a sistemi di elementi di riferimento personalizzati. Questa casella di opzione è deselezionata per impostazione predefinita poiché la maggior parte degli utenti non ha bisogno di questi modificatori avanzati.

### **Casella di opzione DRF personalizzato**

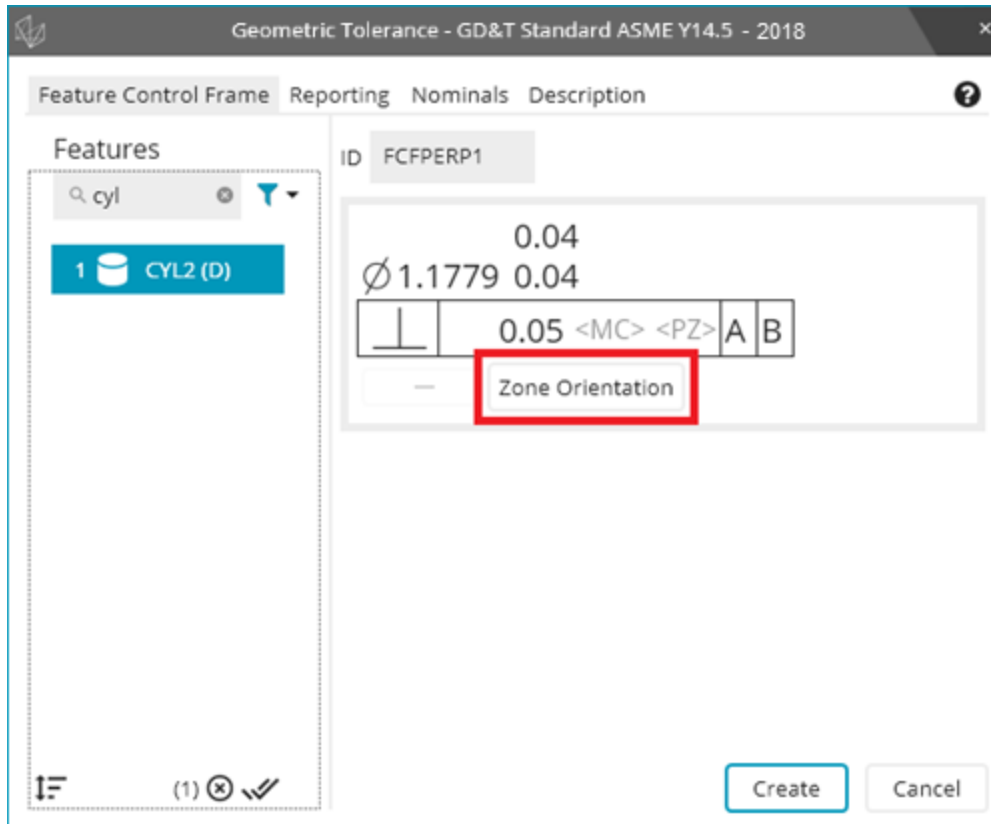
Questa casella di opzione non è disponibile se si seleziona ASME Y14.5 1994 o ISO 1101 2012/2017 come standard GD&T. Per tutte le altre opzioni relative agli standard GD&T, è possibile trovarle nel pannello di modifica della tolleranza, come mostrato qui:

### Customized DRF

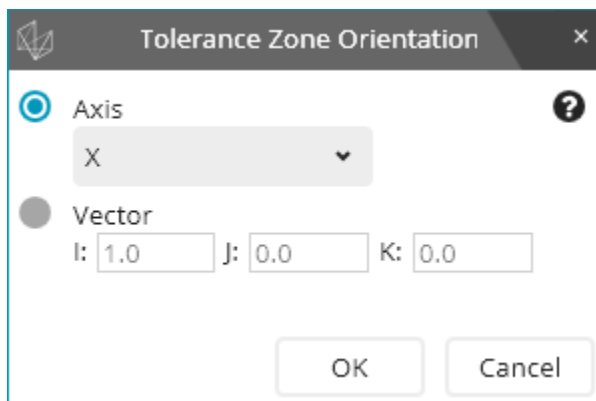
Le tolleranze ASME di profilo e posizione hanno la casella di opzione **Sistema di elementi di riferimento personalizzato**. Se si seleziona questa casella di opzione, PC-DMIS abilita l'accesso a sistemi di elementi di riferimento personalizzati, e rimuove l'accesso ai modificatori avanzati degli elementi di riferimento. Questa casella di opzione è deselezionata per impostazione predefinita poiché la maggior parte degli utenti non ha bisogno di questi sistemi di elementi di riferimento personalizzati.

### **Orientamento zona**

Quando ha senso in base alla forma della zona di tolleranza scelta, al tipo di tolleranza e agli elementi considerati, diventa visibile il pulsante **Orientamento zona**:



Se si fa clic sul pulsante **Orientamento zona** appare la finestra di dialogo **Orientamento zona di tolleranza**. Questa finestra di dialogo permette di controllare l'orientamento della zona di tolleranza:



La finestra di dialogo **Orientamento zona di tolleranza** permette di definire il vettore normale alla superficie della zona di tolleranza piana, o il vettore dell'asse della zona di tolleranza diametrale. L'elenco a discesa **Asse** serve quando il vettore si trova rispettivamente lungo gli assi the X, Y o Z. In alternativa si può selezionare un vettore arbitrario mediante l'opzione **Vettore** e le caselle sottostanti.



## Uso delle tolleranze geometriche

Per esempio, se una tolleranza di posizione controlla il componente X della posizione (zona di tolleranza piana), il vettore normale alla superficie della zona di tolleranza dovrebbe essere X.

Il vettore di orientamento della zona è sempre nelle coordinate del pezzo, e mai nelle coordinate del sistema di elementi di riferimento. È anche sempre normalizzato (ha lunghezza pari a 1) ed è sempre compatibile con l'orientamento dell'elemento considerato.

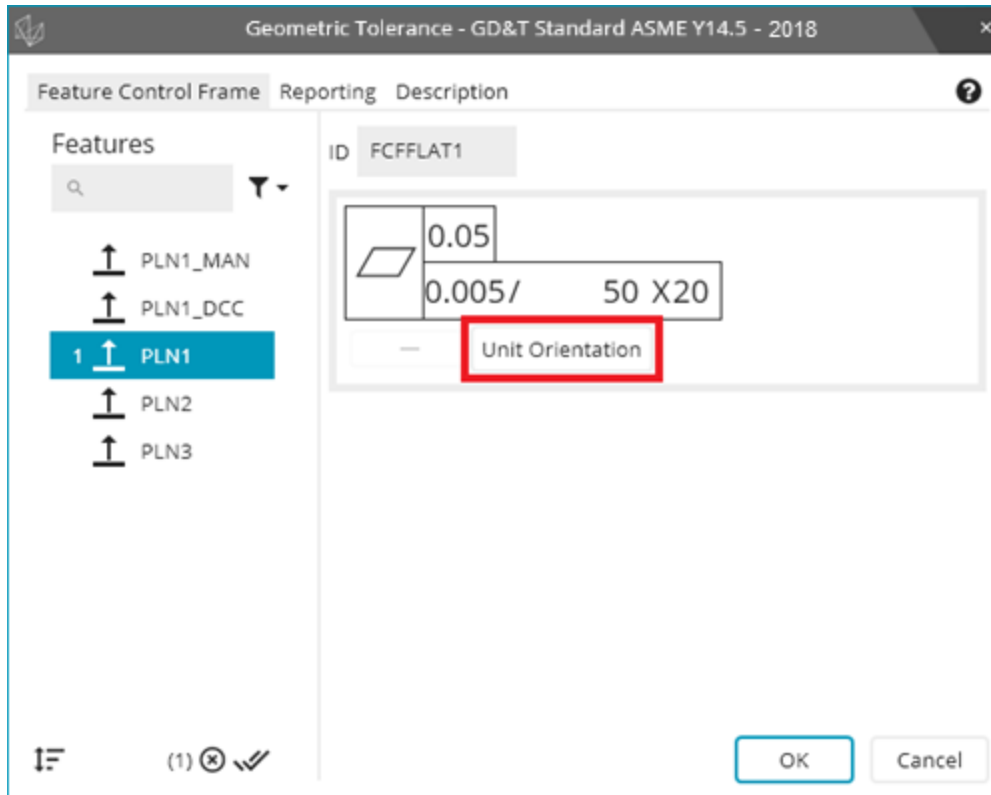
Per selezionare una zona di tolleranza polare (zona radiale o perpendicolari al raggio), fare clic sul pulsante **Orientamento zona** e selezionare **Arco radiale** o **Angolo retto rispetto all'arco radiale** nell'elenco a discesa **Asse**.

### Orientamento delle unità

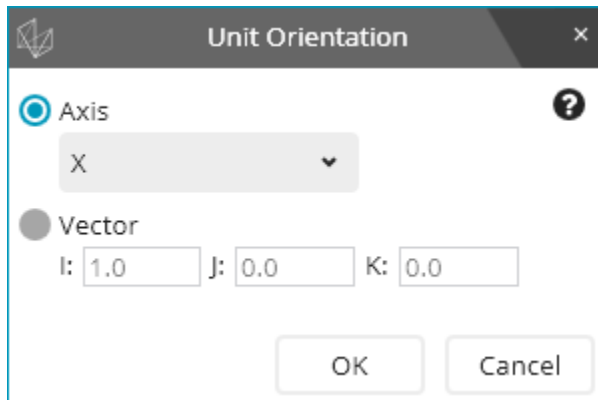
Le tolleranze della planarità dell'unità hanno unità quadrate o rettangolari, come descritto nell'argomento "Planarità". Il comando di tolleranza geometrica ha bisogno di sapere come orientare l'unità sulla superficie piana. È possibile abilitare la planarità dell'unità con il segno più che aggiunge il segmento inferiore:



Diverrà visibile il pulsante **Orientamento unità**:



Se si fa clic sul pulsante **Orientamento unità** appare la finestra di dialogo **Orientamento unità**. Questa finestra di dialogo permette di controllare l'orientamento dell'unità:



La finestra di dialogo **Orientamento unità** permette di definire il vettore di orientamento dell'unità. Per ulteriori informazioni, vedere la voce "Planarità per unità" nell'argomento "Planarità".

### Semiangolo del cono

Questa casella di opzione si trova sotto il pannello di modifica delle tolleranze, e ha il seguente aspetto:

☒ Half Cone Angle 45

Per le tolleranze di oscillazione circolare sui cerchi, il comando di tolleranza geometrica permette di trattare il cerchio come una sezione trasversale di un cono invece di una sezione trasversale di un cilindro. Per fare questo, selezionare la casella di opzione **Semiangolo del cono** e quindi immettere il valore del semiangolo del cono. Per ulteriori informazioni, specialmente sul significato del segno del semiangolo del cono, vedere "Oscillazione circolare".

### Circolarità e Conicità

La casella di opzione **Conicità** si trova sotto il pannello di modifica delle tolleranze, e ha il seguente aspetto:

☐ Conicity

Come descritto nell'argomento "Circolarità", PC-DMIS può valutare la tolleranza di circolarità sui coni come circolarità reale o come conicità. Per impostazione predefinita è valutata come circolarità reale, ma la si può cambiare nella conicità selezionando questa casella di opzione.

### Asole per lunghezza e per larghezza

Queste opzioni destra e sinistra appaiono all'interno del pannello di modifica delle tolleranze se gli elementi considerati sono asole:



L'opzione a sinistra considera l'asola per larghezza. La dimensione dell'asola è la sua larghezza, e la zona di tolleranza ne controlla la posizione nella direzione della larghezza.

L'opzione a destra considera l'asola per lunghezza. La dimensione dell'asola è la sua lunghezza, e la zona di tolleranza ne controlla la posizione nella direzione della lunghezza.

### Punti medi e Asse

Queste opzioni appaiono all'interno del pannello di modifica delle tolleranze se si ha una tolleranza ASME di concentricità o simmetria:

☒ Median Points   ☐ Axis

Per le tolleranza di concentricità e simmetria ASME Y14.5 1994 o ASME Y14.5 2009, quando gli elementi considerati hanno dati di superficie PC-DMIS può interpretarli in termini di **Punti medi** o in termini di **Asse**. Si può controllare l'interpretazione scegliendo l'opzione desiderata. **Punti medi** è la scelta predefinita.

### Aggiunta e rimozione di segmenti

Sotto l'Editor del riquadro di controllo ci sono i pulsanti **+** e **-** che permettono rispettivamente di aggiungere o rimuovere segmenti. Quando non ha senso aggiungere altri segmenti il pulsante **+** non è disponibile.

I pulsanti hanno il seguente aspetto:



È possibile usare questi pulsanti per costruire tolleranze composte di posizione, tolleranze composte di profilo e tolleranze unitarie.

### Il riquadro delle informazioni

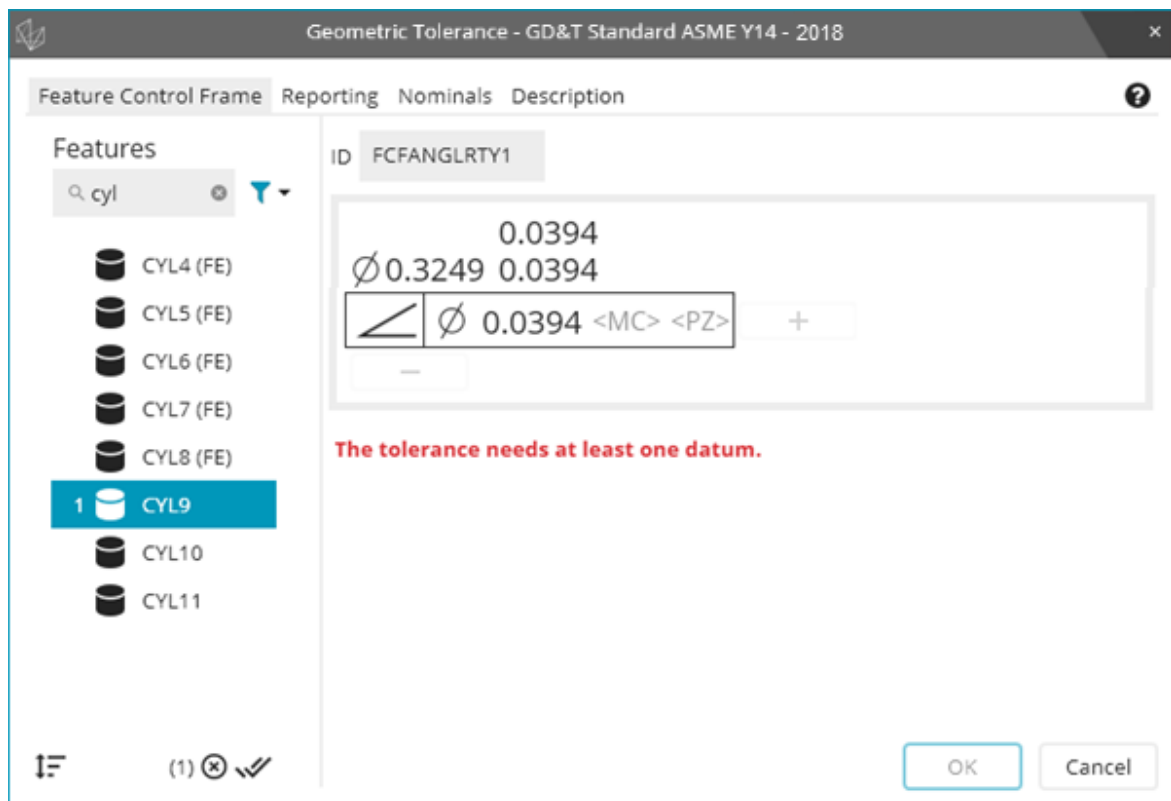
Sotto tutte queste opzioni del riquadro di controllo, PC-DMIS mostra messaggi di errore, di avvertenza e con altre informazioni. Per informazioni su come comportarsi con i messaggi di errore o di avvertenza, vedere "Risoluzione dei problemi relativi a messaggi di errore e avvertenza".

**Messaggi di errore** - I messaggi di errore sono mostrati in **rosso**.

Quando c'è un messaggio di errore non è possibile fare clic su **Crea** o su **OK** nella finestra di dialogo.

I messaggi di errore hanno il seguente aspetto:

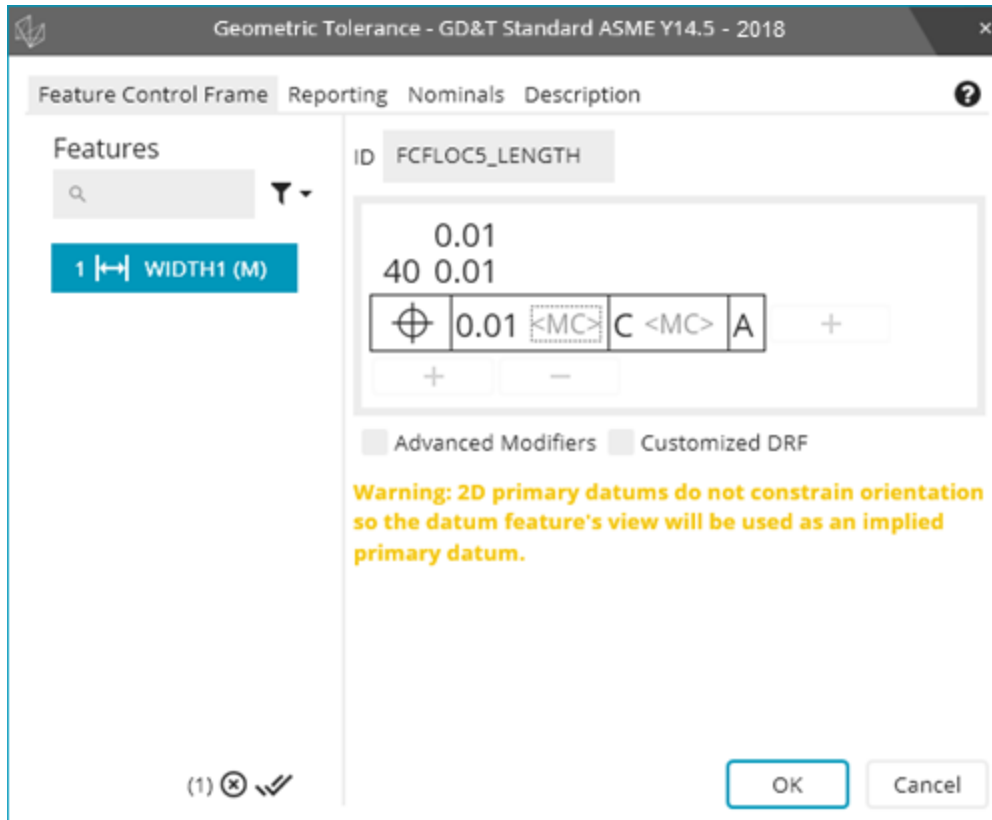
## Uso delle tolleranze geometriche



**Messaggi di avvertenza** - I messaggi di avvertenza sono mostrati in **giallo**.

Quando c'è un messaggio di avvertenza è possibile fare clic su **Crea** o su **OK** nella finestra di dialogo.

I messaggi di avvertenza hanno il seguente aspetto:

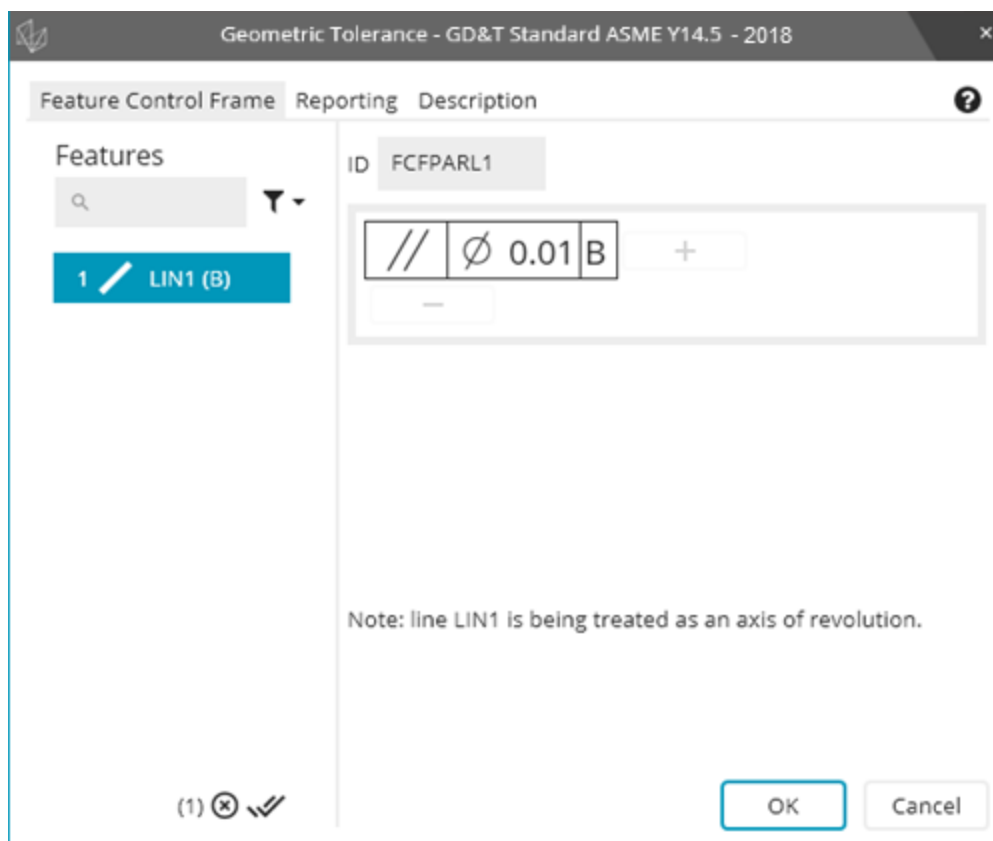


**Messaggi di interpretazione** - I messaggi di interpretazione sono mostrati in nero.

I messaggi di interpretazione appaiono quando si usa una linea costruita come elemento di riferimento o elemento considerato. Il messaggio informa l'utente se PC-DMIS interpreta l'elemento come una linea su una superficie (come una sezione trasversale di una superficie piana) o come un asse di rotazione (come un asse senza superficie). Per ulteriori informazioni su quali tipi di linea sono considerati linee su una superficie e quali invece assi di rotazione, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

I messaggi di interpretazione hanno il seguente aspetto:

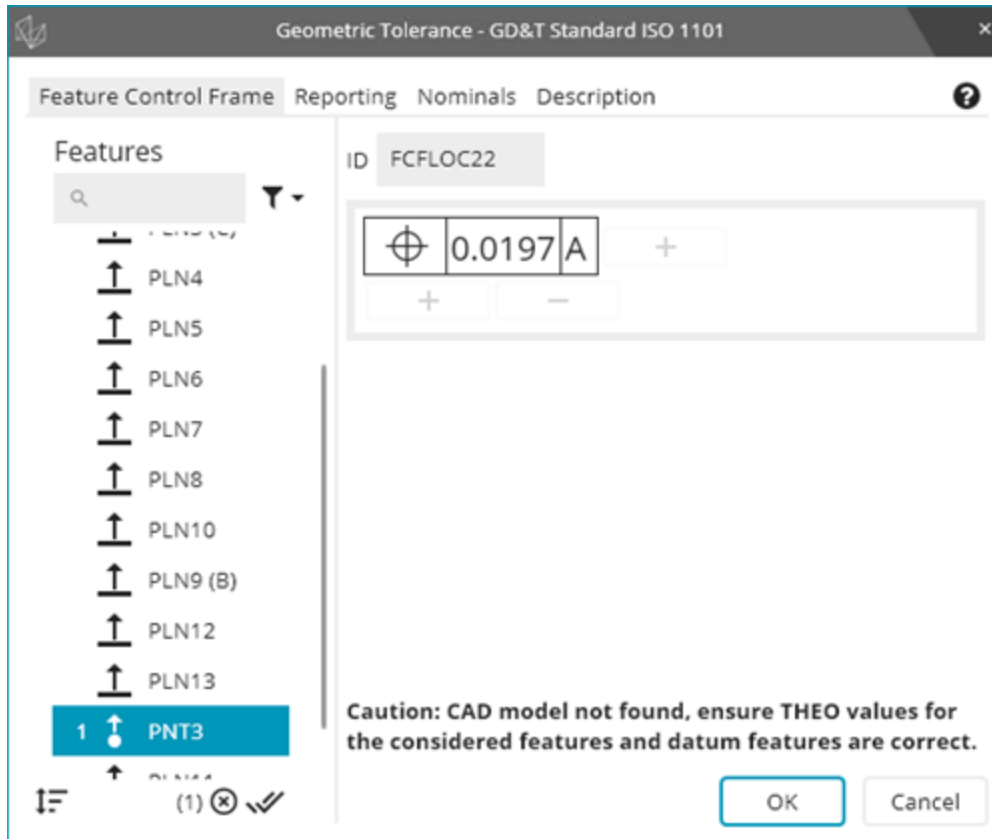
## Uso delle tolleranze geometriche



**Messaggi di avvertenza del CAD** - C'è un ulteriore tipo di messaggi di avvertenza che sono mostrati in nero proprio sopra i principali pulsanti di comando nella finestra di dialogo.

Se non si ha un modello CAD, PC-DMIS non può dare la certezza che i valori teorici del programma siano tutti corretti. La finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** mostra un messaggio che avverte di accertarsi che i valori teorici siano tutti corretti. Si può ancora fare clic su **Crea** o su **OK** nella finestra di dialogo.

L'avviso relativo al CAD ha il seguente aspetto:



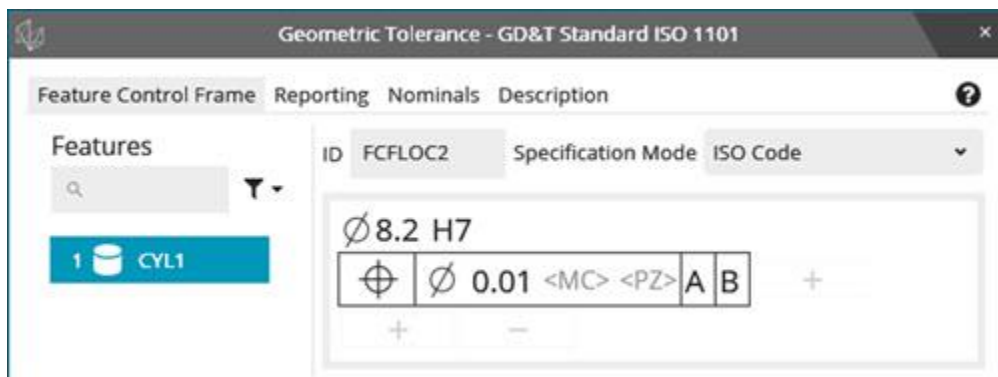
### Modalità di specifica

L'elenco **Modalità di specifica** controlla l'Editor della **Tolleranza di dimensione**. Nel caso di un elemento dimensionabile quando si seleziona l'opzione **Nominali con deviazione** le tolleranze sono immesse come descritto nella sezione "L'Editor della tolleranza di dimensione".

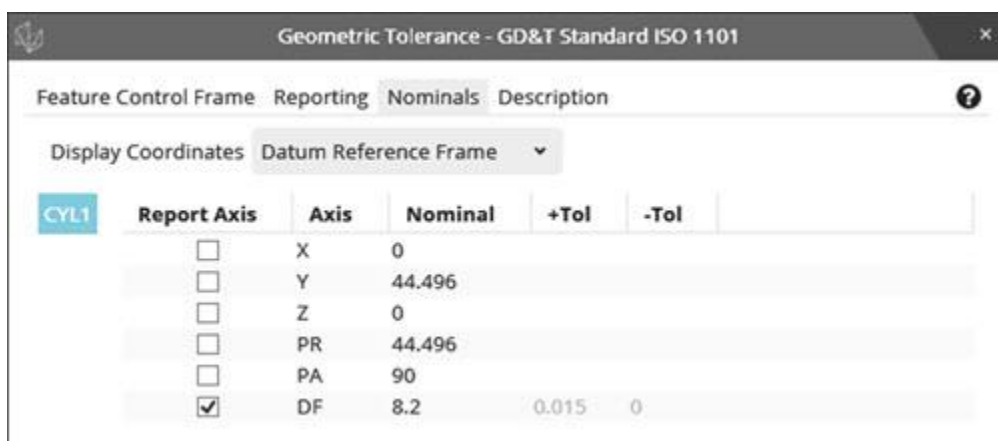
Quando si seleziona l'opzione **Codice ISO** l'Editor della tolleranza di dimensione visualizza un codice ISO H7 predefinito. Immettere il limite appropriato come definito in ISO 286-1. La norma ISO 286-1 definisce centinaia di codici di tolleranza tipo "E9" e "H7". Lo standard ISO 286-1 fa differenza tra maiuscole e minuscole, per esempio i fori sono in maiuscole e i perni in minuscole. Si può immettere lo standard in lettere sia maiuscole sia minuscole. PC-DMIS determina se l'elemento considerato è un elemento interno o esterno e quindi se necessario corregge automaticamente quanto immesso in maiuscolo o minuscolo come necessario.



## Uso delle tolleranze geometriche



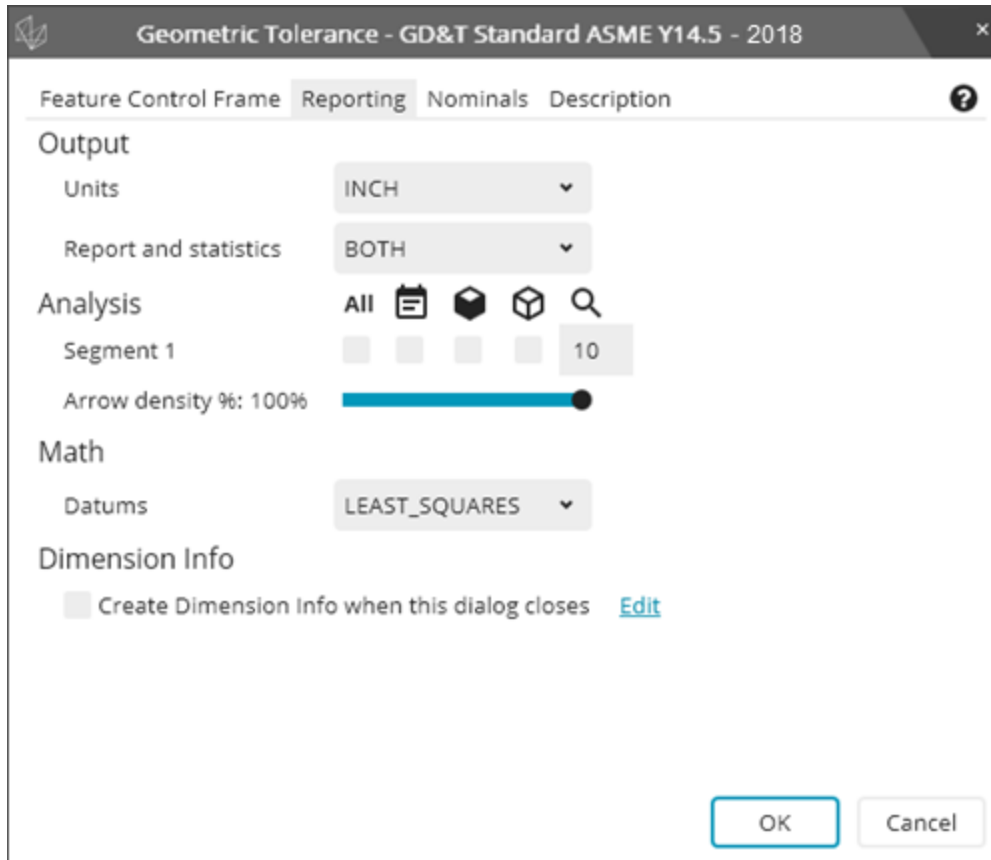
Nella scheda **Valori nominali** PC-DMIS mostra la tolleranza appropriata in base alla dimensioni nominale.



## Scheda Creazione rapporto

### Introduzione

Nella scheda **Creazione rapporti** della finestra **Tolleranza geometrica** sono presenti diverse opzioni per controllare il modo in cui PC-DMIS valuta e riporta i calcoli. La scheda **Creazione rapporti** ha il seguente aspetto:



## Output

L'area **Output** della scheda **Creazione rapporti** include due elenchi a discesa:

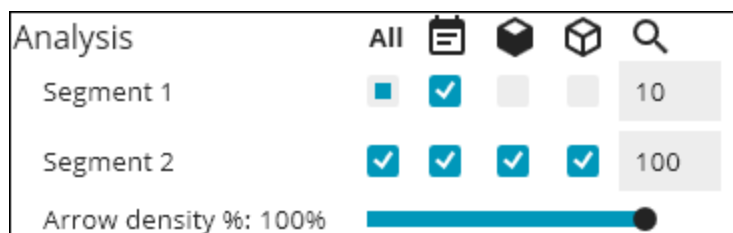
**Unità** - Questo elenco consente di riportare i risultati in pollici o millimetri, indipendentemente unità di misura usate nella routine di misurazione.

**Rapporto e statistiche** - Questo elenco consente di inviare i risultati a **REPORT**, **STATS**, **BOTH** o **NONE**.

## Analisi


L'area **Analisi** della scheda **Creazione rapporti** consente di controllare le opzioni di testo e grafica per un'analisi. È presente una riga di caselle di opzione per ogni segmento del comando di tolleranza geometrica. Ad esempio, con due segmenti, l'area **Analisi** ha il seguente aspetto:


## Uso delle tolleranze geometriche





L'icona sopra ogni colonna delle caselle di opzione è un'etichetta per il tipo di analisi che controlla quella colonna di caselle:

**All** - La selezione o la deselezione di questa casella seleziona o deseleziona l'intera riga di caselle di opzione.

 - Questa opzione attiva o disattiva l'analisi del testo. È possibile passare con il puntatore del mouse sull'icona per visualizzare un suggerimento per l'analisi del testo del rapporto.

 - Questa opzione attiva o disattiva l'analisi grafica CAD. È possibile passare con il puntatore del mouse sull'icona per visualizzare un suggerimento per l'analisi grafica del CAD.

 - Questa opzione attiva e disattiva l'analisi grafica del rapporto. È possibile passare con il puntatore del mouse sull'icona per visualizzare un suggerimento per l'analisi grafica del rapporto.

 - Queste caselle mostrano i valori numerici dei moltiplicatori delle frecce per ogni segmento.

Barra di scorrimento **% densità di frecce** - Si può usare questa barra di scorrimento per regolare il valore percentuale della densità di frecce.

### Mat.

L'area **Algoritmo** della scheda **Creazione rapporti** consente di controllare le opzioni matematiche per la valutazione della tolleranza geometrica. Le opzioni disponibili per i tipi di algoritmi dipendono dalla scelta dello standard ASME o ISO.

Math		Math	
Datums	LEAST_SQUARES ▼	Datums	DEFAULT ▼
Considered Features	DEFAULT ▼	Associated Features	DEFAULT ▼
		Size	DEFAULT ▼

Riquadro Algoritmi ASME (a sinistra) e ISO (a destra).

### Tipi di algoritmi ASME

L'elenco **Elementi considerati** controlla le opzioni matematiche per risolvere le tolleranze delle dimensioni e/o creare l'elemento con tolleranza dall'elemento considerato. Tale elenco è disponibile quando gli elementi considerati hanno dati di superficie e (a) è presente una tolleranza di dimensioni oppure (b) l'elemento con tolleranza è diverso dall'elemento considerato. Per i dettagli del significato delle opzioni, vedere "Derivazione dell'elemento con tolleranza" e "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".

L'elenco **Zona di tolleranza** (non riportato in figura) controlla le opzioni matematiche per l'ottimizzazione dell'elemento con tolleranza nella zona di tolleranza. Appare per le tolleranze di forma e di profilo senza un elemento di riferimento. Per i dettagli del significato delle opzioni, vedere i seguenti argomenti:

- Circolarità
- Cilindricità
- Planarità
- Profilo di una linea
- Profilo di una superficie
- Rettilineità

### Tipi di algoritmi ISO

L'elenco **Elementi associati** controlla l'algoritmo da usare per creare l'elemento soggetto a tolleranza dall'elemento considerato. Tale elenco è disponibile quando gli elementi considerati hanno dati di superficie e (a) è presente una tolleranza di dimensioni oppure (b) l'elemento con tolleranza è diverso dall'elemento considerato. Per i dettagli del significato delle opzioni, vedere gli argomenti "Derivazione dell'elemento con tolleranza" e "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".

L'elenco **Dimensione** controlla l'algoritmo usato per risolvere le tolleranze di dimensione. Tale elenco è disponibile quando gli elementi considerati hanno dati di superficie e (a) è presente una tolleranza di dimensioni oppure (b) l'elemento

con tolleranza è diverso dall'elemento considerato. Per i dettagli del significato delle opzioni, vedere gli argomenti "Derivazione dell'elemento con tolleranza" e "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".

L'elenco **Zona di tolleranza** (non riportato in figura) controlla le opzioni matematiche per l'ottimizzazione dell'elemento con tolleranza nella zona di tolleranza. Appare per tutte le tolleranze di forma e di profilo senza elementi di riferimento.

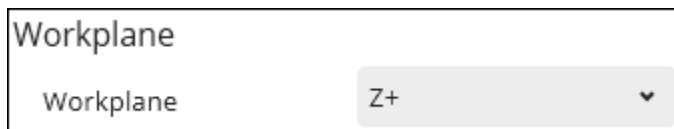
### Riquadri Dimensioni o Piano di lavoro

Il riquadro **Dimensioni** della scheda **Creazione rapporto** è disponibile per la maggior parte degli elementi. Permette di controllare se riportare o meno le dimensioni locali. Può avere il seguente aspetto:



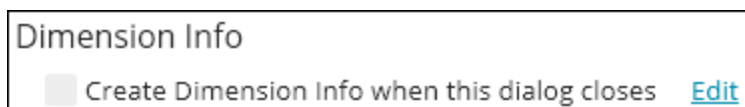
L'opzione **Dimensione locale** può essere **ON** o **OFF**. Tale opzione è disponibile per gli elementi considerati che hanno dati di superficie quando vi è una tolleranza di dimensioni. Per maggiori informazioni, vedere "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".

Per altri elementi, come Profilo di linea, il riquadro **Dimensioni** diventa **Piano di lavoro** per permettere all'utente di selezionare il piano di lavoro nell'elenco. Può avere il seguente aspetto:



### Info dimensioni

L'area **Info dimensione** della scheda **Creazione rapporti** ha il seguente aspetto:



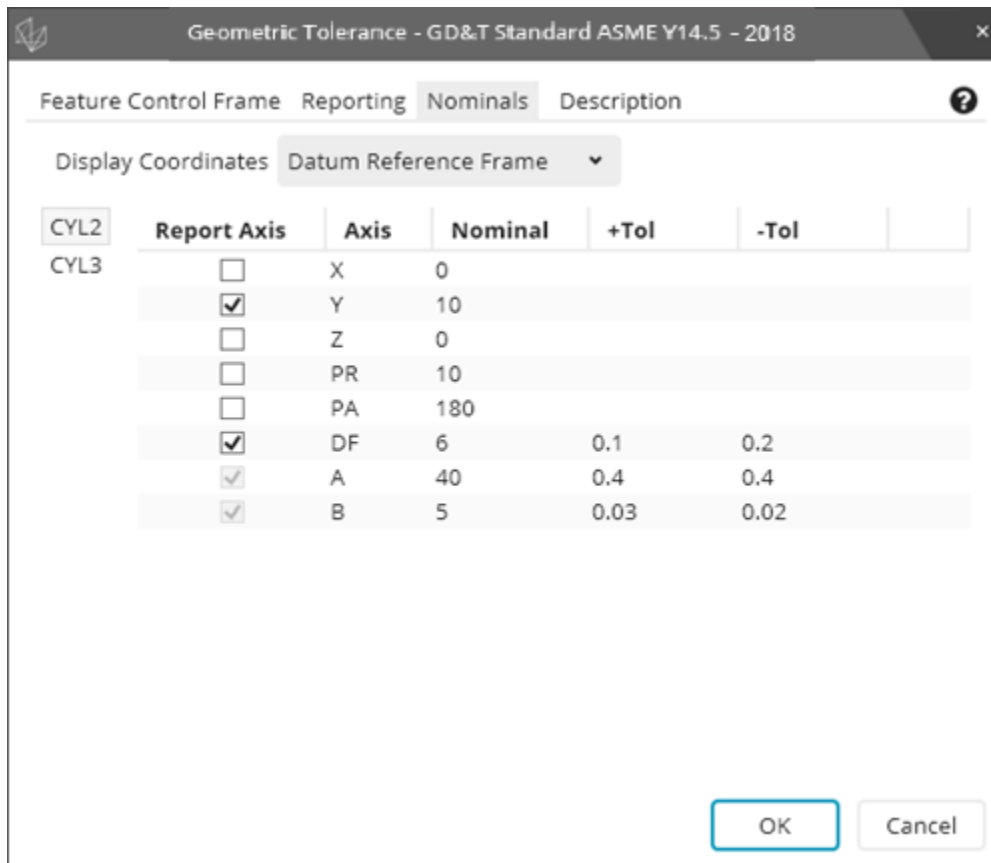
Se si seleziona la casella di opzione, PC-DMIS inserisce un comando di informazioni della dimensione nella routine di misurazione dopo il comando di tolleranza geometrica. Fare clic su **Modifica** alla destra della casella di opzione per modificare le opzioni del comando di informazioni sulla dimensione.

## Scheda Nominali

### Introduzione

La scheda **Nominali** della finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** è disponibile per le tolleranze di posizione e le tolleranze geometriche che hanno una tolleranza di dimensione.

Ha un aspetto simile al seguente:



Geometric Tolerance - GD&T Standard ASME Y14.5 - 2018

Feature Control Frame Reporting **Nominals** Description ?

Display Coordinates Datum Reference Frame ▼

	Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol
CYL2					
CYL3	<input type="checkbox"/>	X	0		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	10		
	<input type="checkbox"/>	Z	0		
	<input type="checkbox"/>	PR	10		
	<input type="checkbox"/>	PA	180		
	<input checked="" type="checkbox"/>	DF	6	0.1	0.2
	<input checked="" type="checkbox"/>	A	40	0.4	0.4
	<input checked="" type="checkbox"/>	B	5	0.03	0.02

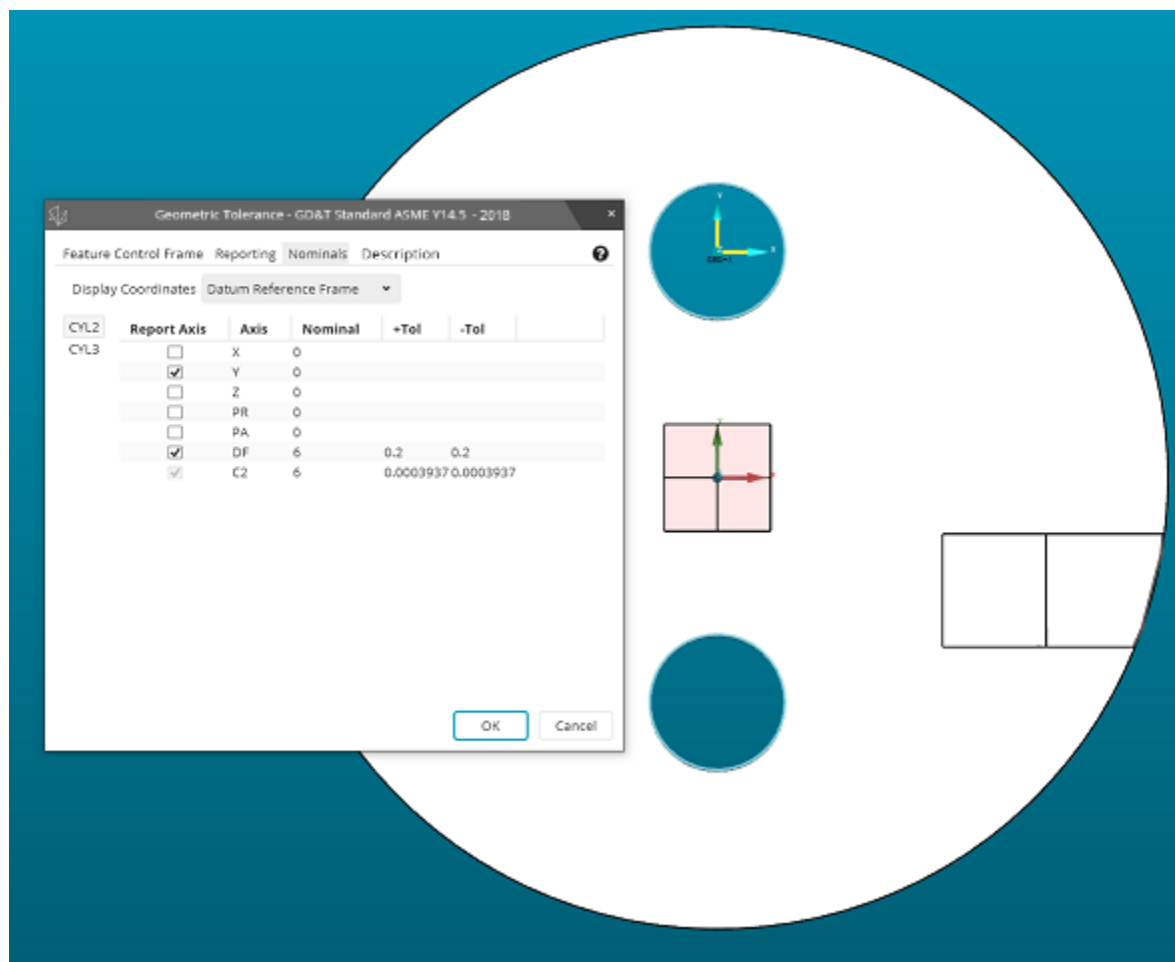
OK Cancel

### Mostra coordinate

Questo elenco controlla il sistema di coordinate nel quale sono riportati i valori nominali. Si può scegliere tra **Sistema di elementi di riferimento** e **Allineamento attuale** per modificare i valori nominali che si vedono.

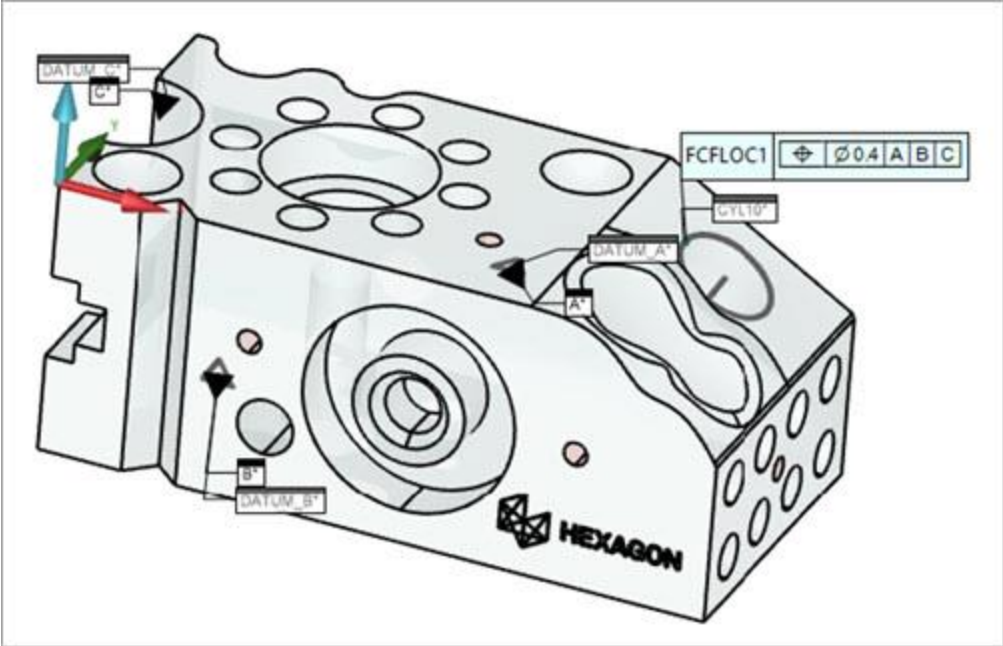
Dopo aver fatto clic su **OK** o su **Crea**, PC-DMIS cambia il sistema di coordinate in cui sono riportati i risultati.




È possibile visualizzare i due sistemi di coordinate nella finestra di visualizzazione grafica come mostrato qui:



Nella figura, il triedro dell'allineamento attuale è al centro del pezzo. Il triedro del sistema degli elementi di riferimento è mostrato nel foro superiore.

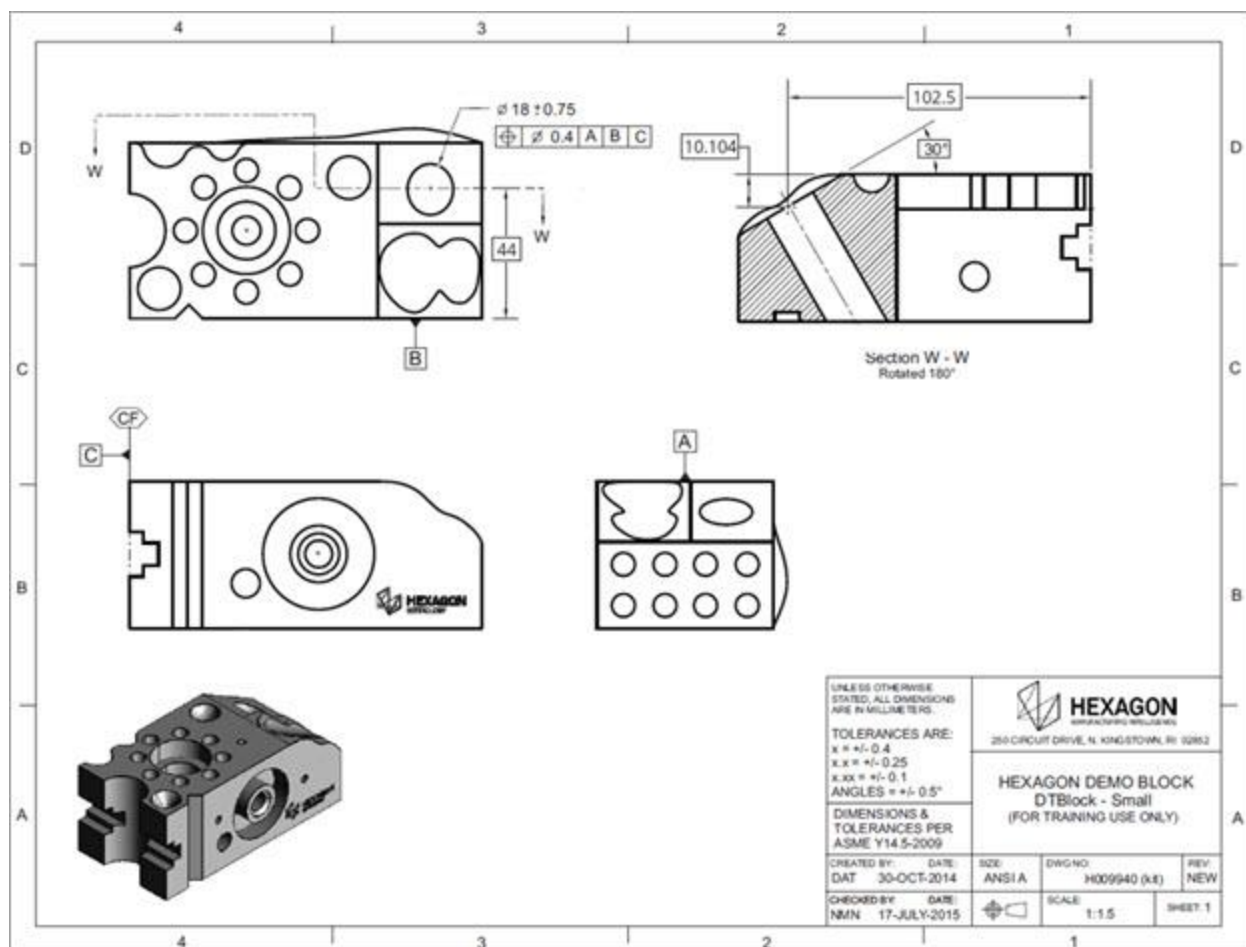
L'opzione **Allineamento attuale** può essere usata nei casi in cui posizione e orientamento del triedro del sistema di elementi di riferimento non corrispondo a quelli degli assi mostrati sul disegno. Può servire anche per fornire alla produzione informazioni sulle modifiche da apportare. Notare la posizione e l'orientamento del triedro del sistema di elementi di riferimento per la seguente tolleranza di posizione.



		PART NAME : POSITION_EXAMPLE				April 16, 2024		12:50		
		REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1				
FCFLOC1 Size		MM	Ø 18 +0.75/-0.75				DEFAULT		ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL		+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL			
CYL10	18.000		0.750	0.750	18.000	0.000	0.000			
FCFLOC1		MM	 Ø 0.4 A B C				DEFAULT		ASME Y14.5 2018	
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS		
	X	102.500			102.564	0.064				
	Y	44.000			43.980	-0.020				
	Z	-10.104			-10.141	-0.037				
CYL10 (START PT)	TP	0.000	0.400	0.000	0.154	0.154	0.000	0.000		



## Uso delle tolleranze geometriche

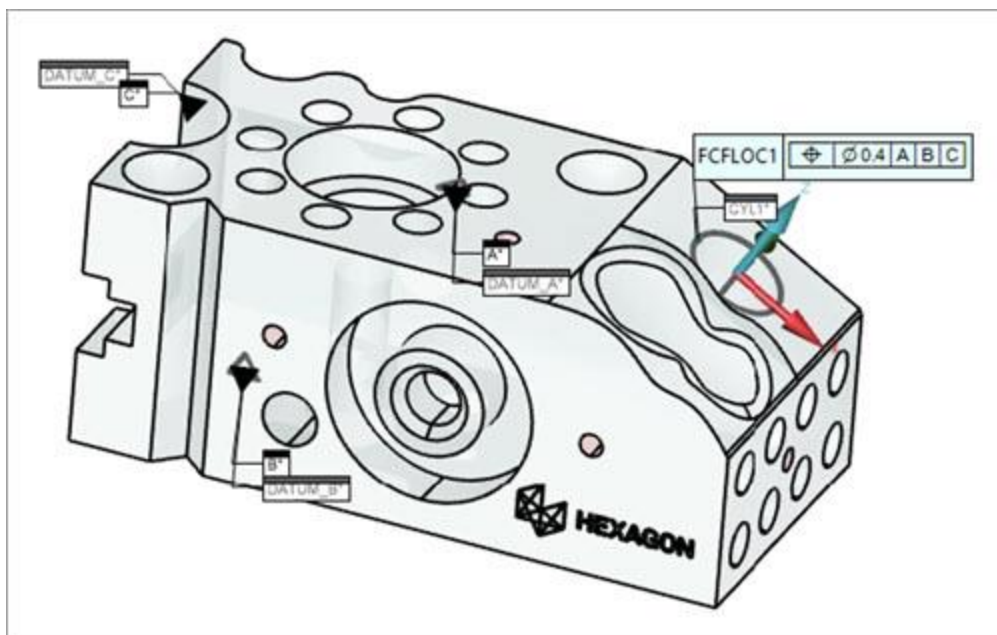




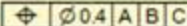

Per quanto le coordinate X, Y e Z mostrate nella tabella di riepilogo corrispondano alle dimensioni base sul disegno, spesso è più utile creare un allineamento centrato su, e orientato verso, il foro. Una volta fatto questo, passare dal **sistema degli elementi di riferimento** all'**allineamento attuale** come mostrato sotto.

```

A1      =ALIGNMENT/START,RECALL:STARTUP,LIST=YES
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,XAXIS,102.5
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,YAXIS,44
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,ZAXIS,-10.104
        ALIGNMENT/ROTATE_OFFSET,30,ABOUT,YPLUS
        ALIGNMENT/END
FCFLOC1 =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ASME Y14.5-2018,SHOWEXPANDED=YES,
        DESCRIPTION=OFF,,
        FEATURE_MATH=DEFAULT,DATUM_MATH=DEFAULT,DISPLAY_COORDS=CURRENT_ALIGNMENT,
        UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
        SIZE/NOMINAL=18,UPPER TOLERANCE=0.75,LOWER TOLERANCE=0.75,
        REPORT_LOCAL_SIZE=OFF,
        CYL1:
          UAME SIZE:18.000,
          SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.4,_,_,<len>,_,A,B,_,C,_,
          TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,MULT=10,
          MEASURED:
            CYL1:0.154,
          ADD
          FEATURES/CYL1,,

```



		PART NAME : POSITION_EXAMPLE					April 16, 2024	11:38	
		REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1			
FCFLOC1 Size		MM	Ø 18 +0.75/-0.75					DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL			
CYL 1	18.000	0.750	0.750	18.000	0.000	0.000			
FCFLOC1		MM						DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS	
CYL 1 (END PT)	X	-0.000			0.074	0.074			
	Y	0.000			-0.020	-0.020			
	Z	0.000			0.000	0.000			
	TP	0.000	0.400	0.000	0.154	0.154	0.000		

## Uso delle tolleranze geometriche

I valori delle deviazioni di X, Y e Z sono adesso molto più utili per un addetto alla lavorazione che così può vedere quante modifiche sono necessarie per avvicinare la posizione del foro a quella nominale.

Si noti che in entrambi gli esempi il valore della tolleranza di posizione misurata rimane inalterato (0,154 mm). Le coordinate di visualizzazione non influiscono sull'adattamento degli elementi di riferimento o sul calcolo della tolleranza geometrica, interessano solo il modo in cui i dati sono presentati sul rapporto.

Il triedro non si aggiorna dinamicamente mentre si usa la finestra di dialogo **Tolleranza geometrica**. Per vedere il triedro aggiornato occorre fare clic su **Crea** o su **OK**.

### La tabella dei valori nominali

La tabella permette di:

- vedere le posizioni dei valori nominali degli elementi considerati nel sistema di coordinate di visualizzazione scelte;
- controllare le tolleranze di dimensione degli elementi considerati e degli elementi di riferimento;
- controllare quali assi includere nel rapporto.

### Selezionare l'elemento considerato

Con le schede a sinistra è possibile controllare quale elemento considerato visualizzare. Ogni elemento ha una piccola scheda come questa su cui si può fare clic:

Feature Control Frame Reporting	
Display Coordinates Datum Refe	
Report Axis	Axis
<input type="checkbox"/> CYL2	X
<input checked="" type="checkbox"/> CYL3	Y
<input type="checkbox"/>	Z

La scheda di ogni elemento permette di vedere la localizzazione nominale dell'elemento considerato.

### La colonna Riporta asse

La colonna **Riporta asse** della tabella dei valori nominali permette di determinare quali assi includere nel rapporto. Per mostrare le informazioni desiderate selezionare le relative caselle di opzione.

## La colonna Asse

La colonna **Asse** della tabella dei valori nominali contiene i nomi degli assi che è possibile includere nel rapporto. Questi nomi indicano quanto segue:

- **X** - Indica la coordinata X
- **Y** - Indica la coordinata Y
- **Z** - Indica la coordinata Z
- **PR** - Indica il raggio polare
- **PA** - Indica l'angolo polare
- **DF** - Indica il diametro (o le dimensioni) dell'elemento

Come si può vedere dall'immagine seguente, nella colonna degli assi ci sono anche i nomi degli elementi di riferimento:

Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol	
<input type="checkbox"/>	X	0			
<input checked="" type="checkbox"/>	Y	10			
<input type="checkbox"/>	Z	0			
<input type="checkbox"/>	PR	10			
<input type="checkbox"/>	PA	180			
<input checked="" type="checkbox"/>	DF	6	0.1	0.2	
<input checked="" type="checkbox"/>	A	40	0.4	0.4	
<input checked="" type="checkbox"/>	B	5	0.03	0.02	

Sono visualizzati solo gli elementi di riferimento dimensionabili. La casella di opzione **Riporta asse** non è disponibile per queste righe.

## La colonna Nominali

La colonna **Nominali** della tabella dei valori nominali contiene i valori nominali degli assi da includere nel rapporto, e le dimensioni nominali degli elementi di riferimento dimensionabili.

## La colonna Tol+

La colonna **Tol+** della tabella dei valori nominali contiene le tolleranze positive delle dimensioni degli elementi considerati e degli elementi di riferimento dimensionabili. Se si modifica questo valore vedere al nota seguente.

### La colonna Tol-

La colonna **Tol-** della tabella dei valori nominali contiene le tolleranze negative delle dimensioni degli elementi considerati e degli elementi di riferimento dimensionabili. Se si modifica questo valore vedere al nota seguente.



Se si modificano le tolleranze inferiori o superiori di un elemento nella finestra di modifica o nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** (scheda **Riquadro di controllo** o scheda **Nominali**), e lo stesso elemento è usato come elemento considerato o elemento di riferimento, PC-DMIS mostra un messaggio in cui chiede se si desidera applicare le stesse modifiche a tutti i comandi successivi che si riferiscono a quell'elemento.

Per esempio:

#### Tolleranze

La tolleranza delle dimensioni di CYL1 è stata cambiata. Applicare lo stesso cambiamento a tutti i relativi comandi successivi che si riferiscono a CYL1?

**Sì/No**

Se si fa clic su **Sì**, PC-DMIS aggiorna le tolleranze delle dimensioni in tutti i comandi di tolleranza geometrica che si trovano sotto la posizione del cursore che si riferisce allo stesso elemento, sia esso un elemento considerato o un elemento di riferimento.

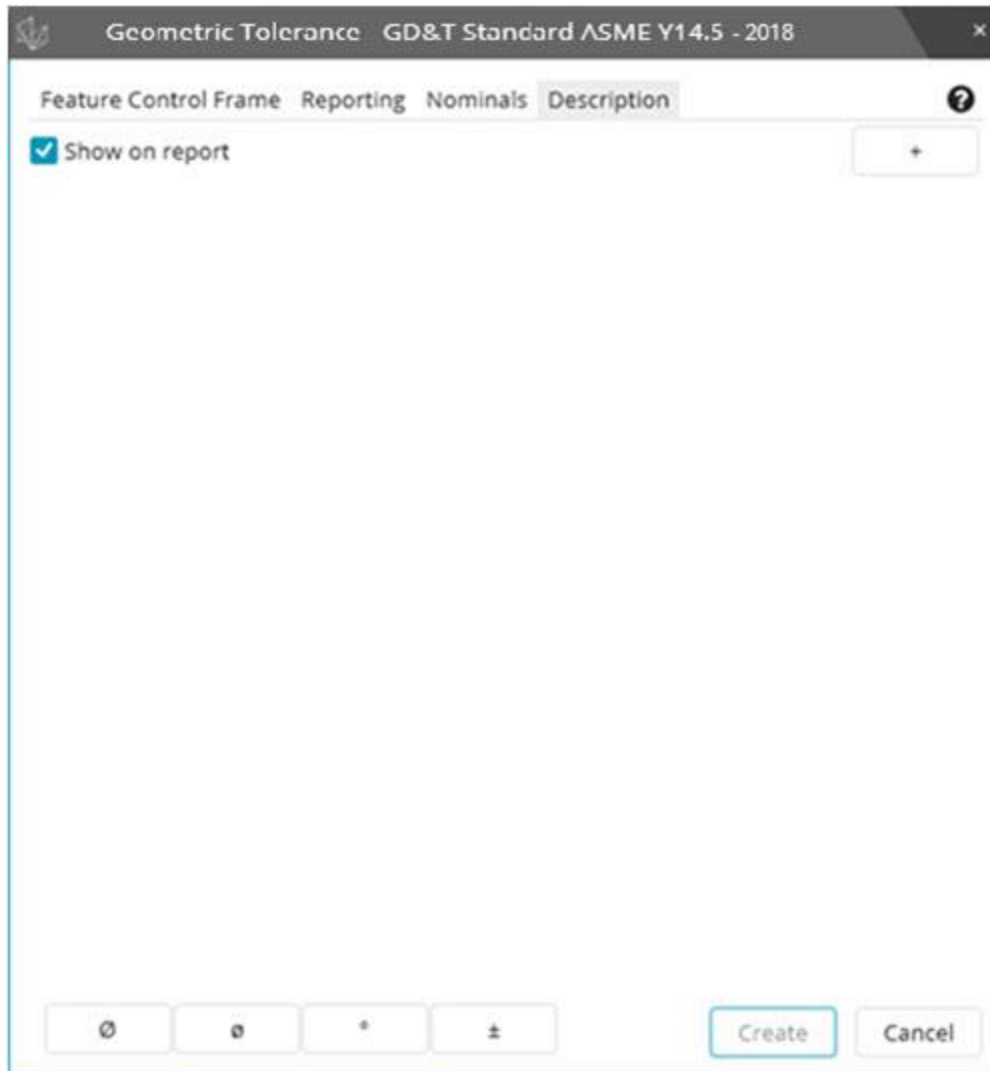
Se si fa clic su **No**, PC-DMIS aggiorna solo la tolleranza modificata. PC-DMIS non aggiorna nessuna delle tolleranze delle dimensioni nei relativi comandi di tolleranza geometrica che si trovano sotto la posizione del cursore che si riferisce allo stesso elemento modificato, sia esso un elemento considerato o un elemento di riferimento.

La casella di opzione **Tolleranze negative visualizzate come negative** della scheda **Dimensioni** della finestra di dialogo **Opzioni di impostazione** ha la stessa funzione che svolge nella scheda **Riquadri di controllo**. Per informazioni, vedere l'argomento "Scheda Riquadro di controllo".

- Quando è deselezionata, le tolleranze negative sono espresse tipicamente con numeri positivi.
- Quando è selezionata, le tolleranze negative sono espresse tipicamente con numeri negativi.

## Scheda Descrizione

Se si ha esperienza nella creazione di commenti in XactMeasure, la funzionalità della scheda **Descrizione** nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** può sembrare già nota, ma è più utile della precedente. Non sarà più necessario elementi o dimensioni nei loro ID. Questo può essere un lavoro estremamente lungo e complicato. La scheda **Descrizione** fornisce un modo per collegare le dimensioni ai callout sulle stampe senza bisogno di lunghi e descrittivi nomi di elementi o dimensioni.



La scheda permette di creare campi di testo puri, che si possono usare per collegare le dimensioni alle stampe. Si può usare qualsiasi simbolo o carattere perché questi campi sono di solo testo. I pulsanti con i simboli che si trovano in fondo alla finestra di dialogo permettono di usare i simboli di uso più comune.



Prima che PC-DMIS abiliti il pulsante **Crea** in questa finestra di dialogo si dovrà correggere qualsiasi errore nella scheda **Riquadro di controllo**.

Per creare il testo di una **descrizione** procedere come segue.

1. Fare clic sul pulsante Aggiungi (+) nell'angolo superiore destro della finestra di dialogo per creare e aprire un campo di testo per una nuova descrizione.
2. Immettere un testo nel campo. Usare i pulsanti con i simboli come necessario per inserire i simboli relativi.
3. Premere di nuovo il tasto Invio o fare clic sul pulsante Aggiungi (+) per creare un nuovo campo di testo per una descrizione. Per eliminare un campo selezionarlo, quindi fare clic sul pulsante Rimuovi (-).
4. Selezionare la casella di opzione **Mostra nel rapporto** per includere nel rapporto il testo della descrizione.
5. Fare clic sul pulsante **Crea** per creare il campo della descrizione.

## Tipi di tolleranze geometriche

Ci sono quattordici tipi di tolleranze geometriche, spesso raggruppate in queste cinque categorie: Forma, Orientamento, Localizzazione, Profilo e Oscillazione.

Gli argomenti sulle tolleranze che seguono descrivono in dettaglio tutti tipi di tolleranza. Questi argomenti forniscono dettagli sul significato di ogni tipo, sui modificatori ammessi e sulle opzioni di comando ammesse.

### Forma

Le tolleranze di forma sono le più semplici, poiché non fanno riferimento a elementi di riferimento:

- Circolarità
- Cilindricità
- Planarità
- Rettilineità

### Orientamento

- Angolarità
- Parallelismo
- Perpendicolarità

## Localizzazione

- Concentricità
- Posizione
- Simmetria

## Profilo

- Profilo di una linea
- Profilo di una superficie

## Oscillazione

- Oscillazione Circolare
- Oscillazione Totale

Ulteriori dettagli sono disponibili nei seguenti argomenti:

- Tipi di elementi con e senza dati di superficie
- Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento
- Derivazione dell'elemento con tolleranza

## Valori reali e valori misurati

Per ogni tipo di tolleranza geometrica si distingue tra "valori reali" e "valori misurati".

Un *valore reale* ha a che fare con la specifica, ed è definito da una norma sulle specifiche come ASME Y14.5.1 o ISO 1101. Un valore reale usa tutti i punti della superficie senza incertezze nelle misure. Il valore ci dice se la superficie è conforme o meno alla specifica. Dà un'idea di quanto una superficie è vicina a una non conformità.

Un *valore misurato* è un'approssimazione misurata di un valore reale. Il valore misurato usa alcuni sottoinsiemi dei punti della superficie. Ogni punto misurato della superficie include un'incertezza della misura. Gli algoritmi che usiamo per derivare un valore misurato possono o non possono essere simili alla definizione matematica del valore reale. Questo perché talvolta la migliore approssimazione misurata del valore reale usa algoritmi molto diversi da quelli usati dal valore reale.

Per ulteriori informazioni, vedere "Specifica e verifica".



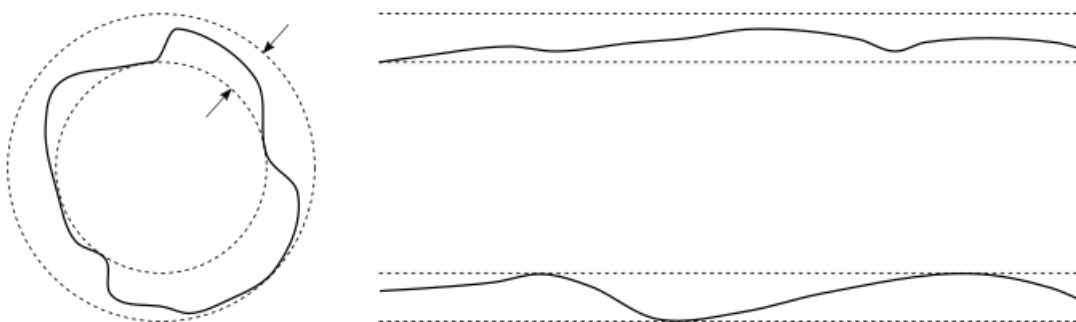
## Cilindricità

### Introduzione

Una specifica di cilindricità controlla quanto un elemento può deviare da un cilindro perfetto. In altre parole, la cilindricità valuta quanto è cilindrico un elemento.

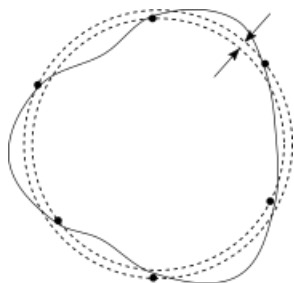
**Valore reale**

È la distanza minima tra due cilindri concentrici che racchiudono tra loro tutta la superficie:



**Valore reale**

È la distanza tra due cilindri concentrici che racchiudono tra loro tutti i punti misurati. Una routine di adattamento ottimale definisce l'asse dei due cilindri. A seconda dell'incertezza delle misure, del numero dei punti misurati e della posizione in cui sono stati acquisiti, il valore misurato può essere più grande o più piccolo del valore reale. Nel caso qui illustrato sono stati misurati troppo pochi punti per cui il valore misurato è minore di quello reale,



### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare elementi cilindrici con dati di superficie. Per i dettagli sui, cilindri che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

### Modificatori ammessi

Per lo standard ASME, questa tolleranza geometrica non ammette modificatori.

Per lo standard ISO, sono ammessi i modificatori C e G. Per i dettagli, vedere la sezione "Modificatori ISO di associazione degli elementi di riferimento (RFAM)" dell'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

## Opzioni esposte



L'algoritmo della zona di tolleranza controlla come calcolare l'asse dei due cilindri concentrici.

**PREDEFINITO** - È chiamato anche min-max ed esegue un adattamento best fit che minimizza la zona di tolleranza. L'adattamento best fit trova l'asse dei due cilindri concentrici che racchiudono i punti al loro interno e che hanno la minima distanza tra loro. Quindi, questa opzione produce il più piccolo valore misurato per valutare la cilindricità. È anche matematicamente molto simile alla specifica, poiché se si misurano i punti densamente e con alta precisione, il valore misurato approssima molto bene il valore effettivo. Per lo standard ISO, selezionare il modificatore C è equivalente all'algoritmo **PREDEFINITO**.

**LSQ** - Esegue un adattamento in base ai minimi quadrati. Minimizza la somma dei quadrati delle deviazioni e genera la forma corrispondente. Questa opzione produce un valore misurato più grande (è più conservativa dell'opzione **PREDEFINITO**). In generale, elabora il processo più rapidamente. Per lo standard ISO, selezionare il modificatore G è equivalente all'algoritmo **LSQ**.

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di cilindricità.

FCFCYLY1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CYL2	0.000000	0.010000		0.002315	0.002315	0.000000 

## Planarità

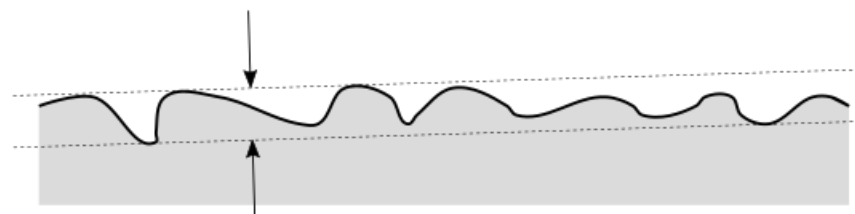
### Introduzione

Una specifica di planarità controlla quanto un elemento può non essere perfettamente piano. In altre parole, la planarità valuta quanto è piano un elemento. PC-DMIS supporta le specifiche di planarità solo sui piani.

Valore reale

È la distanza minima tra due piani paralleli che racchiudono tra loro tutta la superficie.

## Uso delle tolleranze geometriche



### Valore reale

È la distanza tra due piani paralleli che racchiudono tra loro tutti i punti misurati. Una routine di adattamento ottimale determina la normale alla superficie dei due piani. A seconda dell'incertezza delle misure, del numero dei punti misurati e della posizione in cui sono stati acquisiti, il valore misurato può essere più grande o più piccolo del valore reale. Nel caso qui illustrato sono stati misurati troppi pochi punti per cui il valore misurato è minore di quello reale,



### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare piani che hanno dati di superficie. Per i dettagli sui piani che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

### Modificatori ammessi

Per lo standard ASME, questa tolleranza geometrica non ammette modificatori.

Per lo standard ISO, sono ammessi i modificatori C e G. Per i dettagli, vedere la sezione "Modificatori ISO di associazione degli elementi di riferimento (RFAM)" dell'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

### Opzioni esposte

Per lo standard ASME, è il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza che controlla la routine di adattamento ottimale.

Per lo standard ISO, controllano l'adattamento ottimale il modificatore di associazione dell'elemento di riferimento selezionato o il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza.


**PREDEFINITO** - È chiamato anche min-max e calcola un piano best fit che minimizza la zona di tolleranza. Trova il valore misurato più piccolo in base ai dati di superficie. Matematicamente è molto simile alla specifica, poiché se si misurano i punti densamente e con alta precisione, il valore misurato approssima molto

bene il valore effettivo. Per lo standard ISO, selezionare il modificatore C è equivalente all'algoritmo **LSQ**.

**LSQ** - Calcola un piano best fit in base all'algoritmo dei minimi quadrati, minimizzando la somma dei quadrati delle deviazioni rispetto al piano ottimale. Questa opzione produce un valore misurato più grande (è più conservativa dell'opzione **PREDEFINITO**). In generale, elabora il processo più rapidamente. Per lo standard ISO, selezionare il modificatore G è equivalente all'algoritmo **LSQ**.

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di planarità:

FCFFLAT1		MM	 0.01	DEFAULT	ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1	0.000000	0.010000		0.000221	0.000221	0.000000

## Tolleranze di planarità per unità dell'elemento

Se si seleziona la casella di opzione **Per unità** la planarità ha due segmenti. Il primo segmento (segmento superiore) è la planarità complessiva come descritto sopra. Il segmento inferiore è la planarità per unità dell'elemento, e definisce dimensioni, forma e orientamento di un'unità. Le tolleranze per unità di elemento controllano quanto è piana ogni possibile unità dell'elemento soggetto a tolleranza.

L'utente deve:

- selezionare un'unità quadrata o rettangolare;
- scegliere la dimensione o le dimensioni di ciascuna unità;
- controllare l'orientamento dell'unità.

### Controllo dell'orientamento dell'unità

Il vettore dell'orientamento dell'unità controlla l'orientamento dell'unità all'interno della superficie piana. È sempre normalizzato, e sempre perpendicolare alla normale alla superficie nominale del piano. È possibile modificare il vettore con il pulsante **Orientamento unità** nella scheda **Riquadro di controllo** della finestra di dialogo **Orientamento unità**. Per ulteriori informazioni, vedere "Orientamento unità" sotto la voce "Scheda Riquadro di controllo". Con un'unità rettangolare, il vettore dell'orientamento rappresenta la direzione della prima dimensione dell'unità. Per esempio, se l'unità è 5x3 il vettore di orientamento dell'unità corrisponde al 5. Nel caso di un'unità quadrata, il vettore rappresenta la direzione di uno dei due lati del quadrato.

### Valore reale

Concettualmente, tutto l'elemento soggetto a tolleranza è suddiviso in un numero infinito di unità sovrapposte. Per ogni unità sono definite dimensioni, forma e orientamento. Ogni unità ha il proprio valore reale di planarità. Il valore reale della planarità dell'intero elemento è il valore reale della sua unità peggiore.

### Valore misurato

C'è un grandissimo numero di unità sovrapposte che contengono sottoinsiemi dei punti misurati. Il valore misurato di una certa unità è la distanza minima tra due piani paralleli. Questi piani contengono il sottoinsieme dei punti misurati dell'unità racchiusi tra loro. È uguale al tipo di algoritmo **PREDEFINITO** di calcolo della zona di tolleranza. Il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza secondo i minimi quadrati non è disponibile per le tolleranze per unità di elemento.

Il valore misurato dell'intero elemento è il valore misurato della sua unità peggiore.

L'algoritmo usato dal comando di tolleranza geometrica non controlla ogni possibile unità. Invece, esegue una ricerca intelligente dell'unità peggiore. Trova sempre l'unità peggiore. Riesce a fare questo con un tempo di calcolo molto minore di quello necessario per controllare ogni possibile unità.

### Confronto con la prassi precedente 1



In PC-DMIS 2020 R2 e versioni successive è possibile controllare l'orientamento delle unità. I vettori dell'orientamento delle unità sono espressi nelle coordinate del pezzo. Nelle versioni precedenti, con la planarità per unità di XactMeasure non era possibile controllare l'orientamento dell'unità. Inoltre, le unità erano allineate al sistema di coordinate della macchina invece che al sistema di coordinate del pezzo.



### Confronto con la prassi precedente 2

In PC-DMIS 2020 R2 e versioni successive l'algoritmo di calcolo della planarità per unità di elemento è conservativo. Questo significa che l'algoritmo trova sempre l'unità peggiore. Nelle versioni precedenti, la planarità per unità di elemento di XactMeasure valutava un gran numero di unità, ma non trovava sempre l'unità peggiore.

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza per unità di elemento. Il riquadro superiore riguarda la planarità complessiva, e quello inferiore la planarità per unità.

FCFFLAT1		MM	 0.01		DEFAULT		ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
PLN1	0.000000	0.010000		0.000221	0.000221	0.000000	

FCFFLAT1		MM	 0.01/0.10		DEFAULT		ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
PLN1	0.000000	0.010000		0.000126	0.000126	0.000000	

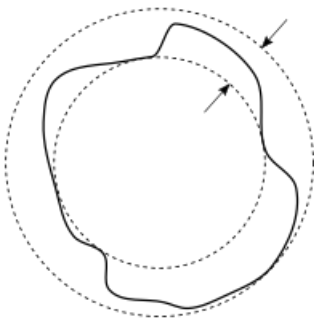
## Circolarità

### Introduzione

Una specifica di circolarità controlla quanto le sezioni trasversali di un elemento possano deviare da un cerchio perfetto. In altre parole, la circolarità valuta quanto è circolare un elemento. La circolarità è definita in base alle sezioni trasversali dell'elemento.

#### Valore reale

È la distanza minima tra due cerchi concentrici che racchiudono tra loro tutta la sezione trasversale:



Il valore reale della circolarità dell'intero elemento è il valore reale peggiore di tutte le possibili sezioni trasversali.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare elementi circolari, cilindrici, conici o sferici che hanno dati di superficie. Per i dettagli su questi cerchi, cilindri, coni e sfere che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

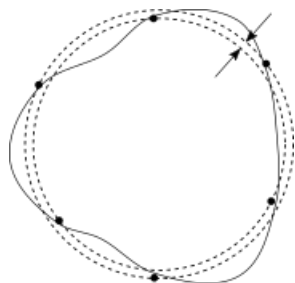
### Elementi circolari

Gli elementi circolari sono interpretati come una singola sezione trasversale.

#### Valore reale

È la distanza tra due cerchi concentrici che racchiudono tra loro tutti i punti misurati. Una routine di adattamento ottimale definisce il centro dei cerchi. A

seconda dell'incertezza delle misure, del numero dei punti misurati e della posizione in cui sono stati acquisiti, il valore misurato può essere più grande o più piccolo del valore reale. Nel caso qui illustrato sono stati misurati troppo pochi punti per cui il valore misurato è minore di quello reale,



### Elementi cilindrici

Le tolleranze di circolarità sugli elementi cilindrici suddividono i dati in sezioni trasversali. Le tolleranze valutano la circolarità di ogni sezione trasversale. Il valore misurato dell'intero elemento è il valore misurato della sezione trasversale peggiore. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale reale peggiore, si consiglia di misurare il cilindro con diverse sezioni trasversali. Se non è in grado di estrarre le sezioni trasversali dai dati misurati, PC-DMIS genera un messaggio di errore.

### Elementi conici

Le tolleranze di circolarità sugli elementi conici dividono i dati in sezioni trasversali. Le tolleranze valutano la circolarità di ogni sezione trasversale. Il valore misurato dell'intero elemento è il valore misurato della sezione trasversale peggiore. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale reale peggiore, si consiglia di misurare il cono con diverse sezioni trasversali. Se non è in grado di estrarre le sezioni trasversali dai dati misurati, PC-DMIS genera un messaggio di errore.

Un modo alternativo di valutare la forma di un elemento conico è usare la Conicità. La Conicità non divide i dati in sezioni trasversali. Invece, il valore misurato è la distanza tra due coni coassiali con lo stesso angolo di apertura. Questi coni racchiudono tra loro i punti misurati. Una routine di adattamento ottimale definisce l'asse e l'angolo del cono. La Conicità comprende gli errori di circolarità e rettilineità. Non richiede la misurazione dei dati nelle sezioni trasversali.

### Elementi sferici

La circolarità di una sfera è equivalente alla sfericità (vedere ASME Y14.5.1 e ISO 1101). Questa tolleranza di sfericità opera contemporaneamente su tutti i dati. Il valore misurato è dato dalla distanza tra due sfere concentriche che racchiudono

tra loro tutti i punti misurati. Una routine di adattamento ottimale definisce il centro delle sfere. Non richiede la misurazione dei dati nelle sezioni trasversali.

### Modificatori ammessi

Per lo standard ASME, questa tolleranza geometrica non ammette modificatori.

Per lo standard ISO, sono ammessi i modificatori C e G. Per i dettagli, vedere la sezione "Modificatori ISO di associazione degli elementi di riferimento (RFAM)" dell'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

### Opzioni esposte

Per lo standard ASME, è il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza che controlla la routine di adattamento ottimale.

Per lo standard ISO, controllano l'adattamento ottimale il modificatore di associazione dell'elemento di riferimento selezionato o il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza.

**PREDEFINITO** - È chiamato anche min-max ed esegue un adattamento best fit che minimizza la zona di tolleranza. Questo adattamento ottimale trova il valore misurato più piccolo in base ai dati e alla definizione del valore misurato. Matematicamente è molto simile alla specifica, poiché se si misurano i punti e le sezioni trasversali densamente e con alta precisione, il valore misurato approssima molto bene il valore reale. Per lo standard ISO, selezionare il modificatore C è equivalente all'algoritmo **LSQ**.

**LSQ** - Esegue un adattamento in base ai minimi quadrati. Minimizza la somma dei quadrati delle deviazioni e genera la forma corrispondente. Questa opzione produce un valore misurato più grande (è più conservativa dell'opzione **PREDEFINITO**). In generale, elabora il processo più rapidamente. Per lo standard ISO, selezionare il modificatore G è equivalente all'algoritmo **LSQ**.

**CIRCULARITÀ** e **CONICITÀ** controllano il comportamento della circolarità di un cono.


**CIRCULARITÀ** - Valuta la circolarità di ogni sezione trasversale. Nella finestra di dialogo è possibile deselezionare la casella di opzione **Conicità** per usare questa.

**CONICITÀ** - Valuta la conicità dell'intero elemento. L'interpretazione tramite la conicità è più conservativa dell'interpretazione tramite l'opzione **CIRCULARITÀ**. Nella finestra di dialogo è possibile selezionare la casella di opzione **Conicità** per usare questa opzione.



### Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di circolarità.

FCFCIRTY1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CIR4	0.000000	0.010000		0.002759	0.002759	0.000000

## Rettilineità

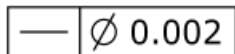
### Introduzione

Una specifica di rettilineità controlla il modo in cui l'elemento può deviare dall'essere perfettamente dritto. In altre parole, la rettilineità valuta quanto è dritto l'elemento.

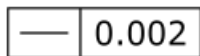
La rettilineità si divide in due tipi più ampi:

- Rettilineità di un asse
- Rettilineità di una superficie

La tolleranza di un asse ha un simbolo di area diametrale prima del valore di tolleranza:



La tolleranza di una superficie invece non lo ha:



### Rettilineità di un asse

La rettilineità di un asse funziona su una linea mediana derivata (o una linea mediana estratta nel linguaggio ISO 1101). Questa linea rappresenta l'errore di forma della rettilineità dell'asse di un cilindro o di un cono.

Valore effettivo:

questo è il diametro del cilindro più piccolo che contiene la linea mediana derivata.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile utilizzare questi elementi:

- Elementi cilindrici o conici che hanno dati di superficie. Per i dettagli sui cilindri e i coni che hanno dati di superficie, fare riferimento a "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".
- Linee BF costruite in 3D in cui i punti immessi sono i centri dei cerchi



Con le costruzioni Best Fit (BF) o di ricompensazione best fit (BFRE), anche se si può usare come elemento di input qualsiasi tipo di elemento, i tipi BF e BFRE sono tipicamente usati con gli elementi Punto o con insiemi di punti (una scansione di punti, un insieme di elementi con punti, o un'espressione che genera un array di punti).

Per i dettagli sull'uso dei metodi Best Fit e Best Fit con ricompensazione per costruire elementi, vedere gli argomenti "Informazioni sulle costruzioni Best Fit (BF) e Best Fit con ricompensazione (BFRE)" nella documentazione della versione base di PC-DMIS..

## Elementi cilindrici

Sugli elementi cilindrici, le tolleranze della rettilineità di un asse dividono i dati di superficie in sezioni trasversali. Quindi viene calcolato il centro di ciascuna sezione. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale peggiore, si consiglia di misurare il cilindro con diverse sezioni trasversali.

Valore misurato:

questo è il diametro di un cilindro che contiene tutti i centri delle sezioni trasversali. Una routine di adattamento ottimale determina l'asse del cilindro. Se non è in grado di estrarre le sezioni trasversali dai dati misurati, PC-DMIS genera un messaggio di errore.

## Elementi conici

Sugli elementi conici, le tolleranze della rettilineità di un asse dividono i dati di superficie in sezioni trasversali. Quindi viene calcolato il centro di ciascuna sezione. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale peggiore, si consiglia di misurare il cono con diverse sezioni trasversali.

Valore misurato:

questo è il diametro di un cilindro che contiene tutti i centri delle sezioni trasversali. Una routine di adattamento ottimale determina l'asse del cilindro. Se

non è in grado di estrarre le sezioni trasversali dai dati misurati, PC-DMIS genera un messaggio di errore.

### Elementi Linea

In questo caso è possibile utilizzare solo linee BF (Best Fit) costruite in 3D. Non è possibile utilizzare linee BFRE (Best Fit Recompensate).



Con le costruzioni Best Fit (BF) o di ricompensazione best fit (BFRE), anche se si può usare come elemento di input qualsiasi tipo di elemento, i tipi BF e BFRE sono tipicamente usati con gli elementi Punto o con insiemi di punti (una scansione di punti, un insieme di elementi con punti, o un'espressione che genera un array di punti).



Per i dettagli sull'uso dei metodi Best Fit e Best Fit con ricompensazione per costruire elementi, vedere gli argomenti "Informazioni sulle costruzioni Best Fit (BF) e Best Fit con ricompensazione (BFRE)" nella documentazione della versione base di PC-DMIS..

Su elementi con linee BF in 3D, per le tolleranze della rettilineità di un asse si assume che i punti immessi rappresentino i centri delle sezioni trasversali circolari. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale peggiore, si consiglia di misurare diverse sezioni trasversali.

Valore misurato:

questo è il diametro di un cilindro che contiene tutti i punti immessi. Una routine di adattamento ottimale determina l'asse del cilindro.

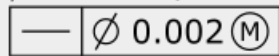
### Modificatori ammessi

Quando l'elemento è un cilindro, la tolleranza della rettilineità di un asse consente un modificatore massimo del materiale  per indicare che la specifica si trova alla condizione di massimo materiale (MMC). In alternativa, ammettono un modificatore del minimo materiale  per indicare che la specifica è alla condizione di minimo materiale (LMC). Ciò significa che se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (o la dimensione dell'involuppo minimo non condizionato per l'LMC) devia dal MMC (o dal LMC), la tolleranza aggiuntiva o la tolleranza "bonus" viene aggiunta alla tolleranza nel riquadro di controllo, portando così a una tolleranza totale. Per maggiori informazioni sulla tolleranza bonus, vedere "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".



In questo esempio sono utilizzati i pollici come unità di misura. Si assuma che un foro cilindrico abbia una tolleranza di rettilineità dell'asse pari a 0,002 alla MMC:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



La tolleranza della dimensione è 0,675 più o meno 0,025. Ciò significa che l'intervallo di dimensioni accettabili è 0,650-0,700. La condizione di massimo materiale è quindi pari a 0,650. Se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato è 0,661, la tolleranza bonus è pari a 0,011 e la tolleranza totale è pari a 0,013.

## Opzioni esposte

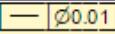

Il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza controlla la routine di adattamento ottimale.

**PREDEFINITO** - Questa opzione calcola un asse best fit di zona minima (detto anche min-max) che trova il valore più piccolo misurato tra i vari centri trasversali. Matematicamente è molto simile alla specifica, poiché se si misurano i punti densamente e con alta precisione, il valore misurato approssima molto bene il valore effettivo.

**LSQ** - Questa opzione esegue un asse best fit dei minimi quadrati. Riduce la somma dei quadrati delle deviazioni all'asse best fit. Questa opzione produce un valore misurato più grande (è più conservativa dell'opzione **PREDEFINITO**). In generale, elabora il processo più rapidamente.

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto per una tolleranza della rettilineità:

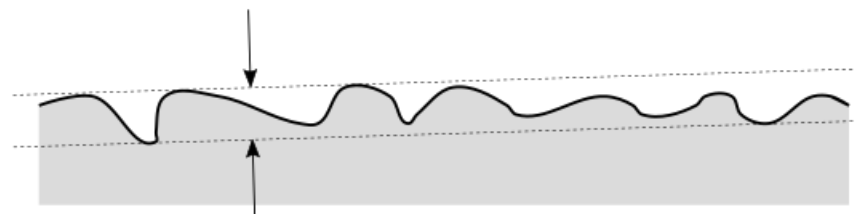
FCFSTRA2		MM			DEFAULT	ASME Y14.5
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CON1	0.000000	0.010000		0.000585	0.000585	0.000000 

## Rettilineità di una superficie

La rettilineità di una superficie funziona sugli elementi linea di una superficie.

### Valore effettivo:

questa è la distanza minima tra due linee parallele che racchiudono l'intero elemento linea reale. Le due linee parallele giacciono in un piano di lavoro implicito definito dalla vista del disegno. Il valore effettivo per una superficie intera è il peggior valore effettivo di tutti gli elementi linea possibili sulla superficie.



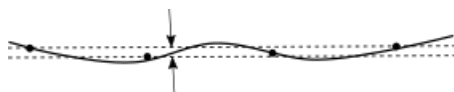
### Tipi di elementi ammessi

È necessario usare coni, cilindri o linee che abbiano dati di superficie. Per i dettagli sugli elementi che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie". Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale reale peggiore, si consiglia di misurare la superficie con diverse linee.

### Valore misurato:

questa è la distanza minima tra due linee parallele. Le linee contengono i dati di superficie presenti tra loro. Una routine di adattamento ottimale determina l'orientamento delle linee. Le due linee parallele giacciono in un piano di lavoro temporaneo (interno). La normale della superficie del piano di lavoro temporaneo è perpendicolare al vettore linea dell'elemento linea e alla sua normale.

A seconda dell'incertezza delle misure, del numero dei punti e delle sezioni trasversali misurate nonché della posizione in cui i punti sono stati acquisiti, il valore misurato può essere più grande o più piccolo del valore reale. Nel caso qui illustrato sono stati misurati troppo pochi punti per cui il valore misurato è minore di quello reale.



### Modificatori ammessi

Per lo standard ASME, questa tolleranza geometrica non ammette modificatori.

Per lo standard ISO, sono ammessi i modificatori C e G. Per i dettagli, vedere la sezione "Modificatori ISO di associazione degli elementi di riferimento (RFAM)" dell'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

## Opzioni esposte

Per lo standard ASME, è il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza che controlla la routine di adattamento ottimale.

Per lo standard ISO, controllano l'adattamento ottimale il modificatore di associazione dell'elemento di riferimento selezionato o il tipo di algoritmo di calcolo della zona di tolleranza.

**PREDEFINITO** - Calcola la linea best fit della zona minima (detta anche min-max). Trova il valore misurato più piccolo in base ai dati di superficie. Matematicamente è molto simile alla specifica, poiché se si misurano densamente e con alta precisione i punti e le sezioni trasversali, il valore misurato approssima molto bene il valore reale.

**LSQ** - Questa opzione calcola una linea best fit dei minimi quadrati. Riduce la somma dei quadrati delle deviazioni alla linea best fit. Questa opzione produce un valore misurato più grande (è più conservativa dell'opzione **PREDEFINITO**). In generale, elabora il processo più rapidamente.

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto sulla rettilineità di una tolleranza di superficie:

FCFSTRA6		MM	— 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
LIN4	0.000000	0.010000		0.006471	0.006471	0.000000

## Rettilineità per tolleranza unitaria

Se si seleziona la casella di opzione **Per unità**, la rettilineità avrà due segmenti: il primo segmento (quello più in alto) è la rettilineità generale descritta sopra. Il segmento più in basso invece è la rettilineità unitaria, che definisce la lunghezza di una unità. Le tolleranze unitarie controllano quanto è lineare ogni possibile unità dell'elemento con tolleranza.

Concettualmente, tutto l'elemento con tolleranza è suddiviso in un numero infinito di lunghezze di unità sovrapposte:

Per un asse, i centri trasversali di un cilindro sono divisi in lunghezze di unità sovrapposte.

Per una superficie, la sua sezione trasversale è suddivisa in lunghezze di unità sovrapposte.

### Valore effettivo:

ognuna delle infinite unità ha il proprio valore effettivo, come descritto in precedenza. Il valore effettivo dell'intero elemento è il valore effettivo dell'unità peggiore.

### Valore misurato:

esistono molte unità sovrapposte che contengono sottoinsiemi dei punti misurati. Per una qualsiasi determinata unità, il valore misurato è definito allo stesso modo della linearità generale, tranne per il fatto che è limitato al sottoinsieme dei punti misurati. Il valore misurato dell'intero elemento è il valore misurato della sua unità peggiore.

Di seguito è riportato un esempio di rettilineità di asse per tolleranza unitaria. Il segmento più in alto è la rettilineità generale mentre quello più in basso è la rettilineità unitaria.

	$\varnothing$ 0.008
	$\varnothing$ 0.002 / 1.2

Di seguito è riportato un esempio di rettilineità di superficie per tolleranza unitaria. Il segmento più in alto è la rettilineità generale mentre quello più in basso è la rettilineità unitaria.

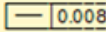

	0.008
	0.002 / 1.2

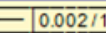

## Opzioni esposte

Non sono disponibili algoritmi per le zone di tolleranza per il segmento **unitario**; vengono sempre utilizzati i calcoli **PREDEFINITI**.

## Rapporto

Di seguito è riportato un rapporto di esempio di rettilineità di superficie per tolleranza unitaria. L'etichetta più in alto è relativa alla rettilineità generale mentre quella più in basso è per la rettilineità unitaria.


FCFSTRA1	IN	 0.008				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
LIN1	0.0000	0.0080		0.0007	0.0007	0.0000	

FCFSTRA1	IN	 0.002/1.2				DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
LIN1	0.0000	0.0020		0.0005	0.0005	0.0000	

## Perpendicolarità

### Introduzione

Una specifica di perpendicolarità controlla quanto un elemento possa deviare da un perfetto angolo di 90 gradi rispetto a un elemento di riferimento. Talvolta è possibile usare un riferimento secondario per controllare ulteriormente l'orientamento della zona di tolleranza.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$   
  $\varnothing 0.002 \text{ (M)}$  A

A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- ogni elemento considerato e ogni elemento risultante soggetto a tolleranza;
- ogni zona di tolleranza;
- gli elementi di riferimento.

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS converte ogni elemento considerato in un elemento soggetto a tolleranza. Questo è descritto in in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quindi, PC-DMIS ottimizza ogni elemento soggetto a tolleranza nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento.

Ogni elemento soggetto a tolleranza è ottimizzato indipendentemente.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare i seguenti tipi di elementi:

cilindri, coni, piani, linee, larghezze in 3D e in 2D.

Gli elementi soggetti a tolleranza di alcuni tipi di elementi sono diversi dai dati di superficie degli elementi considerati. Si tratta delle linee BF costruite in 3D, dei cilindri, dei coni, delle larghezze in 2D e 3D e dei piani con un modificatore del



piano tangente. Per ulteriori informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

### Modificatori ammessi

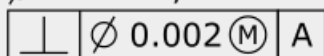


Le tolleranze secondo lo standard ISO 1101 ammettono gli ulteriori modificatori  $\textcircled{C}$  e  $\textcircled{G}$  degli elementi non dimensionabili associati soggetti a tolleranza. Per gli elementi dimensionabili, sono disponibili i modificatori  $\textcircled{C}$ ,  $\textcircled{G}$ ,  $\textcircled{N}$  e  $\textcircled{X}$ . Per i dettagli, vedere l'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.



Si supponga che un foro cilindrico abbia una tolleranza di perpendicolarità di 0.002 alla condizione di massimo materiale, come mostrato qui:

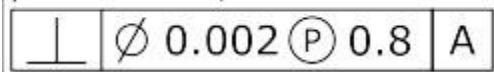
$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



La tolleranza di dimensione è di 0.675 più o meno 0.025, il che significa che l'intervallo dei valori accettabili va da 0.650 a 0.700. La condizione di massimo materiale è quindi pari a 0.650. Se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato è 0.661, la tolleranza bonus è pari a 0.011, e la tolleranza totale è pari a 0.013.

È possibile utilizzare un modificatore di zona proiettata  $\textcircled{P}$  come mostrato qui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

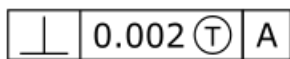


Questo proietta (estrapola) l'asse dell'elemento misurato come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".



PC-DMIS consente di utilizzare le zone di tolleranza proiettate solo sugli elementi Cilindri Automatici. Se si tenta di aggiungere un modificatore di zona proiettata per qualsiasi altro tipo di elemento, il comando di tolleranza geometrica restituisce un messaggio di errore in cui si indica che il tipo di elemento non è valido. Questo poiché la zona di tolleranza proiettata deve iniziare nella superficie finale nominale del cilindro. I cilindri misurati e i cilindri costruiti tipicamente non pongono il punto nominale iniziale nella superficie finale nominale.

Quando l'elemento considerato è un piano con dati di superficie, è possibile usare un modificatore del piano tangente  $\textcircled{T}$  come mostrato qui:



Questo fa sì che l'elemento soggetto a tolleranza sia un piano perfettamente tangente alla superficie reale come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

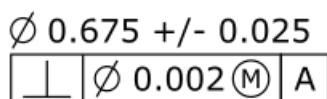
### Forme delle zone di tolleranza

Quando l'elemento considerato ha un asse, la zona di tolleranza può essere diametrale (con il simbolo  $\varnothing$  della forma della zona di tolleranza) o piana (senza simbolo della forma della zona di tolleranza). Elementi considerati di tipo assiale:

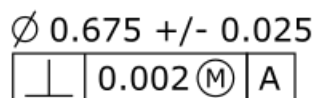
- Cilindro
- Cono
- Asse senza superficie

Per informazioni sui tipi di comandi che si corrispondono a questi tipi di elementi vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

Esempio di una specifica di perpendicolarità su un cilindro con una zona di tolleranza diametrale.



Esempio di una specifica di perpendicolarità su un cilindro con una zona di tolleranza piana.



Per le zone di tolleranza piane su elementi considerati di tipo assiale è necessario specificare l'orientamento della zona. Questo poiché questi elementi non hanno informazioni sufficienti a orientare correttamente la zona. In questi casi, nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** diventa visibile il pulsante **Orientamento zona**. Per informazioni su come usare questo pulsante per cambiare l'orientamento delle zone di tolleranza, vedere "Orientamento zona" nell'argomento "Scheda Riquadro di controllo".



Se una tolleranza controlla il componente X dell'orientamento, il vettore normale alla superficie della zona di tolleranza dovrebbe essere X.

Quando l'elemento considerato è un piano, una linea di superficie o una larghezza in 3D o in 2D, la zona di tolleranza è sempre piana. È orientata parallelamente alla superficie (o alle superfici) nominale.

È possibile avere più di un elemento considerato, ma questi elementi devono essere dello stesso tipo.

### Valore effettivo e valore misurato

#### Valore reale

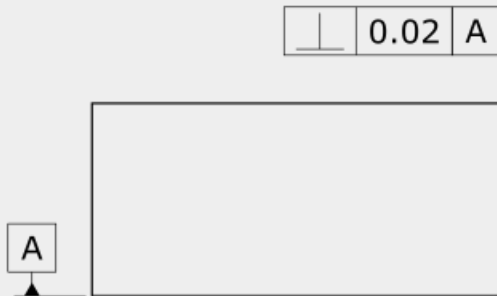
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento reale soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento nominale rispetto all'elemento o agli elementi di riferimento reali.

#### Valore misurato

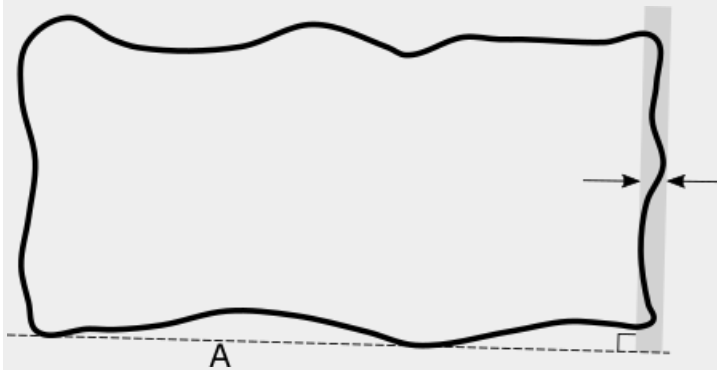
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento misurato soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento nominale rispetto all'elemento o agli elementi di riferimento misurati.



Si supponga di avere la seguente specifica di perpendicolarità:

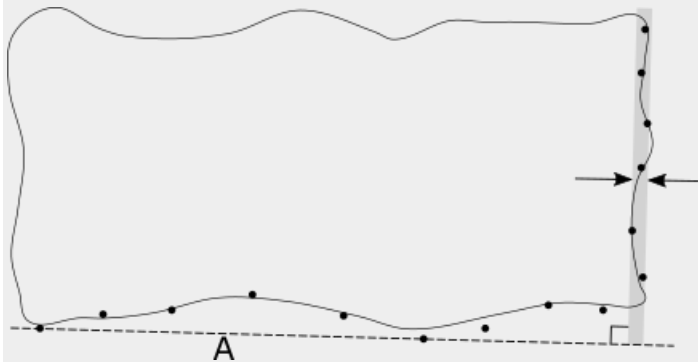


Secondo la suddetta specifica, il valore reale è del tipo seguente:



Nell'immagine precedente, la superficie del pezzo reale è indicata dalla linea continua, l'elemento di riferimento reale dalla linea tratteggiata, e la più piccola zona di tolleranza che racchiude l'elemento reale soggetto a tolleranza dall'area ombreggiata. La zona di tolleranza è esattamente perpendicolare al riferimento reale.

Infine, il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) sarebbe il seguente:



Nell'immagine precedete la zona di tolleranza misurata è esattamente perpendicolare al riferimento misurato. In questo caso, poiché i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, il valore misurato è minore di quello reale.

### Regole di validità

L'elemento o gli elementi considerati devono essere nominalmente perpendicolari all'elemento di riferimento primario.

A causa di ciò, per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti. Questo assicura che la zona di tolleranza sia orientata correttamente in base agli elementi di riferimento. Assicura anche che il comando di tolleranza geometrica identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

Nel caso di una zona piana su elementi assiali il sistema di elementi di riferimento deve vincolare completamente l'orientamento della zona di tolleranza. La normale alla superficie della zona di tolleranza piana deve essere perpendicolare al vettore dell'asse di ogni elemento considerato.

### Confronto con la procedura precedente

In PC-DMIS 2020 R2 e versioni successive i modificatori di materiale sugli elementi di riferimento non sono più ammessi.

### Opzioni esposte

Quando l'elemento considerato ha dati di superficie e l'elemento soggetto a tolleranza differisce dai dati di superficie dell'elemento considerato (sfere, coni, cilindri, cerchi, larghezze), l'algoritmo di calcolo dell'elemento controlla come calcolare l'elemento soggetto a tolleranza a partire dai dati di superficie dell'elemento considerato. Per informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

### Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di perpendicolarità. La tolleranza di dimensione del cilindro è nel riquadro superiore e la tolleranza di perpendicolarità della zona diametrale nel riquadro inferiore.

FCFPERP3 Size	MM	$\varnothing 60.5 +0.025/-0.025$				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D_CB	60.500000	0.025000	-0.025000	60.786416	0.286416	0.261416	
FCFPERP3	MM	$\varnothing 0.05$ A				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
D_CB	0.021472	0.000000	0.050000	0.000000	0.021472	0.000000	0.000000

## Parallelismo

### Introduzione

Una specifica di parallelismo controlla quanto un elemento può non essere perfettamente parallelo a un elemento di riferimento. Talvolta è possibile usare un riferimento secondario per controllare l'orientamento della zona di tolleranza.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$   
 $\varnothing 0.002$  (M) A

A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- ogni elemento considerato e ogni elemento risultante soggetto a tolleranza;
- ogni zona di tolleranza;
- gli elementi di riferimento.

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS converte ogni elemento considerato in un elemento soggetto a tolleranza. Questo è descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quindi, PC-DMIS ottimizza ogni elemento soggetto a tolleranza nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento.

Ogni elemento soggetto a tolleranza è ottimizzato indipendentemente.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare i seguenti tipi di elementi:

cilindri, coni, piani, linee, larghezze in 3D e in 2D.

Gli elementi soggetti a tolleranza di alcuni tipi di elementi sono diversi dai dati di superficie degli elementi considerati. Si tratta delle linee BF costruite in 3D, dei cilindri, dei coni, delle larghezze in 2D e 3D e dei piani con un modificatore del piano tangente. Per ulteriori informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

## Modificatori ammessi

Quando l'elemento considerato è un cilindro o una larghezza, questo tipo di tolleranza geometrica ammette un modificatore del massimo materiale (M) per indicare che la specifica è alla condizione di massimo materiale (MMC). In alternativa, ammette un modificatore di minimo materiale (L) per indicare che la specifica è alla condizione di minimo materiale (LMC). Questo significa che poiché la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (o la dimensione dell'involuppo di minimo materiale non condizionato per l'LMC) devia dall'MMC (o dall'LMC), la tolleranza aggiuntiva o la tolleranza "bonus" viene aggiunta alla tolleranza nel riquadro di controllo, portando così a una tolleranza totale. Per maggiori informazioni su questa tolleranza bonus, vedere "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".



Le tolleranze secondo lo standard ISO 1101 ammettono gli ulteriori modificatori (C) e (G) degli elementi non dimensionabili associati soggetti a tolleranza. Per gli elementi dimensionabili, sono disponibili i modificatori (C), (G), (N) e (X). Per i dettagli, vedere l'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.



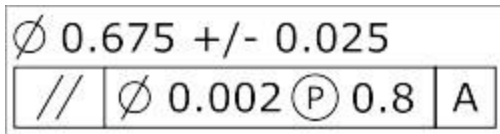
Si supponga che un foro cilindrico abbia una tolleranza di parallelismo di 0.002 alla condizione di massimo materiale, come mostrato qui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$   

//	$\varnothing 0.002$	(M)	A
----	---------------------	-----	---

La tolleranza di dimensione è di 0.675 più o meno 0.025, il che significa che l'intervallo dei valori accettabili va da 0.650 a 0.700. La condizione di massimo materiale è quindi pari a 0.650. Se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato è 0.661, la tolleranza bonus è pari a 0.011, e la tolleranza totale è pari a 0.013.

È possibile utilizzare un modificatore di zona proiettata (P) come mostrato qui:

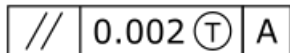


Questo proietta (estrapola) l'asse dell'elemento misurato come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".



PC-DMIS consente di utilizzare le zone di tolleranza proiettate solo sugli elementi Cilindri Automatici. Se si tenta di aggiungere un modificatore di zona proiettata per qualsiasi altro tipo di elemento, il comando di tolleranza geometrica restituisce un messaggio di errore in cui si indica che il tipo di elemento non è valido. Questo poiché la zona di tolleranza proiettata deve iniziare nella superficie finale nominale del cilindro. I cilindri misurati e i cilindri costruiti tipicamente non pongono il punto nominale iniziale nella superficie finale nominale.

Quando l'elemento considerato è un piano con dati di superficie, è possibile usare un modificatore del piano tangente  $\textcircled{T}$  come mostrato qui:



Questo fa sì che l'elemento soggetto a tolleranza sia un piano perfettamente tangente alla superficie reale come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

## Forme delle zone di tolleranza

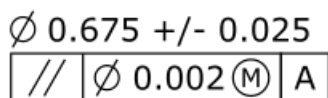
Quando l'elemento considerato ha un asse, la zona di tolleranza può essere diametricale (con il simbolo  $\varnothing$  della forma della zona di tolleranza) o piana (senza simbolo della forma della zona di tolleranza). Elementi considerati di tipo assiale:

- Cilindro
- Cono
- Asse senza superficie

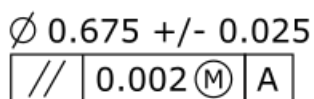
Per informazioni sui tipi di comandi che si corrispondono a questi tipi di elementi vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

Esempio di una specifica di parallelismo su un cilindro con una zona di tolleranza diametricale.





Esempio di una specifica parallelismo su un cilindro con una zona di tolleranza piana.



Per le zone di tolleranza piane su elementi considerati di tipo assiale è necessario specificare l'orientamento della zona. Questo poiché questi elementi non hanno informazioni sufficienti a orientare correttamente la zona. In questi casi, nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** diventa visibile il pulsante **Orientamento zona**. Per informazioni su come usare questo pulsante per cambiare l'orientamento delle zone di tolleranza, vedere "Orientamento zona" nell'argomento "Scheda Riquadro di controllo".



Se una tolleranza controlla il componente X dell'orientamento, il vettore normale alla superficie della zona di tolleranza dovrebbe essere X.

Quando l'elemento considerato è un piano, una linea di superficie o una larghezza in 3D o in 2D, la zona di tolleranza è sempre piana. È orientata parallelamente alla superficie (o alle superfici) nominale.

È possibile avere più di un elemento considerato, ma questi elementi devono essere dello stesso tipo.

### Valore effettivo e valore misurato

#### Valore reale

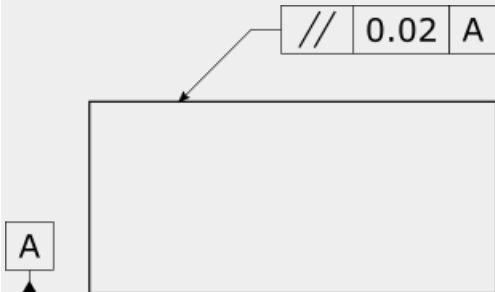
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento reale soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento nominale rispetto all'elemento o agli elementi di riferimento reali.

#### Valore misurato

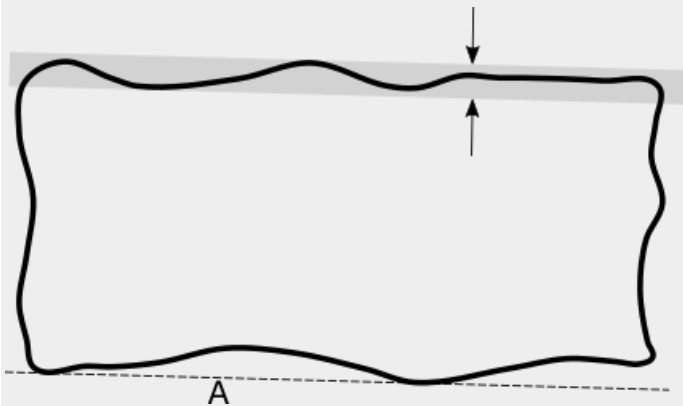
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento misurato soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento nominale rispetto all'elemento o agli elementi di riferimento misurati.



Si supponga di avere la seguente specifica per il parallelismo:

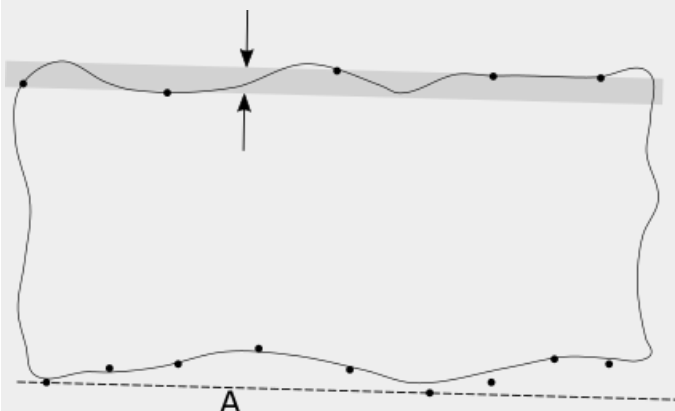


Secondo la suddetta specifica, il valore reale è del tipo seguente:



Nell'immagine precedente, la superficie del pezzo reale è indicata dalla linea continua, l'elemento di riferimento reale dalla linea tratteggiata, e la più piccola zona di tolleranza che racchiude l'elemento reale soggetto a tolleranza dall'area ombreggiata. La zona di tolleranza è esattamente parallela al riferimento reale.

Infine, il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) sarebbe il seguente:



La zona di tolleranza misurata è esattamente parallela all'elemento di riferimento misurato. In questo caso, poiché i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, il valore misurato è minore di quello reale.

### Regole di validità

Ogni elemento considerato deve essere nominalmente parallelo all'elemento di riferimento primario.

A causa di ciò, per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti. Questo assicura che la zona di tolleranza sia orientata correttamente in base agli elementi di riferimento. Assicura anche che il comando di tolleranza geometrica identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

Nel caso di una zona piana su elementi assiali il sistema di elementi di riferimento deve vincolare completamente l'orientamento della zona di tolleranza. La normale alla superficie della zona di tolleranza piana deve essere perpendicolare al vettore dell'asse di ogni elemento considerato.

### Confronto con la procedura precedente

In PC-DMIS 2020 R2 e versioni successive i modificatori di materiale sugli elementi di riferimento non sono più ammessi.

### Opzioni esposte

Quando l'elemento considerato ha dati di superficie e l'elemento soggetto a tolleranza differisce dai dati di superficie dell'elemento considerato (sfere, coni, cilindri, cerchi, larghezze), l'algoritmo di calcolo dell'elemento controlla come calcolare l'elemento soggetto a tolleranza a partire dai dati di superficie dell'elemento considerato. Per informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

### Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di parallelismo. La tolleranza di dimensione del cilindro è nel riquadro superiore e quella di parallelismo della zona diametrale nel riquadro inferiore.

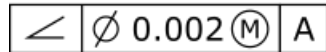
FCFPARL1 Size	MM	$\varnothing 15 +0.025/-0.025$				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	15.000000	0.025000	-0.025000	15.421644	0.421644	0.396644	
FCFPARL1	MM	$\varnothing 0.2 \text{ D}$				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL2	0.132449	0.000000	0.200000	0.000000	0.132449	0.000000	0.000000

## Angolarità

### Introduzione

Una specifica di angolarità controlla quanto un elemento possa deviare di un angolo specificato rispetto a un elemento di riferimento. Talvolta è possibile usare un riferimento secondario per controllare l'orientamento della zona di tolleranza.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- ogni elemento considerato e ogni elemento risultante soggetto a tolleranza;
- ogni zona di tolleranza;
- gli elementi di riferimento.

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS converte ogni elemento considerato in un elemento soggetto a tolleranza. Questo è descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quindi, PC-DMIS ottimizza ogni elemento soggetto a tolleranza nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento.

Ogni elemento soggetto a tolleranza è ottimizzato indipendentemente.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare i seguenti tipi di elementi:

cilindri, coni, piani, linee, larghezze in 3D e in 2D.

Gli elementi soggetti a tolleranza di alcuni tipi di elementi sono diversi dai dati di superficie degli elementi considerati. Si tratta delle linee BF costruite in 3D, dei cilindri, dei coni, delle larghezze in 2D e 3D e dei piani con un modificatore del piano tangente. Per ulteriori informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

### Modificatori ammessi

Quando l'elemento considerato è un cilindro o una larghezza, questo tipo di tolleranza geometrica ammette un modificatore del massimo materiale (M) per indicare che la specifica è alla condizione di massimo materiale (MMC). In alternativa, ammette un modificatore di minimo materiale (L) per indicare che la specifica è alla condizione di minimo materiale (LMC). Questo significa che poiché la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (o la dimensione dell'involuppo di minimo materiale non condizionato per l'LMC) devia dall'MMC (o dall'LMC), la tolleranza aggiuntiva o la tolleranza "bonus" viene aggiunta alla tolleranza nel riquadro di controllo, portando così a una tolleranza totale. Per maggiori informazioni su questa tolleranza bonus, vedere "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".

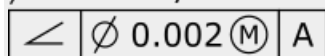


Le tolleranze secondo lo standard ISO 1101 ammettono gli ulteriori modificatori (C) e (G) degli elementi non dimensionabili associati soggetti a tolleranza. Per gli elementi dimensionabili, sono disponibili i modificatori (C), (G), (N) e (X). Per i dettagli, vedere l'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.



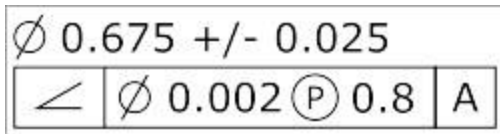
Si supponga che un foro cilindrico abbia una tolleranza di angolarità di 0.002 all'MMC, come mostrato qui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



La tolleranza di dimensione è di 0.675 più o meno 0.025, il che significa che l'intervallo dei valori accettabili va da 0.650 a 0.700. La condizione di massimo materiale è quindi pari a 0.650. Se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato è 0.661, la tolleranza bonus è pari a 0.011, e la tolleranza totale è pari a 0.013.

È possibile utilizzare un modificatore di zona proiettata (P) come mostrato qui:

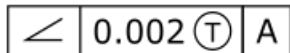


Questo proietta (estrapola) l'asse dell'elemento misurato come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".



PC-DMIS consente di utilizzare le zone di tolleranza proiettate solo sugli elementi Cilindri Automatici. Se si tenta di aggiungere un modificatore di zona proiettata per qualsiasi altro tipo di elemento, il comando di tolleranza geometrica restituisce un messaggio di errore in cui si indica che il tipo di elemento non è valido. Questo poiché la zona di tolleranza proiettata deve iniziare nella superficie finale nominale del cilindro. I cilindri misurati e i cilindri costruiti tipicamente non pongono il punto nominale iniziale nella superficie finale nominale.

Quando l'elemento considerato è un piano con dati di superficie, è possibile usare un modificatore del piano tangente (T in a circle) come mostrato qui:



Questo fa sì che l'elemento soggetto a tolleranza sia un piano perfettamente tangente alla superficie reale come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

## Forme delle zone di tolleranza

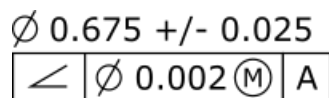
Quando l'elemento considerato ha un asse, la zona di tolleranza può essere diametrica (con il simbolo  $\varnothing$  della forma della zona di tolleranza) o piana (senza simbolo della forma della zona di tolleranza). Elementi considerati di tipo assiale:

- Cilindro
- Cono
- Asse senza superficie

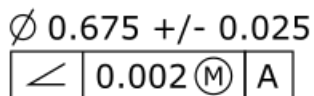
Per informazioni sui tipi di comandi che si corrispondono a questi tipi di elementi vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

Esempio di angolarità su un cilindro con una zona di tolleranza diametrica:

## Uso delle tolleranze geometriche



Esempio di angolarità su un cilindro con una zona di tolleranza piana:



Per le zone di tolleranza piane su elementi considerati di tipo assiale è necessario specificare l'orientamento della zona. Questo poiché questi elementi non hanno informazioni sufficienti a orientare correttamente la zona. In questi casi, nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** diventa visibile il pulsante **Orientamento zona**. Per informazioni su come usare questo pulsante per cambiare l'orientamento delle zone di tolleranza, vedere "Orientamento zona" nell'argomento "Scheda Riquadro di controllo".



Se una tolleranza controlla il componente X dell'orientamento, il vettore normale alla superficie della zona di tolleranza dovrebbe essere X.

## Valore effettivo e valore misurato

### Valore reale

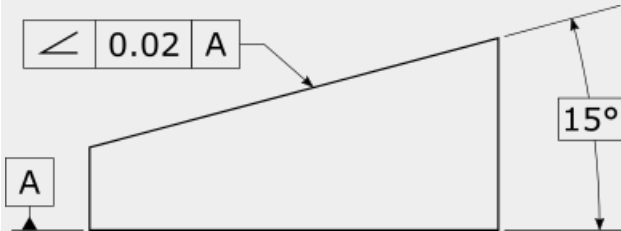
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento reale soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento nominale rispetto all'elemento o agli elementi di riferimento reali.

### Valore misurato

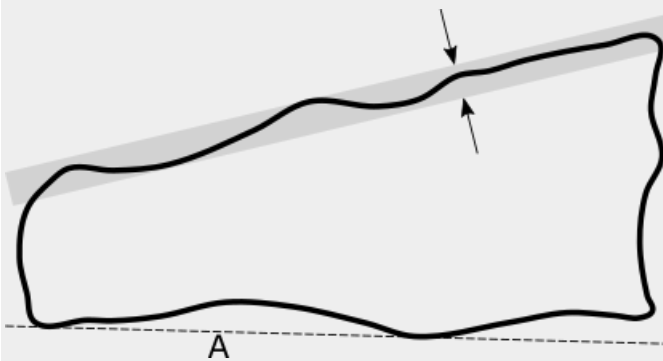
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento misurato soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento nominale rispetto all'elemento o agli elementi di riferimento misurati.



Si supponga di avere la seguente specifica per l'angolarità:

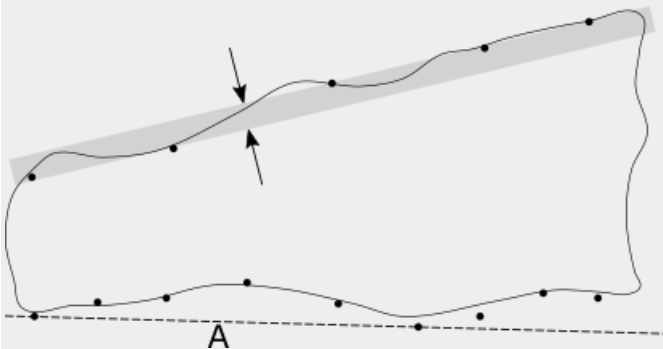


Nella suddetta specifica, il valore reale è del tipo seguente:



Nell'immagine precedente, la superficie del pezzo reale è indicata dalla linea continua, l'elemento di riferimento reale dalla linea tratteggiata, e la più piccola zona di tolleranza che racchiude l'elemento reale soggetto a tolleranza dall'area ombreggiata. La zona di tolleranza è inclinata esattamente di 15° rispetto all'elemento di riferimento reale.

Infine, il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) sarebbe il seguente:



Nell'immagine precedente la zona di tolleranza misurata è inclinata esattamente di 15° rispetto al riferimento misurato. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.



### Regole di validità

L'elemento o gli elementi considerati sono specificati in corrispondenza di un certo angolo nominale rispetto all'elemento o agli elementi di riferimento.

A causa di ciò, per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti. Questo assicura anche che il comando di tolleranza identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

Nel caso di una zona piana su elementi assiali il sistema di elementi di riferimento deve vincolare completamente l'orientamento della zona di tolleranza. La normale alla superficie della zona di tolleranza piana deve essere perpendicolare al vettore dell'asse di ogni elemento considerato.

#### Confronto con la prassi precedente 1

In PC-DMIS versione 2020 R2 e successive non è più possibile immettere l'angolo nominale tra l'elemento considerato e l'elemento di riferimento primario. Occorrerà invece assicurarsi che gli elementi (considerato e di riferimento) abbiano i valori nominali corretti.

#### Confronto con la prassi precedente 2

In PC-DMIS 2020 R2 e versioni successive i modificatori di materiale sugli elementi di riferimento non sono più ammessi.

### Opzioni esposte

Quando l'elemento considerato ha dati di superficie e l'elemento soggetto a tolleranza differisce dai dati di superficie dell'elemento considerato (sfere, coni, cilindri, cerchi, larghezze), l'algoritmo di calcolo dell'elemento controlla come calcolare l'elemento soggetto a tolleranza a partire dai dati di superficie dell'elemento considerato. Per informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

### Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di angolarità. La tolleranza di dimensione del cilindro è nel riquadro superiore e l'angolarità della zona diametrale nel riquadro inferiore.

FCFANGLRTY1 Size	MM	$\varnothing$ 10 +0.025/-0.025				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL1	10.000000	0.025000	-0.025000	10.012401	0.012401	0.000000	
FCFANGLRTY1	MM	$\angle$ 0.05 A				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL1	0.068316	0.000000	0.050000	0.000000	0.068316	0.018316	0.000000

## Posizione

### Introduzione

Una specifica di posizione controlla quanto l'elemento o gli elementi considerati possano deviare da una posizione specificata relativa a nessuno o più elementi di riferimento.

$\varnothing$  0.675 +/- 0.025

A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- ogni elemento considerato e ogni elemento risultante soggetto a tolleranza;
- ogni zona di tolleranza;
- gli elementi di riferimento (se indicati).

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS converte ogni elemento considerato in un elemento soggetto a tolleranza. Questo è descritto in in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quindi, PC-DMIS ottimizza ogni elemento soggetto a tolleranza nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento. Quando ci sono più elementi considerati, il processo di ottimizzazione considera simultaneamente tutti gli elementi, in modo che quelli soggetti a tolleranza siano adattati contemporaneamente nella loro zona di tolleranza. Questo processo è simile a un calibro fisico, in cui tutti perni devono inserirsi contemporaneamente nei fori sul pezzo.

### Tipi di elementi ammessi



È possibile usare i seguenti tipi di elementi:

sfere, punti in 3D senza superficie, cilindri, cerchi, coni, larghezze, asole, asole aperte, piani medi costruiti, linee medie costruite e punti medi costruiti.

Le tolleranze di posizione secondo lo standard ASME ammettono anche linee BF costruite in 3D. Le tolleranze di posizione secondo lo standard ISO ammettono piani, linee e punti di superficie.

Le linee BF costruite in 3D, le sfere, i cilindri, i cerchi, i coni, le larghezze, le asole e le asole aperte hanno elementi soggetti a tolleranza differenti dai dati di superficie dell'elemento considerato. Per informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

### Modificatori ammessi

Quando l'elemento considerato è un cilindro, una sfera o una larghezza, le tolleranze di posizione ammettono un modificatore di massimo materiale  per indicare che la specifica è alla condizione di massimo materiale (MMC). In alternativa, ammettono un modificatore del minimo materiale  per indicare che la specifica è alla condizione di minimo materiale (LMC). Ciò significa che se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (o la dimensione dell'involuppo minimo non condizionato per l'LMC) devia dal MMC (o dal LMC), la tolleranza aggiuntiva o la tolleranza "bonus" viene aggiunta alla tolleranza nel riquadro di controllo, portando così a una tolleranza totale. Per maggiori informazioni sulla tolleranza bonus, vedere "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".

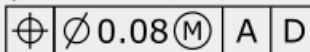


Le tolleranze secondo lo standard ISO 1101 ammettono gli ulteriori modificatori  $\textcircled{C}$  e  $\textcircled{G}$  degli elementi non dimensionabili associati soggetti a tolleranza. Per gli elementi dimensionabili, sono disponibili i modificatori  $\textcircled{C}$ ,  $\textcircled{G}$ ,  $\textcircled{N}$  e  $\textcircled{X}$ . Per i dettagli, vedere l'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.



Questo esempio è in pollici. Si supponga che un foro cilindrico abbia una tolleranza di posizione di 0.08 alla condizione di massimo materiale, come mostrato qui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



La tolleranza di dimensione è di 0.675 più o meno 0.025, il che significa che l'intervallo dei valori accettabili va da 0.650 a 0.700. La condizione di massimo materiale è quindi pari a 0.650. Se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato è 0.661, la tolleranza bonus è pari a 0.011, e la tolleranza totale è pari a 0.091.

È possibile utilizzare un modificatore di zona proiettata  $\textcircled{P}$  come mostrato qui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Questo proietta (estrapola) l'asse dell'elemento misurato come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".



PC-DMIS consente di utilizzare le zone di tolleranza proiettate solo sugli elementi Cilindri Automatici. Se si tenta di aggiungere un modificatore di zona proiettata per qualsiasi altro tipo di elemento, il comando di tolleranza geometrica restituisce un messaggio di errore in cui si indica che il tipo di elemento non è valido. Questo poiché la zona di tolleranza proiettata deve iniziare nella superficie finale nominale del cilindro. I cilindri misurati e i cilindri costruiti tipicamente non pongono il punto nominale iniziale nella superficie finale nominale.

## Forme delle zone di tolleranza

Le zone di tolleranza possono avere forme diverse a seconda dei tipi di elementi. Per informazioni sui tipi di comandi che si riferiscono a diversi tipi di elementi vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

### Elementi considerati di tipo puntiforme

Quando l'elemento considerato è puntiforme, la forma della zona di tolleranza può essere piana, diametrale o sferica. Elementi considerati di tipo puntiforme:

sfera o punti in 3D senza superficie.

Da sinistra a destra, le immagini mostrano riquadri di controllo con zone di tolleranza piane, diametrali e sferiche quando l'elemento considerato è una sfera:

$S\varnothing 0.675 \pm 0.025$   $S\varnothing 0.675 \pm 0.025$   $S\varnothing 0.675 \pm 0.025$

$\oplus$	0.08	(M)	A	D
----------	------	-----	---	---

$\oplus$	$\varnothing 0.08$	(M)	A	D
----------	--------------------	-----	---	---

$\oplus$	$S\varnothing 0.08$	(M)	A	D
----------	---------------------	-----	---	---

Per le zone di tolleranza piane e diametrali su elementi considerati di tipo puntiforme è necessario specificare un orientamento poiché questi elementi non hanno informazioni sufficienti a orientare correttamente le zone. In questi casi, nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** diventa visibile il pulsante **Orientamento zona**. Per informazioni su come usare questo pulsante per cambiare l'orientamento delle zone di tolleranza, vedere "Orientamento zona" nell'argomento "Scheda Riquadro di controllo".



Se una tolleranza di posizione controlla il componente X della posizione (zona di tolleranza piana), il vettore normale alla superficie della zona di tolleranza dovrebbe essere X.

Se una tolleranza di una posizione controlla i componenti X e Y della posizione (zona di tolleranza diametrale), l'asse della zona di tolleranza dovrebbe essere Z.

### Elementi considerati di tipo assiale

Quando l'elemento considerato è assiale, la zona di tolleranza può essere piana, diametrale, radiale, perpendicolare al raggio. Elementi considerati di tipo assiale:

cilindro, sezione trasversale circolare di un cilindro, cono, asse senza superficie.

Una zona di tolleranza diametrale è mostrata sotto mediante il relativo simbolo.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$   
 $\varnothing 0.08 \text{ (M) } A \ D$

Le zone piane, le zone ad arco radiale e le zone perpendicolari alle zone radiali non usano alcun simbolo della forma della zona di tolleranza e sono mostrate sotto.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$   
 $0.08 \text{ (M) } A \ D$

Per le zone di tolleranza piane su elementi considerati di tipo assiale è necessario specificare un orientamento poiché questi elementi non hanno informazioni sufficienti a orientare correttamente le zone. In questi casi, nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** diventa visibile il pulsante **Orientamento zona**. Per informazioni su come usare questo pulsante per cambiare l'orientamento delle zone di tolleranza, vedere "Orientamento zona" nell'argomento "Scheda Riquadro di controllo". Questo pulsante permette anche agli utenti di specificare una zona radiale o perpendicolare al raggio.



Se una tolleranza di posizione controlla il componente X della posizione, il vettore normale alla superficie della zona di tolleranza dovrebbe essere X.

### **Elementi considerati di tipo planare**

Quando l'elemento considerato è di tipo planare, la forma della zona di tolleranza è sempre piana, e orientata parallelamente alle superfici nominali. Elementi considerati di tipo planare:

piano, linea di superficie, larghezza, asola, asola aperta, punto di superficie, punto medio.

È possibile avere più di un elemento considerato, ma questi elementi devono essere dello stesso tipo.

Fare attenzione con asole e asole aperte.



Le si dovrebbe usare solo se si sa già che la forma degli elementi è molto buona. Se si sospetta che l'errore di forma degli elementi prodotti possa essere significativo, non usare un comando di asola o asola aperta. Invece, misurare una scansione intorno al perimetro dell'elemento e quindi usare la tolleranza di un profilo di una linea come tolleranza di forma, orientamento e posizione dell'elemento.

### **Valore effettivo e valore misurato**

#### **Valore reale**

Ogni elemento considerato ha il proprio valore reale. Si tratta delle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento reale soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominali rispetto a ogni elemento di riferimento reale, con alcune eccezioni specificate in "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento". Quando la tolleranza di posizione contiene più di un elemento considerato e il sistema degli elementi di riferimento non è completamente vincolato una procedura di ottimizzazione deve adattare simultaneamente nelle rispettive zone di tolleranza tutti gli elementi soggetti a tolleranza, se possibile.

#### **Valore misurato**

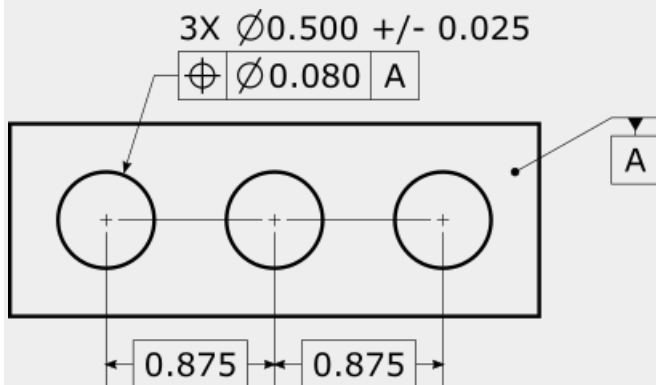
Ogni elemento considerato ha il proprio valore misurato. Si tratta delle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento misurato soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominali rispetto a ogni elemento di riferimento misurato, con le eccezioni specificate in "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento". Quando la tolleranza di posizione

contiene più di un elemento considerato e il sistema degli elementi di riferimento non è completamente vincolato, la procedura di ottimizzazione di PC-DMIS adatta simultaneamente in modo proporzionale nelle rispettive zone di tolleranza tutti gli elementi soggetti a tolleranza, il che garantisce che tutti gli elementi soggetti a tolleranza saranno adattati nelle rispettive zone di tolleranza, per quanto possibile.

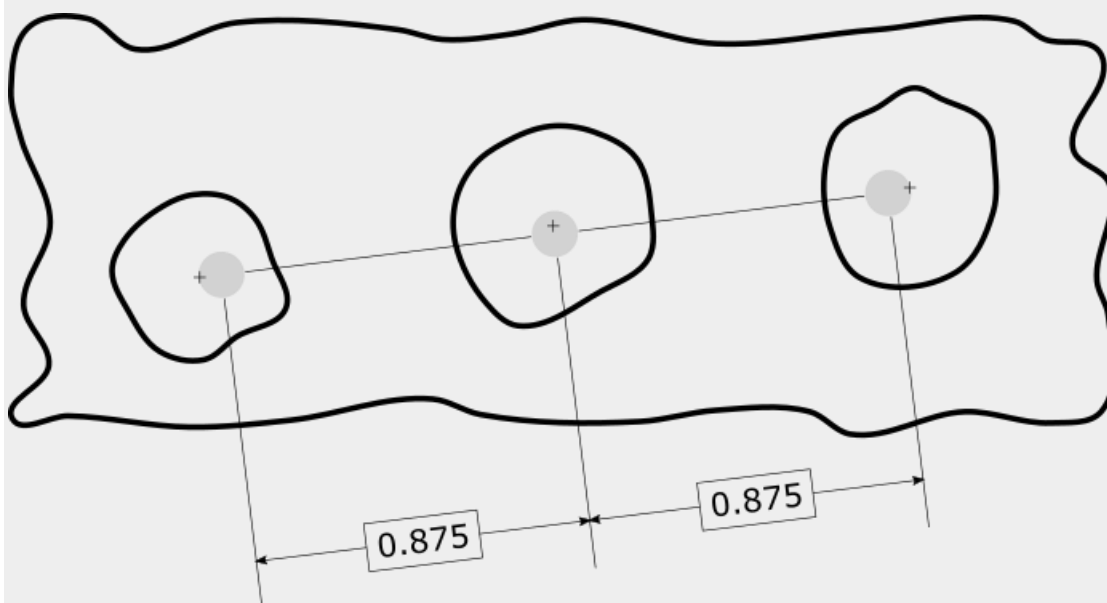




Si supponga di avere la seguente specifica di posizione:



Con la suddetta specifica, il valore effettivo è del tipo seguente:



La superficie del pezzo reale è indicata dalla linea continua, gli elementi reali soggetti a tolleranza dalle crocette, e le più piccole zone di tolleranza che racchiudono gli elementi reali soggetti a tolleranza dalle aree ombreggiate. Le zone di tolleranza hanno un orientamento e una localizzazione nominale reciproci e rispetto all'elemento di riferimento.

## Regole di validità

Gli elementi considerati devono avere localizzazione e orientamento nominali rispetto a ogni elemento di riferimento.

Per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti. Questo assicura che i valori misurati siano calcolati correttamente e che il comando di tolleranza identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

Nel caso di una zona piana su elementi assiali il sistema di elementi di riferimento deve vincolare completamente l'orientamento della zona di tolleranza. La normale alla superficie della zona di tolleranza piana deve essere perpendicolare al vettore dell'asse di ogni elemento considerato.

Per le zone di tolleranza radiali e perpendicolari al raggio su elementi assiali vale quanto segue:

- il sistema di coordinate di riferimento deve stabilire una chiara origine polare e un chiaro asse polare;
- gli elementi assiali devono essere nominalmente paralleli all'asse polare.

## Opzioni esposte

Quando l'elemento considerato ha dati di superficie e l'elemento soggetto a tolleranza differisce dai dati di superficie dell'elemento considerato (sfere, coni, cilindri, cerchi, larghezze), l'algoritmo di calcolo dell'elemento controlla come calcolare l'elemento soggetto a tolleranza a partire dai dati di superficie dell'elemento considerato. Per informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

Le asole si possono considerare dal punto di vista della lunghezza (longitudinalmente) o della larghezza (trasversalmente), come descritto in "Asole per lunghezza o per larghezza".

## Segmenti inferiori di una posizione composita

Una posizione costituita da più segmenti è chiamata "posizione composita". Le tolleranze di posizione composita sono di solito specificate su una configurazione di elementi. Il primo segmento (segmento superiore) di una posizione composita è lo stesso di quello di una posizione costituita da un singolo segmento come descritto nelle sezioni precedenti di questa pagina. Tutti i segmenti inferiori di una posizione composita sono leggermente differenti. Questo perché la traslazione delle zone di tolleranza degli elementi della configurazione non è bloccata rispetto al sistema di elementi di riferimento. Tuttavia le zone di tolleranza restano posizionate e orientate le une rispetto alle altre.

## Uso delle tolleranze geometriche

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	D	B
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	D	B

I sistemi di elementi di riferimento dei segmenti inferiori di una posizione composita seguono le seguenti regole:

- Ogni sistema di elementi di riferimento deve usare solo gli stessi elementi di riferimento di quello soprastante.
- Gli elementi di riferimento devono essere nello stesso ordine.
- Gli elementi di riferimento devono avere gli stessi modificatori.
- Un segmento inferiore può avere meno elementi di riferimento di quello superiore.



Si supponga che il segmento superiore abbia gli elementi di riferimento ABC. Il segmento inferiore potrebbe non avere alcun elemento di riferimento, avere l'elemento A, gli elementi AB o gli elementi di riferimento ABC. Ma non potrebbe avere gli elementi di riferimento BA, AC o ABD.

Ecco alcuni esempi di tolleranze di posizione composte ammesse.

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	C

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)	A		

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)			

Ecco alcuni esempi di tolleranze di posizione composte non ammesse.

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)	B	A	

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	C	

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
$\varnothing$	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	D

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di posizione di due cilindri. La tolleranza di dimensione dei cilindri è nel riquadro superiore e la tolleranza di posizione della zona diametrale nel riquadro inferiore. Il riquadro inferiore contiene le informazioni relative alle posizioni YZ dei cilindri nel sistema degli elementi di riferimento ottimizzato (non nell'allineamento in uso).

FCFLOC1 Size		MM	Ø 8 +0.1/-0.1				DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
CYL1	7.995	8.000	0.100	0.100	-0.005	0.000		
CYL2	7.990	8.000	0.100	0.100	-0.010	0.000		
FCFLOC1		MM	⊕ Ø 0.2 Ⓜ A D E				DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	AX	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL1 (END PT)	Y	-6.912	-7.000			0.088		
	Z	-27.992	-28.000			0.008		
	TP	0.176	0.000	0.200	0.000	0.176	0.000	0.095
CYL2 (END PT)	Y	7.092	7.000			0.092		
	Z	-27.989	-28.000			0.011		
	TP	0.184	0.000	0.200	0.000	0.184	0.000	0.090

Nel riquadro inferiore dell'illustrazione precedente, le righe Y, Z e TP di CYL1 e CYL2 riepilogano la valutazione della posizione di ogni elemento considerato. La riga inferiore di ognuno, contrassegnata con TP, si comporta proprio come tutti i rapporti delle altre tolleranze geometriche. Per CYL2, la riga TP include la tolleranza di 0.200, il bonus di 0.090, e il valore misurato di 0.184.



Nel riquadro inferiore del suddetto esempio di rapporto, ci sono solo tre righe per ogni elemento (Y, Z e TP). Nei rapporti degli utenti la colonna degli assi (AX) degli elementi potrebbe avere alcune combinazioni di diverse righe contrassegnate con X, Y, Z, PR, PA e TP. In questo caso, le righe X, Y, Z, PR e PA forniscono informazioni supplementari come descritto sotto.

Le righe Y e Z di CYL1 e CYL2 forniscono informazioni supplementari sulla valutazione della posizione. Queste righe hanno lo scopo di offrire una rappresentazione semplificata di quanto l'elemento devii dalla posizione ideale.

- La colonna NOMINAL delle righe con le informazioni supplementari mostra il punto iniziale nominale dell'elemento in questione.
- La colonna DEV di queste righe mostra il vettore della deviazione peggiore tra quelle di tutti i punti dell'elemento soggetto a tolleranza.
- La colonna MEAS di queste righe riporta le somme dei valori nelle colonne NOMINAL e DEV. In altre parole, riporta il punto peggiore dell'elemento soggetto a tolleranza dopo che è stato proiettato in modo da essere quanto più vicino possibile al punto iniziale nominale pur preservando il vettore della deviazione peggiore.
- Sotto il nome dell'elemento il rapporto indica qual era l'estremità o il livello peggiore del cilindro. Per esempio, potrebbe riportare "(START PT)", "(END PT)", o "LEVEL#3".

La rappresentazione è semplificata poiché, come descritto in Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza, la maggior parte dei tipi di elementi ha più di un punto nell'elemento soggetto a tolleranza. Per esempio, i cilindri normalmente hanno almeno due punti nell'elemento soggetto a tolleranza: il punto iniziale misurato e il punto finale misurato. Per contro, in alcuni casi i cilindri ISO hanno diversi punti nell'elemento soggetto a tolleranza, uno per ogni sezione trasversale misurata.

Se si attiva l'analisi testuale o l'analisi grafica, nell'elemento soggetto a tolleranza si possono vedere tutti questi punti con le rispettive deviazioni. La riga delle informazioni supplementari nel rapporto ha la colonna MEAS che non appare necessariamente nell'analisi testuale, poiché le informazioni supplementari sono state semplificate per mostrare la deviazione rispetto al punto iniziale nominale.

## Simmetria

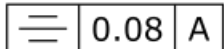
### Introduzione



Quando si seleziona ASME Y14.5 – 2018 come standard GDT, due pratiche precedenti, ovvero l'uso dei simboli di concentricità e di simmetria, non sono più supportate. Per ulteriori dettagli, consultare la prefazione principale e le sezioni A-5.3, A-8.4, D-3 e D-4 della norma ASME Y14.5 – 2018.

Una specifica di simmetria controlla il modo in cui l'elemento può deviare dalla simmetria rispetto a uno o più elementi di riferimento.

0.80 +/- 0.02



A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- ogni elemento considerato e ogni elemento risultante soggetto a tolleranza;
- ogni zona di tolleranza;
- gli elementi di riferimento.

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS converte ogni elemento considerato in un elemento soggetto a tolleranza. Questo è descritto in in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quindi, PC-DMIS ottimizza ogni elemento soggetto a tolleranza nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile utilizzare i seguenti tipi di elementi:  
larghezze, midplane costruiti, midline costruite e midpoint costruiti.

PC-DMIS costruisce l'elemento con tolleranza in maniera differente in base allo standard utilizzato (ASME Y14.5 o ISO 1101).

ISO 1101 (o con un elemento centrale costruito o una larghezza 1D):

PC-DMIS costruisce l'elemento con tolleranza come lo fanno le tolleranze di posizione.



ASME Y14.5 con una larghezza 2D o 3D:

PC-DMIS permette di scegliere tra le opzioni PUNTI MEDI e ASSE:

ASSE - Il software costruisce l'elemento con tolleranza come l'asse (piano centrale) dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (come nel caso delle tolleranze di posizione).

PUNTI MEDI - Il software costruisce l'elemento con tolleranza da tutti i punti medi della larghezza. Lo fa in secondo quanto stabilito nel paragrafo 7.7.2 di ASME Y14.5 2009.

### Modificatori ammessi

Quando l'elemento considerato è una larghezza, le tolleranze di simmetria che fanno riferimento a ISO 1101 ammettono un modificatore del massimo materiale (MMC)  per indicare che la specifica è al MMC. In alternativa, ammettono un modificatore del minimo materiale  per indicare che la specifica è alla condizione di minimo materiale (LMC). Questo significa che poiché la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (o la dimensione dell'involuppo di minimo materiale non condizionato per l'LMC) devia dall'MMC (o dall'LMC), la tolleranza aggiuntiva o la tolleranza "bonus" viene aggiunta alla tolleranza nel riquadro di controllo, portando così a una tolleranza totale. Per maggiori informazioni sulla tolleranza bonus, vedere "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".



Le tolleranze secondo lo standard ISO 1101 ammettono gli ulteriori modificatori  $\textcircled{C}$  e  $\textcircled{G}$  degli elementi non dimensionabili associati soggetti a tolleranza. Per gli elementi dimensionabili, sono disponibili i modificatori  $\textcircled{C}$ ,  $\textcircled{G}$ ,  $\textcircled{N}$  e  $\textcircled{X}$ . Per i dettagli, vedere l'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

## Forme delle zone di tolleranza

La forma della zona di tolleranza è sempre planare. È orientata parallelamente alla superficie (o alle superfici) nominale.

## Valore effettivo e valore misurato

### Valore reale

È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento reale soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominale rispetto a ogni elemento di riferimento reale.

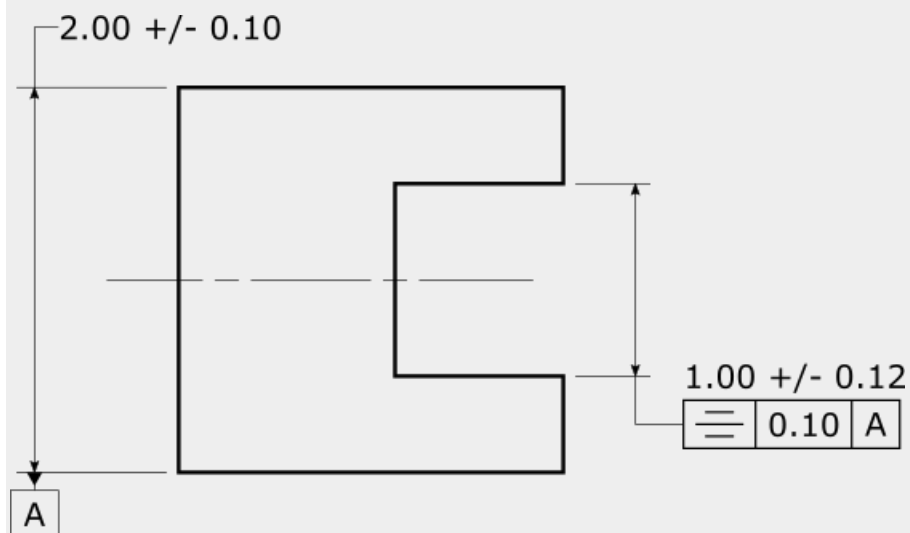
### Valore misurato

È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento misurato soggetto a tolleranza. La zona di tolleranza ha un orientamento e una localizzazione nominale rispetto a ogni elemento di riferimento misurato.

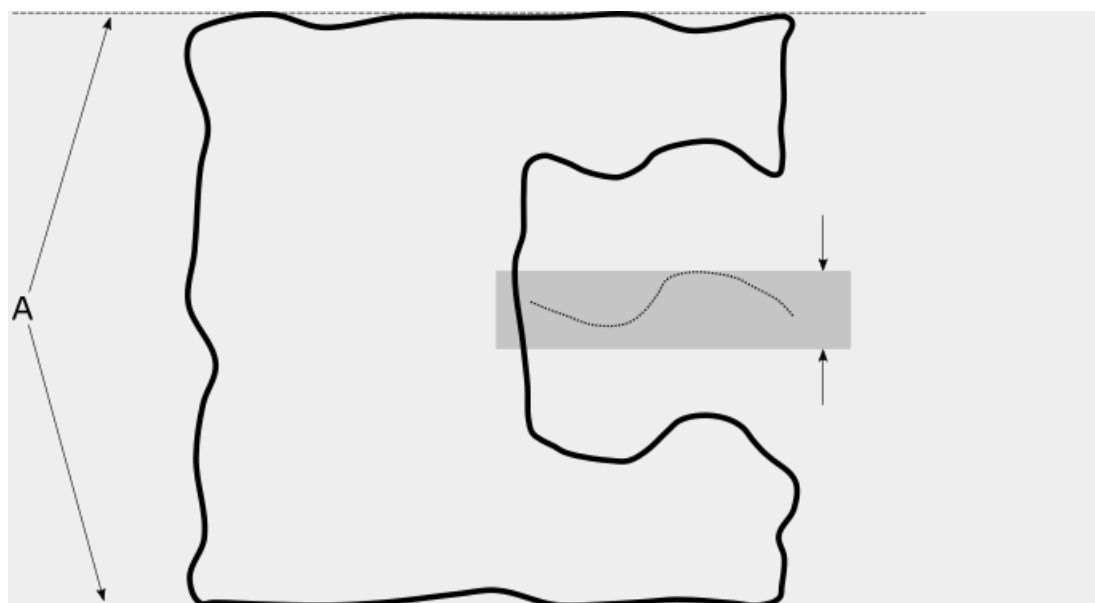




Si assuma di avere la seguente specifica di simmetria:

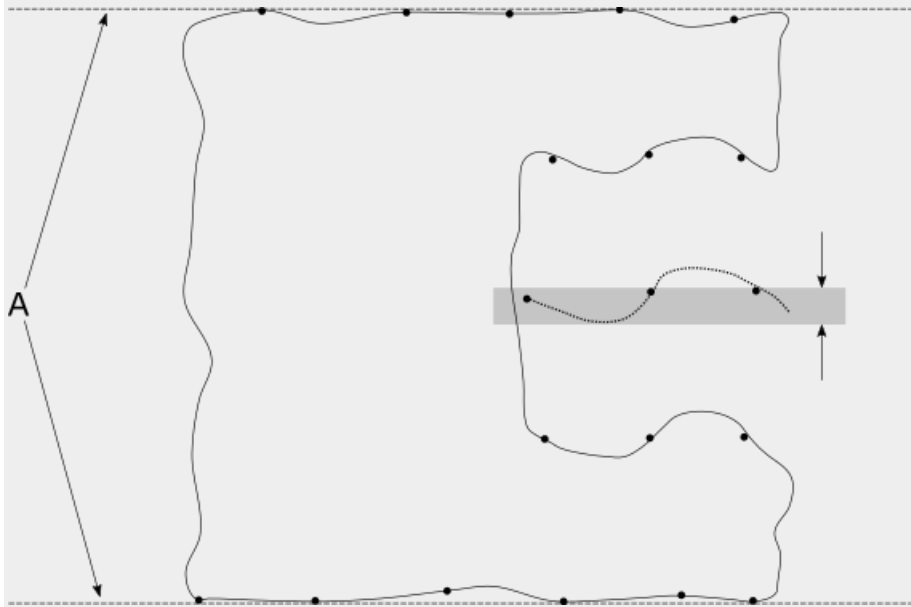


Con la suddetta specifica, il valore effettivo è del tipo seguente:



La superficie effettiva del pezzo è rappresentata dalla linea continua, il riferimento dalla linea tratteggiata, l'elemento con tolleranza dalla linea punteggiata e la più piccola zona di tolleranza che racchiude l'elemento con tolleranza dall'area ombreggiata. La zona di tolleranza è esattamente simmetrica al piano centrale dell'elemento di riferimento reale.

Infine, il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) sarebbe il seguente:



La zona di tolleranza misurata è esattamente simmetrica al piano centrale dell'elemento di riferimento misurato. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.

## Regole di validità

Per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti. Questo assicura che i valori misurati siano calcolati correttamente e che il comando di tolleranza identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

La superficie dell'elemento considerato deve essere nominalmente simmetrica con il riquadro di riferimento dell'elemento di riferimento.

## Opzioni espone

Le tolleranze della simmetria hanno un algoritmo di calcolo dell'elemento quando l'elemento considerato è una larghezza.

Questo algoritmo controlla come calcolare l'elemento soggetto a tolleranza a partire dai dati di superficie dell'elemento considerato. Per ulteriori informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

## Uso delle tolleranze geometriche



Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

### Confronto con la procedura precedente

Per molti anni, con le tolleranze di simmetria di PC-DMIS era possibile inserire coppie di piani, di linee, di punti o di insiemi. Inizialmente perché PC-DMIS non disponeva di un comando per la larghezza. A cominciare da PC-DMIS 2020 R2, le coppie di questi elementi considerati non sono più consentite. Ciascun elemento considerato ha il proprio valore misurato e ciò significa che il modo migliore di utilizzare un comando di simmetria è con un elemento larghezza.

### Rapporto

Di seguito è riportato un rapporto di esempio per una tolleranza di simmetria di una midline.

FCFSYM1		MM	 0.5 A B			AXIS	LSQ	ASME Y14.5 2009
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
LINE3	0.000000	0.500000	0.000000	0.007845	0.007845	0.000000		

## Concentricità

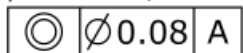
### Introduzione



Quando si seleziona ASME Y14.5 – 2018 come standard GDT, due pratiche precedenti, ovvero l'uso dei simboli di concentricità e di simmetria, non sono più supportate. Per ulteriori dettagli, consultare la prefazione principale e le sezioni A-5.3, A-8.4, D-3 e D-4 della norma ASME Y14.5 – 2018.

Una specifica di concentricità controlla quanto un elemento possa non essere concentrico con un o più elementi di riferimento.

$\varnothing 0.80 \pm 0.02$



A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- ogni elemento considerato e ogni elemento risultante soggetto a tolleranza;
- ogni zona di tolleranza;
- gli elementi di riferimento.

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS converte ogni elemento considerato in un elemento soggetto a tolleranza. Questo è descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quindi, PC-DMIS ottimizza ogni elemento soggetto a tolleranza nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare i seguenti tipi di elementi:

linee tridimensionali BF costruite, linee convertite, linee generiche, cilindri, cerchi, sfere e coni.

PC-DMIS costruisce l'elemento soggetto a tolleranza in base allo standard usato (ASME Y14.5 o ISO 1101).

ISO 1101 (o con un elemento che non ha dati di superficie):

PC-DMIS costruisce l'elemento soggetto a tolleranza come lo fanno le tolleranze di posizione.

ASME Y14.5 con cilindri, cerchi, sfere e coni con dati di superficie:

PC-DMIS permette di scegliere tra le opzioni PUNTI MEDI e ASSE:

ASSE - Il software costruisce l'elemento soggetto a tolleranza come l'asse dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (come nel caso delle tolleranze di posizione).

PUNTI MEDI - Il software costruisce l'elemento soggetto a tolleranza da tutti i punti medi dell'elemento. Lo fa in secondo quanto stabilito nel paragrafo 7.6.4.2.2 della norma ASME Y14.5 2009.

### Modificatori ammessi

Quando l'elemento considerato è un cilindro, un cerchio o una sfera, le tolleranze di concentricità secondo lo standard ISO 1101 ammettono un modificatore del massimo materiale (M) per indicare che la specifica è alla condizione di massimo materiale (MMC). In alternativa, ammettono un modificatore del minimo materiale (L) per indicare che la specifica è alla condizione di minimo materiale (LMC). Questo significa che poiché la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (o la dimensione dell'involuppo di minimo materiale non condizionato per l'LMC) devia dall'MMC (o dall'LMC), la tolleranza aggiuntiva o la tolleranza "bonus" viene aggiunta alla tolleranza nel riquadro di controllo, portando così a

una tolleranza totale. Per maggiori informazioni sulla tolleranza bonus, vedere "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica".



Le tolleranze secondo lo standard ISO 1101 ammettono gli ulteriori modificatori  $\textcircled{C}$  e  $\textcircled{G}$  degli elementi non dimensionabili associati soggetti a tolleranza. Per gli elementi dimensionabili, sono disponibili i modificatori  $\textcircled{C}$ ,  $\textcircled{G}$ ,  $\textcircled{N}$  e  $\textcircled{X}$ . Per i dettagli, vedere l'argomento "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

### Forme delle zone di tolleranza

Secondo lo standard ISO, le zone di tolleranza sono sempre diametrali. Sono parallele all'asse di riferimento.

Secondo lo standard ASME, le zone di tolleranza sono solitamente diametrali, ma le sfere possono avere zone di tolleranza sferiche o diametrali.

### Valore effettivo e valore misurato

C'è solo un caso speciale da considerare. Se si ha una concentricità di due o più sfere con una zona di tolleranza sferica (quindi una concentricità ASME), non è chiaro dallo standard se le sfere devono essere considerate simultaneamente oppure una indipendentemente dall'altra. Il comando di tolleranza geometrica di PC-DMIS le prende in considerazione simultaneamente poiché questa è la scelta più conservativa.

#### Valore reale

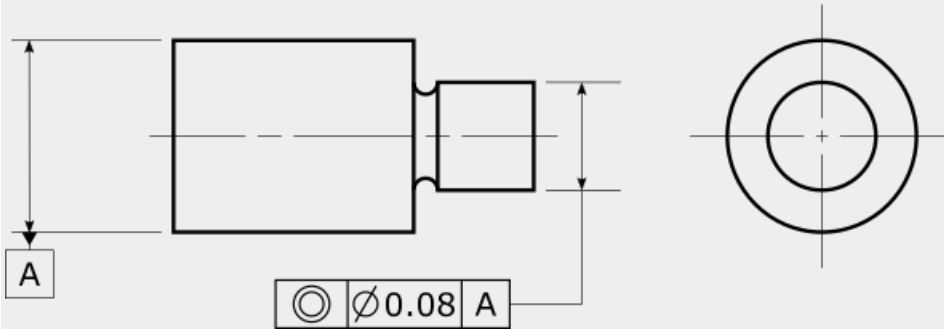
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento reale soggetto a tolleranza. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominale rispetto a ogni elemento di riferimento reale.

#### Valore misurato

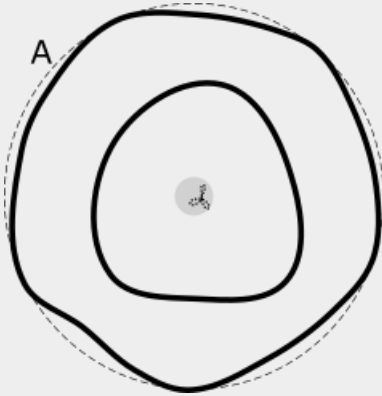
È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene l'elemento misurato soggetto a tolleranza. La zona di tolleranza ha un orientamento e una localizzazione nominale rispetto a ogni elemento di riferimento misurato.



Si supponga di avere la seguente specifica di concentricità:

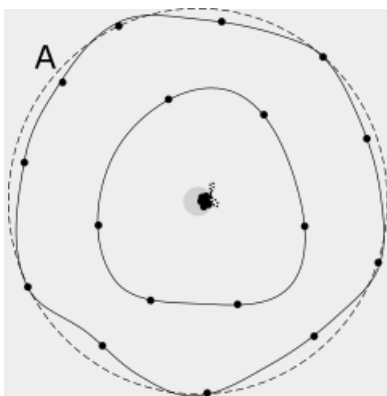


Con la suddetta specifica, il valore effettivo è del tipo seguente:



La superficie del pezzo reale è rappresentata dalla linea continua, l'elemento di riferimento reale riferimento dalla linea tratteggiata, l'elemento soggetto a tolleranza dalla linea punteggiata e la più piccola zona di tolleranza che racchiude l'elemento reale soggetto a tolleranza dall'area ombreggiata. La zona di tolleranza è esattamente concentrica con l'asse dell'elemento di riferimento reale.

Infine, il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) sarebbe il seguente:



La zona di tolleranza misurata è esattamente concentrica con l'asse dell'elemento di riferimento misurato. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.

### Regole di validità

Per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti. Questo assicura che i valori misurati siano calcolati correttamente e che il comando di tolleranza identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

Il sistema di elementi di riferimento deve essere assiale e la superficie o le superfici dell'elemento considerato devono essere nominalmente concentriche con l'asse di riferimento.

### Opzioni esposte




Le tolleranze di concentricità hanno un algoritmo di calcolo dell'elemento quando l'elemento considerato ha dati di superficie

Questo algoritmo controlla come calcolare l'elemento soggetto a tolleranza a partire dai dati di superficie dell'elemento considerato. Per ulteriori informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

### Rapporto

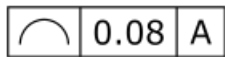
Ecco un esempio di rapporto sulla tolleranza di concentricità di un cilindro. La tolleranza di dimensione del cilindro è nell'etichetta superiore e la concentricità nell'etichetta inferiore.

FCFCONCEN1 Size		IN	$\varnothing$ 0.8 +0.02/-0.02			LSQ	ASME Y14.5 2009
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	0.8000	0.0200	-0.0200	0.8027	0.0027	0.0000	
FCFCONCEN1		IN	 0.08 A			LSQ	ASME Y14.5 2009
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	0.0000	0.0800	0.0000	0.0357	0.0357	0.0000	

## Profilo di una linea

### Introduzione

Una specifica di profilo di una linea controlla quanto le sezioni trasversali delle superfici degli elementi possano deviare dalle forme nominali. Queste sezioni trasversali sono localizzate e sono orientate rispetto a nessuno o più elementi di riferimento.



A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- i dati di superficie di ogni elemento considerato;
- la forma nominale di ogni elemento considerato e ogni zona di tolleranza risultante;
- gli elementi di riferimento (se indicati).

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS ottimizza i dati di superficie di ogni elemento nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento. Quando ci sono più elementi considerati, il processo di ottimizzazione li considera tutti simultaneamente. In questo modo tutti gli elementi soggetti a tolleranza sono adattati contemporaneamente nelle loro zone di tolleranza.

### Uso consigliato

Le specifiche di un profilo di linea si applicano alle superfici. Questo significa che ogni sezione trasversale della superficie deve avere un valore reale che rientra nella tolleranza specificata. Ogni sezione trasversale deve essere considerata separatamente, e non simultaneamente, dalle altre.

Per ogni superficie che ha una specifica di un profilo di linea si consiglia di misurare più sezioni trasversali.

- È necessario avere un numero di sezioni trasversali sufficiente a catturare adeguatamente il comportamento di tutta la superficie.



- Inserire ogni sezione trasversale in un comando di tolleranza geometrica separato, in modo che le sezioni trasversali siano considerate e ottimizzate separatamente. (Se si inseriscono le sezioni trasversali in un solo comando di tolleranza geometrica, saranno considerate simultaneamente e i valori misurati saranno esageratamente grandi).

### **Riguardo al comando di tolleranza simultanea**

A rigor di termini, non ha senso includere la specifiche di un profilo di linea in un comando di tolleranza simultanea. Se lo si fa, il comportamento della specifica di un profilo di linea cambia. Invece di considerare separatamente ogni sezione trasversale, considera tutte le sezioni simultaneamente. Questo è equivalente al profilo di una superficie. Pertanto, PC-DMIS permette in un comando di tolleranza simultanea le specifiche dei profili di linea che hanno almeno un elemento di riferimento. In questo caso, PC-DMIS mostra un messaggio di avvertenza che segnala che il comportamento è cambiato per corrispondere a quello del profilo di una superficie.

### **Tipi di elementi ammessi**

È possibile usare i seguenti tipi di elemento per rappresentare le sezioni trasversali, se queste hanno dati di superficie:

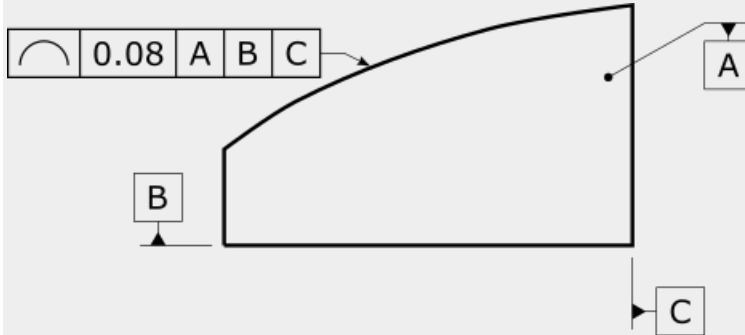
linee, cerchi, larghezze in 2D e 1D, scansioni, ellissi, asole, asole aperte e insiemi.

### **Zone di tolleranza e modificatori ammessi**

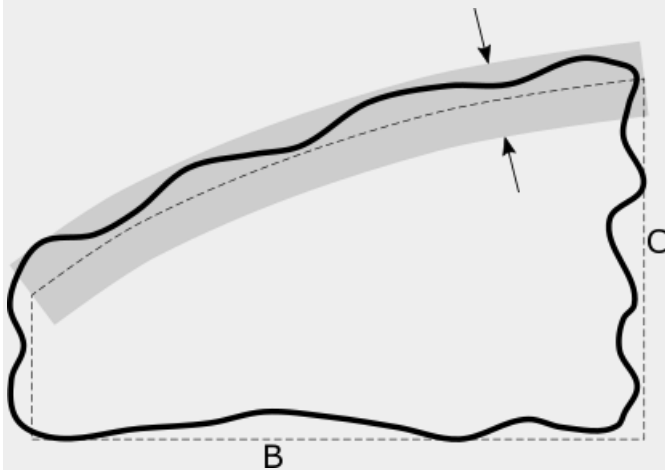
La zona di tolleranza si basa sulla superficie nominale dell'elemento. Per impostazione predefinita (senza modificatori) la zona di tolleranza è equilaterale. Questo significa che il valore della tolleranza è equiripartito sui due lati della superficie nominale:



Si supponga di avere la seguente specifica di profilo di una linea:

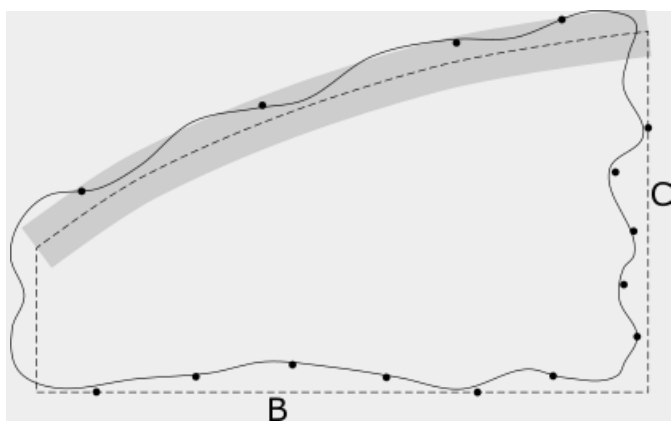


Con la suddetta specifica, il valore effettivo è del tipo seguente:



Poiché non vi sono modificatori, la zona di tolleranza è centrata sulla superficie nominale, che è orientata nominalmente e localizzata su ciascun elemento di riferimento effettivo. La superficie del pezzo reale è rappresentata dalla linea continua, le superfici nominali (inclusi gli elementi di riferimento reali) dalle linee tratteggiate, e la più piccola zona di tolleranza centrata sulla superficie nominale che racchiude la superficie attuale dall'area ombreggiata.

Il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) ha il seguente aspetto:



Il centro della zona di tolleranza misurato rimane la superficie nominale, che è orientata nominalmente e localizzata su ciascun elemento di riferimento misurato. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.

I modificatori possono cambiare la natura della zona di tolleranza. A partire dalla norma ASME Y14.5 2009, PC-DMIS supporta il modificatore  $\textcircled{U}$  (profilo disposto in modo irregolare) e, a partire dalla norma ASME Y14.5 2018, PC-DMIS supporta il modificatore  $\Delta$  (profilo dinamico). Secondo lo standard ISO 1101, PC-DMIS supporta il modificatore UZ (scostamento specificato della zona di tolleranza) e il modificatore OZ (scostamento non specificato della zona di tolleranza lineare).

Anche se non sono equivalenti, i modificatori  $\textcircled{U}$  e UZ hanno funzioni simili. Allontanano il centro della zona di tolleranza dalla superficie nominale. Parimenti, anche i modificatori  $\Delta$  e OZ hanno funzioni simili. Permettono di spostare il centro della zona di tolleranza nella direzione di maggior o minor materiale. Questi modificatori non erano presenti nella norma ASME Y14.5 del 1994, ma essa sosteneva il concetto di una zona di tolleranza disposta in modo irregolare. Questo veniva solitamente indicato graficamente sulla stampa tramite linee tratteggiate che indicavano i limiti di tolleranza all'interno e all'esterno del materiale. Pertanto, quando si seleziona la norma ASME Y14.5 1994 come standard GDT per la routine di misurazione in PC-DMIS, è necessario inserire sia la tolleranza superiore che quella inferiore durante la creazione del riquadro di controllo. PC-DMIS riporterà quindi le deviazioni massima e minima, che verranno confrontate con i corrispondenti valori di tolleranza superiore e inferiore per valutare la conformità.



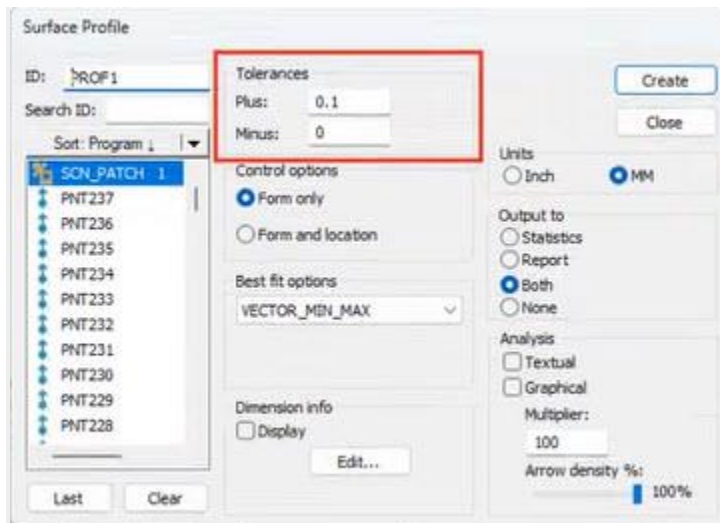
Il profilo legacy include un'opzione “solo forma” che consente di inserire una sola tolleranza positiva. Per ottenere lo stesso risultato utilizzando un comando relativo al profilo di tolleranza geometrica ASME Y14.5 1994, è necessario dividere a metà la tolleranza totale consentita e inserirla come valori bilaterali uguali.

Gli esempi riportati di seguito mostrano le differenze tra i comandi Profilo legacy di una superficie e Profilo di tolleranza geometrica di una superficie”. Sebbene gli esempi si riferiscano al profilo di una superficie», le regole sono identiche per il profilo di linea.

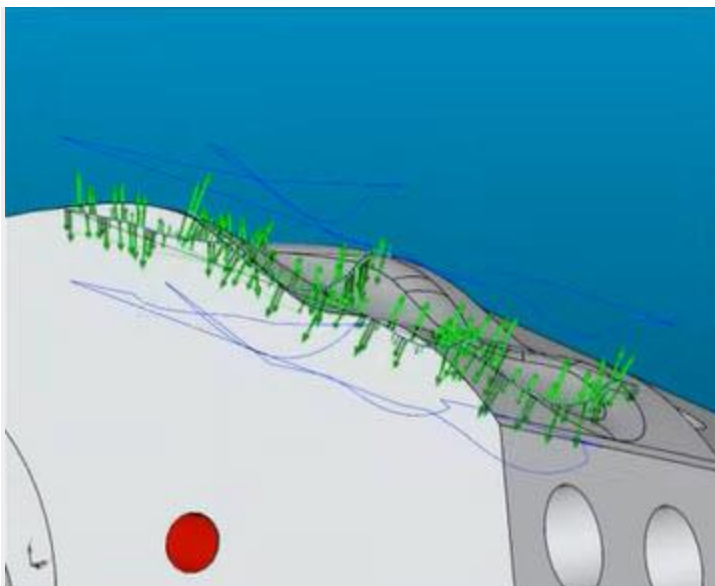
Cliccare sul link seguente per visualizzare alcuni esempi della definizione, dei risultati e del rapporto relativi a un profilo legacy di una superficie:

### ***Profilo legacy di una superficie, esempio solo forma***

L'esempio seguente mostra una finestra di dialogo Profilo di superficie con una definizione di solo forma:



*Esempio di una finestra di dialogo Profilo legacy di una superficie definita solo per la forma, con una tolleranza superiore di 0,1 e una tolleranza inferiore di 0.*



*Esempio dei risultati ottenuti dopo l'esecuzione del comando legacy.*

		PROF1 - SCN_PATCH FORMONLY VECTOR_MIN_MAX					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
M	0.000000	0.100000	0.000000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

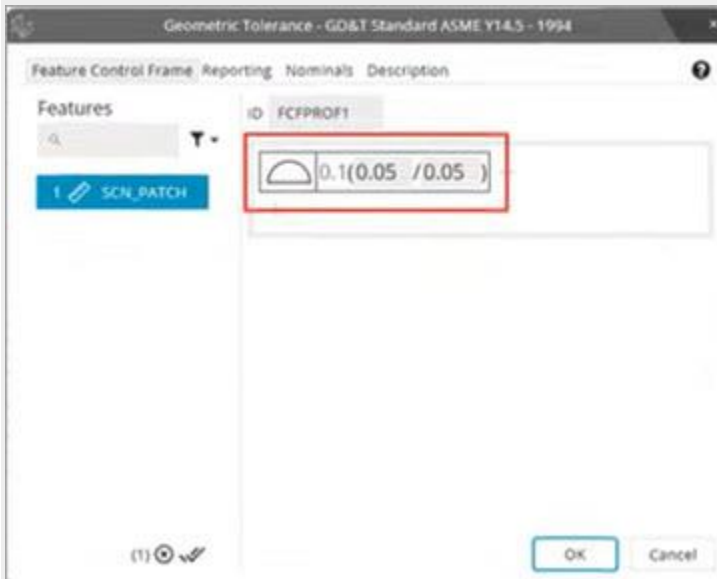
*Esempio di come potrebbe apparire la versione precedente del rapporto.*

Cliccare sui link seguenti per visualizzare esempi corretti e non corretti delle definizioni, dei risultati e dei rapporti relativi al profilo di tolleranza geometrica di una superficie:

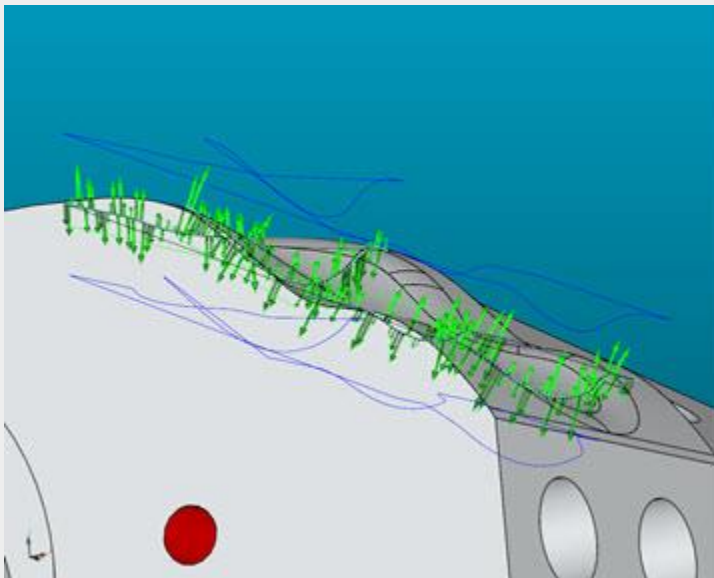
**ASME Y14.5 - 1994 Profilo di tolleranza geometrica di una superficie:  
esempio definito correttamente**




In questo esempio, il profilo di tolleranza geometrica di una superficie utilizza un valore di tolleranza superiore e inferiore equivalente pari a  $\pm 0,05$ :



*Esempio di finestra di dialogo Tolleranza geometrica correttamente definita per il profilo di una superficie, secondo la norma ASME Y14.5 - 1994.*



*Esempio dei risultati ottenuti dopo l'esecuzione del comando Tolleranza geometrica definita correttamente.*

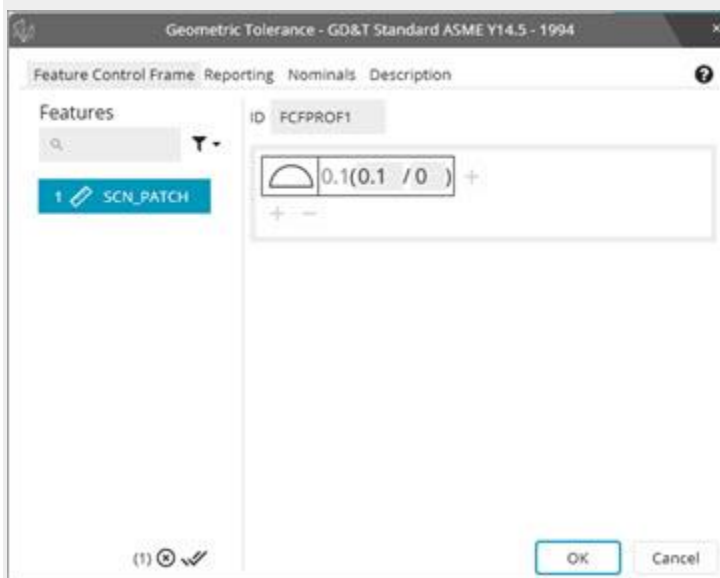
FCFPROF1		MM	 0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 - 1994
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.050000	0.050000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

*Esempio di come potrebbe presentarsi la versione del rapporto relativa alle tolleranze geometriche per un comando definito correttamente.*

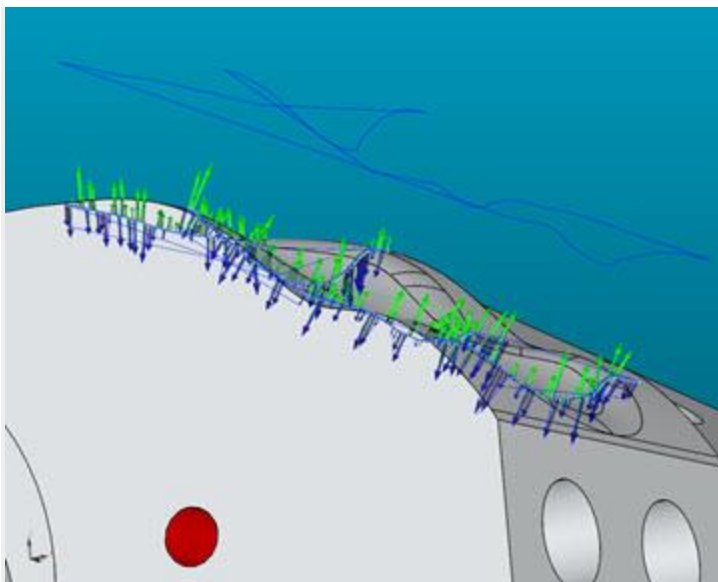
**ASME Y14.5 - 1994 Profilo di tolleranza geometrica di una superficie: esempio definito in modo errato**



In questo esempio, il profilo di tolleranza geometrica di una superficie utilizza erroneamente un unico valore di tolleranza superiore pari a 0,1. Ciò comporta una zona di tolleranza disuguale, con la conseguenza che tutte le deviazioni negative risultano fuori tolleranza.



*Esempio di finestra di dialogo Tolleranza geometrica in modo errato definita per il profilo di una superficie, secondo la norma ASME Y14.5 - 1994.*



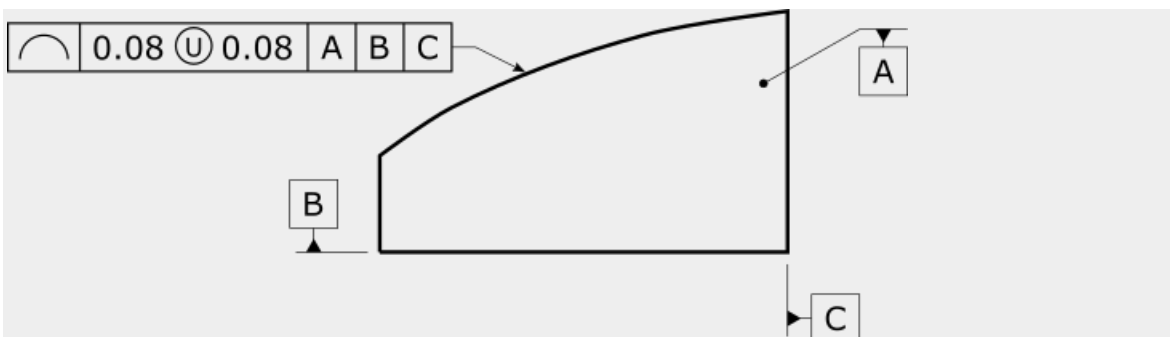
*Esempio dei risultati ottenuti dopo l'esecuzione del comando Tolleranza geometrica definita in modo errato.*

FCFPROF1		MM	0.1		DEFAULT	ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.100000	0.000000	0.086446	0.036446	-0.036446	0.000000

*Esempio di come potrebbe presentarsi la versione del rapporto relativa alle tolleranze geometriche per un comando definito in modo errato.*

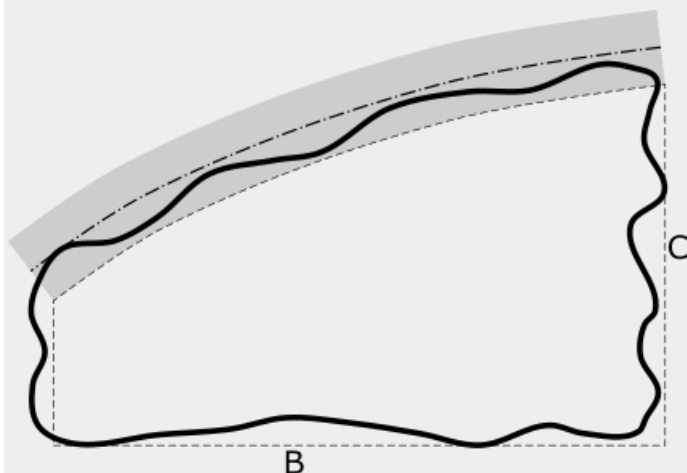


Si supponga di avere le specifiche del modificatore  $\textcircled{U}$  mostrate qui sotto. La specifica ISO equivalente sarebbe 0.08 UZ+0.04.



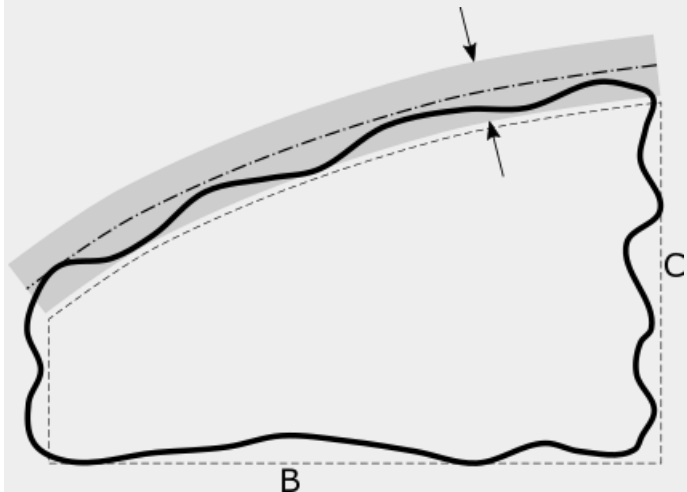


Con la specifica precedente, la zona di tolleranza specificata ha il seguente aspetto:



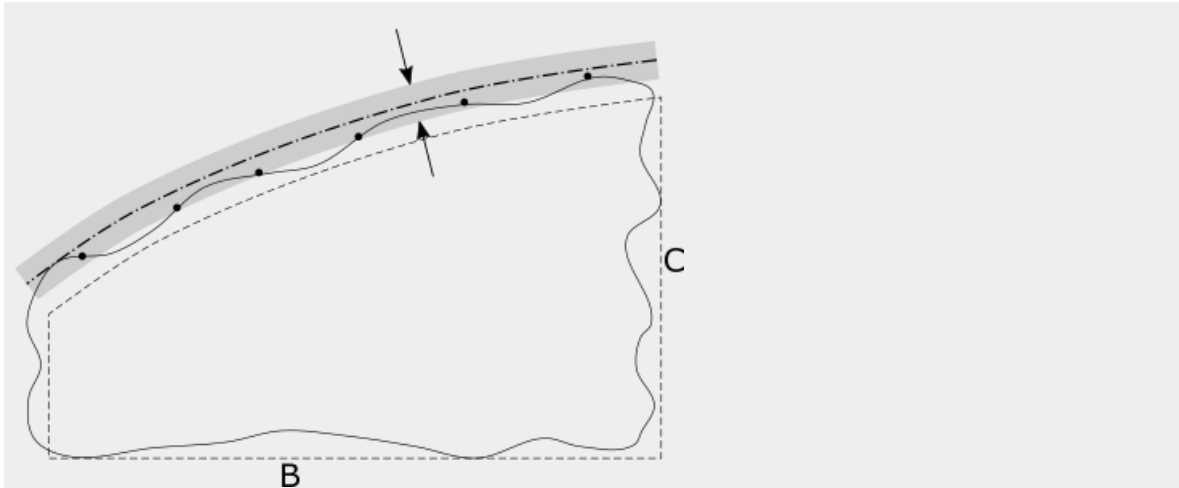
Poichè questa è la zona di tolleranza specificata, la zona non viene ridotta al minimo e pertanto non rappresenta il valore effettivo. Il centro della zona di tolleranza è scostato dalla superficie nominale ed è visualizzato nella linea tratteggiata.

Il valore effettivo ha il seguente aspetto:



Il centro della zona di tolleranza resta lo stesso (in questo caso si discosta di 0,04 da quello nominale) ma la zona è ridotta al minimo fino a che non contiene appena la superficie effettiva.

Il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) ha il seguente aspetto:




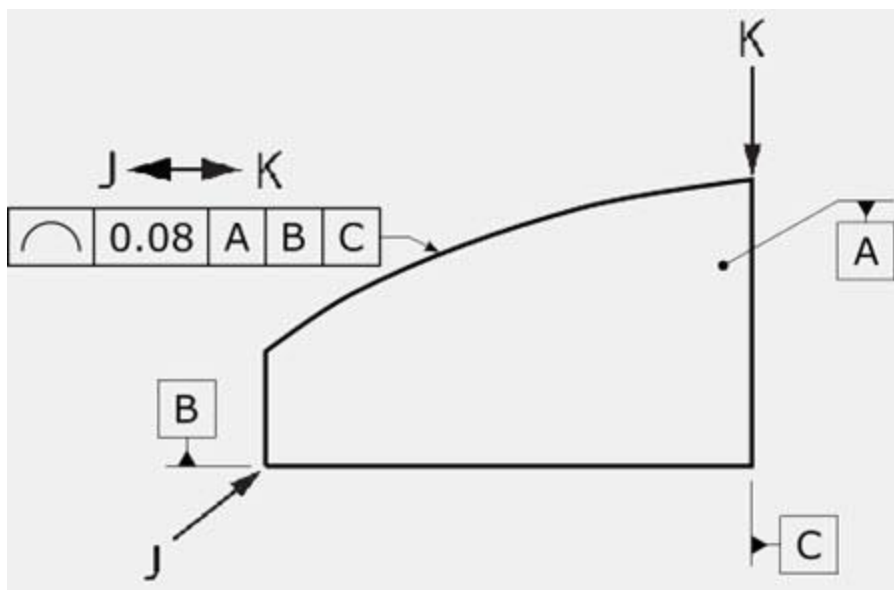
Il centro della zona di tolleranza resta lo stesso (in questo caso si discosta di 0,04 da quello nominale) ma la zona è minimizzata intorno al centro finché non contiene appena i punti della superficie misurata. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.

Può essere utile ricordare che il valore misurato è equivalente al doppio del valore assoluto della deviazione peggiore, misurata a partire dal centro della zona di tolleranza.


## Profilo Tra e profilo Tutto intorno

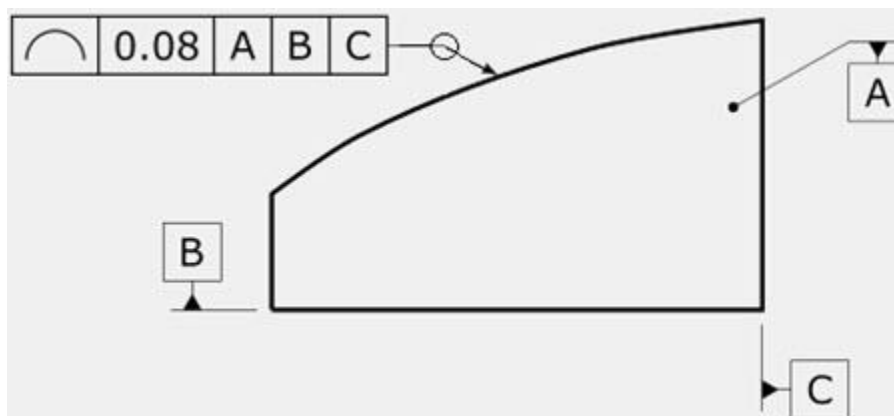
### Il profilo Tra

Il simbolo **Tra**  è usato tra due lettere maiuscole per indicare l'estensione della superficie di tolleranza. Questa consta di tutti i punti sulla superficie che si estende dalla superficie iniziale designata dalla prima lettera a quella finale designata dalla seconda lettera. Comprende tutti i segmenti e le aree compresi tra le superfici designate da queste lettere come mostrato sotto.





### Il profilo Tutto intorno

Il profilo "Tutto intorno" si applica ai contorni delle sezioni trasversali di un pezzo o a tutti gli elementi rappresentati da un contorno chiuso. È indicato dal simbolo circolare **Tutto intorno**  collocato all'intersezione tra la linea direttrice e la linea di riferimento dell'indicatore di tolleranza come mostrato qui sotto.



### Riepilogo

Non c'è modo di selezionare il simbolo **Tra**  o il simbolo **Tutto Intorno**  nel generatore di un riquadro di controllo o nel comando di tolleranza geometrica poiché non fanno parte del riquadro di controllo. Invece, per usare il comando di tolleranza geometrica per valutare un profilo Tra o un profilo Tutto intorno occorre usare la strategia di misurazione corretta. A questo scopo, è necessario misurare più sezioni trasversali che possono attraversare più superfici. Il modo più semplice di farlo è mediante il comando di scansione lineare aperta per il profilo Tra o di scansione lineare chiusa per il profilo Tutto intorno.

Un altro approccio consiste nel creare più scansioni o una serie di punti vettore automatici e combinare il tutto in un insieme di elementi costruiti.

- Nel caso del profilo Tra, ogni scansione lineare aperta o insieme di elementi costruiti dovrebbe rappresentare una singola sezione trasversale che va dal punto indicato dalla lettera iniziale a quello indicato dalla lettera finale.
- Nel caso del profilo Tutto intorno, ciascuna scansione lineare chiusa o insieme di elementi costruiti rappresenterebbe una singola scansione trasversale tutta intorno al pezzo o al contorno chiuso.

Si dovrà valutare ciascuna sezione trasversale usando un profilo separato di un comando di linea e basare le decisioni sulla conformità sul valore peggiore riscontrato tra tutte le sezioni trasversali.

### **Valore effettivo e valore misurato**

Le zone di tolleranza di un profilo hanno in centro definito. Hanno anche un meccanismo che le ingrandisce e riduce intorno al centro finché non inviluppano appena la superficie reale.

#### **Valore reale**

Ogni elemento considerato ha il proprio valore reale. È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene la superficie reale. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominali rispetto a ogni elemento di riferimento reale, con alcune eccezioni specificate in "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento".

Se si ha più di un elemento considerato e il sistema degli elementi di riferimento non è completamente vincolato, la procedura di ottimizzazione deve adattare simultaneamente nelle rispettive zone di tolleranza tutte le superfici degli elementi, se possibile.

#### **Valore misurato**

Ogni elemento considerato ha il proprio valore misurato. È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene i punti di superficie misurati. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominali rispetto a ogni elemento di riferimento misurato, con le eccezioni specificate in "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento".

Se si ha più di un elemento considerato e il sistema degli elementi di riferimento non è completamente vincolato, la procedura di ottimizzazione di PC-DMIS adatta simultaneamente nelle rispettive zone di tolleranza tutti i punti di superficie. Lo fa in modo proporzionale. Questo garantisce che tutti gli elementi soggetti a tolleranza rientreranno nelle rispettive zone di tolleranza, per quanto possibile.



Le norme ASME Y14.5 2009 e ASME Y14.5 2018 utilizzano la norma matematica ASME Y14.5.1 2019, che definisce il valore effettivo della tolleranza di un profilo come un unico valore misurato, pari al doppio della deviazione massima dal valore nominale. La norma ASME Y14.5 1994 utilizza la norma matematica ASME Y14.5.1M-2019, che definisce il valore effettivo della tolleranza di un profilo come una deviazione minima e massima dal valore nominale. La misura del profilo è definita come la deviazione massima dal valore nominale su ciascun lato, sia verso l'interno che verso l'esterno del materiale. Ciò significa che quando si seleziona ASME Y14.5 1994 come standard GD&T, non si ottiene più un unico valore misurato, ma i valori minimo e massimo. L'unica vera differenza sta nel modo in cui vengono presentate le informazioni; i limiti di tolleranza e la conformità rimangono invariati. Per ulteriori informazioni, scaricare il documento "ProfileReporting\_Handout\_V2" dall'archivio della Knowledge Base di PC-DMIS.

### Regole di validità

Per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti e forme corrette. Questo assicura che PC-DMIS calcoli correttamente i valori misurati e che il comando di tolleranza identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

### Opzioni esposte

Diversi tipi di elementi utilizzano un'opzione ITERATEANDREPIERCE. Questi elementi sono punti, scansioni, ellissi, asole e asole aperte (tranne i profili automatici Vision in 2D e i punti di bordo) quando è disponibile un modello CAD. Quando è disponibile, PC-DMIS imposta l'opzione di iterazione e ri-foratura su SÌ per impostazione predefinita. Lo fa per assicurarsi che il centro della zona di tolleranza si trovi sulla superficie del modello CAD. Quando questa opzione non è disponibile, o quando è impostata su NO, questi tipi di elementi creano una zona di tolleranza piana separata per ogni punto misurato. La zona è definita dal punto teorico e dal vettore associato al punto misurato. Questa zona è detta approssimazione "planare a tratti" ed è un'ottima soluzione in molti casi. Non è adatta nei seguenti casi:

- Se l'allineamento utilizzato per trovare gli elementi nominali è significativamente diverso dal riquadro dell'elemento di riferimento ottimizzato
- Se i dati misurati includono spigoli o raggi

A causa del comportamento a volte insoddisfacente dell'approssimazione piana a tratti, nella maggior parte dei casi si consiglia di usare un modello CAD e di impostare su SÌ l'opzione di iterazione e ri-foratura. In certi casi, se il tempo di

calcolo risulta troppo lungo, può avere senso impostare l'opzione su NO. Quando si imposta l'opzione su NO, la velocità di calcolo aumenta, ma spetta all'utente assicurarsi che l'approssimazione piana a tratti sia una buona approssimazione.

Linee, cerchi e larghezze non presentano l'opzione di iterazione e ri-foratura poiché il comando di tolleranza geometrica rappresenta esattamente le zone di tolleranza al proprio interno. Per questi tipi di elementi non è possibile utilizzare l'approssimazione planare a tratti. D'altra parte, i profili automatici Vision in 2D, i punti di bordo, le scansioni dei punti di bordo e gli insiemi costruiti con filtro di adattamento non presentano l'opzione di iterazione e ri-foratura poiché usano sempre l'approssimazione piana a tratti.

Quando non sono indicati elementi di riferimento, l'opzione Piano di lavoro serve come riferimento che definisce il piano della sezione trasversale e i gradi di libertà ottimizzabili. Può essere impostato su Z+, Z-, X+, X-, Y+, Y-.

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie.

Per maggiori informazioni, fare riferimento a "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

Se non vi sono elementi di riferimento, il tipo di algoritmo della zona di tolleranza controlla il modo in cui i punti della superficie misurata sono ottimizzati nelle rispettive zone di tolleranza:

**PREDEFINITO** - È chiamato anche min-max ed esegue un adattamento best fit che minimizza la zona di tolleranza. Questo best-fit individua la zona di tolleranza più piccola che contiene i punti della superficie. Quindi, l'opzione **PREDEFINITO** produce il più piccolo valore misurato per la valutazione del profilo di una linea. È anche matematicamente molto simile alla specifica, poiché se si misurano i punti densamente e con alta precisione, il valore misurato approssima molto bene il valore effettivo.

**LSQ** - Esegue un adattamento in base ai minimi quadrati. Riduce al minimo la somma dei quadrati delle deviazioni sul centro della zona. Questa opzione produce un valore misurato più grande (è più conservativa dell'opzione **PREDEFINITO**). In generale, elabora il processo più rapidamente.

### Segmenti inferiori del profilo composito di una linea

Una profilo di una linea con più segmenti è chiamato "profilo composito di una linea". Il primo segmento (segmento superiore) di un profilo composito di una linea è lo stesso di quello di un profilo di una linea costituito da un solo segmento come descritto all'inizio di questo argomento. Tutti i segmenti inferiori di un profilo

composito di una linea sono leggermente differenti. Ciò perché le zone di tolleranza hanno una traslazione sbloccata rispetto al riquadro degli elementi di riferimento. Tuttavia le zone di tolleranza restano posizionate e orientate le une rispetto alle altre.

I sistemi di elementi di riferimento dei segmenti inferiori di un profilo composito di una linea seguono le seguenti regole:

- Ogni sistema di elementi di riferimento deve usare solo gli stessi elementi di riferimento di quello soprastante.
- Gli elementi di riferimento devono essere nello stesso ordine.
- Gli elementi di riferimento devono avere gli stessi modificatori.
- Un segmento inferiore può avere meno elementi di riferimento di quello superiore.



Si supponga che il segmento superiore abbia gli elementi di riferimento ABC. Il segmento inferiore potrebbe non avere alcun elemento di riferimento, avere l'elemento A, gli elementi AB o gli elementi di riferimento ABC. Ma non potrebbe avere gli elementi di riferimento BA, AC o ABD.

Ecco alcuni esempi di tolleranze di posizione composte ammesse.

4X $\varnothing$ 0.675 +/- 0.025					4X $\varnothing$ 0.675 +/- 0.025				
$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C	$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	C		$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	
4X $\varnothing$ 0.675 +/- 0.025					4X $\varnothing$ 0.675 +/- 0.025				
$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C	$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A				$\varnothing$ 0.02 (M)			

Ecco alcuni esempi di tolleranze di posizione composte non ammesse.

4X $\varnothing$ 0.675 +/- 0.025					4X $\varnothing$ 0.675 +/- 0.025				
$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C	$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	B	A			$\varnothing$ 0.02 (M)	A	C	
4X $\varnothing$ 0.675 +/- 0.025									
$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C	$\oplus$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	D		$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	D

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza di un profilo di linea di un cerchio.

FCFPROF3		MM	0.2			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
CIR1	0.000	0.200	0.754	-0.161	-0.377	0.554	

## Tolleranze del profilo per unità di linea

Quando la tolleranza di profilo di una linea non ha elementi di riferimento, viene visualizzata la casella di opzione **Per unità**. Se si seleziona questa casella di opzione, il profilo di una linea ha due segmenti. Il primo segmento (segmento superiore) è il profilo complessivo di una linea come descritto sopra. Il segmento



## Uso delle tolleranze geometriche

inferiore è il profilo per unità della linea, e definisce una lunghezza unitaria. Le tolleranze per unità di linea controllano la forma di ogni possibile unità dell'elemento soggetto a tolleranza.

Concettualmente, l'intera sezione trasversale è suddivisa in un numero infinito di lunghezze di unità sovrapposte.

### Valore reale



Ognuna delle infinite unità ha il proprio valore reale. Il valore reale dell'intero elemento è il valore reale della sua unità peggiore.

### Valori misurati



C'è un grandissimo numero di unità sovrapposte che contengono sottoinsiemi dei punti misurati. Il valore misurato di una certa unità è dato dalla differenza tra la deviazione massima e quella minima, essendo le deviazioni calcolate con il profilo complessivo di una linea. Il valore misurato dell'intero elemento è il valore misurato della sua unità peggiore.

## Rapporto

Ecco un esempio di rapporto su una tolleranza per unità di un profilo di linea. Il riquadro superiore riguarda il profilo complessivo di una linea, e quello inferiore il profilo per unità.

FCFPROF3		MM	 0.2				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL		
CIR1	0.000	0.200	0.754	-0.161	-0.377	0.554		

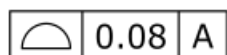
  

FCFPROF3		MM	 0.05/5				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL		
CIR1	0.000	0.050	0.167	0.083	-0.083	0.117		

## Profilo di una superficie

### Introduzione

Un profilo della specifica di una superficie controlla quanto le superfici degli elementi possono deviare dalle loro forme nominali che si trovano e sono orientate su zero o più elementi di riferimento.



A questa tolleranza geometrica concorrono tre aspetti:

- i dati di superficie di ogni elemento considerato;

- la forma nominale di ogni elemento considerato e ogni zona di tolleranza risultante;
- gli elementi di riferimento (se indicati).

Per valutare questa tolleranza, PC-DMIS ottimizza i dati di superficie di ogni elemento nella sua rispettiva zona di tolleranza. Il processo di ottimizzazione rispetta tutti i vincoli imposti da ogni elemento di riferimento. Quando ci sono più elementi considerati, il processo di ottimizzazione li considera tutti simultaneamente. In questo modo tutti gli elementi soggetti a tolleranza sono adattati contemporaneamente nelle loro zone di tolleranza.

### **Tipi di elementi ammessi**

È possibile utilizzare i seguenti tipi di elementi se questi hanno dati di superficie:

cilindri, sfere, larghezze in 3D e 1D, scansioni, piani, coni, serie e tori.

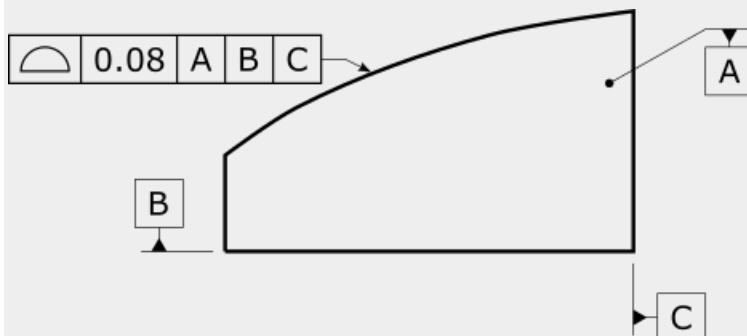
Quando non viene fatto riferimento ad alcun elemento riferimento, non esiste alcuna opzione del piano di lavoro. A volte, i dati misurati sono misurati in una singola sezione trasversale. Questo è in genere un caso in cui è stato specificato il profilo di una superficie senza elementi di riferimento ma la superficie è troppo bassa per misurare più di una sezione trasversale. In questo caso, il comando di tolleranza geometrica rileva automaticamente il piano di lavoro della sezione trasversale. Utilizza inoltre il piano di lavoro come elemento di riferimento primario invisibile per limitare i gradi di libertà su quel piano.

### **Zone di tolleranza e modificatori ammessi**

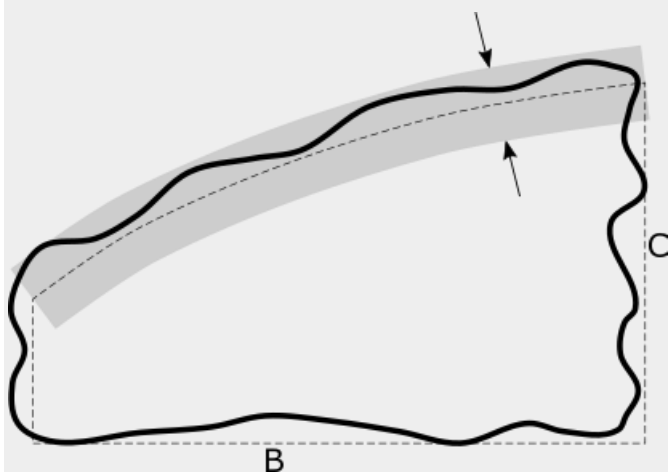
La zona di tolleranza si basa sulla superficie nominale dell'elemento. Per impostazione predefinita (senza modificatori) la zona di tolleranza è equilaterale. Questo significa che il valore della tolleranza è equiripartito sui due lati della superficie nominale:



Si assuma di avere il seguente profilo di una specifica di superficie:

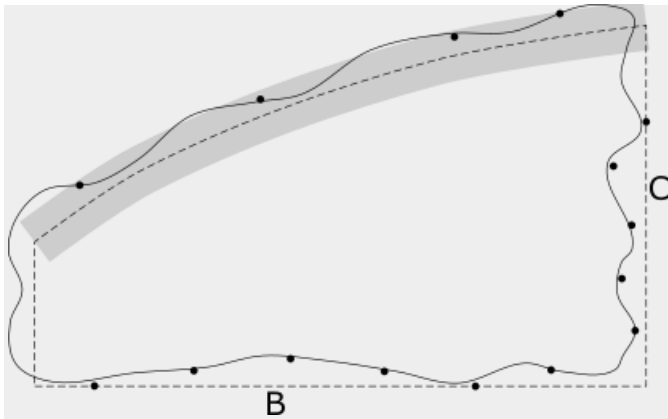


Con la suddetta specifica, il valore effettivo è del tipo seguente:



Poiché non vi sono modificatori, la zona di tolleranza è centrata sulla superficie nominale, che è orientata nominalmente e localizzata su ciascun elemento di riferimento effettivo. La linea continua indica la superficie corrente, le linee tratteggiate rappresentano le superfici nominali (compresi gli elementi di riferimento effettivi) e l'area ombreggiata rappresenta la zona di tolleranza più piccola sulla superficie nominale che contiene la superficie corrente.

Il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) ha il seguente aspetto:



Il centro della zona di tolleranza misurato rimane la superficie nominale, che è orientata nominalmente e localizzata su ciascun elemento di riferimento misurato. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.

I modificatori possono cambiare la natura della zona di tolleranza. A partire dalla norma ASME Y14.5 2009, PC-DMIS supporta il modificatore  $\textcircled{U}$  (profilo disposto in modo irregolare) e, a partire dalla norma ASME Y14.5 2018, PC-DMIS supporta il modificatore  $\Delta$  (profilo dinamico). Secondo lo standard ISO 1101, PC-DMIS supporta il modificatore UZ (scostamento specificato della zona di tolleranza) e il modificatore OZ (scostamento non specificato della zona di tolleranza lineare).

Anche se non sono equivalenti, i modificatori  $\textcircled{U}$  e UZ hanno funzioni simili. Allontanano il centro della zona di tolleranza dalla superficie nominale. Parimenti, anche i modificatori  $\Delta$  e OZ hanno funzioni simili. Permettono di spostare il centro della zona di tolleranza nella direzione di maggior o minor materiale. Questi modificatori non erano presenti nella norma ASME Y14.5 del 1994, ma essa sosteneva il concetto di una zona di tolleranza disposta in modo irregolare. Questo veniva solitamente indicato graficamente sulla stampa tramite linee tratteggiate che indicavano i limiti di tolleranza all'interno e all'esterno del materiale. Pertanto, quando si seleziona la norma ASME Y14.5 1994 come standard GDT per la routine di misurazione in PC-DMIS, è necessario inserire sia la tolleranza superiore che quella inferiore durante la creazione del riquadro di controllo. PC-DMIS riporterà quindi le deviazioni massima e minima, che verranno confrontate con i corrispondenti valori di tolleranza superiore e inferiore per valutare la conformità.



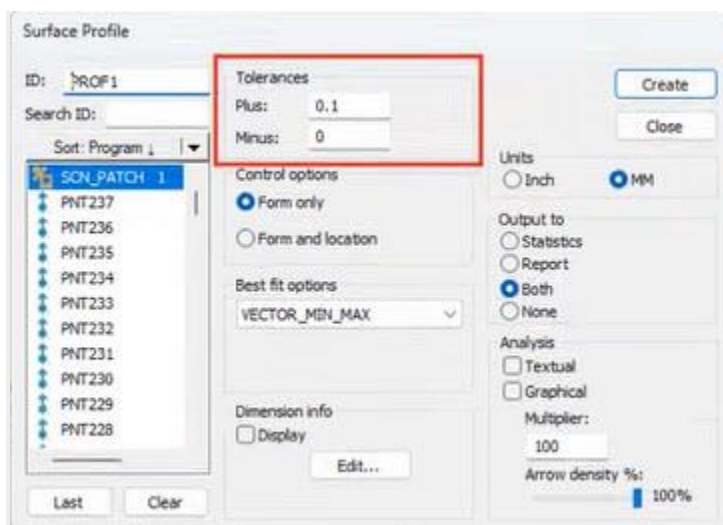
Il profilo legacy include un'opzione “solo forma” che consente di inserire una sola tolleranza positiva. Per ottenere lo stesso risultato utilizzando un comando relativo al profilo di tolleranza geometrica ASME Y14.5 1994, è necessario dividere a metà la tolleranza totale consentita e inserirla come valori bilaterali uguali.

Gli esempi riportati di seguito mostrano le differenze tra i comandi Profilo legacy di una superficie e Profilo di tolleranza geometrica di una superficie”. Sebbene gli esempi si riferiscano al profilo di una superficie», le regole sono identiche per il profilo di linea.

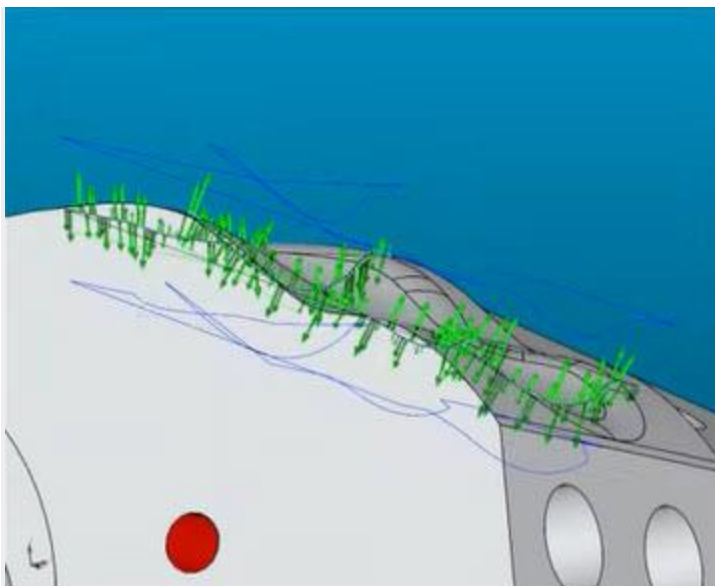
Cliccare sul link seguente per visualizzare alcuni esempi della definizione, dei risultati e del rapporto relativi a un profilo legacy di una superficie:

### ***Profilo legacy di una superficie, esempio solo forma***

L'esempio seguente mostra una finestra di dialogo Profilo di superficie con una definizione di solo forma:



*Esempio di una finestra di dialogo Profilo legacy di una superficie definita solo per la forma, con una tolleranza superiore di 0,1 e una tolleranza inferiore di 0.*



*Esempio dei risultati ottenuti dopo l'esecuzione del comando legacy.*

		PROF1 - SCN_PATCH FORMONLY VECTOR_MIN_MAX					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
M	0.000000	0.100000	0.000000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

*Esempio di come potrebbe apparire la versione precedente del rapporto.*

Cliccare sui link seguenti per visualizzare esempi corretti e non corretti delle definizioni, dei risultati e dei rapporti relativi al profilo di tolleranza geometrica di una superficie:

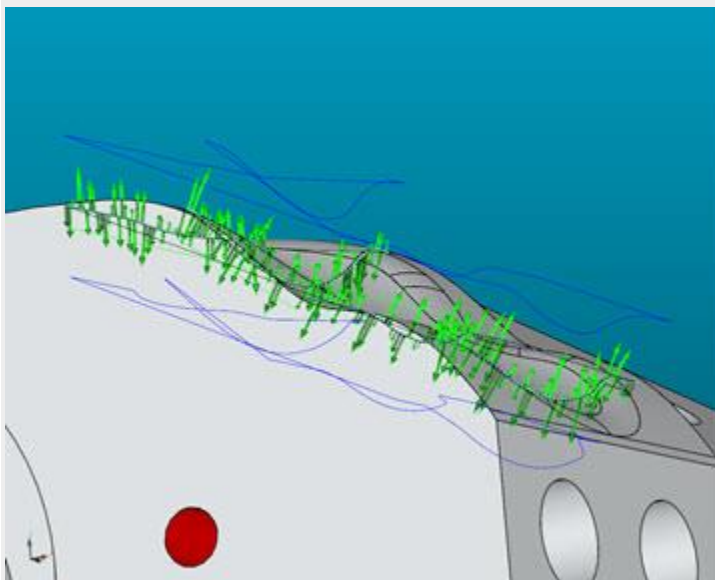
**ASME Y14.5 - 1994 Profilo di tolleranza geometrica di una superficie:  
esempio definito correttamente**





In questo esempio, il profilo di tolleranza geometrica di una superficie utilizza un valore di tolleranza superiore e inferiore equivalente pari a  $\pm 0,05$ :



*Esempio di finestra di dialogo Tolleranza geometrica correttamente definita per il profilo di una superficie, secondo la norma ASME Y14.5 - 1994.*



*Esempio dei risultati ottenuti dopo l'esecuzione del comando Tolleranza geometrica definita correttamente.*

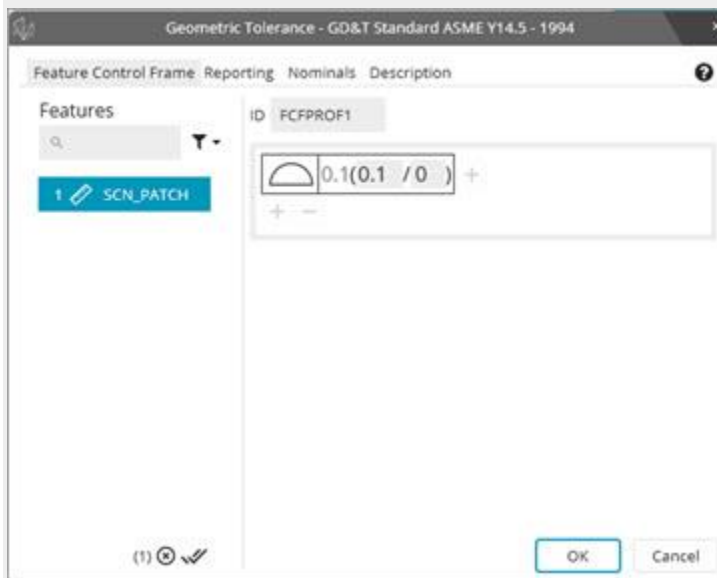
FCFPROF1		MM	 0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
SCN_PATCH	0.000000	0.050000	0.050000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000	

*Esempio di come potrebbe presentarsi la versione del rapporto relativa alle tolleranze geometriche per un comando definito correttamente.*

**ASME Y14.5 - 1994 Profilo di tolleranza geometrica di una superficie: esempio definito in modo errato**

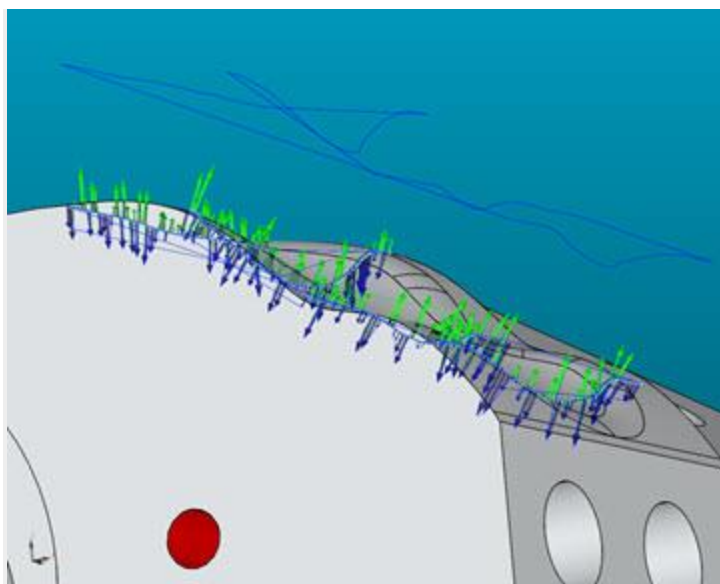


In questo esempio, il profilo di tolleranza geometrica di una superficie utilizza erroneamente un unico valore di tolleranza superiore pari a 0,1. Ciò comporta una zona di tolleranza disuguale, con la conseguenza che tutte le deviazioni negative risultano fuori tolleranza.



*Esempio di finestra di dialogo Tolleranza geometrica in modo errato definita per il profilo di una superficie, secondo la norma ASME Y14.5 - 1994.*





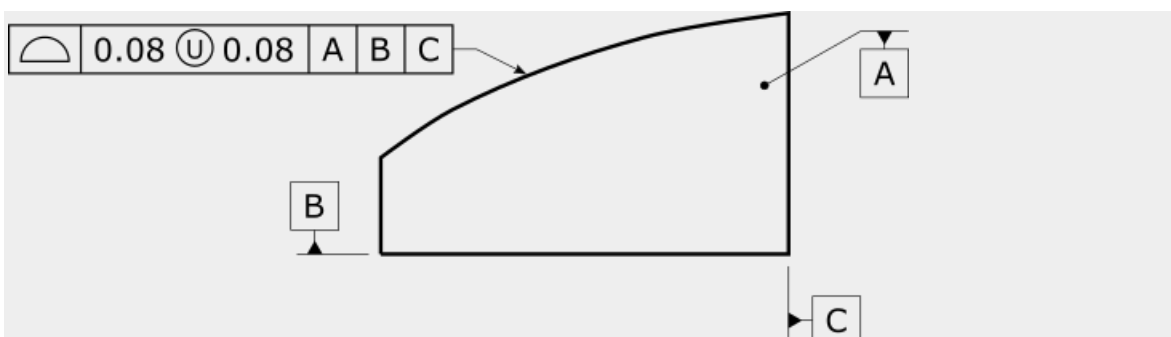
*Esempio dei risultati ottenuti dopo l'esecuzione del comando Tolleranza geometrica definita in modo errato.*

FCFPROF1		MM	0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 - 1994
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.100000	0.000000	0.086446	0.036446	-0.036446	0.000000

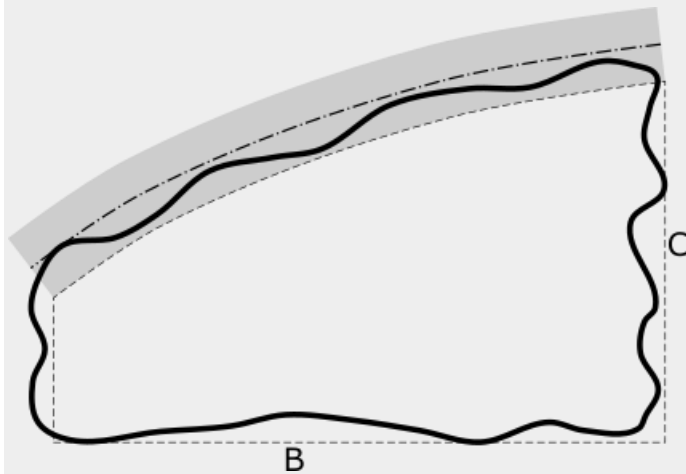
*Esempio di come potrebbe presentarsi la versione del rapporto relativa alle tolleranze geometriche per un comando definito in modo errato.*



Si supponga di avere le specifiche del modificatore  $\textcircled{U}$  mostrate qui sotto. La specifica ISO equivalente sarebbe 0.08 UZ+0.04.

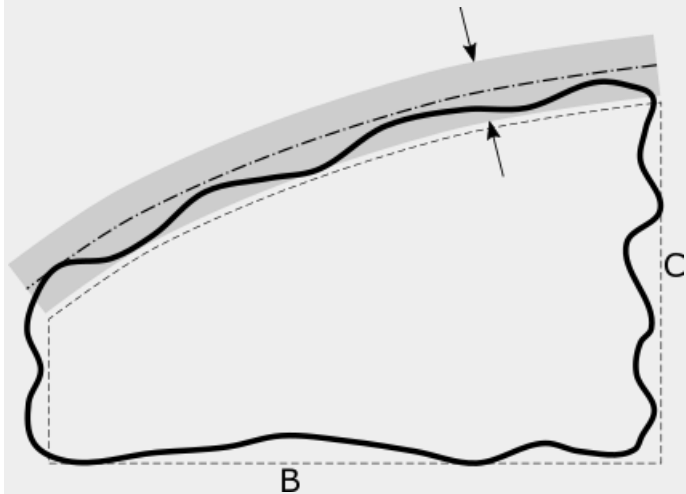


Con la specifica precedente, la zona di tolleranza specificata ha il seguente aspetto:



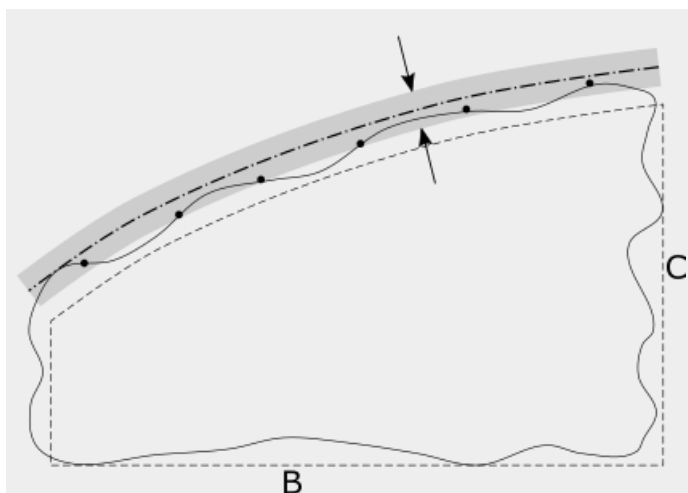
Poichè questa è la zona di tolleranza specificata, la zona non viene ridotta al minimo e pertanto non rappresenta il valore effettivo. Il centro della zona di tolleranza è scostato dalla superficie nominale ed è visualizzato nella linea tratteggiata.

Il valore effettivo ha il seguente aspetto:



Il centro della zona di tolleranza resta lo stesso (in questo caso si discosta di 0,04 da quello nominale) ma la zona è ridotta al minimo fino a che non contiene appena la superficie effettiva.

Il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) ha il seguente aspetto:




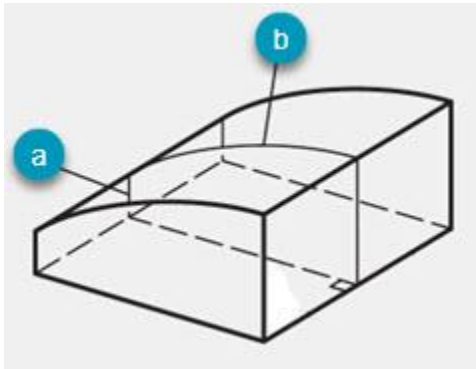
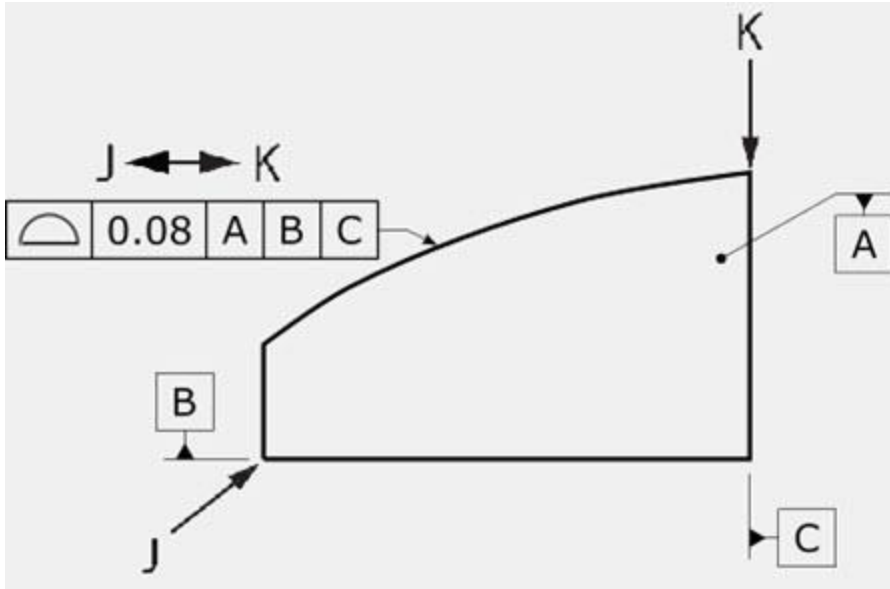
Il centro della zona di tolleranza resta lo stesso (in questo caso si discosta di 0,04 da quello nominale) ma la zona è minimizzata intorno al centro finché non contiene appena i punti della superficie misurata. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.

Può essere utile ricordare che il valore misurato è equivalente al doppio del valore assoluto della deviazione peggiore, misurata a partire dal centro della zona di tolleranza.

### Profilo Tra, profilo Tutto intorno e profilo Tutto sopra


#### Il profilo Tra

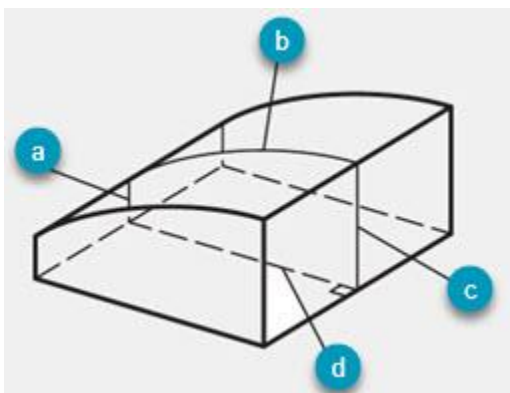
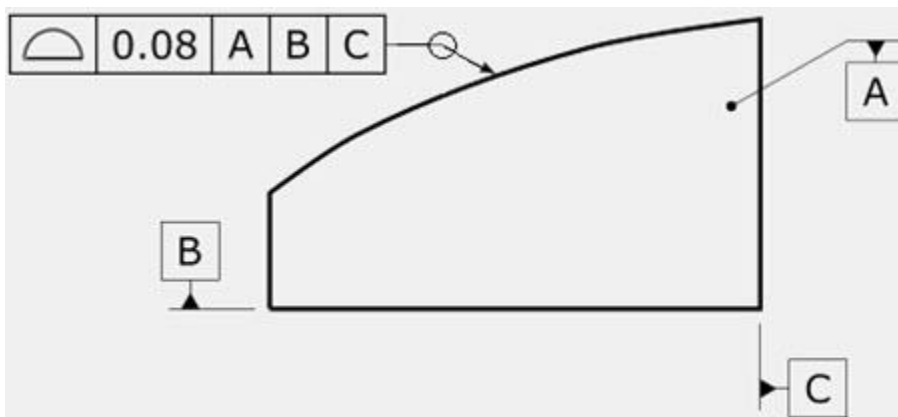
Il simbolo **Tra**  è usato tra due lettere maiuscole per indicare l'estensione della superficie di tolleranza. Questa consta di tutti i punti sulla superficie che si estende dalla superficie iniziale designata dalla prima lettera a quella finale designata dalla seconda lettera. Comprende tutti i segmenti e le aree compresi tra le superfici designate da queste lettere come mostrato sotto.



Il profilo Tra si applica solo alle superfici indicate dal piano di raccolta o dall'orientamento della vista, tra i punti iniziale e finale designati.


#### Il profilo Tutto intorno

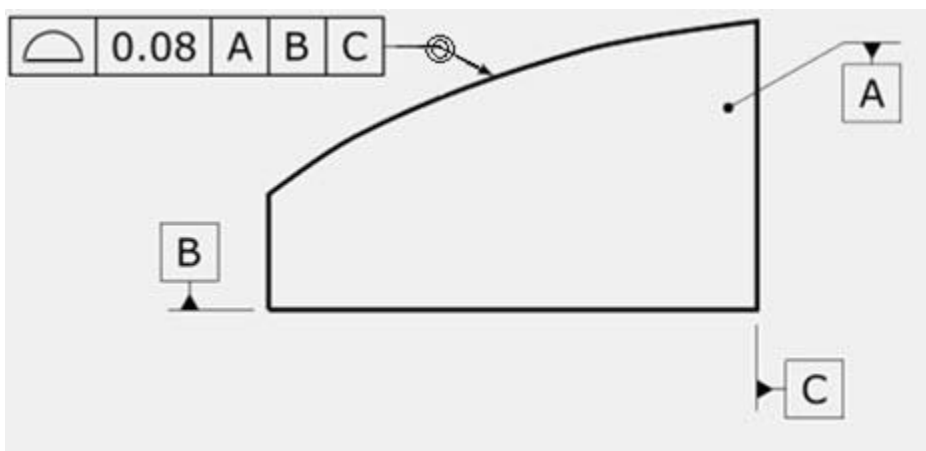
Il profilo "Tutto intorno" si applica ai contorni delle sezioni trasversali di un pezzo o a tutti gli elementi rappresentati da un contorno chiuso. È indicato dal simbolo circolare **Tutto intorno**  collocato all'intersezione tra la linea direttrice e la linea di riferimento dell'indicatore di tolleranza come mostrato qui sotto.

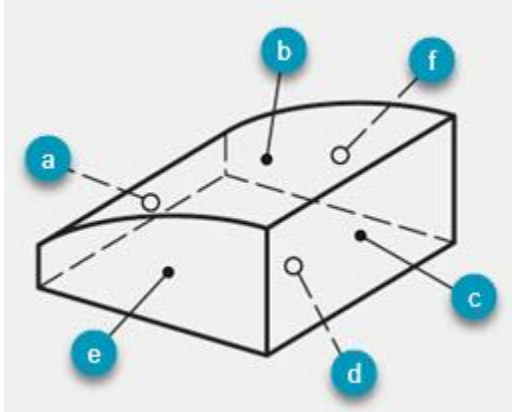


Il profilo Tutto intorno si applica alle superfici identificate dal piano di raccolta o dall'orientamento della vista, e non a tutto il pezzo.

#### Il profilo Tutto sopra

Il profilo Tutto sopra si applica a tutti gli elementi interi di un pezzo ed è indicato dal simbolo di due cerchi concentrici  collocati sull'intersezione tra la linea direttrice e la linea di riferimento dell'indicatore di tolleranza come mostrato sotto.





Il profilo Tutto sopra si applica a tutte le superfici dell'intero pezzo ed è tridimensionale.

### Riepilogo

Non c'è modo di selezionare il simbolo di un profilo Tra, un profilo Tutto Intorno o un profilo Tutto sopra nel generatore di un riquadro di controllo o nel comando di tolleranza geometrica poiché questi non fanno parte del riquadro di controllo. Invece, per usare il comando di tolleranza geometrica per valutare un profilo Tra, un profilo Tutto intorno e un profilo Tutto sopra occorre usare la strategia di misurazione corretta. È necessario misurare tutte le superfici applicabili in modo che siano trattate come un singolo elemento. Il modo più semplice di farlo è mediante una serie di comandi di scansioni lineari aperte per il profilo Tra o una serie di comandi di scansioni lineari chiuse per i profili Tutto intorno e Tutto sopra.

Un altro approccio consiste nel creare una serie di elementi automatici (uno per ogni singola superficie). Tutte le scansioni o gli elementi automatici attinenti alle superfici in valutazione devono essere combinati in un singolo insieme di elementi costruiti.

- Nel caso del profilo Tra, l'insieme di elementi costruiti dovrebbe rappresentare l'intera estensione di tutte le superfici tra il punto indicato dalla lettera iniziale a quello indicato dalla lettera finale.
- Nel caso del profilo Tutto intorno, l'insieme di elementi costruiti dovrebbe rappresentare l'intera estensione di tutte le superfici che si trovano tutto intorno al pezzo o al contorno chiuso.
- Nel caso del profilo Tutto sopra, l'insieme di elementi costruiti dovrebbe rappresentare l'intera estensione di tutte le superfici esterne del pezzo.

Per valutare ciascuno di questi requisiti, usare un singolo comando di profilo o superficie che consideri come elemento considerato l'insieme di elementi costruiti.

### **Valore effettivo e valore misurato**

Le zone di tolleranza di un profilo hanno in centro definito. Hanno anche un meccanismo che le ingrandisce e riduce intorno al centro finché non inviluppano appena la superficie reale.

#### **Valore reale**

Ogni elemento considerato ha il proprio valore reale. È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene la superficie reale. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominali rispetto a ogni elemento di riferimento reale, con alcune eccezioni specificate in "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento".

Se si ha più di un elemento considerato e il sistema degli elementi di riferimento non è completamente vincolato, la procedura di ottimizzazione deve adattare simultaneamente nelle rispettive zone di tolleranza tutte le superfici degli elementi, se possibile.

#### **Valore misurato**

Ogni elemento considerato ha il proprio valore misurato. È dato dalle dimensioni della più piccola zona di tolleranza che contiene i punti di superficie misurati. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominali rispetto a ogni elemento di riferimento misurato, con le eccezioni specificate in "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento".

Se si ha più di un elemento considerato e il sistema degli elementi di riferimento non è completamente vincolato, la procedura di ottimizzazione di PC-DMIS adatta simultaneamente nelle rispettive zone di tolleranza tutti i punti di superficie. Lo fa in modo proporzionale. Questo garantisce che tutti gli elementi soggetti a tolleranza rientreranno nelle rispettive zone di tolleranza, per quanto possibile.



Le norme ASME Y14.5 2009 e ASME Y14.5 2018 utilizzano la norma matematica ASME Y14.5.1 2019, che definisce il valore effettivo della tolleranza di un profilo come un unico valore misurato, pari al doppio della deviazione massima dal valore nominale. La norma ASME Y14.5 1994 utilizza la norma matematica ASME Y14.5.1M-2019, che definisce il valore effettivo della tolleranza di un profilo come una deviazione minima e massima dal valore nominale. La misura del profilo è definita come la deviazione massima dal valore nominale su ciascun lato, sia verso l'interno che verso l'esterno del materiale. Ciò significa che quando si seleziona ASME Y14.5 1994 come standard GD&T, non si ottiene più un unico valore misurato, ma i valori minimo e massimo. L'unica vera differenza sta nel modo in cui vengono presentate le informazioni; i limiti di tolleranza e la conformità rimangono invariati. Per ulteriori informazioni, scaricare il documento "ProfileReporting\_Handout\_V2" dall'archivio della Knowledge Base di PC-DMIS.

## Regole di validità

Per tutti gli elementi di input (considerati e di riferimento) devono essere specificati valori nominali corretti e forme corrette. Questo assicura che PC-DMIS calcoli correttamente i valori misurati e che il comando di tolleranza identifichi correttamente i gradi di libertà ottimizzabili.

## Opzioni esposte

Diversi tipi di elementi utilizzano un'opzione ITERATEANDREPIERCE. Tra questi vi sono i punti, le scansioni, gli insiemi e i tori (tranne per gli elementi automatici visivi dei profili 2D e gli elementi punto bordo) se è disponibile un modello CAD. Se il modello è disponibile, l'opzione è impostata su YES per impostazione predefinita in quanto garantisce che il centro della zona di tolleranza è la superficie del modello CAD. Se l'opzione non è disponibile o se è selezionato NO, questi tipi di elementi creano una zona di tolleranza planare separata per ciascun punto misurato definita dal punto teorico e dal vettore associato al punto misurato. Questa zona è detta approssimazione "planare a tratti" ed è un'ottima soluzione in molti casi. Non è adatta nei seguenti casi:

- Se l'allineamento utilizzato per trovare gli elementi nominali è significativamente diverso dal riquadro dell'elemento di riferimento ottimizzato
- Se i dati misurati includono spigoli o raggi

A causa del comportamento a volte scarso dell'approssimazione planare a tratti, nella maggior parte dei casi si consiglia di utilizzare un modello CAD e di mantenere l'opzione ITERATEANDREPIERCE impostata su YES. In alcuni casi, è preferibile impostarla su NO se il tempo di calcolo è troppo lungo. Quando la si



imposta su NO in questo modo, di solito la velocità di calcolo migliora ma ci si prende la responsabilità di garantire che l'approssimazione planare a tratti è una buona approssimazione.

I cilindri, le sfere, le larghezze, i piani e i coni non utilizzano l'opzione **ITERATEANDREPIERCE** perché il comando di tolleranza geometrica internamente rappresenta esattamente le zone di tolleranza. Per questi tipi di elementi non è possibile utilizzare l'approssimazione planare a tratti. Per contro, gli elementi automatici visivi 2D, gli elementi punto bordo, le scansioni di elementi punto bordo e gli insiemi di elementi costruiti con "filtro di regolazione" non utilizzano le opzioni **ITERATEANDREPIERCE** in quanto utilizzano sempre l'approssimazione planare a tratti.

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie.

Per maggiori informazioni, fare riferimento a "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

Se non vi sono elementi di riferimento, il tipo di algoritmo della zona di tolleranza controlla il modo in cui i punti della superficie misurata sono ottimizzati nelle rispettive zone di tolleranza:

**PREDEFINITO** - È chiamato anche min-max ed esegue un adattamento best fit che minimizza la zona di tolleranza. Questo best-fit individua la zona di tolleranza più piccola che contiene i punti della superficie. Pertanto, l'opzione **PREDEFINITO** produce il valore misurato più piccolo per la valutazione del profilo di una superficie. È anche matematicamente molto simile alla specifica, poiché se si misurano i punti densamente e con alta precisione, il valore misurato approssima molto bene il valore effettivo.

**LSQ** - Esegue un adattamento in base ai minimi quadrati. Riduce al minimo la somma dei quadrati delle deviazioni sul centro della zona. Questa opzione produce un valore misurato più grande (è più conservativa dell'opzione **PREDEFINITO**). In generale, elabora il processo più rapidamente.

### Segmenti inferiori di un profilo composto di una superficie

Un profilo della tolleranza di una superficie con più segmenti è detto "profilo composto di una superficie". Il primo segmento (superiore) di un profilo composto della tolleranza di una superficie è lo stesso del profilo a singolo segmento di una superficie (descritto all'inizio di questa sezione). Tutti i segmenti inferiori di un profilo composto di una superficie sono leggermente differenti. Ciò perché le zone di tolleranza hanno una traslazione sbloccata rispetto al riquadro degli elementi di

riferimento. Tuttavia le zone di tolleranza restano posizionate e orientate le une rispetto alle altre.

I riquadri degli elementi di riferimento per i segmenti inferiori di un profilo composto di una superficie seguono queste regole:

- Ogni sistema di elementi di riferimento deve usare solo gli stessi elementi di riferimento di quello soprastante.
- Gli elementi di riferimento devono essere nello stesso ordine.
- Gli elementi di riferimento devono avere gli stessi modificatori.
- Un segmento inferiore può avere meno elementi di riferimento di quello superiore.



Si supponga che il segmento superiore abbia gli elementi di riferimento ABC. Il segmento inferiore potrebbe non avere alcun elemento di riferimento, avere l'elemento A, gli elementi AB o gli elementi di riferimento ABC. Ma non potrebbe avere gli elementi di riferimento BA, AC o ABD.

Ecco alcuni esempi di tolleranze di posizione composte ammesse.

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	C

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A		

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)			

Ecco alcuni esempi di tolleranze di posizione composte non ammesse.

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	B	A	

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025



$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	C	

4X $\varnothing$ 0.675  $\pm$  0.025

$\varnothing$	$\varnothing$ 0.08 (M)	A	B	C
	$\varnothing$ 0.02 (M)	A	B	D

## Rapporto

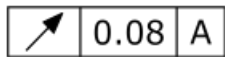
Di seguito è riportato un rapporto per un profilo della tolleranza di superficie di un piano.

FCFPROF2		MM	 1 A B C				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL		
PLN17	0.000000	1.000000	1.122074	0.561037	-0.147759	0.122074		

## Oscillazione circolare

### Introduzione

Una specifica di oscillazione circolare controlla quanto le sezioni trasversali della superficie di un elemento possono deviare da un cerchio perfetto centrato su un asse di riferimento.



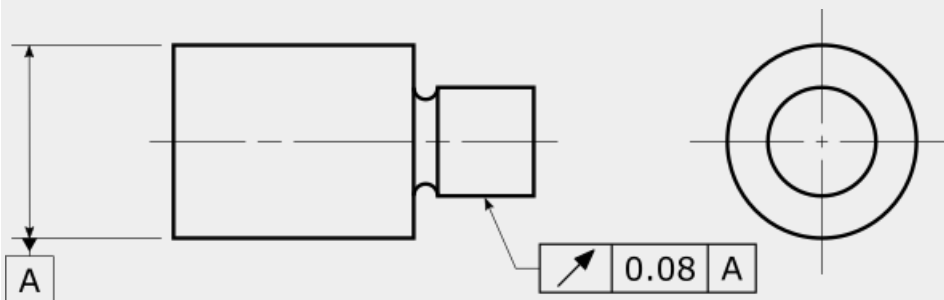
#### Valore reale

Nel caso di una sezione trasversale, questo è dato dalla distanza minima tra due cerchi. Questi cerchi sono centrati su un asse di riferimento e perpendicolari ad esso. Racchiudono al loro interno l'intera sezione trasversale.

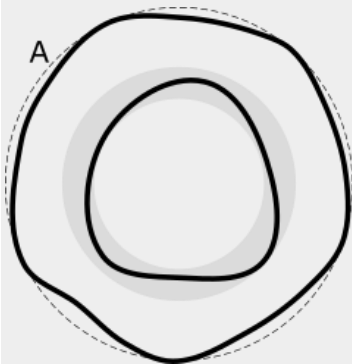
Per un intero elemento, questo è il valore reale peggiore di tutte le sezioni trasversali.



Si supponga di avere la seguente specifica di oscillazione circolare:

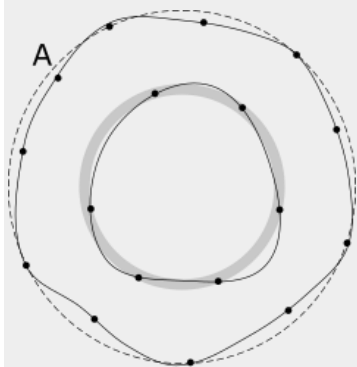


Con la suddetta specifica, il valore reale di una delle sezioni trasversali sarebbe il seguente:



La superficie del pezzo reale è rappresentata dalla linea continua, l'elemento di riferimento reale dalla linea tratteggiata, e la più piccola zona di tolleranza che racchiude la superficie della sezione trasversale dall'area ombreggiata. La zona di tolleranza è esattamente coassiale all'asse di riferimento reale. Il valore reale dell'intero elemento è il valore reale peggiore di tutte le sezioni trasversali.

Infine, il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo PREDEFINITO) di una delle sezioni trasversali sarebbe il seguente:



La zona di tolleranza misurata è esattamente coassiale all'asse di riferimento misurato. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale. Il valore misurato dell'intero elemento sarebbe pari al peggior valore misurato di tutte le sezioni trasversali.

### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare elementi circolari, cilindrici, conici o piani che hanno dati di superficie. Per i dettagli su questi cerchi, cilindri, coni e piani che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie". Questi elementi devono essere nominalmente concentrici a un asse di riferimento.

#### Elementi circolari

Questa tolleranza geometrica interpreta gli elementi circolari come una sola sezione trasversale.

##### Valore misurato

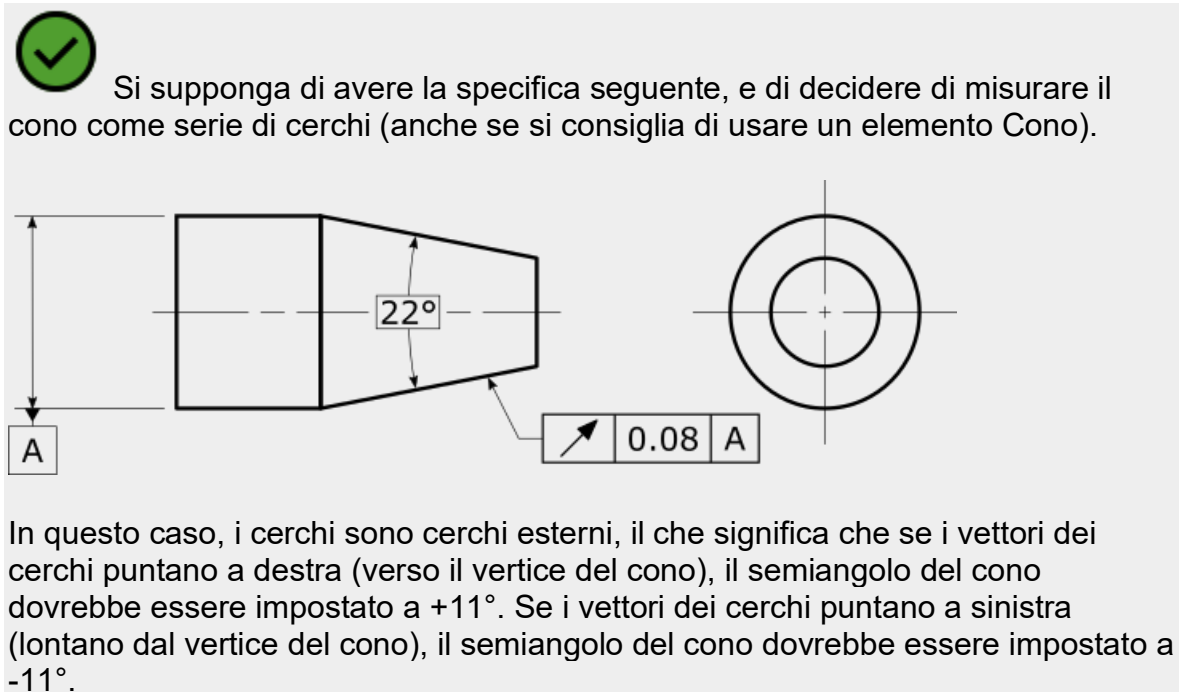
È la distanza tra due cerchi. I cerchi racchiudono al loro interno tutti i punti misurati. I cerchi sono centrati su un asse di riferimento e perpendicolari ad esso.

Normalmente, i due cerchi sono complanari. Questo significa che la superficie ha un angolo del cono nullo. Tuttavia, l'opzione "Semiangolo del cono" nel comando permette di specificare una superficie conica. In questo caso PC-DMIS angola i due cerchi in modo che la zona di tolleranza sia perpendicolare alla superficie

nominale. Il semiangolo del cono rappresenta l'angolo della superficie nominale, non la zona di tolleranza.

- Per i cerchi esterni, nel caso degli angoli positivi i vettori dei cerchi puntano verso il vertice del cono, e nel caso di quelli negativi i vettori dei cerchi puntano dalla parte opposta al vertice del cono.
- Per i cerchi interni, nel caso degli angoli positivi i vettori dei cerchi puntano dalla parte opposta al vertice del cono, e nel caso di quelli negativi i vettori dei cerchi puntano verso il vertice del cono.

Queste convenzioni per i cerchi interni ed esterni sono state scelte per rappresentare situazioni predefinite tipiche. La maggior parte delle volte i vettori dei cerchi esterni puntano verso il vertice del cono—è il caso dell'angolo positivo. Parimenti, la maggior parte delle volte i vettori dei cerchi interni puntano dalla parte opposta al vertice del cono—è il caso dell'angolo negativo.



### Elementi cilindrici

Questa tolleranza geometrica suddivide i dati di un elemento cilindrico in più sezioni trasversali. La tolleranza valuta l'oscillazione circolare di ogni sezione trasversale. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale reale peggiore, si consiglia di misurare il cilindro con diverse sezioni trasversali.

### Valore misurato

Per tutto l'elemento è il valore misurato della sezione trasversale peggiore. Se non sono stati misurati i dati di tutte le sezioni trasversali PC-DMIS genera un messaggio di errore.

### Elementi conici

Questa tolleranza geometrica suddivide i dati di un elemento conico in più sezioni trasversali. La tolleranza valuta l'oscillazione circolare di ogni sezione trasversale. Orienta ogni zona di tolleranza perpendicolare alla superficie nominale. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione trasversale reale peggiore, si consiglia di misurare il cono con diverse sezioni trasversali.

### Valore misurato

Per tutto l'elemento è il valore misurato della sezione trasversale peggiore. Se non sono stati misurati i dati di tutte le sezioni trasversali PC-DMIS genera un messaggio di errore.

### Elementi piani

Questa tolleranza geometrica suddivide i dati di un elemento piano in una o più sezioni trasversali intorno a un asse di riferimento. Orienta ogni zona di tolleranza perpendicolarmente alla superficie nominale. Per massimizzare la possibilità di trovare la sezione circolare reale peggiore, si consiglia di misurare il piano con diverse sezioni circolari.

### Valore misurato

Per tutto l'elemento è il valore misurato della sezione trasversale peggiore. Se non sono stati misurati i dati delle sezioni trasversali che circondano l'asse di riferimento, PC-DMIS genera un messaggio di errore.

## Regole di validità

Il sistema di elementi di riferimento deve stabilire un chiaro asse di riferimento.

## Modificatori ammessi

Nessuno. Questa tolleranza geometrica non ammette modificatori.

## Opzioni esposte

Per gli elementi circolari, l'opzione "Semiangolo del cono" permette di rappresentare un cerchio come sezione trasversale di una superficie conica, invece che di una superficie cilindrica. Questo modifica l'orientamento della zona di tolleranza. Entrambi i semiangoli positivo e negativo del cono hanno senso

perché permettono di controllare se la direzione nominale di apertura del cono è parallela o antiparallela al vettore nominale del cerchio.



Per i cerchi interni con semiangoli positivi, i vettori dei cerchi puntano dai diametri più piccoli del cono a quelli più grandi. Per i semiangoli negativi del cono vale l'opposto. Questa convenzione è stata scelta poiché rende gli angoli positivi il caso più comune per la maggior parte degli utenti.

Per i cerchi esterni con semiangoli positivi, i vettori dei cerchi puntano dai diametri più grandi del cono a quelli più piccoli. Per i semiangoli negativi del cono vale l'opposto. Questa convenzione è stata scelta poiché rende gli angoli positivi il caso più comune per la maggior parte degli utenti.

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

## Rapporto

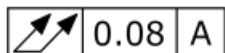
Ecco un esempio di rapporto sulla tolleranza di oscillazione circolare di un cilindro.

FCFRNOUT_ISO_4		MM	 0.01 A		LSQ	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CYL2	0.000	0.010		0.024	0.024	0.014 

## Oscillazione totale

### Introduzione

Una specifica dell'oscillazione totale controlla quanto l'elemento può deviare dalla forma perfetta centrata su un dato asse di un elemento di riferimento.



### Tipi di elementi ammessi

È possibile usare elementi cilindrici, conici o piani che hanno dati di superficie. Per i dettagli su questi elementi, fare riferimento a "Tipi di elementi con e senza dati di superficie". Questi devono essere nominalmente concentrici con l'asse dell'elemento di riferimento.



### **Elementi cilindrici**

Valore effettivo:

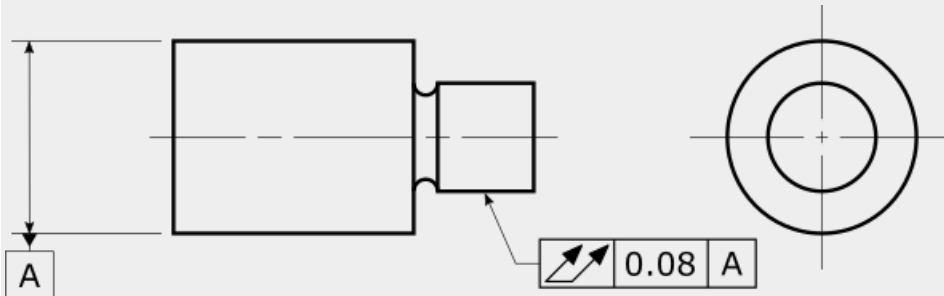
questa è la distanza minima tra due cilindri concentrici che contengono la superficie reale. I cilindri sono concentrici con l'asse dell'elemento di riferimento reale.

Valore misurato:

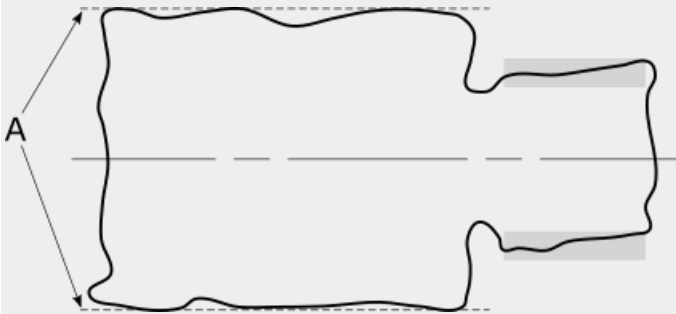
questa è la distanza minima tra due cilindri concentrici che contengono tutti i punti misurati tra loro. I cilindri sono concentrici con l'asse dell'elemento di riferimento misurato.



Si assuma di avere la seguente specifica di oscillazione totale:

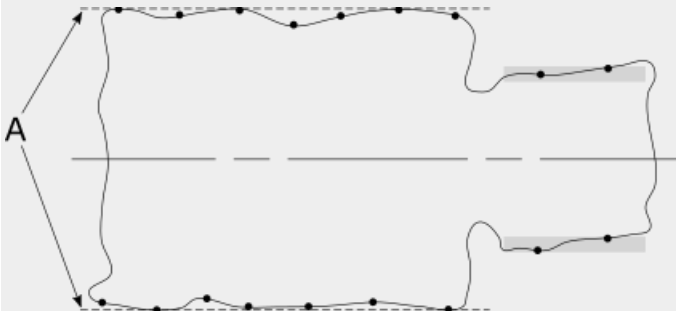


Con la suddetta specifica, il valore effettivo ha il seguente aspetto:



La superficie effettiva del pezzo è rappresentata dalla linea continua mentre l'elemento di riferimento effettivo utilizza la linea tratteggiata e la più piccola zona di tolleranza che racchiude la superficie dell'elemento effettivo nell'area ombreggiata. La zona di tolleranza è esattamente coassiale all'asse di riferimento reale.

Infine, il valore misurato (con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**) sarebbe il seguente:



La zona di tolleranza misurata è esattamente coassiale all'asse di riferimento misurato. In questo caso, i punti non sono stati misurati abbastanza densamente, per cui il valore misurato è minore di quello reale.

### Elementi conici

Valore effettivo:

questa è la distanza minima tra due coni concentrici che contengono l'intera superficie reale. I coni sono concentrici con l'asse dell'elemento di riferimento reale. Hanno inoltre lo stesso angolo di cono della superficie del cono nominale.

Valore misurato:

questa è la distanza minima tra due coni concentrici che contengono tutti i punti misurati tra loro. I coni sono concentrici con l'asse dell'elemento di riferimento misurato. Hanno inoltre lo stesso angolo di cono della superficie del cono nominale.

### Elementi piani

Valore effettivo:

questa è la distanza minima tra due piani paralleli che racchiudono tra loro tutta la superficie. I piani sono perpendicolari all'asse dell'elemento di riferimento reale.

Valore misurato:

questa è la distanza minima tra due piani paralleli che racchiudono tra loro tutti i punti misurati. I piani sono perpendicolari all'asse dell'elemento di riferimento misurato.

### Regole di validità

Il sistema di elementi di riferimento deve stabilire un chiaro asse di riferimento.

### Modificatori ammessi


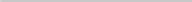
Nessuno. Questa tolleranza geometrica non ammette modificatori.

### Opzioni esposte

Quando almeno un elemento di riferimento ha dati di superficie, il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento controlla come elaborare gli elementi di riferimento misurati a partire dai loro dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".

### Rapporto

Di seguito è riportato un rapporto di esempio per una tolleranza di oscillazione totale di un cono.

FCFRNOUT_ISO_115	MM	 0.01 A-B	LSQ			ISO 1101	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CON1	0.000	0.010		0.012	0.012	0.002	

## Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento

Molte tolleranze geometriche fanno riferimento a uno o più elementi di riferimento. Gli elementi di riferimento servono ad allineare le superfici reali alla geometria nominale, in modo che sia possibile valutare rispetto a questi elementi di riferimento le tolleranze di posizione, perpendicolarità, oscillazione e altre tolleranze.

Per prima cosa, PC-DMIS adatta in modo ottimale ai rispettivi simulatori tutte le superfici reali di riferimento primario.

Poi, PC-DMIS adatta in modo ottimale ai rispettivi simulatori tutte le superfici reali di riferimento secondario, preservando l'interazione tra le superfici di riferimento primario e i rispettivi simulatori.

Quindi, PC-DMIS adatta in modo ottimale ai rispettivi simulatori tutte le superfici reali di riferimento terziario, preservando l'interazione tra le superfici di riferimento primarie e secondarie e i rispettivi simulatori.

Infine, tutti gli elementi soggetto a tolleranza sono ottimizzati all'interno delle loro zone di tolleranza, preservando l'interazione tra le superfici di riferimento e i rispettivi simulatori.

Questo processo è molto simile all'uso di un calibro funzionale.

Per prima cosa si porta il pezzo nel calibro e si allinea la superficie reale di riferimento primario al simulatore dell'elemento di riferimento primario del calibro.

Poi, si allinea la superficie reale di riferimento secondario al simulatore dell'elemento di riferimento secondario del calibro, mantenendo la superficie reale di riferimento primario allineata al simulatore dell'elemento di riferimento primario del calibro.

Quindi, si allinea la superficie reale di riferimento terziario al simulatore dell'elemento di riferimento terziario del calibro, tenendo allineate le superfici reali di riferimento primario e secondario.

Infine, gli elementi considerati sono valutati usando i perni del calibro o qualcosa di simile.



**Nota sulla terminologia:** negli standard delle GD&T sono usate frasi diverse per descrivere il concetto di simulatore di un elemento di riferimento.

- La norma ASME Y14.5 - 1994 e 2009 usa la locuzione "simulatore dell'elemento di riferimento".
- La norma ASME Y14.5 - 2018 usa la locuzione "controparte geometrica vera".
- La norma ISO 5459 usa la locuzione "elemento di riferimento associato".

Queste frasi sono all'incirca equivalenti. Questo documento usa "simulatore dell'elemento di riferimento" per brevità.

Ci sono due modi di pensare, equivalenti tra loro, sul procedimento del sistema di elementi di riferimento.

Il punto di vista del calibro.

Il pezzo reale può essere allineato alla geometria nominale come sopra descritto. La geometria nominale (il calibro) è fissa e il pezzo reale è allineato ad essa.

Il punto di vista del pezzo.

Il pezzo reale è fisso e la geometria nominale (il calibro) è allineata ad esso. Secondo il punto di vista del pezzo, PC-DMIS adatta in modo ottimale al pezzo reale i simulatori degli elementi di riferimento. Per descrivere come le tolleranze geometriche e gli elementi di riferimento sono risolti in PC-DMIS si può usare l'uno o l'altro dei punti di vista.



Nel seguito di questo argomento si userà il punto di vista del pezzo per descrivere come PC-DMIS risolve i riferimenti.



La norma matematica ASME Y14.5.1 2019 ha introdotto la prima definizione matematica degli elementi di riferimento. In precedenza, la norma ASME Y14.5.1M del 1994 utilizzava il concetto di "insieme di elementi di riferimento candidati". La funzione Algoritmo di calcolo PREDEFINITO del comando di tolleranza geometrica fornisce sempre un punto di riferimento candidato valido. Pertanto, il comportamento di PC-DMIS descritto in questa sezione è lo stesso per tutte le versioni della norma ASME Y14.5 (1994, 2009 e 2018).

### Confronto con la procedura precedente

Prima di PC-DMIS 2020 R2, con il comando XactMeasure i sistemi di elementi di riferimento erano trattati piuttosto come un allineamento di PC-DMIS con un elemento di livello, un elemento di rotazione e uno o più elementi di origine. Tutti questi elementi erano selezionati tra gli elementi di riferimento. A partire dalla versione 2020 R2, il comando di tolleranza geometrica non usa i concetti di allineamento per i sistemi di elementi di riferimento. Invece, usa il concetto di calibro per i sistemi di elementi di riferimento. Questo permette di supportare altri sistemi di elementi di riferimento insoliti che non è possibile rappresentare mediante la terna livello-rotazione-origine.

## Gradi di libertà vincolati da un sistema di elementi di riferimento

Una tolleranza geometrica senza riferimento agli elementi di riferimento non ha gradi di libertà vincolati: tutti e tre i gradi di traslazione e tutti e tre i gradi di rotazione sono liberi. Ogni elemento di riferimento successivo vincola più gradi di libertà. In particolare, dopo che un elemento di riferimento è stato risolto, traslazioni e rotazioni non possono alterare il simulatore dell'elemento di riferimento. Per esempio, dopo che un piano di riferimento primario è stato risolto, gli elementi di riferimento secondario e terziario non lo possono spostare. Questo significa che le traslazioni entro il piano di riferimento primario sono ammesse, e sono ammesse anche le rotazioni entro il piano di riferimento primario, ma che rotazioni e traslazioni fuori dal piano non sono ammesse.

Questi vincoli sono definiti matematicamente in termini di classi di invarianza. Di seguito vengono definite tutte le classi di invarianza, con alcuni esempi di elementi di riferimento che le presentano. Gli esempi non sono esaustivi, ne esistono molti altri che non sono elencati.

- **Invarianza sferica:** la classe di invarianza sferica vincola i tre gradi di libertà di traslazione e lascia non vincolate tutte le 3 rotazioni intorno al centro. È tipica degli elementi sferici e dei punti in 3D senza superficie.

- **Invarianza piana:** la classe di invarianza piana vincola la rotazione intorno a due direzioni ortogonali alla normale alla superficie, e una traslazione lungo la normale alla superficie. Lascia non vincolate la rotazione intorno alla normale alla superficie e la traslazione lungo le due direzioni ortogonali alla normale alla superficie. È tipica di piani, sezioni trasversali di piani (linee su una superficie) usate come elementi di riferimento secondari o terziari, campioni di piani (punti su una superficie) e tutti i tipi di larghezze.
- **Invarianza cilindrica:** la classe di invarianza cilindrica vincola la rotazione intorno alle due direzioni ortogonali al vettore dell'asse e la traslazione lungo le due direzioni ortogonali al vettore dell'asse. Lascia non vincolate la rotazione intorno all'asse e la traslazione lungo l'asse. È tipica di cilindri, cerchi usati come elementi di riferimento secondari o terziari, assi senza superficie e superfici coniche che sono trattate come assi (vedere le due voci sui con i più avanti).
- **Invarianza di rivoluzione:** la classe di invarianza di rivoluzione vincola la rotazione intorno alle due direzioni ortogonali al vettore dell'asse e i tre gradi di libertà di traslazione. Lascia non vincolata la rotazione intorno all'asse. È tipica di cerchi usati come elementi di riferimento primari (vedere "Sezioni trasversali di un cilindro di riferimento" più avanti) e configurazioni di due sfere non concentriche.
- **Invarianza prismatica:** la classe di invarianza prismatica vincola tutti e tre i gradi di libertà di orientamento e la traslazione lungo due direzioni ortogonali al vettore di traslazione. Lascia non vincolata la traslazione lungo il vettore di traslazione. È tipica di sezioni trasversali di piani (linee su una superficie) usate come elementi di riferimento primari (vedere "Sezioni trasversali di un piano di riferimento" più avanti) e configurazioni di cilindri paralleli non coassiali.
- **Invarianza complessa:** la classe di invarianza complessa vincola tutti i gradi di libertà. È tipica di configurazioni di cilindri non paralleli e di configurazioni di 3 sfere non coassiali. I sistemi di elementi di riferimento con invarianza complessa sono chiamati sistemi di elementi di riferimento completamente vincolati.

Quando si usa più di un elemento di riferimento, si devono combinare le classi di invarianza di ogni riferimento, in modo che nessuno dei simulatori degli elementi di riferimento possa muoversi.



**Esempio 1:** un piano di riferimento primario combinato con un cerchio di riferimento secondario sul piano genera una classe di invarianza di rivoluzione. Il piano di riferimento primario vincola tre gradi di libertà e il cerchio di riferimento secondario altri due gradi di libertà (traslazione nel piano).

**Esempio 2:** un piano di riferimento primario, una linea di riferimento secondario su una superficie, e un punto di riferimento terziario su una superficie generano una classe di invarianza complessa. L'elemento di riferimento primario vincola tre gradi di libertà generando una classe di invarianza piana. L'aggiunta dell'elemento di riferimento secondario vincola altri due gradi di libertà, generando una classe di invarianza prismatica. L'aggiunta dell'elemento di riferimento terziario vincola il rimanente grado di libertà di traslazione, generando una classe di invarianza complessa.

**Esempio 3:** una sfera di riferimento primario combinato con una sfera di riferimento secondario (non concentrica con la prima) genera una classe di invarianza di rivoluzione. La sfera di riferimento primario vincola tre gradi di traslazione e la sfera di riferimento secondario vincola due gradi di orientamento. La linea tra le due sfere è l'asse della classe di invarianza di rivoluzione.

### Confronto con la procedura precedente

A partire da PC-DMIS 2020 R2, il comando di tolleranza geometrica analizza il sistema di elementi di riferimento in termini di classi di invarianza. Questo permette di trattare correttamente sistemi di elementi di riferimento insoliti in cui i vettori non sono ortogonali tra loro. Per esempio, un sistema di elementi di riferimento con un piano di riferimento primario e un piano di riferimento secondario angolato di 30 gradi rispetto al primario ha una classe di invarianza prismatica. Prima di questa versione, PC-DMIS non supportava completamente questi sistemi di elementi di riferimento insoliti.

## Tipi di algoritmi di calcolo di un elemento di riferimento secondo la norma ASME Y14.5

Come discusso sotto la voce "Specifiche e verifiche" in "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo", offriamo diversi tipi di algoritmi per il calcolo di elementi di riferimento. PC-DMIS fornisce due modi per calcolare un simulatore ASME di un elemento di riferimento misurato usando dati di superficie misurati. Sono disponibili due tipi di algoritmi di calcolo:

**PREDEFINITO** - Questo algoritmo filtra i vuoti (solo nelle superfici piane) e calcola un adattamento best fit in base ai minimi quadrati vincolati. Questo algoritmo è estremamente simile alla definizione del simulatore ed è una buona scelta quando



l'incertezza della misura di ogni punto è molto minore dell'errore di forma della superficie.

**LSQ** - Questo algoritmo calcola un adattamento best fit ai dati della superficie in base ai minimi quadrati ordinari. I vuoti non vengono filtrati. Dal punto di vista matematico questo algoritmo è abbastanza diverso dalla definizione del simulatore, ma è una scelta migliore di quello **PREDEFINITO** quando l'incertezza della misura di ogni punto è molto maggiore dell'errore di forma e dell'errore di orientamento della superficie rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Tra questi due estremi, nel caso in cui l'incertezza di misura di ogni punto sia almeno dello stesso ordine di grandezza dell'errore di forma, e almeno dell'ordine di grandezza dell'errore di orientamento, può essere difficile prevedere quale tipo di algoritmo porterebbe a un'approssimazione misurata più vicina al simulatore dell'elemento reale. Il solo modo di accertarsi di quale possa essere il tipo migliore di algoritmo è quello di fare un attento studio.

Prima di tutto, usare una raccolta dei pezzi che presentano la gamma degli errori di lavorazione da controllare.

Poi, misurare i pezzi densamente, usando molte sezioni trasversali. Usare apparecchiature di gamma alta, che offrano un'incertezza di misura di ogni punto molto inferiore all'errore di forma. Calcolare gli elementi di riferimento con l'algoritmo **PREDEFINITO** descritto in precedenza.

Infine, misurare i pezzi con le apparecchiature e le strategie di misurazione usate nel processo di produzione.

Si potrà così vedere quale dei due tipi di algoritmi approssima meglio le misure in alta precisione.

Per qualsiasi algoritmo di calcolo si consiglia di misurare densamente la superficie dell'elemento di riferimento per ottenere la migliore approssimazione possibile del simulatore dell'elemento di riferimento misurato al simulatore dell'elemento di riferimento reale.

## Tipi di algoritmi di calcolo di un elemento di riferimento secondo ISO 1101

Come discusso sotto la voce "Specifiche e verifiche" in "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo", offriamo diversi tipi di algoritmi per il calcolo di elementi di riferimento. PC-DMIS fornisce tre modi per calcolare un simulatore ISO di un elemento di riferimento misurato usando dati di superficie misurati. Sono disponibili tre opzioni di algoritmi di calcolo:

**PREDEFINITO** - Questo algoritmo filtra i vuoti (tutti i tipi di superfici) e calcola un adattamento best fit in base ai massimi e minimi vincolati, massimo inscritto o minimo circoscritto (a seconda del tipo di elemento, se la superficie è interna o esterna, e del modificatore di materiale). Questo algoritmo è estremamente simile alla definizione del simulatore ed è una buona scelta quando l'incertezza della misura di ogni punto è molto minore dell'errore di forma della superficie.

**LSQ** - Questo algoritmo calcola un adattamento best fit ai dati della superficie in base ai minimi quadrati ordinari. I vuoti non vengono filtrati. Dal punto di vista matematico questo algoritmo è abbastanza diverso dalla definizione del simulatore, ma è una scelta migliore di quello **PREDEFINITO** quando l'incertezza della misura di ogni punto è molto maggiore dell'errore di forma e dell'errore di orientamento della superficie rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Tra questi due estremi, nel caso in cui l'incertezza di misura di ogni punto sia almeno dello stesso ordine di grandezza dell'errore di forma, e almeno dell'ordine di grandezza dell'errore di orientamento, può essere difficile prevedere quale tipo di algoritmo porterebbe a un'approssimazione misurata più vicina al simulatore dell'elemento reale. Il solo modo di accertarsi di quale possa essere il tipo migliore di algoritmo è quello di fare un attento studio.

Prima di tutto, usare una raccolta dei pezzi che presentano la gamma degli errori di lavorazione da controllare.

Poi, misurare i pezzi densamente, usando molte sezioni trasversali. Usare apparecchiature di gamma alta, che offrano un'incertezza di misura di ogni punto molto inferiore all'errore di forma. Calcolare gli elementi di riferimento con l'algoritmo **PREDEFINITO** descritto in precedenza.

Infine, misurare i pezzi con le apparecchiature e le strategie di misurazione usate nel processo di produzione.

Si potrà così vedere quale dei due tipi di algoritmi approssima meglio le misure in alta precisione.

**CL2** - Questo algoritmo filtra i vuoti (in tutti i tipi di superfici) e calcola un adattamento best fit in base ai minimi quadrati vincolati. Come l'algoritmo **PREDEFINITO**, questa opzione richiede che l'incertezza della misura in ogni punto della superficie sia molto minore dell'errore di forma della superficie stessa. Questa opzione devia dalla norma ISO 5459 - 2011 per le seguenti ragioni.

- Stabilità: l'algoritmo dei minimi quadrati vincolati fornisce risultati più stabili di quelli che si ottengono in base ai massimi e minimi vincolati, massimo inscritto e minimo circoscritto.

- Confronto con i metodi di ispezione fisici: l'algoritmo in base ai minimi quadrati vincolati fornisce un'approssimazione di una piastra superficiale migliore di quella offerta dall'algoritmo dei massimi e minimi vincolati.
- Confronto con un assieme: l'algoritmo in base ai minimi quadrati vincolati fornisce un'approssimazione di un assieme migliore di quella offerta dall'algoritmo dei massimi e minimi vincolati.
- Supporto agli standard futuri: nelle ultime bozze non pubblicate della norma ISO 5459 l'algoritmo dei minimi quadrati vincolati è stato indicato come predefinito e quindi sembra probabile che la prossima edizione dell'ISO 5459 faccia lo stesso.

Per qualsiasi algoritmo di calcolo si consiglia di misurare densamente la superficie dell'elemento di riferimento per ottenere la migliore approssimazione possibile del simulatore dell'elemento di riferimento misurato al simulatore dell'elemento di riferimento reale.

## I modificatori degli elementi di riferimento

Gli elementi di riferimento possono avere diversi tipi di modificatori. I tipi più comuni sono i modificatori del materiale **(M)** e **(L)**. Questi modificatori sono descritti in "Elementi di riferimento con modificatore di materiale". Quando si seleziona la casella di opzione **Modificatori avanzati** diventano accessibili ulteriori modificatori, inclusi il modificatore di traslazione per ASME e il modificatore [DF] per ISO.

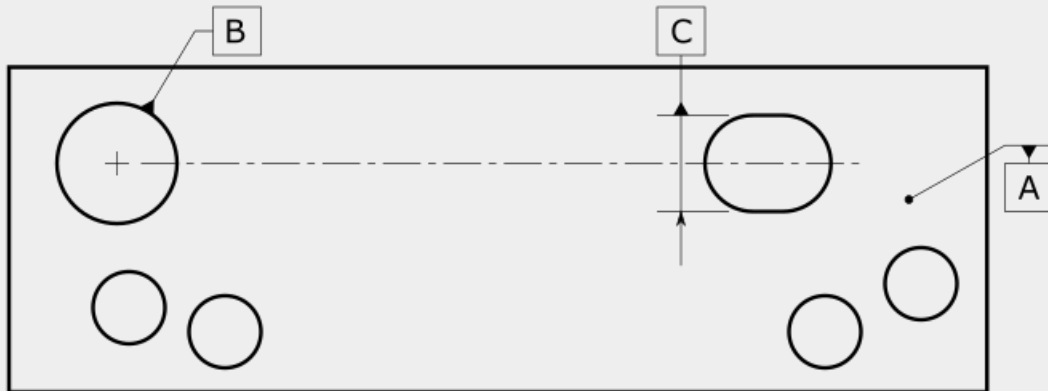
### Il modificatore [DF]

Il modificatore [DF] non è standardizzato. Questo significa che non è contenuto in alcuno standard ISO pubblicato. Il modificatore è stato introdotto in alcune bozze non pubblicate della norma ISO 5459. In queste bozze, [DF] sta per "Distanza fissata". Questo significa che la posizione di un elemento di riferimento è vincolata da quella di altro/i elemento/i di riferimento con precedenza maggiore, che prevale sulla distanza variabile predefinita. Anche se questo modificatore non fa parte dello standard, riteniamo che sia necessario per supportare diversi requisiti funzionali ISO, specialmente quelli relativi ai sistemi di elementi di riferimento piano-cerchio-larghezza (e alle varianti della larghezza come asole e linee intermedie).

- Senza modificatore, l'orientamento dell'asola controlla completamente l'angolo di rotazione nel piano. Questo produce risultati instabili e non funzionali (specialmente quando l'asola è corta).
- Con il modificatore, l'angolo tra cerchio e asola controlla l'angolo di rotazione nel piano. Questo è l'intento funzionale.

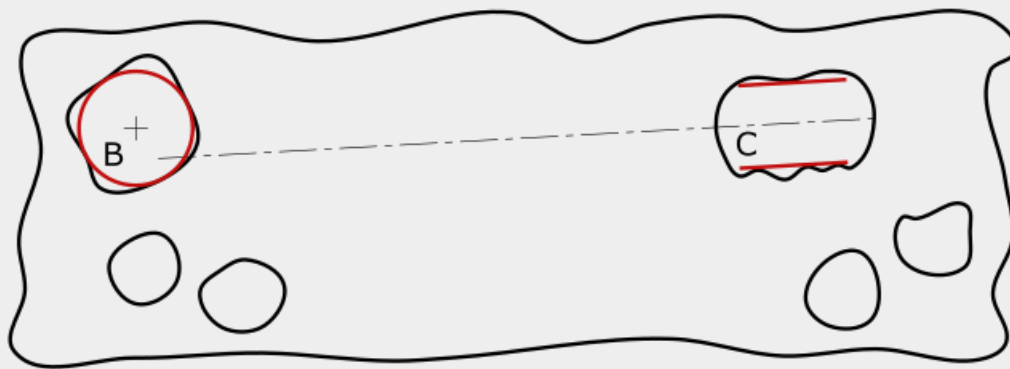


Si supponga di avere la seguente specifica ISO, in cui l'elemento di riferimento primario è A, l'elemento di riferimento secondario è B e l'elemento di riferimento terziario è C:



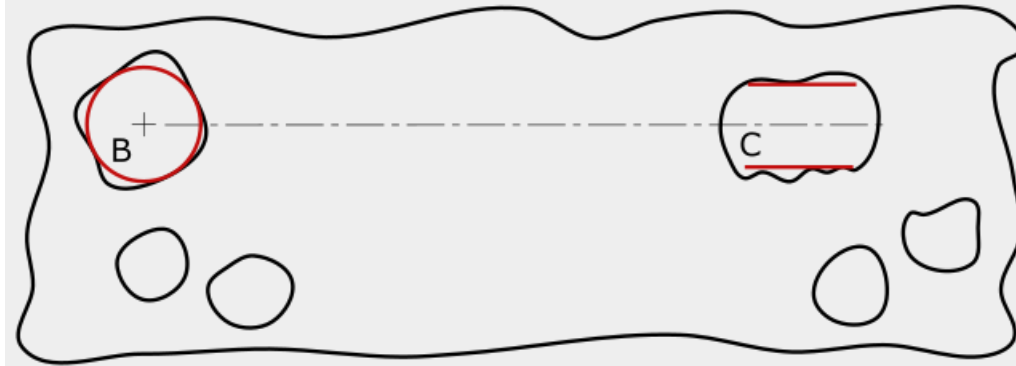
### Senza modificatori

Naturalmente, la superficie del pezzo reale presenta errori di localizzazione, orientamento e forma. Senza modificatori, il sistema di elementi di riferimento assomiglia all'immagine seguente. L'angolo di rotazione nel piano deriva completamente dall'orientamento dell'elemento di riferimento C. Spesso, questo rende instabile l'angolo di rotazione nel piano. Questo perché piccole variazioni di C causano grandi variazioni dell'angolo di rotazione:



### Con il modificatore [DF]

Con questo sistema di elementi di riferimento, normalmente l'elemento di riferimento C necessita di un modificatore [DF]. Il modificatore vincola la localizzazione relativa dell'elemento di riferimento. Questo vincolo rende l'elemento di riferimento C complanare con l'elemento di riferimento B. Questo soddisfa l'intento funzionale e rende più stabile il sistema di elementi di riferimento.



## Piani di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5

Il simulatore dei piani di riferimento reali è definito nella norma ASME Y14.5.1 - 2019. La superficie reale è filtrata per rimuovere scalfitture e altri vuoti, e quindi un piano perfetto è adattato alla superficie filtrata usando l'algoritmo dei minimi quadrati vincolati. Questo rende il simulatore esterno al materiale mentre ne massimizza contatto e stabilità. Nel caso in cui la superficie reale oscillasse, la definizione secondo i minimi quadrati vincolati produce una soluzione stabile.

L'orientamento dei simulatori dei piani reali di riferimento secondario e terziario è vincolato nominalmente rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. La localizzazione dei piani di riferimento secondario e terziario non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. Questo significa che un modificatore di traslazione su un piano di riferimento è come se non ci fosse (non ha effetto).

Quando i piani di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli sui piani che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Piani di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101

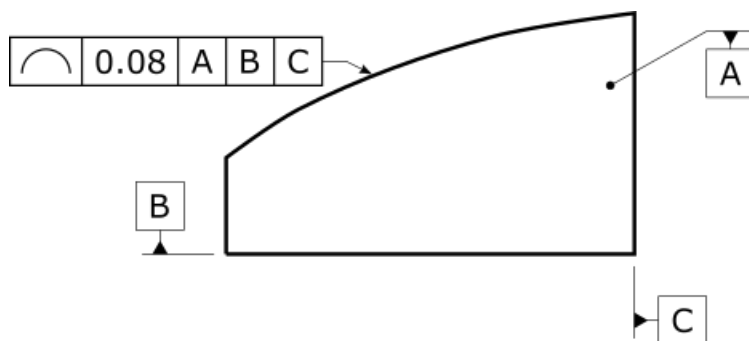
Il simulatore dei piani di riferimento reali è definito nella norma ISO 5459 - 2011 che usa la locuzione "elemento di riferimento associato". La superficie reale è filtrata per rimuovere scalfitture e altri vuoti, e quindi un piano perfetto è adattato alla superficie filtrata usando l'algoritmo dei massimi e minimi vincolati. Questo adattamento rende il simulatore esterno al materiale, con i punti minimi della superficie filtrata quanto più vicini possibile al simulatore dell'elemento di riferimento reale.

L'orientamento dei simulatori dei piani reali di riferimento secondario e terziario è vincolato nominalmente rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. La loro localizzazione non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che l'elemento di riferimento non abbia un modificatore [DF]. Quando l'elemento di riferimento ha un modificatore[DF], l'orientamento e la localizzazione dei simulatori sono nominalmente vincolati a quelli dei simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Quando i piani di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli sui piani che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

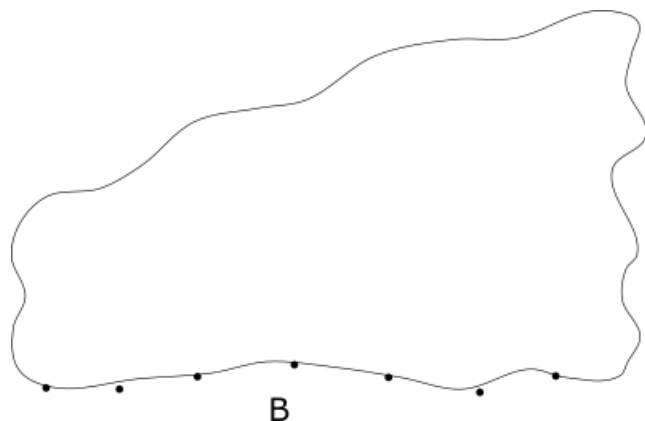
### Illustrazioni di piani di riferimento: filtraggio, adattamento ottimale e vincoli di orientamento

Come esempio di processo di adattamento ottimale si supponga di avere la specifica seguente:

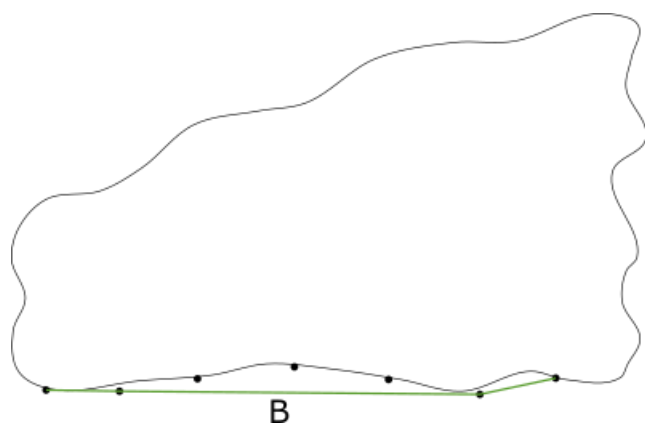


È più facile illustrare il filtraggio dei vuoti e l'adattamento ottimale in 2D che in 3D, quindi supponiamo che l'elemento di riferimento B sia stato misurato come linea invece che come piano (anche se si consiglia di misurarlo come piano). I punti misurati saranno simili ai seguenti:

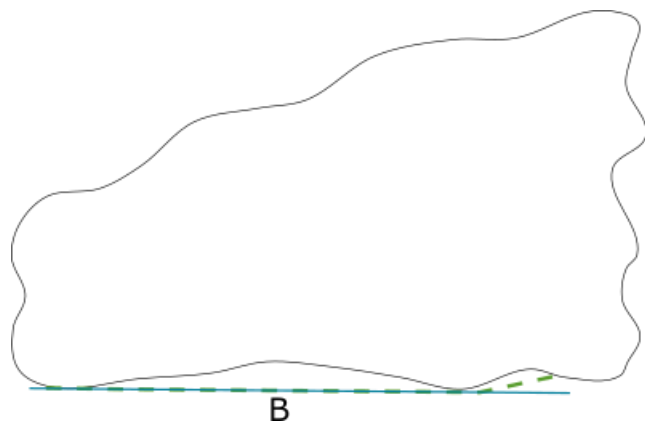
## Uso delle tolleranze geometriche



Quindi, la superficie filtrata dai vuoti sarebbe come quella mostrata in verde:

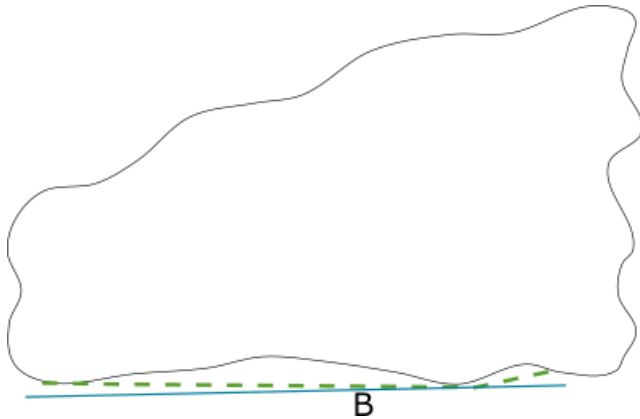


La linea best fit calcolata in base ai minimi quadrati vincolati (generata dall'algoritmo **PREDEFINITO** di calcolo dell'elemento di riferimento nel caso della norma ASME, o dall'algoritmo di calcolo **CL2** nel caso della norma ISO) si adatta in modo ottimale alla superficie filtrata, e appare come quella mostrata in blu:

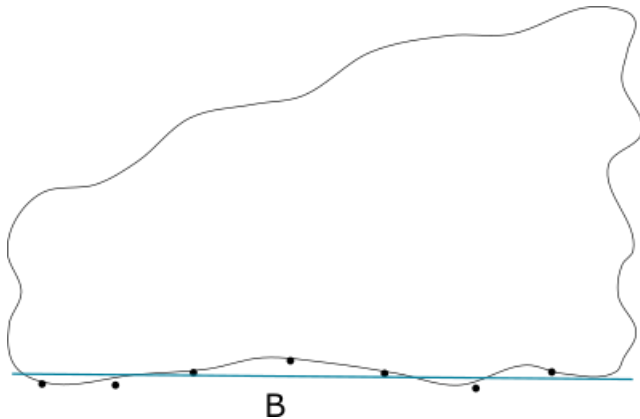


D'altra parte, la linea best fit calcolata in base ai massimi e minimi vincolati (generata dall'algoritmo **PREDEFINITO** di calcolo dell'elemento di riferimento nel caso della

norma ISO) si adatta in modo ottimale alla superficie filtrata, e appare come quella mostrata in blu:



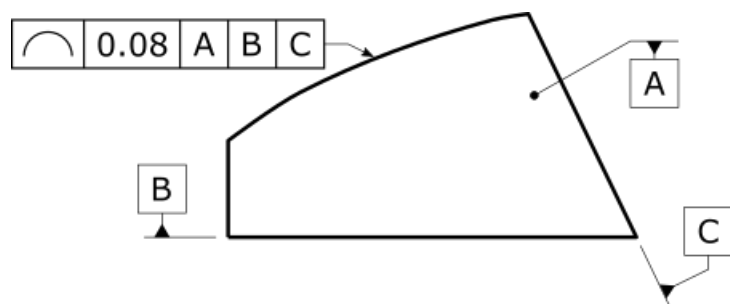
Nel contempo, la linea calcolata in base ai minimi quadrati non vincolati (generata dall'algoritmo **LSQ** di calcolo dell'elemento di riferimento) si adatta in modo ottimale ai punti originali misurati, e appare come quella mostrata in blu:



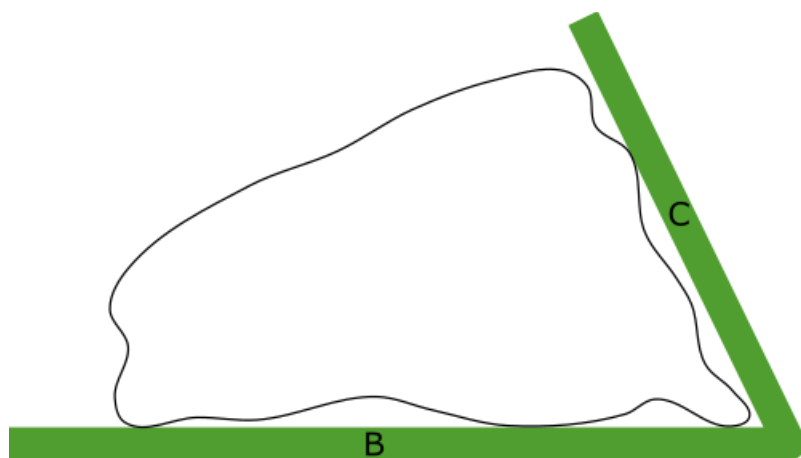
In questo caso particolare l'algoritmo **PREDEFINITO** di calcolo dell'elemento di riferimento approssima l'elemento di riferimento reale meglio dell'algoritmo **LSQ**. Tuttavia, come mostrato in "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo", l'algoritmo **LSQ** di calcolo dell'elemento di riferimento approssima meglio l'elemento di riferimento reale quando l'incertezza della misurazione dei punti è maggiore. Nel contempo, l'algoritmo **CL2** della norma ISO approssima meglio il comportamento assemblato dell'elemento di riferimento, ma peggio l'elemento di riferimento reale (specificato).

Come esempio di vincoli di orientamento, si supponga di avere la specifica seguente:





Quindi, gli elementi di riferimento reali (specificati) di un pezzo realistico potrebbero avere il seguente aspetto:



Si noti che il simulatore C dell'elemento di riferimento reale è angolato rispetto al simulatore B dell'elemento di riferimento reale dell'angolo nominale. Si noti anche che il simulatore C dell'elemento di riferimento tocca la superficie reale esattamente in un solo punto.

## Piani di riferimento senza dati di superficie

In rari casi, viene definito un piano di riferimento che non ha dati di superficie. Per esempio, questo è il caso di un piano che tocca tre sfere. PC-DMIS supporta applicazioni del genere ammettendo tipi di elementi di riferimento che non hanno dati di superficie.

Quando un piano di riferimento primario non ha dati di superficie, il comando di tolleranza geometrica usa come simulatore dell'elemento di riferimento i valori misurati del piano.

Quando un piano di riferimento secondario o terziario non ha dati di superficie, il comando di tolleranza geometrica costruisce un piano misurato quanto più vicino possibile ai valori misurati del piano con orientamento nominale rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. Come già visto, i piani di riferimento secondari e terziari secondo ASME e ISO non hanno una

localizzazione nominale rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che non ci sia un modificatore[DF].

Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare piani di riferimento senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale. Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati.

Per i dettagli sui piani che non hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Sezioni trasversali dei piani di riferimento

Le linee di riferimento possono essere sezioni trasversali di una superficie piana (vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie") o assi senza superficie. Questa voce descrive il caso delle sezioni trasversali. Il caso dell'asse senza superficie è descritto in "Cilindri di riferimento senza dati di superficie e assi senza superficie".

Poiché questi tipi di linee rappresentano una sezione trasversale di una superficie piana, qui vale quanto detto nelle sezioni precedenti che trattano dei piani di riferimento. Per esempio, il simulatore dell'elemento di riferimento reale è un'intera superficie piana. D'altra parte, il simulatore dell'elemento di riferimento misurato è una sezione trasversale di una superficie piana poiché è stata misurata solo una sezione trasversale della superficie. Questo significa che si consiglia di non usare come elemento di riferimento primario linee che rappresentano una sezione trasversale di un piano. Queste linee dovrebbero essere usate come elemento di riferimento solo se nel piano di lavoro della linea sono già stati definiti elementi di riferimento con precedenza più alta. Tuttavia, PC-DMIS permette ancora di usare queste linee come elemento di riferimento primario. In tal caso PC-DMIS livella rispetto alla vista della linea prima di considerare la linea stessa come riferimento:

la vista della linea misurata o della linea best-fit è il suo piano di lavoro;

la vista di una linea automatica è il suo vettore nominale di superficie.

Poiché le linee non sono consigliate come elemento di riferimento primario, PC-DMIS mostra un messaggio di avvertenza come descritto in "Messaggi di errore e avvertenze per la risoluzione dei problemi". Può sembrare un controsenso, ma una linea di riferimento primario su una superficie vincola cinque gradi di libertà (classe di invarianza prismatica) mentre un piano di riferimento primario vincola solo tre gradi di libertà (classe di invarianza planare). Questo significa che se si misurano meno dati, in realtà si vincolano più gradi di libertà. Questo poiché si richiede che la vista della linea diventi un elemento di riferimento implicito con precedenza più alta rispetto a qualsiasi elemento di riferimento nel riquadro di controllo.

Se si usa una linea su una superficie come elemento di riferimento primario l'avvertenza non si può disattivare. Questo perché si consiglia caldamente di non usare linee di superficie come elemento di riferimento primario. Tuttavia, PC-DMIS supporta questo caso per le applicazioni Legacy. Invece, si consiglia di misurare prima il piano di riferimento e di usarlo come elemento di riferimento primario. Quindi, misurare un piano o una linea come elemento di riferimento secondario.

Per la maggior parte, gli elementi indicati come riferimento si trovano su una superficie—hanno cioè dati di superficie. Anche se in PC-DMIS è possibile misurare una linea su una superficie non piana, il comando di tolleranza geometrica tratta sempre le linee sulle superfici come provenienti da una superficie piana. Poiché il simulatore dell'elemento di riferimento misurato è solo una sezione trasversale di una superficie piana, gli algoritmi (di filtraggio dei vuoti e adattamento) che operano sui dati degli elementi misurati sono tutti in 2D invece che in 3D.

Non si consiglia di usare come elementi di riferimento linee che rappresentano sezioni trasversali di superfici piane a meno che non si sappia già che l'errore di orientamento tra gli elementi di riferimento con precedenza più alta è molto piccolo e che la superficie piana è rappresentata dalla linea. Invece, si consiglia di usare piani per rappresentare superfici di riferimento secondario o terziario ogni volta che questo è possibile.

PC-DMIS gestisce linee di riferimento che rappresentano una sezione trasversale di un piano che non hanno dati di superficie più o meno come piani di riferimento che non hanno dati di superficie. Il comando di tolleranza geometrica costruisce una sezione trasversale di un piano misurato quanto più vicino possibile alla sezione trasversale del piano con i valori misurati e con orientamento nominale rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare elementi di riferimento senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale. Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati.



La normale alla superficie misurata di una linea è parallela al vettore risultante dal prodotto vettoriale del vettore della linea e del vettore del piano di lavoro.

Per i dettagli sulle linee che rappresentano sezioni trasversali di un piano e che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Campioni di piani di riferimento

Il comando di tolleranza geometrica tratta la maggior parte dei tipi di punti come singoli campioni di superfici piane. Anche se in PC-DMIS è possibile misurare un punto su una superficie non piana, il comando di tolleranza geometrica tratta sempre i punti campione

di una superficie come se provenissero da una superficie piana. Pertanto, qui vale quanto detto nelle sezioni precedenti che trattano dei piani di riferimento. Per esempio, il simulatore dell'elemento di riferimento reale è un'intera superficie piana. D'altra parte, il simulatore dell'elemento di riferimento misurato è un singolo campione di una superficie piana. Questo perché è stato misurato solo un campione della superficie. Questo significa che i vuoti non vengono filtrati. L'orientamento della superficie piana deve essere completamente vincolato degli elementi di riferimento che hanno precedenza più alta (non vengono eseguiti adattamenti). È possibile usare un campione di una superficie piana come elemento di riferimento terziario.

Non si consiglia di usare come elementi di riferimento punti di una superficie a meno che non si sappia già che l'errore di orientamento tra gli elementi di riferimento con precedenza più alta è molto piccolo e che la superficie piana è rappresentata dal punto. Invece, si consiglia di usare piani per rappresentare superfici piane terziarie ogni volta che questo è possibile.

Per i dettagli sui punti che rappresentano campioni di una superficie piana, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## **Cilindri di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5**

Il simulatore dei cilindri di riferimento reali è definito nella norma ASME Y14.5.1 - 2019. Un cilindro perfetto è adattato alla superficie reale usando l'algoritmo dei minimi quadrati vincolati.

I vuoti non vengono filtrati. Questo rende il simulatore esterno al materiale mentre ne massimizza contatto e stabilità. Nel caso in cui la superficie reale oscillasse, la definizione secondo i minimi quadrati vincolati produce una soluzione stabile.

L'orientamento e la localizzazione dei simulatori dei cilindri reali di riferimento secondario e terziario sono nominalmente vincolati rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. Quando è presente un modificatore di traslazione, la localizzazione dei cilindri di riferimento secondari e terziari non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, ma il loro orientamento rimane vincolato.

Quando i cilindri di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli sui cilindri che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Cilindri di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101

Per i cilindri, il simulatore degli elementi di riferimento reali è definito nella norma ISO 5459 - 2011 che usa la locuzione "elemento di riferimento associato". La superficie reale è filtrata per rimuovere scalfitture e altri vuoti, e quindi un cilindro perfetto è adattato alla superficie filtrata usando l'algoritmo di adattamento del massimo inscritto (cilindri interni) o del minimo circoscritto (cilindri esterni). Questo adattamento rende il simulatore esterno al materiale e può essere considerato un involucro di forma perfetta.

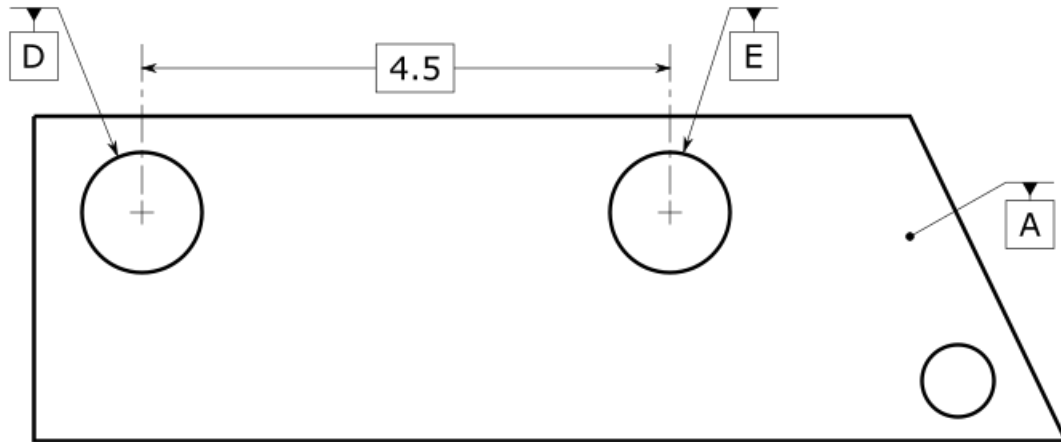
Sfortunatamente, gli algoritmi inscritti e circoscritti producono risultati notoriamente instabili, e quindi PC-DMIS con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO** usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per inscrivere o circoscrivere questo tipo di elemento di riferimento. L'algoritmo dei minimi quadrati vincolati produce più o meno lo stesso diametro di un elemento inscritto o circoscritto, ma molto più stabile. Pertanto gli algoritmi **PREDEFINITO** e **CL2** sono equivalenti per questo tipo di elemento di riferimento.

L'orientamento dei simulatori dei cilindri di riferimento reali secondari e terziari è vincolato nominalmente rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. La loro localizzazione non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che l'elemento di riferimento non abbia un modificatore [DF]. Quando l'elemento di riferimento ha un modificatore[DF], l'orientamento e la localizzazione dei simulatori sono nominalmente vincolati a quelli dei simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

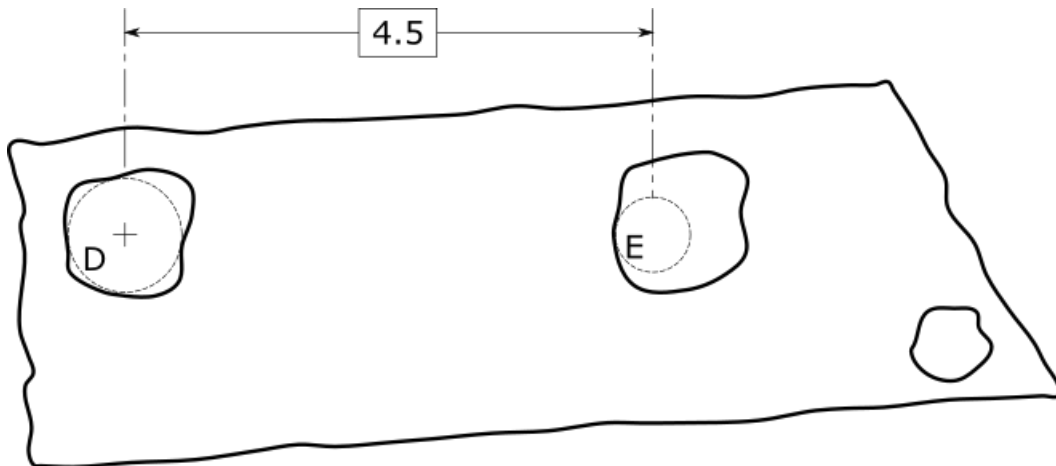
Quando i cilindri di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli sui cilindri che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Illustrazioni dei cilindri di riferimento con e senza vincoli di localizzazione

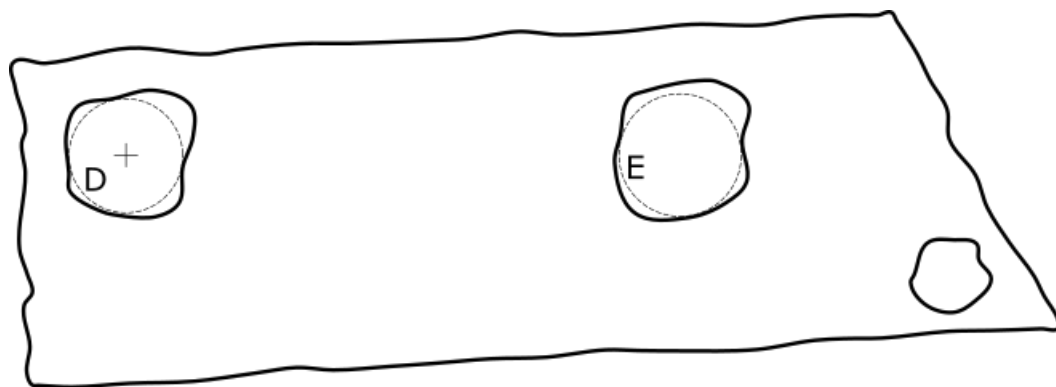
Un sistema di elementi di riferimento che si vede spesso è quello costituito dal piano di riferimento primario seguito da un cilindro di riferimento secondario e da un cilindro di riferimento terziario. Ecco un'illustrazione di una specifica in cui il piano di riferimento primario è A, il cilindro di riferimento secondario è D e quello terziario è E.



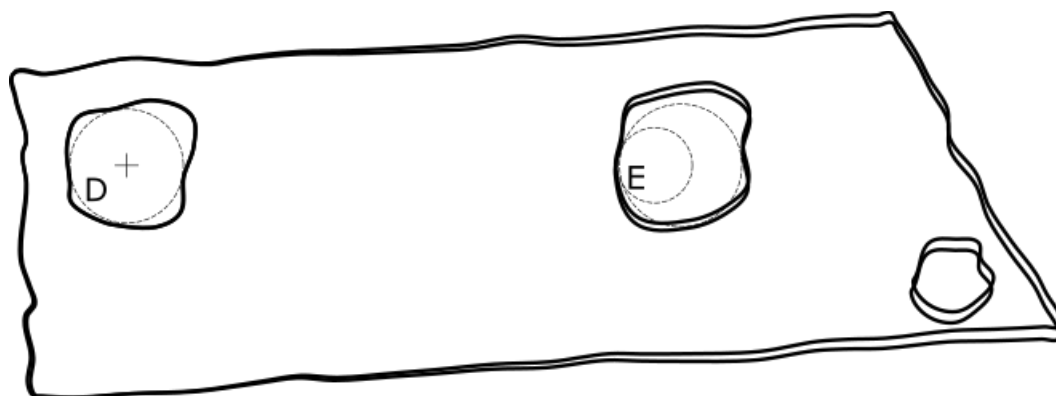
Secondo ASME (o secondo ISO con un modificatore [DF] sull'elemento di riferimento terziario), gli elementi di riferimento secondario e terziario hanno reciproche localizzazioni nominali. Questo dà luogo al seguente sistema di elementi di riferimento:



Secondo l'ISO (o secondo l'ASME in caso di un elemento di riferimento terziario con un modificatore di traslazione), non ci sono vincoli di localizzazione tra l'elemento di riferimento secondario D and e l'elemento di riferimento terziario E. Questo dà luogo al seguente sistema di elementi di riferimento, che ha una rotazione differente:



La differenza tra i due sistemi di elementi di riferimento si nota più facilmente quando sono sovrapposti.



## Cilindri di riferimento senza dati di superficie e assi senza superficie

In rari casi, viene definito un cilindro o un asse di riferimento che non ha dati di superficie. Per esempio, questo è il caso di un cilindro di riferimento che circoscrive tre perni. PC-DMIS supporta applicazioni del genere ammettendo tipi di elementi di riferimento che non hanno dati di superficie.

Quando un cilindro o un asse di riferimento primario non ha dati di superficie, il comando di tolleranza geometrica usa come simulatore dell'elemento di riferimento i valori misurati del cilindro o dell'asse.

Quando un cilindro o un asse di riferimento secondario o terziario non ha dati di superficie, il comando di tolleranza geometrica costruisce un asse misurato quanto più vicino possibile all'asse con i valori misurati e nominalmente vincolato ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta,

- Nel caso dei cilindri o degli assi di riferimento ASME senza dati di superficie e senza modificatore di traslazione, e dei cilindri o assi di

riferimento ISO senza dati di superficie ma con un modificatore [DF], il simulatore dell'elemento di riferimento ha orientamento e localizzazione nominali rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

- Nel caso dei cilindri o degli assi di riferimento ASME senza dati di superficie e con modificatore di traslazione, e dei cilindri o assi di riferimento ISO senza dati di superficie, il simulatore dell'elemento di riferimento ha un orientamento nominale rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che non ci sia un modificatore [DF].

Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare cilindri o assi di riferimento senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale. Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati.

Per i dettagli sui cilindri che hanno e non hanno dati di superficie, e i tipi di elementi che rappresentano assi senza superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Sezioni trasversali dei cilindri di riferimento

Il comando di tolleranza geometrica tratta i cerchi di riferimento come una sezione trasversale di una superficie cilindrica. Anche se PC-DMIS può misurare un cerchio su una superficie non cilindrica, il comando di tolleranza geometrica tratta sempre i cerchi di riferimento come derivati da una superficie cilindrica. Pertanto, qui vale quanto detto nelle sezioni precedenti che trattano dei cilindri di riferimento. Per esempio, il simulatore dell'elemento di riferimento reale è un'intera superficie cilindrica. D'altra parte, il simulatore dell'elemento di riferimento misurato è una sezione trasversale di una superficie cilindrica. Questo perché sono state misurate solo le sezioni trasversali. Questo significa che, gli algoritmi (di filtraggio dei vuoti e adattamento) che operano sui dati degli elementi misurati sono tutti in 2D invece che in 3D (i dati di superficie sono filtrati solo per i cerchi di riferimento ISO, non per quelli ASME). Questo significa anche che non è consigliato usare un cerchio come elemento di riferimento primario. Più precisamente, non si dovrebbe usare un cerchio come elemento di riferimento finché gli elementi di riferimento con precedenza più alta non hanno definito il vettore dell'asse del cilindro.

Tuttavia, PC-DMIS permette di usare i cerchi come elemento di riferimento primario, e in questo caso livella rispetto alla vista del cerchio prima di considerare il cerchio di riferimento stesso. La vista di un cerchio è il suo vettore nominale. Poiché i cerchi non sono consigliati come elementi di riferimento primari, sarà visualizzato un messaggio di avvertenza come descritto in "Messaggi di errore e avvertenze per la risoluzione dei



problemi". Può sembrare un controsenso, ma un cerchio di riferimento primario vincola cinque gradi di libertà (classe di invarianza rotazionale) mentre un cilindro di riferimento primario vincola solo quattro gradi di libertà (classe di invarianza cilindrica). Questo significa che se si misurano meno dati, in realtà si vincolano più gradi di libertà. Questo poiché si richiede che la vista del cerchio diventi un elemento di riferimento implicito con precedenza più alta rispetto a qualsiasi elemento di riferimento nel riquadro di controllo.

Se si usa un cerchio come elemento di riferimento primario l'avvertenza non si può disattivare. Questo perché si consiglia caldamente di non usare cerchi come elementi di riferimento primari. Tuttavia, PC-DMIS supporta questo caso per le applicazioni Legacy. Invece, si consiglia di misurare prima il piano di riferimento e di usarlo come elemento di riferimento primario. Quindi, misurare un cilindro o un cerchio come elemento di riferimento secondario.

Per le ragioni discusse in "Cilindri di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101", i cerchi di riferimento secondo ISO 1101 nel comando di tolleranza geometrica sono gli stessi per gli algoritmi di calcolo degli elementi di riferimento **PREDEFINITO** e **CL2**.

Non si consiglia di usare cerchi come elementi di riferimento a meno che non si sappia già che l'errore di orientamento tra gli elementi di riferimento con precedenza più alta è molto piccolo e che la superficie cilindrica è rappresentata da un cerchio. Invece, si consiglia di usare cilindri per rappresentare le superfici cilindriche ogni volta che questo è possibile.

PC-DMIS tratta i cerchi di riferimento senza dati di superficie in modo più o meno simile a quello dei cilindri di riferimento senza dati di superficie. Il comando di tolleranza geometrica costruisce una sezione trasversale di un cilindro misurato quanto più vicino possibile alla sezione trasversale del cilindro con i valori misurati e con orientamento nominale rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

- Nel caso dei cerchi di riferimento ASME senza dati di superficie e senza modificatore di traslazione, e dei cerchi di riferimento ISO senza dati di superficie ma con un modificatore [DF], il simulatore dell'elemento di riferimento ha orientamento e localizzazione nominali rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.
- Nel caso dei cerchi di riferimento ASME senza dati di superficie e con modificatore di traslazione, e dei cerchi di riferimento ISO senza dati di superficie e senza modificatore [DF], il simulatore dell'elemento di riferimento ha un orientamento nominale rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare cerchi di riferimento senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione

concettuale. Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati.

Per i dettagli sui cerchi che hanno e non hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## **Larghezze di riferimento secondo ASME Y14.5**

Il simulatore delle larghezze di riferimento reali è definito nella norma ASME Y14.5.1 - 2019. Una larghezza perfetta è adattata alla superficie reale usando l'algoritmo dei minimi quadrati vincolati.

I vuoti non vengono filtrati. Questo rende il simulatore esterno al materiale mentre ne massimizza contatto e stabilità. Nel caso in cui la superficie reale oscillasse, la definizione secondo i minimi quadrati vincolati produce una soluzione stabile.

L'orientamento e la localizzazione dei simulatori delle larghezze reali di riferimento secondario e terziario sono nominalmente vincolati rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. Quando è presente un modificatore di traslazione, la localizzazione delle larghezze di riferimento secondario e terziario non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, ma il loro orientamento rimane vincolato.

In PC-DMIS tutte le larghezze hanno dati di superficie. PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento.

Quando è possibile, usare una larghezza in 3D. Questo, poiché rappresenta l'intera superficie della larghezza. Quando una larghezza non ha uno spessore sufficiente per essere misurata come larghezza in 3D, si può usare una larghezza in 2D come elemento di riferimento secondario o terziario. Non si deve usare una larghezza in 2D come elemento di riferimento finché gli elementi di riferimento con precedenza più alta non ne hanno definito il piano di lavoro. Le larghezze in 2D come piani di riferimento richiedono le stesse cautele descritte in "Sezioni trasversali dei piani di riferimento".

Quando una larghezza è troppo piccola anche per poter usare una larghezza in 2D, si può usare una larghezza in 1D come elemento di riferimento terziario. Gli elementi di riferimento con precedenza più alta devono averne definito completamente l'orientamento. Le larghezze in 1D richiedono le stesse cautele descritte in "Campioni di piani di riferimento".

## **Larghezze di riferimento secondo ISO 1101**

Per le larghezze, il simulatore degli elementi di riferimento reali è definito nella norma ISO 5459 - 2011 che usa la locuzione "elemento di riferimento associato". La superficie

reale è filtrata per rimuovere scalfitture e altri vuoti e quindi una larghezza perfetta è adattata alla superficie filtrata usando la formula del massimo inscritto (larghezze interne) o minimo circoscritto (larghezze esterne). Questo adattamento rende il simulatore esterno al materiale e può essere considerato un inviluppo di forma perfetta.

Sfortunatamente, gli algoritmi inscritti e circoscritti producono risultati notoriamente instabili, e quindi PC-DMIS con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO** usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per inscrivere o circoscrivere questo tipo di elemento di riferimento. L'algoritmo dei minimi quadrati vincolati produce più o meno lo stesso diametro di un elemento inscritto o circoscritto, ma molto più stabile. Pertanto gli algoritmi **PREDEFINITO** e **CL2** sono equivalenti per questo tipo di elemento di riferimento.

L'orientamento dei simulatori delle larghezze reali di riferimento secondario e terziario è vincolato nominalmente rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. La loro localizzazione non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che l'elemento di riferimento non abbia un modificatore [DF]. Quando l'elemento di riferimento ha un modificatore[DF], l'orientamento e la localizzazione dei simulatori sono nominalmente vincolati a quelli dei simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

In PC-DMIS tutte le larghezze hanno dati di superficie. PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento.



Quando è possibile, usare una larghezza in 3D. Questo, poiché rappresenta l'intera superficie della larghezza. Quando una larghezza non ha uno spessore sufficiente per essere misurata come larghezza in 3D, si può usare una larghezza in 2D come elemento di riferimento secondario o terziario. Non si deve usare una larghezza in 2D come elemento di riferimento finché gli elementi di riferimento con precedenza più alta non ne hanno definito il piano di lavoro. Le larghezze in 2D come piani di riferimento richiedono le stesse cautele descritte in "Sezioni trasversali dei piani di riferimento".

Quando una larghezza è troppo piccola anche per poter usare una larghezza in 2D, si può usare una larghezza in 1D come elemento di riferimento terziario. Gli elementi di riferimento con precedenza più alta devono averne definito completamente l'orientamento. Le larghezze in 1D richiedono le stesse cautele descritte in "Campioni di piani di riferimento".

## Asole e asole aperte di riferimento

In alcuni casi ha senso usare un'asola o un'asola aperta come elemento di riferimento secondario o terziario. Il comando di tolleranza geometrica tratta asole e asole aperte di riferimento come larghezze in 2D senza dati di superficie. Anche se normalmente hanno dati di superficie, asole e asole aperte non raccolgono abbastanza dati nei punti giusti per poterle usare in un contesto di tolleranze geometriche. Pertanto, il comando di

tolleranza geometrica tratta asole e asole aperte come larghezze in 2D senza dati di superficie.

Quando si usano asole e asole aperte come elemento di riferimento senza alcun modificatore, PC-DMIS le tratta come una linea mediana: una sezione trasversale di un piano di riferimento che non ha dati di superficie. Quando le si usa come elemento di riferimento con un modificatore del materiale  o  PC-DMIS tratta asole e asole aperte proprio come una larghezza in 2D senza dati di superficie. Per ulteriori informazioni, vedere "Elementi di riferimento con modificatore di materiale".



Fare attenzione con asole e asole aperte di riferimento.

Le si dovrebbe usare solo se si sa già che la forma degli elementi è molto buona. Se si sospetta che l'errore di forma degli elementi prodotti possa essere significativo, non usare un comando di asola o asola aperta. Invece, misurare una scansione intorno al perimetro dell'elemento e quindi usare la tolleranza di un profilo di una linea come tolleranza di forma, orientamento e posizione dell'elemento.

Se è necessario considerare un elemento come elemento di riferimento, invece di asole o asole aperte usare una larghezza costruita in 2D o 3D con dati di superficie.

## Coni di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5

Il simulatore dei coni di riferimento reali è definito in modo non completo nella norma ASME Y14.5.1 - 2019. Un cono perfetto è adattato alla superficie reale usando l'algoritmo dei minimi quadrati vincolati.

I vuoti non vengono filtrati. Questo rende il simulatore esterno al materiale mentre ne massimizza contatto e stabilità. Nel caso in cui la superficie reale oscillasse, la definizione secondo i minimi quadrati vincolati produce una soluzione stabile.

La norma ASME Y14.5 specifica che i coni di riferimento primari vincolano cinque gradi di libertà: tre gradi di traslazione e due di rotazione. Rimane solo un grado di libertà per la rotazione (rotazione intorno all'asse del cono). Sfortunatamente, le norme ASME Y14.5 e Y14.5.1 sono ambigue sui vincoli di traslazione lungo l'asse (ci sono diverse interpretazioni possibili, ognuna delle quali porta a una traslazione vincolata lungo l'asse diversa dalle altre). Inoltre, nella nostra esperienza, i disegni in cui compaiono coni di riferimento sono per la maggior parte destinati a usare come riferimento solo l'asse del cono. Pertanto, il comando di tolleranza geometrica di PC-DMIS tratta tutti i coni di

riferimento come assi. Questo significa che vincolano al massimo quattro gradi di libertà (non la traslazione lungo il cono).

Secondo la norma ASME Y14.5, il comando di tolleranza geometrica adatta i coni di riferimento in modo da ottimizzare sia il diametro centrale sia l'angolo del cono.

L'orientamento e la localizzazione dei simulatori dei coni reali di riferimento secondario e terziario sono nominalmente vincolati rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. Quando è presente un modificatore di traslazione, la localizzazione dei coni di riferimento secondari e terziari non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, ma il loro orientamento rimane vincolato.

Quando i coni di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli sui coni che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Coni di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101

Il simulatore dei coni di riferimento reali è definito nella norma ISO 5459: 2011. Un cono perfetto è adattato alla superficie reale usando l'algoritmo dei massimi e minimi vincolati. La superficie reale è filtrata per rimuovere scalfitture e altri vuoti, e quindi un cono perfetto è adattato alla superficie filtrata usando l'algoritmo dei massimi e minimi vincolati. Questo adattamento rende il simulatore esterno al materiale, con i punti minimi della superficie filtrata quanto più vicini possibile al simulatore dell'elemento di riferimento reale. La norma ISO 5459: 2011 specifica inoltre che l'angolo del cono deve essere quello nominale (non ottimizzato).

La norma ISO 5459 specifica che i coni di riferimento primari vincolano cinque gradi di libertà: tre gradi di traslazione e due di rotazione. Rimane solo un grado di libertà per la rotazione (rotazione intorno all'asse del cono). Sfortunatamente questo causa una traslazione instabile lungo l'asse del cono. Questo perché piccoli cambiamenti del diametro reale del cono producono spesso grossi cambiamenti nella traslazione definita lungo l'asse del cono stesso. Inoltre, nella nostra esperienza, i disegni in cui compaiono coni di riferimento sono per la maggior parte destinati a usare come riferimento solo l'asse del cono. Pertanto, il comando di tolleranza geometrica di PC-DMIS tratta tutti i coni di riferimento come solo assi: vincolano al massimo solo quattro gradi di libertà (la traslazione lungo il cono è libera). Questo è equivalente al fatto che PC-DMIS presuma che il modificatore [SL] sia presente (implicitamente o esplicitamente) su tutti i coni di riferimento.

L'orientamento dei simulatori dei coni reali di riferimento secondario e terziario è vincolato nominalmente rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. La loro localizzazione non è vincolata rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che l'elemento di riferimento non abbia un modificatore [DF]. Quando l'elemento di riferimento ha un modificatore[DF], l'orientamento e la localizzazione dei simulatori sono nominalmente vincolati a quelli dei simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Quando i coni di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli sui coni che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## **Coni di riferimento senza dati di superficie**

Quando un cono senza dati di superficie è specificato come elemento di riferimento, poiché i coni sono trattati come elementi composti solo da un asse, il comportamento è identico a quello descritto in "Cilindri di riferimento senza dati di superficie e assi senza superficie". Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare coni di riferimento senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale. Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati.

Per i dettagli sui coni che non hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## **Sfere di riferimento con dati di superficie secondo ASME Y14.5**

Il simulatore delle sfere di riferimento reali è definito nella norma ASME Y14.5.1 - 2019. Una sfera perfetta è adattata alla superficie reale usando l'algoritmo dei minimi quadrati vincolati.

I vuoti non vengono filtrati. Questo rende il simulatore esterno al materiale mentre ne massimizza contatto e stabilità. Nel caso in cui la superficie reale oscillasse, la definizione secondo i minimi quadrati vincolati produce una soluzione stabile.

L'orientamento e la localizzazione dei simulatori delle sfere reali di riferimento secondario e terziario sono nominalmente vincolati rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che non sia presente un modificatore di traslazione. Questo perché le sfere non hanno orientamento e quindi non hanno un orientamento vincolato agli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Quando le sfere di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli su quali sfere hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Sfere di riferimento con dati di superficie secondo ISO 1101

Per le sfere, il simulatore degli elementi di riferimento reali è definito nella norma ISO 5459 - 2011 che usa la locuzione "elemento di riferimento associato". La superficie reale è filtrata per rimuovere scalfitture e altri vuoti e quindi una sfera perfetta è adattata alla superficie filtrata usando la formula del massimo inscritto (sfere interne) o minimo circoscritto (sfere esterne). Questo adattamento rende il simulatore esterno al materiale e può essere considerato un involucro di forma perfetta.

Sfortunatamente, gli algoritmi inscritti e circoscritti producono risultati notoriamente instabili, e quindi PC-DMIS con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO** usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per inscrivere o circoscrivere questo tipo di elemento di riferimento. L'algoritmo dei minimi quadrati vincolati produce più o meno lo stesso diametro di un elemento inscritto o circoscritto, ma molto più stabile. Pertanto gli algoritmi **PREDEFINITO** e **CL2** sono equivalenti per questo tipo di elemento di riferimento.

La localizzazione o l'orientamento delle sfere reali di riferimento secondario e terziario non sono vincolati rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta, a meno che l'elemento di riferimento non abbia un modificatore [DF]. Questo perché le sfere non hanno orientamento e quindi non hanno un orientamento vincolato agli elementi di riferimento con precedenza più alta. Quando l'elemento di riferimento ha un modificatore[DF], la localizzazione dei simulatori è nominalmente vincolata a quella dei simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Quando le sfere di riferimento hanno dati di superficie, PC-DMIS calcola un'approssimazione misurata dell'elemento di riferimento reale usando quei dati di superficie e l'algoritmo scelto per il calcolo dell'elemento di riferimento. Per i dettagli sulle sfere che hanno dati di superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Sfere di riferimento senza dati di superficie e punti in 3D senza superficie

In rari casi, vengono definiti una sfera di riferimento o un punto in 3D di riferimento che non hanno dati di superficie. Per esempio, questo è il caso di una sfera che circoscrive

tre sfere. PC-DMIS supporta applicazioni del genere ammettendo tipi di elementi di riferimento che non hanno dati di superficie.

Quando una sfera (o un punto in 3D senza superficie) di riferimento primario non ha dati di superficie, il comando di tolleranza geometrica usa come simulatore dell'elemento di riferimento i valori misurati della sfera.

Quando una sfera o un punto in 3D senza superficie di riferimento secondario o terziario non hanno dati di superficie, il comando di tolleranza geometrica usa come simulatore dell'elemento di riferimento i valori misurati della sfera. Nel caso delle sfere di riferimento e i punti in 3D ASME senza dati di superficie e senza un modificatore di traslazione, e delle sfere di riferimento ISO con un modificatore [DF], viene eseguita una rilocalizzazione che trasla il baricentro il minimo possibile e assicura che il simulatore dell'elemento di riferimento abbia una localizzazione nominale rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta.

Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare sfere di riferimento o punti in 3D senza superficie senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale. Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati.

Per i dettagli sulle sfere che hanno e non hanno dati di superficie, e i tipi di elementi che rappresentano punti in 3D senza superficie, vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

## Configurazioni di elementi di riferimento

Le configurazioni di elementi di riferimento consistono di elementi dimensionabili (cilindri, cerchi, larghezze e sfere) che hanno tutti le stesse dimensioni nominali, le stesse tolleranze di dimensione e sono tutti interni o tutti esterni. I simulatori degli elementi di una configurazione hanno un orientamento e una localizzazione nominale reciproci.

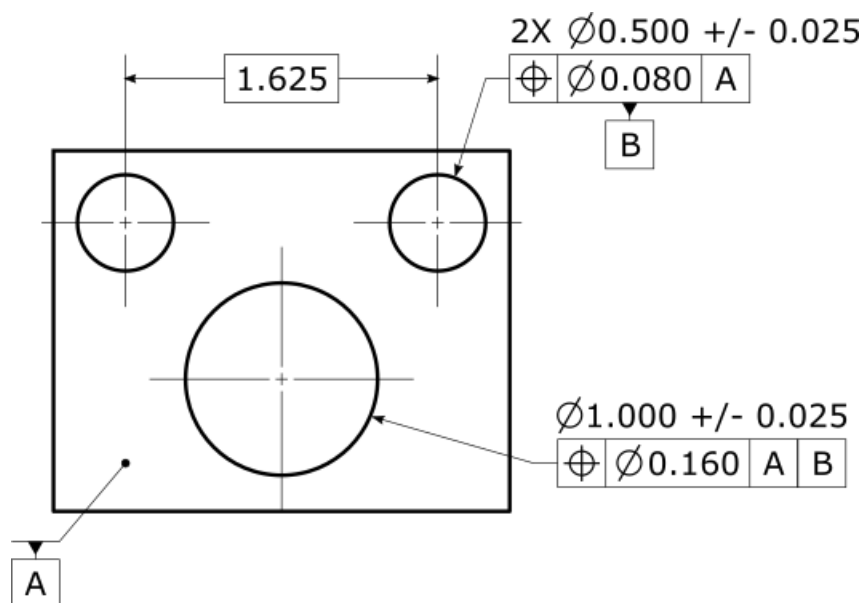
Secondo la norma ASME Y14.5, le dimensioni dei simulatori coincidono tra loro poiché le dimensioni nominali, le tolleranze delle dimensioni degli elementi e la loro caratteristica di essere interni o esterni sono le stesse per tutti. Questo poiché il paragrafo 7.12.4 della norma ASME Y14.5 2018 stabilisce che i simulatori devono crescere e contrarsi simultaneamente. L'insieme dei simulatori degli elementi reali è definito da un adattamento basato sull'algoritmo dei minimi quadrati vincolati. Questo adattamento viene applicato simultaneamente alle superfici degli elementi senza modificare localizzazione e orientamento nominali dei simulatori né le loro dimensioni. I vuoti non vengono filtrati.



La norma ISO 5459 non stabilisce chiaramente se le dimensioni dei simulatori devono coincidere tra loro o essere indipendenti. Nella nostra interpretazione, nel caso di simulatori di elementi di riferimento ISO con una configurazione le dimensioni sono indipendenti. Vedere l'esempio dopo il paragrafo 6.2.3 della norma ISO 5459: 2011, nonché la figura A.8, che hanno guidato la nostra interpretazione. L'insieme dei simulatori degli elementi reali è definito da un adattamento basato sull'algoritmo dei massimi e minimi vincolati. Questo adattamento viene applicato simultaneamente alle superfici degli elementi filtrate dai vuoti conservando la localizzazione e l'orientamento nominali dei simulatori, ma lasciando che le loro dimensioni varino indipendentemente.

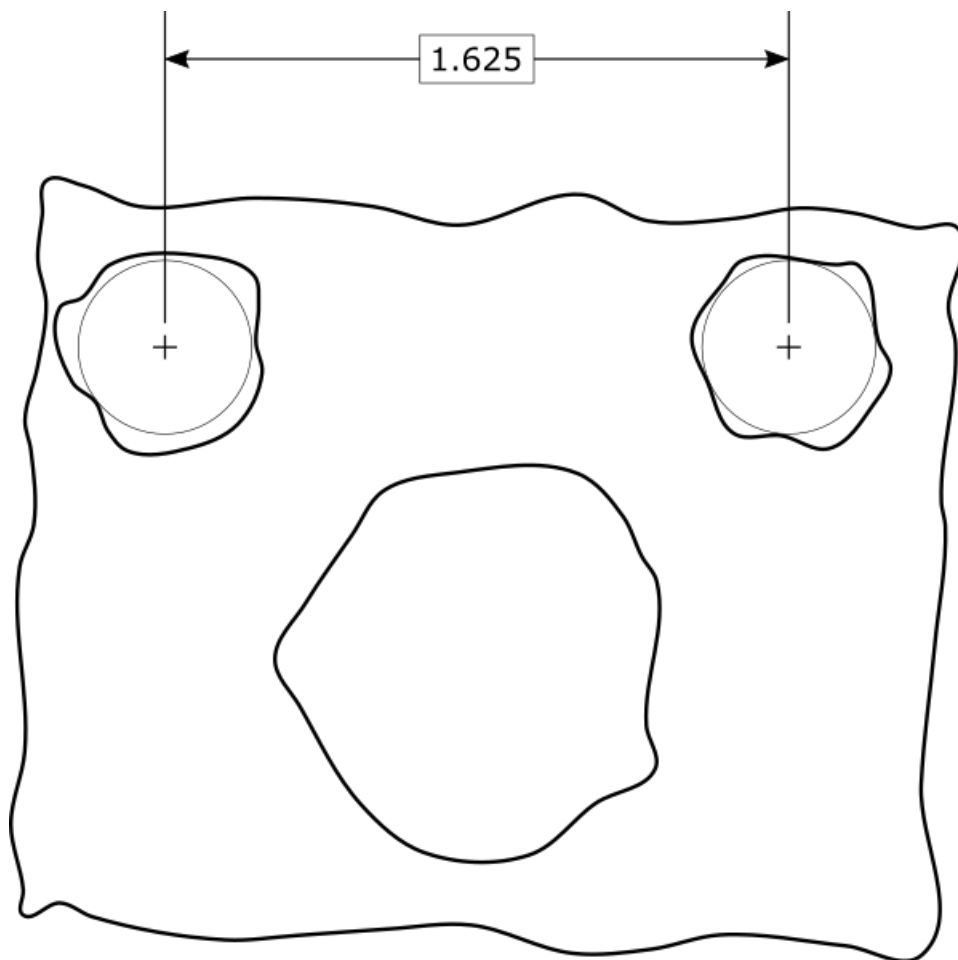
### Illustrazioni delle configurazioni di elementi di riferimento

Si supponga di avere la specifica seguente:



#### ASME

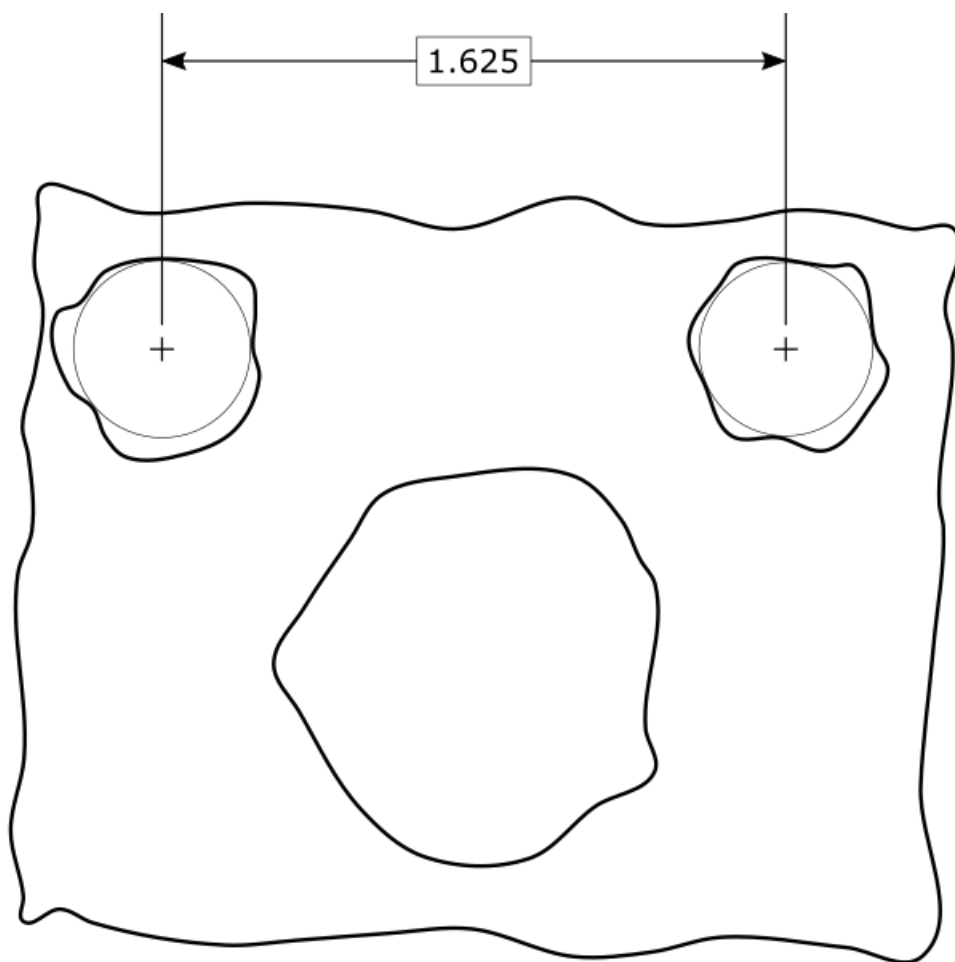
Data la suddetta specifica, il sistema degli elementi di riferimento reali A | B secondo la norma ASME ha l'aspetto seguente:



Si noti che i simulatori degli elementi di riferimento della configurazione si trovano nelle localizzazioni nominali reciproche e hanno le stesse dimensioni.

## ISO

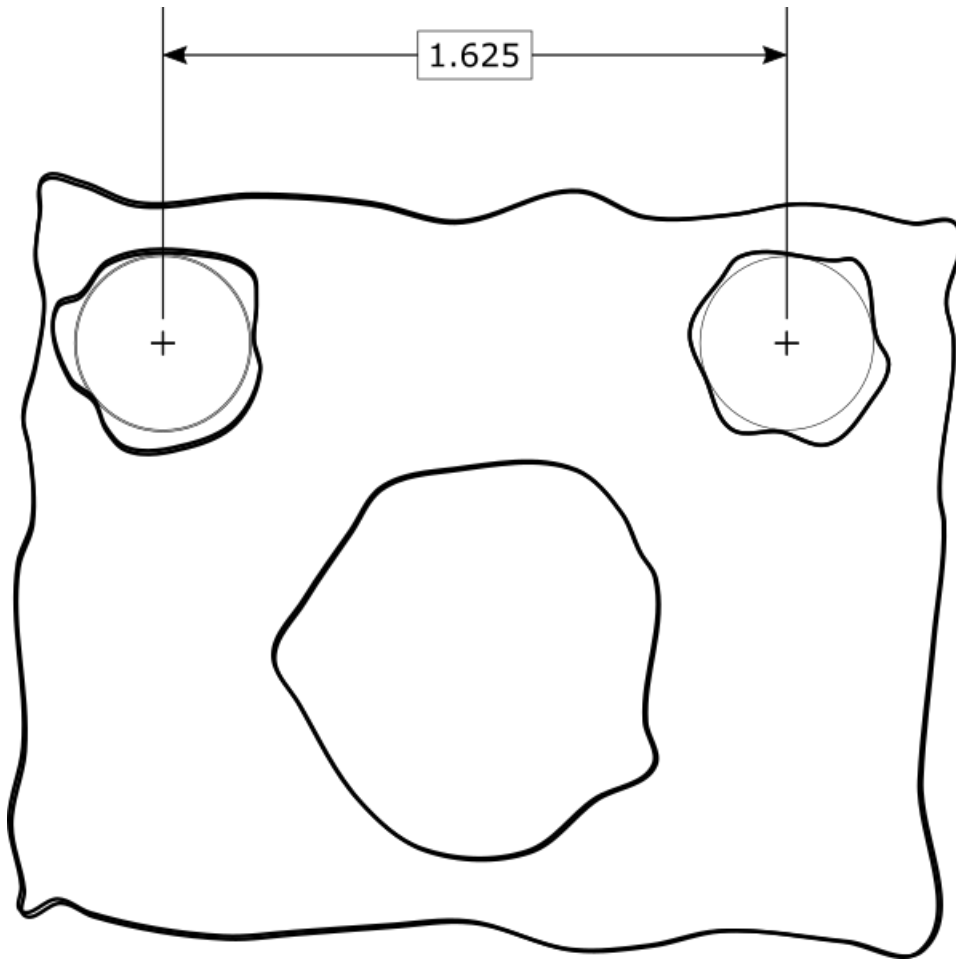
Data la suddetta specifica, il sistema degli elementi di riferimento reali A | B secondo la norma ISO ha l'aspetto seguente:



Si noti che i simulatori degli elementi di riferimento della configurazione si trovano nelle localizzazioni nominali reciproche ma non hanno le stesse dimensioni. La rotazione complessiva è differente nei casi ISO e ASME poiché le dimensioni degli elementi di riferimento sono diverse.

### **Sovrapposizione degli elementi secondo ASME e ISO**

È facile vedere la differenza tra gli elementi ASME e ISO quando le immagini precedenti sono sovrapposte.



## Elementi di riferimento comuni: cilindri coassiali

Un elemento di riferimento comune di più cilindri coassiali usa un trattino tra gli identificatori degli elementi, come per esempio A-B o A-D-F. Normalmente i cilindri saranno differenti tra loro per quanto riguarda dimensioni nominali, tolleranza delle dimensioni e il fatto di essere interni o esterni. I simulatori degli elementi di una configurazione hanno un orientamento e una localizzazione nominale reciproci. Questo significa che i simulatori saranno coassiali.

Secondo la norma ASME Y14.5, le dimensioni dei simulatori sono correlate tra loro, ma normalmente non coincidono. Il paragrafo 7.12.4 della norma ASME Y14.5 2018 stabilisce che i simulatori devono crescere e contrarsi simultaneamente dai loro MMB ai loro LMB. L'insieme dei simulatori degli elementi reali è definito da un adattamento simultaneo alle superfici degli elementi basato sull'algoritmo dei minimi quadrati vincolati. Questo adattamento conserva localizzazione e orientamento nominale tra ogni simulatore e le dimensioni collegate alla crescita o alla contrazione simultanea dall'MMB all'LMB. I vuoti non vengono filtrati.



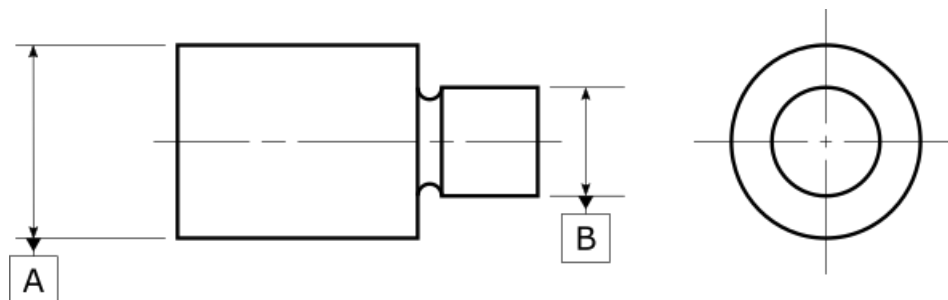
Perché PC-DMIS possa aumentare o contrarre correttamente e simultaneamente le dimensioni dei simulatori, si dovranno creare le tolleranze di dimensione e le tolleranze geometriche sugli elementi di riferimento *prima* prima di applicare le tolleranze geometriche a questi elementi di riferimento. Pertanto, le tolleranze di dimensione dell'elemento di riferimento devono precedere nella routine di misurazione le tolleranze geometriche relative all'elemento stesso.

Se successivamente si modifica qualsiasi tolleranza di dimensione di un elemento di riferimento, ci si dovrà assicurare che tutte le successive tolleranze geometriche relative all'elemento abbiano i dati corretti della tolleranza di dimensione.

La norma ISO 5459 non stabilisce chiaramente se i simulatori devono avere dimensioni indipendenti o correlate. Nella nostra interpretazione, nel caso di simulatori ISO di elementi di riferimento con un elemento di riferimento comune le dimensioni sono indipendenti. Vedere l'esempio dopo il paragrafo 6.2.3 della norma ISO 5459: 2011, nonché la figura A.8, che hanno guidato la nostra interpretazione. L'insieme dei simulatori degli elementi reali è definito da un adattamento simultaneo alle superfici degli elementi filtrate dai vuoti basato sull'algoritmo dei massimi e minimi vincolati. Questo adattamento conserva anche localizzazione e orientamento nominali tra simulatori, ma permette che le loro dimensioni varino indipendentemente.

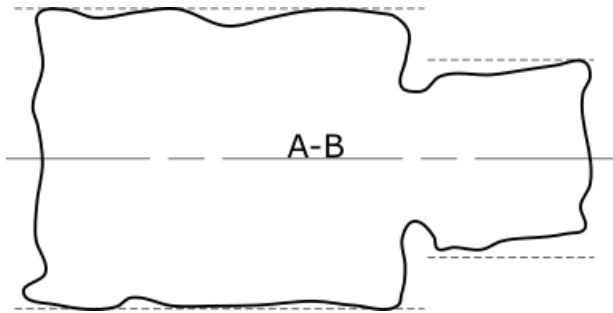
## Illustrazioni degli elementi di riferimento coassiali

Si supponga di avere la specifica seguente:



### ASME

In questo caso, secondo la norma ASME il riferimento comune A-B avrebbe l'aspetto seguente:



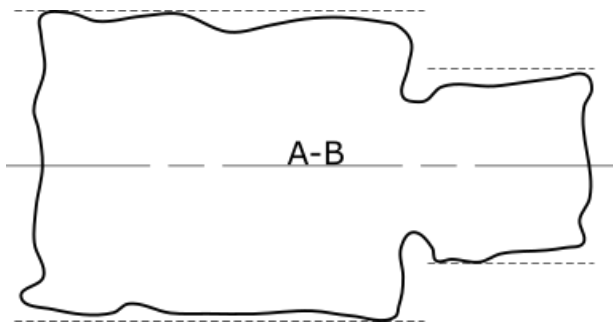
Si noti che i simulatori di A e B sono esattamente coassiali.

## ISO

Con la suddetta specifica, secondo la norma ISO l'elemento comune A-B sarebbe diverso, per due ragioni.

1. La meno importante è che la norma ISO prevede dimensioni indipendenti.
2. La ragione più importante è che secondo la norma ISO l'associazione degli elementi comuni avviene per impostazione predefinita sulla base dei massimi e minimi vincolati. Questo minimizza la distanza tra i punti minimi delle superfici di riferimento filtrate e i simulatori.

L'elemento comune ISO ha l'aspetto seguente:



## Elementi di riferimento comuni: piani paralleli distanziati.

Un elemento di riferimento comune di più piani paralleli distanziati usa un trattino tra gli identificatori degli elementi, come per esempio A-B o A-D-F. I simulatori degli elementi di una configurazione hanno un orientamento e una localizzazione nominale reciproci. Questo significa che i simulatori saranno paralleli e distanziati secondo loro distanze nominali.

Secondo la norma ASME Y14.5, l'insieme dei simulatori degli elementi reali è definito da un adattamento simultaneo alle superfici degli elementi filtrate dai vuoti basato

sull'algoritmo dei minimi quadrati vincolati. Questo adattamento conserva anche localizzazione e orientamento nominale tra simulatori.

Secondo la norma ISO 1101, l'insieme dei simulatori degli elementi reali è definito da un adattamento simultaneo alle superfici degli elementi filtrate dai vuoti basato sull'algoritmo dei massimi e minimi vincolati, senza modificare localizzazione e orientamento nominali dei simulatori.

## Elementi di riferimento con modificatore di materiale

Cilindri, sfere, cerchi, sfere, larghezze, asole e asole aperte di riferimento possono avere modificatori del materiale  $\textcircled{M}$  o  $\textcircled{L}$ . Il comando di tolleranza geometrica tratta gli elementi di riferimento con modificatore di materiale in modo diverso da quelli senza modificatore.

Senza modificatore di materiale, l'elemento di riferimento vincola completamente i normali gradi di libertà.

Se ha un modificatore di materiale, un elemento di riferimento richiede solo che un limite di materiale rientri nella superficie dell'elemento o che la superficie dell'elemento rientri in un limite di materiale.

Il comportamento è molto simile a quello di un calibro funzionale. Per esempio, in un caso tipico il simulatore di un elemento fisico sul calibro è un perno che deve inserirsi nel foro corrispondenze sul pezzo reale, ma che può muoversi avanti e dietro all'interno del foro. Quindi, i normali gradi di libertà non sono completamente vincolati.

Il comando di tolleranza geometrica approssima l'interazione tra il bordo e la superficie misurata. Questo avviene tramite un'approssimazione dell'asse nella zona di tolleranza. Per prima cosa viene calcolato un involuppo della superficie. Poi, l'asse dell'involuppo della superficie viene vincolato a essere nella zona di forma perfetta. Le dimensioni dell'involuppo della superficie e del limite di materiale determinano le dimensioni della zona. La zona ha un orientamento e una localizzazione nominale rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta. La zona è come l'elemento stesso: sferica per gli elementi sferici, diametrale per gli elementi cilindrici e circolari e piana per le larghezze, le asole e le asole aperte. Qui usiamo in modo abbastanza lasco il concetto di "asse dell'involuppo di superficie":

per una sfera di riferimento è un unico punto;

per un cilindro di riferimento è l'asse;

per una larghezza di riferimento è il piano intermedio.

L'approssimazione dell'asse nella zona è tipicamente conservativa, a meno che l'errore di orientamento dell'involuppo di forma perfetta non sia estremo. Normalmente è anche

un'eccellente approssimazione a meno che l'errore di forma della superficie non sia estremo. La natura conservativa dell'approssimazione significa che anche se l'errore di forma della superficie è estremo il comando di tolleranza geometrica non accetterà parti non conformi purché l'errore di orientamento dell'involuppo di forma perfetta non sia estremo. PC-DMIS usa questa approssimazione per due ragioni principali: (1) i tempi di calcolo sono molto minori, e (2) non richiede una superficie di riferimento densamente misurata (per quanto si consiglia sempre di misurare densamente le superfici di riferimento).

Con i dati di superficie, è disponibile il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento di riferimento. Con l'algoritmo di calcolo degli elementi di riferimento **PREDEFINITO** (e con l'algoritmo **CL2** nel caso ISO), con un modificatore di massimo materiale PC-DMIS calcola l'involuppo della superficie esternamente al materiale. Usa i minimi quadrati vincolati (è un involuppo di forma perfetta). Nel caso di modificatore di minimo materiale, l'involuppo di superficie è interno al materiale, ma PC-DMIS usa ancora i minimi quadrati vincolati (è un involuppo di minimo materiale). Negli elementi di riferimento ISO calcolati con l'algoritmo **PREDEFINITO** o **CL2** viene eseguito il filtraggio dei vuoti sulla superficie prima dell'adattamento, ma in quelli ASME no. Nel caso dell'algoritmo **LSQ**, l'involuppo di superficie usa il metodo dei minimi quadrati ordinari senza filtraggio dei vuoti indipendentemente dal modificatore di materiale.

Quando non ci sono dati di superficie, come involuppo di superficie si usa l'elemento misurato. Per un elenco dei tipi di elementi che non hanno dati di superficie vedere l'argomento "Tipi di elementi con e senza dati di superficie". Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare elementi di riferimento senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale. Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati.

Le regole di calcolo delle dimensioni del limite di materiale sono complicate, vedere "Determinazione delle dimensioni del limite di materiale". In un disegno raramente sono specificate le dimensioni del limite di materiale. Quando sono specificate, ignora le regole che calcolano le dimensioni del limite di materiale. Il comando di tolleranza geometrica supporta questo: fare prima clic su **Modificatori avanzati**, e poi immettere le dimensioni di un limite di materiale.





Perché PC-DMIS possa determinare correttamente le dimensioni del limite di materiale, si dovranno creare le tolleranze di dimensione e le tolleranze geometriche sugli elementi di riferimento *prima* prima di applicare le tolleranze geometriche a questi elementi di riferimento. Pertanto, le tolleranze di dimensione dell'elemento di riferimento devono precedere nella routine di misurazione le tolleranze geometriche relative all'elemento stesso.

Se successivamente si modifica qualsiasi tolleranza di dimensione di un elemento di riferimento, ci si dovrà assicurare che tutte le successive tolleranze geometriche relative all'elemento abbiano i dati corretti della tolleranza di dimensione.

Quando PC-DMIS ha calcolato l'inviluppo di superficie e le dimensioni del limite di materiale, le dimensioni della zona sono date dalla differenza tra le dimensioni dell'inviluppo di superficie e quelle del limite di materiale:

nel caso di elementi interni con un modificatore di massimo materiale e di elementi esterni con un modificatore di minimo materiale, questa è data dalla differenza tra le dimensioni dell'inviluppo di superficie e quelle del limite di materiale;

nel caso di elementi esterni con un modificatore di massimo materiale e di elementi interni con un modificatore di minimo materiale, questa è data dalla differenza tra le dimensioni del limite di materiale e quelle dell'inviluppo di superficie.

L'asse dell'inviluppo di superficie dell'elemento di riferimento deve rimanere all'interno di questa zona per tutti gli elementi di riferimento con precedenza minore e per i calcoli della zona di tolleranza che usano questo riferimento. Tuttavia, l'asse non è ottimizzato nella zona. L'asse deve solo trovarsi all'interno della zona.

Un valore nullo o negativo delle dimensioni della zona implica che l'elemento di riferimento viola la sua tolleranza di dimensione. In un caso come questo, nel mondo del calibro funzionale il perno del calibro non entrerebbe nel foro del pezzo reale. In questo caso, il comando di tolleranza geometrica non sbaglia la tolleranza di posizione o di profilo solo perché l'elemento di riferimento è fuori tolleranza, ma lascia che sia la tolleranza di dimensione dell'elemento di riferimento a mancare il riferimento. Invece di mancare la tolleranza di posizione o di profilo, l'elemento di riferimento viene ri-valutato senza modificatore di materiale.

In alcuni casi, un elemento di riferimento secondario o terziario con un modificatore di materiale ha una traslazione disponibile. Questo è sempre vero nel caso delle norme ISO, e anche per le norme ASME quando c'è un modificatore di traslazione. In questo

caso, la zona di tolleranza può muoversi rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta finché non contiene in modo ottimale l'asse dell'involuppo di superficie. Dopo di che, la sua posizione è fissata rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta. L'orientamento della zona è sempre quello nominale rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta.

L'estensione dell'asse dell'involuppo di forma perfetta è definita nel modo seguente:

nel caso delle sfere di riferimento è il centro dell'involuppo di superficie;

nel caso dei cilindri di riferimento, l'asse dell'involuppo di superficie è estrapolato alle superfici finali nello stesso modo in cui viene estrapolato l'elemento soggetto a tolleranza. Per informazioni, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".

nel caso dei cerchi di riferimento è il centro dell'involuppo di superficie;

nel caso delle larghezze di riferimento i punti di superficie misurati sono proiettati sul piano intermedio dell'involuppo di superficie, e l'asse dell'involuppo di forma perfetta è il minimo poligono convesso che contiene tutti i punti proiettati.

nel caso delle asole di riferimento la linea mediana misurata è estrapolata alla lunghezza dell'asola;

nel caso delle asole aperte di riferimento la linea mediana misurata è estrapolata alla larghezza dell'asola.

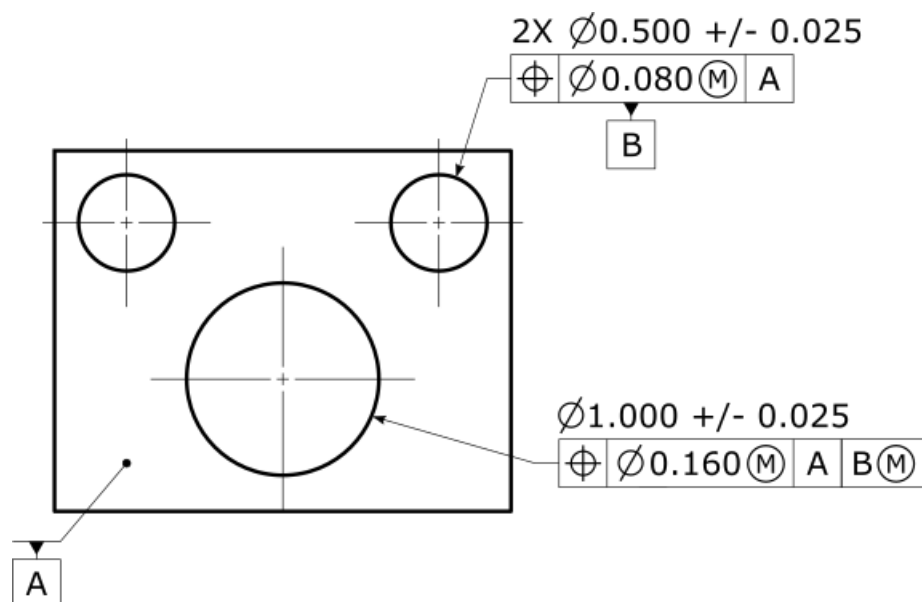
Anche le configurazioni di elementi di riferimento e gli elementi di riferimento comuni dei cilindri coassiali possono avere un modificatore di materiale. In questo caso tutti gli involuppi di superficie e le dimensioni delle zone sono calcolati indipendentemente. Questo massimizza la precisione dell'approssimazione dell'asse nella zona di tolleranza. Le zone hanno un orientamento e una localizzazione nominale reciproci.

Quando una traslazione non è possibile (elementi ASME senza modificatore di materiale) le zone hanno un orientamento e una localizzazione nominale rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta.

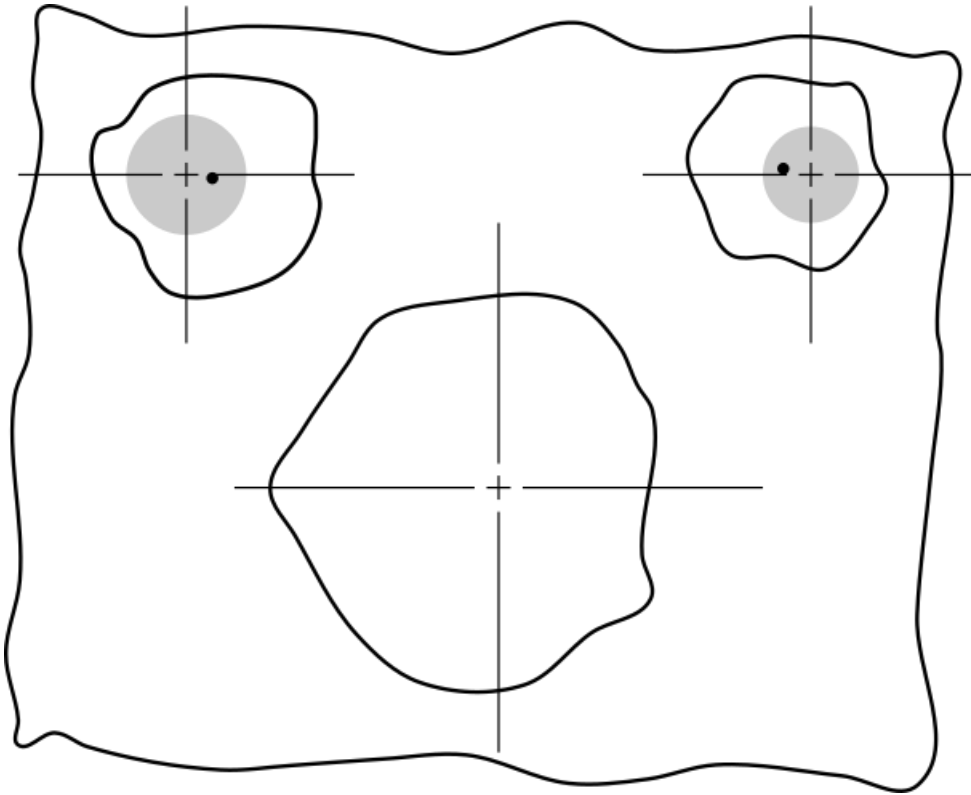
Quando è possibile una traslazione (elementi ASME con modificatore di traslazione o ISO), le zone di tolleranza possono traslare insieme finché non contengono in modo ottimale gli assi degli involuppi di superficie. Tuttavia, le zone conservano un orientamento e una localizzazione nominale reciproci e un orientamento nominale rispetto agli elementi di riferimento con precedenza più alta.

## Illustrazioni di elementi di riferimento con modificatore del materiale

Si supponga di avere la specifica seguente che usa una configurazione di elementi di riferimento secondari con MMB:



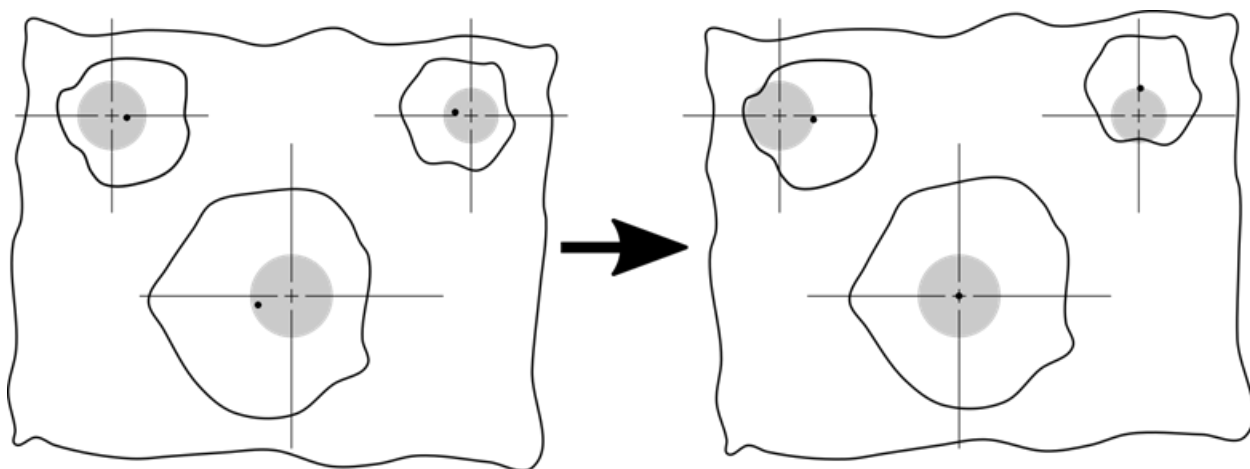
La soluzione del sistema di elementi di riferimento potrebbe dar luogo alla figura seguente:



La superficie reale è limitata dalle linee continue, le zone grigie rappresentano le zone di riferimento e i puntini rappresentano gli assi di riferimento che devono trovarsi nelle zone. L'elemento di riferimento a sinistra ha una zona più grande perché il foro nell'elemento di riferimento sinistro è più grande. Le dimensioni delle zone sono molto ingrandite per mostrare come vanno le cose.

Poiché gli assi di riferimento possono muoversi all'interno delle zone di riferimento (ma non uscirne), il valore reale della tolleranza di posizione può essere nullo. Ecco un'illustrazione di cosa succede:

## Uso delle tolleranze geometriche

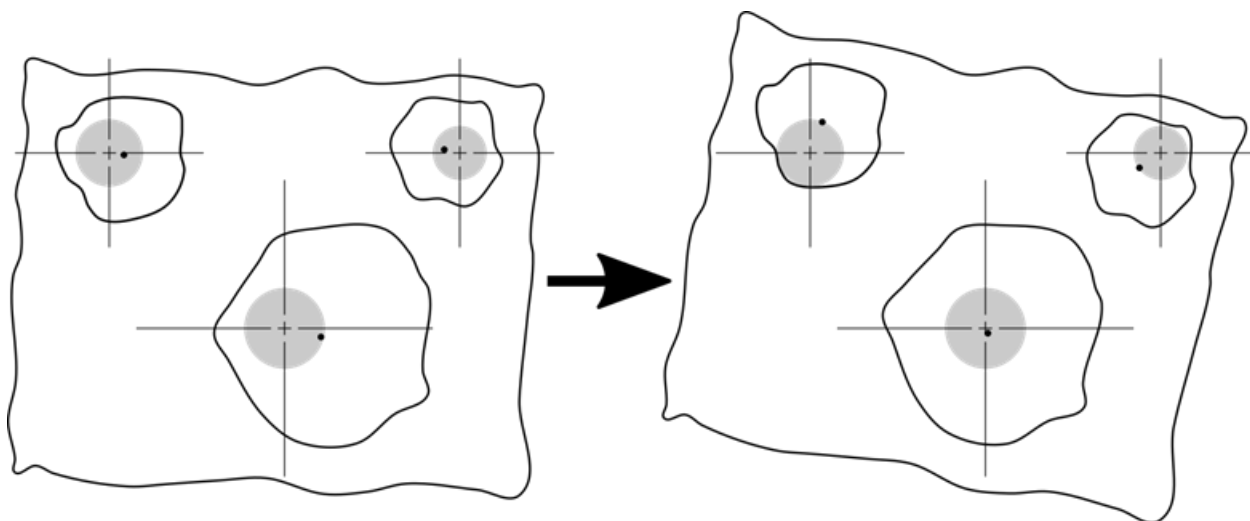


A sinistra, prima dell'ottimizzazione, sono mostrati l'asse e la zona di tolleranza del foro grande. A destra, dopo l'ottimizzazione, l'asse del foro grande è ottimizzato nella posizione perfetta (valore reale nullo) mentre gli assi di riferimento sono obbligati a restare all'interno delle loro zone, ma non sono ottimizzati.



Le superfici sono mostrate per facilitare la comprensione, ma non sono coinvolte nell'ottimizzazione. L'ottimizzazione riguarda solo le zone e gli assi.

Tuttavia, se il foro grande ha un errore abbastanza grande, il valore misurato non sarà nullo. Segue ora un'illustrazione di questo caso:



Il valore reale del foro grande è ottimizzato per essere il più piccolo possibile, ma gli elementi di riferimento devono stare nelle loro zone e quindi il valore reale non è nullo.

## Determinazione delle dimensioni del limite di materiale

Quando si fa riferimento a un elemento di riferimento con un modificatore del limite di materiale, il comando di tolleranza geometrica deve calcolare le dimensioni del limite di materiale a meno che queste non siano specificate. Le dimensioni del limite di materiale sono basate sulla tolleranza di dimensione dell'elemento di riferimento e sulle tolleranze geometriche applicabili.

Nel caso di elementi di riferimento con un modificatore di massimo materiale, iniziare con le dimensioni alla condizione di massimo materiale. Questo è il limite superiore delle dimensioni per gli elementi esterni e quello inferiore per gli elementi interni. Quindi, regolare queste dimensioni secondo la tolleranza geometrica applicabile.

Nel caso di elementi di riferimento con un modificatore di minimo materiale, iniziare con le dimensioni alla condizione di minimo materiale. Questo è il limite inferiore delle dimensioni per gli elementi esterni e quello superiore per gli elementi interni. Quindi, regolare queste dimensioni secondo la tolleranza geometrica applicabile.

Per i limiti di materiale che contengono la superficie dell'elemento, la tolleranza geometrica applicabile aumenta le dimensioni del limite di materiale. Questo vale nel caso di elementi esterni con un modificatore di massimo materiale e di elementi interni con un modificatore di minimo materiale.

Per i limiti di materiale che sono contenuti dalla superficie dell'elemento, la tolleranza geometrica applicabile riduce le dimensioni del limite di materiale. Questo vale nel caso di elementi interni con un modificatore di massimo materiale e di elementi esterni con un modificatore di minimo materiale.

## Regole per determinare la tolleranza geometrica

Le regole che determinano quale tolleranza geometrica applicare, se ci sono, sono complicate. Sono descritte in ISO 2692:2014 (sezione 4) e in ASME Y14.5-2018 (sezione 7.9). Le regole adottate da PC-DMIS sono mostrate qui sotto. Nel caso delle norme ISO, le regole sono adattate ai tipi di tolleranza supportati da PC-DMIS.

### Elementi di riferimento primari secondo ISO 1101

Nel caso di elementi di riferimento primari secondo la norma ISO, il limite di materiale viene modificato secondo la tolleranza di forma alla stessa condiziona di materiale, se esistente.

Se l'elemento di riferimento primario è un cilindro, viene usata la rettilineità dell'asse alla stessa condizione di materiale, se esiste.

Se l'elemento di riferimento primario è una sfera o una larghezza, la tolleranza di forma viene ignorata e il limite di materiale non viene modificato.



Se l'elemento di riferimento primario è A  $\textcircled{M}$  e il cilindro di riferimento A è un albero e la rettilineità del suo asse è a  $\textcircled{M}$ , il limite di massimo materiale corrisponde alla somma della dimensione massima dell'albero e della tolleranza di rettilineità dell'asse.

### Elementi di riferimento secondari secondo ISO 1101

Nel caso di elementi di riferimento secondari secondo la norma ISO, il limite di materiale viene modificato secondo la tolleranza di localizzazione o di orientamento alla stessa condizione di materiale e con gli stessi modificatori dello stesso elemento di riferimento primario, e senza elemento di riferimento secondario. Tutte le altre tolleranze sono ignorate. Se esiste più di una di queste tolleranze, la modifica del limite di materiale usa la tolleranza più piccola.


### Elementi di riferimento terziari secondo la norma ISO 1101

Nel caso di elementi di riferimento terziario secondo la norma ISO, il limite di materiale viene modificato secondo la tolleranza di localizzazione o di orientamento alla stessa condizione di materiale e con gli stessi modificatori dello stesso elemento di riferimento primario, e con riferimento allo stesso elemento di riferimento secondario e con gli stessi suoi modificatori, e senza elemento di riferimento terziario. Tutte le altre tolleranze sono ignorate. Se esiste più di una di queste tolleranze, la modifica del limite di materiale usa la tolleranza più piccola.

### Elementi di riferimento primari secondo la norma ASME Y14.5

Nel caso di elementi di riferimento primari secondo la norma ASME, il limite di materiale viene modificato secondo la tolleranza di forma della rettilineità dell'asse, se esistente. Il limite di materiale non viene modificato nel caso delle sfere e delle larghezze.



Se l'elemento di riferimento primario è A  e il cilindro di riferimento A è un albero e con rettilineità dell'asse, il limite di massimo materiale corrisponde alla somma della dimensione massima dell'albero e della tolleranza di rettilineità dell'asse.

In rari casi una configurazione è usata come elemento di riferimento primario con un modificatore di limite di materiale. In questi casi si considera prima una tolleranza di posizione sulla configurazione senza riferimenti. Se esiste una tolleranza di posizione, PC-DMIS modifica il limite di materiale secondo il valore della tolleranza di posizione. Se questa posizione non esiste, viene presa in considerazione la tolleranza di rettilineità di un asse.

### Elementi di riferimento secondari secondo ASME Y14.5

Nel caso di elementi di riferimento secondari secondo la norma ASME, il limite di materiale viene modificato dalla tolleranza di posizione o di orientamento dell'elemento di riferimento secondario.

- Nel caso di un singolo elemento di riferimento viene usata la tolleranza di orientamento dell'elemento rispetto all'elemento di riferimento primario.
- Se non esiste alcuna tolleranza di orientamento, viene usata la tolleranza di posizione della configurazione di elementi di riferimento rispetto all'elemento di riferimento primario con gli stessi modificatori dell'elemento di riferimento.
- Nel caso di una configurazione di elementi di riferimento, viene usata la tolleranza di posizione della configurazione di elementi di riferimento rispetto all'elemento di riferimento primario con gli stessi modificatori dell'elemento di riferimento.
- Nel caso di un elemento di riferimento comune vengono usate le tolleranze di posizione simultanee degli elementi di riferimento comuni rispetto all'elemento di riferimento primario con gli stessi modificatori dell'elemento di riferimento.
- Le sole tolleranze geometriche considerate sono specificate alla stessa condizione del materiale dell'elemento di riferimento secondario in questione, e non hanno elemento di riferimento secondario

### Elementi di riferimento terziari secondo ASME Y14.5

Nel caso di elementi di riferimento terziari secondo la norma ASME, il limite di materiale viene modificato da una tolleranza di posizione (non di orientamento) sull'elemento di riferimento terziario. La tolleranza di posizione deve riferirsi agli



stessi elementi di riferimento primario e secondario, con gli stessi modificatori degli elementi, senza alcun elemento di riferimento terziario. La tolleranza di posizione deve essere alle stesse condizioni di materiale dell'elemento di riferimento terziario in questione. Se non si trova alcuna tolleranza di posizione, il limite del materiale non viene modificato da alcuna tolleranza geometrica. Nel caso di un elemento di riferimento singolo, la tolleranza di posizione deve riferirsi al tale elemento. Nel caso di una configurazione di elementi di riferimento, la tolleranza di posizione deve riferirsi alla configurazione. Nel caso di un elemento di riferimento comune ci deve essere una tolleranza posizione simultanea degli elementi di riferimento comuni.

### **Messaggi relativi agli elementi di riferimento**

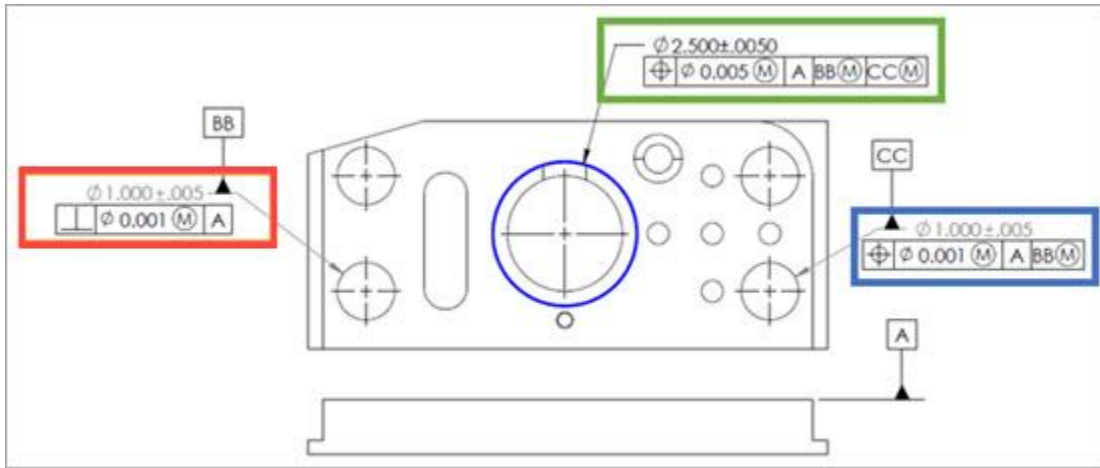
Quando si fa riferimento a un elemento di riferimento con un modificatore, PC-DMIS mostra nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** il seguente messaggio:

*Gli elementi di riferimento cui si riferiscono i limiti di massimo e minimo materiale (MMB/LMB) devono essere stati precedentemente sottoposti a tolleranza per le condizioni di massimo e minimo materiale rispetto agli elementi di riferimento con precedenza maggiore. Qualora non si trovasse questa tolleranza, alle condizioni di massimo e minimo materiale sarà applicato il valore zero.*

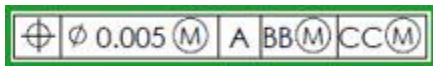
Questa è un'avvertenza all'utente per ricordargli che deve avere già creato i comandi di tolleranza geometrica applicabili per qualsiasi elemento di riferimento con un modificatore della condizione del materiale. Se non sono state create le tolleranze geometriche applicabili all'elemento di riferimento con un modificatore della condizione del materiale, PC-DMIS usa una condizione di massimo materiale pari a 0.0 per determinare il valore di MMB/LMB (Limite di massimo/minimo materiale).



Questo messaggio non può essere chiuso o disabilitato.



In questo esempio, il callout di posizione da valutare è:



*Esempio di tolleranza geometrica per un elemento di posizione.*

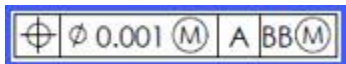
In aggiunta al modificatore dell'elemento, anche gli elementi di riferimento secondari e terziari hanno i loro modificatori.

Secondo le regole degli elementi di riferimento secondari, l'elemento di riferimento BB ha una tolleranza geometrica applicabile rispetto all'elemento di riferimento A:



*Esempio di tolleranza geometrica per il punto di riferimento BB.*

Secondo le regole degli elementi di riferimento terziari, l'elemento di riferimento CC ha una tolleranza geometrica applicabile rispetto agli elementi di riferimento A e BB:

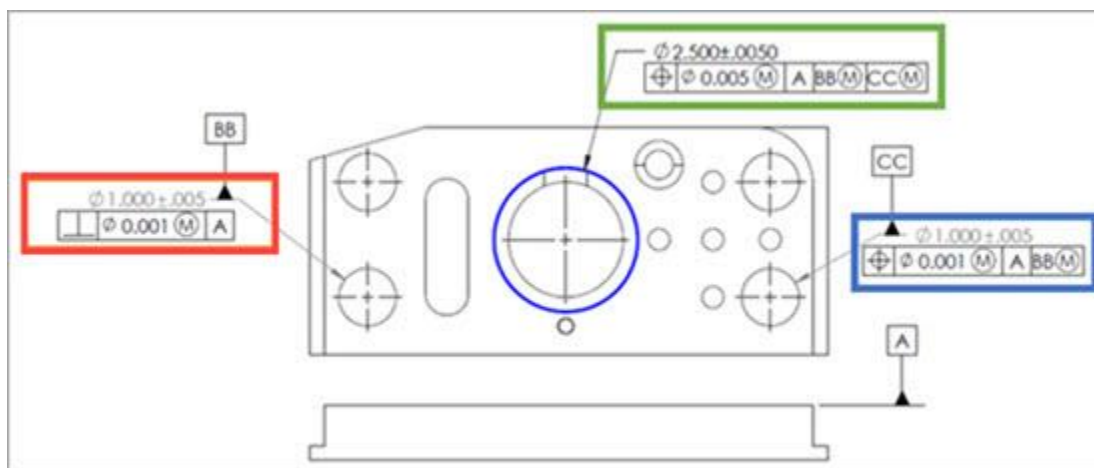


*Esempio di tolleranza geometrica per il punto di riferimento CC.*

La tolleranza geometrica dell'elemento di riferimento BB si deve aggiungere **prima** alla routine di misurazione. Una volta aggiunta questa tolleranza geometrica, si potrà aggiungere la tolleranza geometrica dell'elemento di riferimento CC.

Una volta definite le tolleranze geometriche di questi elementi di riferimento, si potrà aggiungere alla routine di misurazione la tolleranza geometrica dell'elemento di posizione. PC-DMIS usa le tolleranze geometriche degli elementi di riferimento BB e CC (tolleranze geometriche applicabili) per determinare la distanza (spostamento degli elementi di riferimento).

Quando per esempio si crea la tolleranza geometrica per l'elemento di posizione di cui sopra, PC-DMIS legge nella routine di misurazione per individuare le tolleranze geometriche applicabili agli elementi di riferimento con modificatori della condizione del materiale. Se PC-DMIS non ne trova, usa per gli elementi di riferimento secondario e terziario una condizione di minimo materiale pari a 0.0.



Quando PC-DMIS usa una condizione di minimo materiale pari a 0.0, in molti casi si potrebbe vedere che PC-DMIS applica uno spostamento limitato agli elementi di riferimento. Se il progetto specifica che non c'è tolleranza geometrica applicabile, potrebbe esserci un errore nella progettazione o nel disegno.



Anche se PC-DMIS applica tolleranze con una condizione di minimo materiale pari a 0.0 per un calcolo conservativo degli spostamenti degli elementi di riferimento, queste non appaiono nei rapporti di PC-DMIS. Per avere la certezza che gli elementi di riferimento siano conformi a queste tolleranze conservative, occorre aggiungerle alla routine di misurazione.

### Uso dei modificatori sugli elementi di riferimento e risultati della misurazione riportati

Quando si usano i modificatori sugli elementi di riferimento, PC-DMIS valuta la distanza di sicurezza disponibile nel sistema di elementi di riferimento (DRF) usando le tolleranze applicabili fornite sugli elementi di riferimento. Quando si verifica questo, genera uno dei due seguenti risultati possibili.

## Risultato 1

IL DRF è **conforme** alle tolleranze, e PC-DMIS determina che c'è spazio disponibile nel DRF.

In questo caso, PC-DMIS ottimizza l'adattamento del DRF, applica lo spostamento degli elementi di riferimento, e fornisce i risultati della misurazione.

## Risultato 2

IL DRF **non è conforme** alle tolleranze, e PC-DMIS determina che **non c'è spazio disponibile** nel DRF.

Il tentativo di usare per il pezzo un calibro funzionale **non funzionerebbe**. Lascia PC-DMIS con due opzioni di reporting:

**Opzione di reporting N° 1:** PC-DMIS potrebbe generare il rapporto con un messaggio di errore e senza risultati.

**Opzione di reporting N° 2:** PC-DMIS potrebbe generare il rapporto con una misurazione conservativa senza lo spostamento degli elementi di riferimento.

PC-DMIS utilizza l'opzione di reporting N° 2 e valuta comunque la tolleranza geometrica **senza** usare i modificatori sugli elementi di riferimento:

- PC-DMIS usa la tolleranza di posizione originale



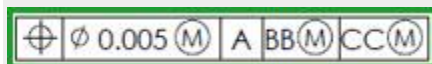
e la valuta rimuovendo i modificatori dagli elementi di riferimento. PC-DMIS completerebbe quindi la valutazione finale come segue:



- PC-DMIS non applicherebbe alcuno spostamento degli elementi di riferimento;

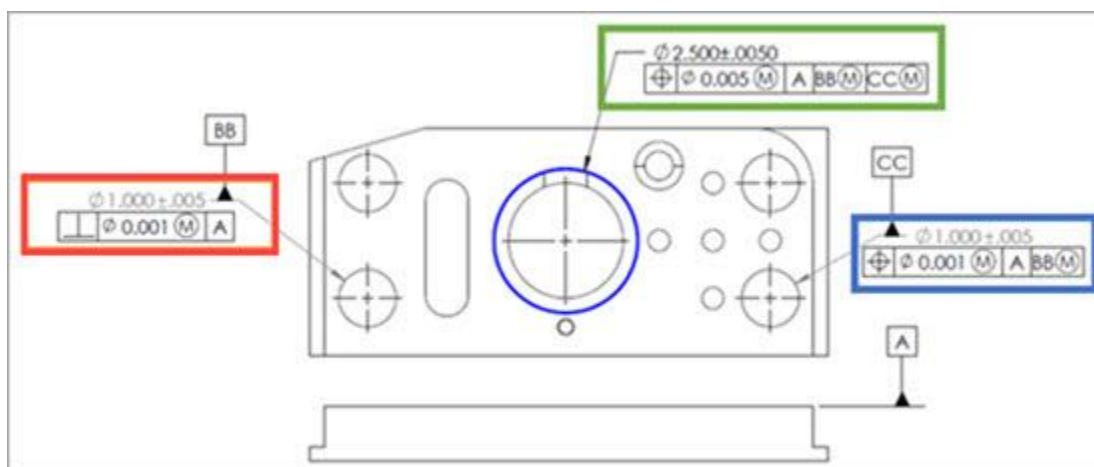


PC-DMIS indica comunque nel rapporto il requisito originale della tolleranza di posizione:

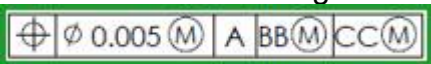


Entrambi i risultati sono possibili anche se non è stata trovata nessuna tolleranza geometrica applicabile e PC-DMIS usa una condizione di minimo materiale pari a 0.0 per le tolleranze geometriche applicabili. Per ulteriori informazioni, vedere "Regole per determinare la tolleranza geometrica" in questo capitolo della documentazione della versione base di PC-DMIS.

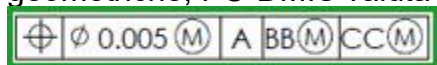
Si consideri di nuovo questo esempio.



Se gli elementi di riferimento sono conformi alle loro tolleranze geometriche

applicabili, PC-DMIS valuta la tolleranza  e riporta i dati della misura dopo lo spostamento degli elementi di riferimento come descritto nel precedente **Risultato 1**.

Tuttavia, se gli elementi di riferimento non sono conformi alle loro tolleranze geometriche, PC-DMIS valuta la tolleranza originale



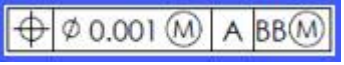
senza i modificatori degli elementi



. PC-DMIS riporta i risultati della misura **senza** spostamento degli elementi come descritto nel precedente **Risultato 2**.

Con il Risultato 2, un riesame delle tolleranze geometriche applicabili agli elementi di riferimento mostrerà che almeno uno di esse non è conforme. In questo

esempio, le tolleranze non conformi sarebbero  sull'elemento

di riferimento BB o  sull'elemento di riferimento CC.

## Confronto tra elementi di riferimento con localizzazione non vincolata ed elementi di riferimento con precedenza più alta

Un elemento di riferimento ASME con un modificatore di traslazione, o un elemento di riferimento ISO senza modificatore [DF] non hanno vincoli di traslazione rispetto ai simulatori degli elementi di riferimento con precedenza più alta. Entrambe le nome ASME e ISO non sono chiare su cosa questo possa significare nel caso in cui ci siano elementi di riferimento con un modificatore di materiale.

Per queste ragioni, raccomandiamo quanto segue.

- Con lo standard ASME, quando si usa un modificatore su un elemento di riferimento non si consiglia di usare il modificatore di traslazione nel sistema di elementi di riferimento (DRF).
- Con lo standard ISO, quando si usa un modificatore su un elemento di riferimento si consiglia di usare sempre il modificatore [DF] nel DRF.

Se si sceglie di ignorare queste raccomandazioni, PC-DMIS risolve il DRF come notato sopra e l'adattamento di PC-DMIS con il calibro simulato molto probabilmente avrà sempre spazio disponibile nel DRF.



Si supponga di avere un piano di riferimento primario, un cerchio di riferimento secondario alla condizione di massimo materiale e un cerchio di riferimento terziario senza modificatore di materiale ma con possibilità di traslazione. Ci sono due interpretazioni possibili.

1. Si potrebbe valutare il sistema di elementi di riferimento indipendentemente dalla tolleranza di posizione, ottimizzare la distanza B-C in modo che B sia centrato in modo ottimale nel foro, e quindi tenere costante questa distanza mentre si valuta la tolleranza di posizione.
2. Si potrebbe valutare il sistema di elementi di riferimento contemporaneamente alla tolleranza di posizione e, mentre si ottimizza la tolleranza di posizione, permettere alla distanza B-C di variare finché il valore misurato della tolleranza di posizione non è il minimo possibile.

In PC-DMIS, usiamo la prima interpretazione perché è più conservativa (i valori misurati sono più grandi).

---

## Tipi di elementi con e senza dati di superficie

### Introduzione

Il comando di tolleranza geometrica ha regole dettagliate per gli elementi con dati di superficie, per quelli senza dati di superficie, e per gli elementi che non è possibile usare affatto in un comando di tolleranza geometrica. Sfortunatamente, certi tipi di elementi si possono usare solo con alcuni tipi di tolleranza, e questa informazione non è dettagliata qui. Inoltre, ci sono alcune eccezioni alle regole qui illustrate, che sono state omesse per chiarezza, e che sono così rare che non sono state documentate qui.

Ci sono diversi tipi di elementi che è possibile usare con il comando di tolleranza geometrica:

- Piano
- Sezione trasversale di un piano (linea di superficie)
- Campione di un piano (punto di superficie)
- Cilindro

- Sezione trasversale di un cilindro (cerchio di superficie)
- Asse senza superficie
- Larghezza
- Cono
- Sfera
- Punto in 3D senza superficie
- Elemento a forma libera

La documentazione che segue tratta tutti i tipi di elementi di PC-DMIS e i tipi di elementi di PC-DMIS pertinenti ai tipi di comandi di tolleranza geometrica.



Con le costruzioni Best Fit (BF) o di ricompensazione best fit (BFRE), anche se si può usare come elemento di input qualsiasi tipo di elemento, i tipi BF e BFRE sono tipicamente usati con gli elementi Punto o con insiemi di punti (una scansione di punti, un insieme di elementi con punti, o un'espressione che genera un array di punti).

Per i dettagli sull'uso dei metodi Best Fit e Best Fit con ricompensazione per costruire elementi, vedere gli argomenti "Informazioni sulle costruzioni Best Fit (BF) e Best Fit con ricompensazione (BFRE)" nella documentazione della versione base di PC-DMIS..

## Piani

### Con dati di superficie

I tipi di piani con dati di superficie sono:

i piani misurati, i piani automatici (con qualsiasi strategia di misurazione), i piani BF costruiti e i piani BFRE costruiti.

### Senza dati di superficie

I tipi di piani senza dati di superficie sono:

i piani di allineamento, i piani convertiti, i piani medi, i piani perpendicolari, i piani paralleli, i piani elementi di riferimento primari, i piani distanziati, i piani traslati e i piani generici.

### Ammissibili solo come elementi di riferimento

Alcuni tipi di piani si possono usare solo come elementi di riferimento, ma non come elementi considerati. Questi sono:



i piani di allineamento, i piani convertiti, i piani perpendicolari, i piani paralleli, i piani usati come elementi di riferimento primari, i piani distanziati, i piani traslati e i piani generici.

## Linee

La finestra di dialogo Tolleranza geometrica ha un messaggio di interpretazione ogniqualevolta si usa una linea costruita come elemento costruito o elemento di riferimento, facendo sapere all'utente se la linea costruita viene trattata come una linea su una superficie (come una sezione trasversale di una superficie piana) o come un asse di rotazione (come un asse senza superficie).

### Con dati di superficie

Il comando di tolleranza geometrica tratta sempre una linea su una superficie come una sezione trasversale di una superficie piana. Anche se in PC-DMIS si può misurare una linea su una superficie non piana, il comando di tolleranza geometrica tratta sempre le linee sulle superfici come provenienti da una superficie piana. Questi tipi di linee hanno dati di superficie. Comprendono i seguenti elementi:

linee automatiche misurate (con qualsiasi strategia di misurazione), linee in 2D BF costruite, linee BFRE costruite, linee di segmenti di scansione.



Le linee BFRE costruite in 3D hanno spesso valori nominali non corretti, anche quando si programma la routine da un modello CAD. In particolare, il piano di lavoro nominale di una linea in 3D BFRE costruita contiene sia la normale alla superficie nominale sia il vettore della linea nominale. Spesso non è allineata nominalmente al disegno. Se la si usa come elemento di riferimento, può causare spesso il seguente messaggio di errore:

"L'elemento di riferimento <nome dell'elemento> è in 2D. Per vincolare il suo piano di lavoro richiede un elemento di riferimento con precedenza più alta".

Nella maggior parte dei casi è consigliabile usare linee BFRE costruite in 2D invece di linee BFRE costruite in 3D in modo che il loro piano di lavoro nominale sia corretto.

Per informazioni su come PC-DMIS tratta i vettori di superficie delle linee costruite in 2D e 3D, vedere la sezione "Vettori di superficie delle linee costruite" dell'argomento "Migrazione da versioni precedenti di PC-DMIS" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

## **Senza dati di superficie**

Alcune linee sono sezioni trasversali di un piano, ma non hanno dati di superficie. Queste includono:

le linee medie, le linee proiettate e le linee usate come elementi di riferimento secondari.

Alcune linee sono assi senza superficie. Rappresentano assi di rotazione e non hanno superficie. Non hanno dati di superficie. Queste linee sono:

le linee di allineamento, le linee BF costruite in 3D, le linee convertite, le linee di intersezione, le linee parallele, le linee perpendicolari, le linee distanziate e le linee generiche.

## **Casi speciali**

Alcune linee deviano dalla suddetta interpretazione nei seguenti casi speciali:

- le linee BF costruite in 3D e le linee distanziate sono sezioni trasversali di un piano e hanno dati di superficie quando sono costruite a partire da punti misurati su una superficie;
- le linee parallele e le linee perpendicolari sono sezioni trasversali di un piano, ma non hanno dati di superficie quando la normale nominale alla superficie risultante coincide con il riferimento di localizzazione (secondo input per la costruzione).

# **punti**

## **Con dati di superficie**

Un punto su una superficie è trattato sempre come un campione di una superficie piana. Anche se in PC-DMIS si può misurare un punto su una superficie non piana, il comando di tolleranza geometrica tratta sempre i punti sulle superfici come derivati da una superficie piana. Questi tipi di punti hanno dati di superficie. Questi sono:

i punti misurati, i punti vettore (strategia predefinita, non quella autocentrante) i punti di superficie, i punti di bordo, i punti massimi, i punti medi e i punti usati come elementi di riferimento terziario.

## **Senza dati di superficie**

## Uso delle tolleranze geometriche

Alcuni punti non sono associati a una superficie e sono vincolati in 3 dimensioni proprio come il centro di una sfera. Sono punti in 3D senza superficie. Questi sono:

i punti convertiti, i punti di spigolo, i punti di rilascio, i punti generici, i punti di intersezione, i punti distanziati, i punti d'origine, i punti di proiezione, i punti distanziati lungo un vettore

Un punto di foratura è vincolato in due dimensioni, quindi è come un asse senza superficie di lunghezza nulla. Per informazioni sugli assi senza superficie, vedere la precedente voce "Linee".

### **Non ammessi**

PC-DMIS non ammette come input nel comando di tolleranza geometrica i punti di angolo automatici, né come elementi considerati, né come elementi di riferimento.

## Cilindri

### **Con dati di superficie**

I tipi di cilindri con dati di superficie sono:

i cilindri misurati, i cilindri automatici (con qualsiasi strategia di misurazione), i cilindri BF costruiti e i cilindri BFRE costruiti.

### **Senza dati di superficie**

I tipi di cilindri senza dati di superficie sono:

i cilindri e i cilindri generici.

### **Non ammessi**

I cilindri proiettati non sono ammessi come input nel comando di tolleranza geometrica né come elementi considerati, né come elementi di riferimento.

## Cerchi

### **Con dati di superficie**

I cerchi sono trattati come sezioni trasversali di superfici cilindriche. Anche se in PC-DMIS si può misurare un cerchio su una superficie non cilindrica, il comando di tolleranza geometrica tratta sempre i cerchi come provenienti da una superficie cilindrica (a eccezione del caso trattato sotto la voce "Oscillazione circolare").

I tipi di cerchi con dati di superficie sono:

i cerchi misurati, i cerchi automatici (tranne il caso delle strategie di misura con calibrazione della scansione con utensile di misura), i cerchi BF costruiti, i cerchi BFRE costruiti e i cerchi dei segmenti di scansione.

### **Senza dati di superficie**

I tipi di cerchi senza dati di superficie sono:

i cerchi di intersezione, i cerchi proiettati, i cerchi da cilindri, i cerchi da coni, i cerchi da sfere, i cerchi convertiti, i cerchi tangenti, a 2 rette i cerchi tangenti a 3 rette, 3 cerchi tangenti, i cerchi minimi da scansione e i cerchi generici.

### **Non ammessi**

Alcuni tipi di cerchi non sono ammessi come input nel comando di tolleranza geometrica né come elementi considerati, né come elementi di riferimento. Queste includono:

i cerchi automatici con strategia di misurazione della calibrazione della scansione con un utensile di misura

Inoltre, i cerchi da sfere sono ammessi come elementi considerati, ma non come elementi di riferimento.

## **Larghezze**

Tutti gli elementi Larghezza hanno dati di superficie.

## **Asole e asole aperte**

### **Con dati di superficie**

Asole e asole aperte hanno dati di superficie quando le si usa nel profilo di una tolleranza di linea.

### **Senza dati di superficie**

Asole e asole aperte non hanno dati di superficie quando le si usa in una tolleranza di posizione o come elemento di riferimento.



Fare attenzione con asole e asole aperte

Le si dovrebbe usare solo se si sa già che la forma degli elementi è molto buona. Se si sospetta che l'errore di forma degli elementi prodotti possa essere significativo, non usare un comando di asola o asola aperta. Invece, misurare una scansione intorno al perimetro dell'elemento e quindi usare la tolleranza di un profilo di una linea come tolleranza di forma, orientamento e posizione dell'elemento.

## Coni

### Con dati di superficie

I tipi di coni con dati di superficie sono:

i coni misurati, i coni automatici (con qualsiasi strategia di misurazione), i coni BF costruiti e i coni BFRE costruiti.

### Senza dati di superficie

I coni convertiti rappresentano una superficie conica ma non hanno dati di superficie.

I coni generici non hanno diametro in PC-DMIS, e quindi rappresentano un asse senza superficie e non hanno dati di superficie.

### Non ammessi

I coni delle proiezioni non sono ammessi come input nel comando di tolleranza geometrica né come elementi considerati, né come elementi di riferimento.

## Sfere

### Con dati di superficie

I tipi di sfere con dati di superficie sono:

le sfere misurate, le sfere automatiche, le sfere BF costruite e le sfere BFRE costruite.

## **Senza dati di superficie**

I tipi di sfere senza dati di superficie sono:

le sfere convertire e le sfere generiche.

## **Non ammessi**

Le sfere delle proiezioni non sono ammesse come input nel comando di tolleranza geometrica né come elementi considerati, né come elementi di riferimento.

## **Elementi a forma libera**

Il comando di tolleranza geometrica ammette gli elementi a forma libera come elementi considerati per le tolleranze di profilo. Questi elementi hanno numerosi punti misurati con punti nominali e vettori nominali corrispondenti.

Quando non si ha un modello CAD o quando non si usa l'opzione di iterazione e nuova foratura, PC-DMIS calcola le deviazioni semplicemente come deviazione del vettore del punto misurato rispetto alla superficie piana nominale definita dal punto nominale e dal vettore nominale. Questa è la cosiddetta "approssimazione piana a tratti".

Quando la routine di misurazione usa un modello CAD, e si usa l'opzione di iterazione e nuova foratura, PS-DMIS calcola le deviazioni rispetto al modello CAD (senza "approssimazione piana a tratti"). Per ulteriori informazioni, vedere "Profilo di una linea" e "Profilo di una superficie".

PC-DMIS considera i seguenti tipi di elementi come elementi a forma libera considerati:

comandi di scansione, insiemi costruiti, insiemi filtrati costruiti, oggetti costruiti con filtri di regolazione, elementi automatici con profili in 2D (elementi Vision) e tori.

## **Possibili dati di superficie**

PC-DMIS considera alcuni poligoni come elementi a forma libera (con dati di superficie) quando li si usa in una tolleranza di profilo, ma li considera come cerchi (senza dati di superficie) quando li si usa in una tolleranza di posizione. Questi tipi di elementi non sono veramente pensati per le tolleranze di posizione, ma sono inclusi come cerchi (senza dati di superficie) ai fini di migrazione del software.

PC-DMIS considera asole e asole aperte come elementi a forma libera (con dati di superficie) quando le si usa in una tolleranza di profilo, ma le considera come larghezze (senza dati di superficie) quando le si usa in una tolleranza di posizione.

## **Non ammessi**

I seguenti elementi o tipi di elementi non sono ammessi come input nel comando di tolleranza geometrica, né come elementi considerati, né come elementi di riferimento:

insiemi misurati, scansioni di superfici, ellissi proiettate, asole aperte proiettate, asole proiettate, blob automatici, elementi con discontinuità e dislivello, elementi di attrezzaggi, elementi di superficie, oggetti, curve costruite, superfici costruite, mesh e calibri.

## **Elementi inversi**

Diversi tipi di elementi sono "elementi inversi". Queste includono:

piani inversi, cilindri inversi, ecc.

## **Possibili dati di superficie**

Gli elementi inversi possono avere dati di superficie. Questo dipende dall'elemento di input dell'elemento inverso. Se l'elemento di input ha dati di superficie, lo stesso vale per l'elemento inverso.

## **Eventualmente ammessi**

È possibile usare gli elementi inversi come elementi considerati o elementi di riferimento. Questo dipende dall'elemento di input dell'elemento inverso. Il trattamento della superficie dell'elemento inverso è uguale a quello dell'elemento di input. Per esempio, una linea inversa può essere un asse senza superficie o la sezione trasversale di un piano. Questo dipende dall'elemento di input dell'elemento inverso.

## **Non ammessi**

Non è possibile usare come input nel comando di tolleranza geometrica né come elementi considerati, né come elementi di riferimento gli elementi inversi costruiti da un tipo di elemento diverso da quello dell'elemento inverso. Per esempio, non si può usare come input nel comando di tolleranza geometrica una linea inversa costruita da un cilindro.

---

# Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica

Molti comandi di tolleranza geometrica contengono una tolleranza di dimensione. Questa pagina descrive come il comando di tolleranza geometrica calcola i valori delle dimensioni misurate e i valori delle dimensioni locali misurate.

## Specifiche di dimensione

Il comando di tolleranza geometrica supporta solo poche specifiche di dimensione. Per specifiche di dimensione più complesse è disponibile un apposito comando di dimensione. Per maggiori informazioni, vedere "" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

Secondo l'ASME, il comando di tolleranza geometrica usa la seguente specifica di dimensione. L'inviluppo di forma perfetta non condizionato (UAME) controlla la superficie dell'elemento nella direzione dal materiale all'esterno, e le dimensioni locali controllano la superficie dell'elemento nella direzione dall'esterno al materiale. Le dimensioni locali sono le dimensioni tra coppie di punti opposti, a meno che l'elemento non sia un cilindro, e che per le dimensioni locali sia disponibile l'opzione [ELEMENTI CIRCOLARI](#). Ciò detto, il comando di tolleranza geometrica non riporta le dimensioni locali a meno che questa funzione non venga attivata, poiché molti sistemi di misura non hanno una precisione sufficiente per verificare che le dimensioni locali siano conformi alla tolleranza di dimensione.

Secondo lo standard ISO, a partire da PC-DMIS 2025.1, gli algoritmi per il calcolo delle dimensioni e degli elementi sono indipendenti tra loro (per i dettagli, vedere la sezione "Confronto con la prassi precedente - Tipi di algoritmi ISO" dell'argomento "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche" nella documentazione della versione base di PC-DMIS). La maggior parte delle tolleranze di dimensione ISO riguarda tolleranze di inviluppi come definite in ISO 14405-1. Questo significa che l'inviluppo di forma perfetta controlla la direzione dal materiale all'esterno e che le dimensioni locali tra coppie di punti opposti controllano la direzione dall'esterno al materiale. Tuttavia, quando si segue la norma ISO 17450-3 come descritto in "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza", la tolleranza di dimensione è un dimensione (predefinita) senza modificatori. Questo significa che la tolleranza di dimensione non controlla gli inviluppi di forma perfetta e che le sole dimensioni sono le dimensioni locali tra due punti.

## Dimensione globale

Ogni volta che una specifica di dimensione include la dimensione di un inviluppo di forma perfetta, la tolleranza di dimensione ha una dimensione globale. Le tolleranze



ISO la chiamano DIMENSIONE GLOBALE nella finestra di modifica, mentre le tolleranze ASME la chiamano UAME nella finestra di modifica. L'unica volta in cui la tolleranza di dimensione non ha una dimensione globale è quando si segue la norma ISO 17450-3 come sopra descritto o quando si seleziona un modificatore di dimensione (LP) ISO.

Se l'elemento considerato non ha dati di superficie la dimensione globale è la dimensione **MISURATA** dell'elemento di input. I modificatori di dimensione ISO non sono disponibili per quegli elementi che non hanno dati di superficie.

Se l'elemento considerato ha dati di superficie, e l'algoritmo di calcolo della dimensione ISO o di calcolo degli elementi ASME è di tipo **LSQ** (metodo dei minimi quadrati) la dimensione globale è la dimensione dell'adattamento best fit secondo il metodo dei minimi quadrati non vincolati.

Se l'elemento considerato ha dati di superficie, e l'algoritmo di della dimensione ISO o di calcolo degli elementi ASME è di tipo **PREDEFINITO** la dimensione globale è la dimensione dell'adattamento best fit inscritto o circoscritto, a seconda di quale dei due è esterno al materiale. Poiché i tradizionali adattamenti inscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Come descritto nella sezione "Specifiche e verifiche" dell'argomento "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo" della documentazione della versione base di PC-DMIS, offriamo per il calcolo di elementi entrambi gli algoritmi **LSQ** e **PREDEFINITO** poiché i vari sistemi di misura hanno incertezze di misura diverse. Se il sistema di misura è preciso e accurato abbastanza da riuscire a misurare l'errore di forma dell'elemento—cioè se l'incertezza della misura è molto minore dell'errore di forma—è il caso di usare l'algoritmo **PREDEFINITO**. Se l'incertezza della misura è maggiore dell'errore di forma occorrerà usare l'algoritmo **LSQ**. Per ulteriori informazioni, vedere "Specifica e verifica".

## Dimensione locale

Se si segue la norma ISO 17450-3 come sopra descritto, la specifica di dimensione è la specifica predefinita dell'ISO (senza modificatori), il che significa che ci sono solo dimensioni locali e non una dimensione globale. Il comando di tolleranza geometrica riporta sia la dimensione locale massima sia quella minima.

Se non si segue la norma ISO 17450-3 e se l'elemento considerato ha dati di superficie, si possono riportare le dimensioni locali. Questo è particolarmente utile quando l'algoritmo di calcolo dell'elemento è quello **PREDEFINITO**, poiché il comando di tolleranza geometrica riporta solo la dimensione locale *peggiore* nella direzione dall'interno al materiale. Quando è combinata con l'algoritmo di calcolo della dimensione **PREDEFINITO**, la dimensione globale controlla la superficie nella direzione dall'esterno al materiale mentre la direzione locale controlla la superficie nella direzione

dall'interno al materiale. Per contro, l'algoritmo di calcolo della dimensione **LSQ** ha una dimensione globale secondo il metodo dei minimi quadrati, che non controlla le deviazioni della superficie in nessuna direzione. In questo caso, la superficie non sarà controllata nella direzione dall'esterno al materiale

Nel caso delle tolleranze secondo lo standard ISO, e delle tolleranze secondo lo standard ASME per sfere e larghezze, le dimensioni locali sono valutate usando coppie di punti opposti. Ogni dimensione locale è essenzialmente una misura tra due punti con un calibro. Accertarsi che i punti misurati abbiano punti direttamente opposti, poiché altrimenti la precisione della misura potrebbe risentirne. Questo è vero specialmente per le sfere.

Nel caso delle tolleranze di dimensione ASME sui cilindri, si può scegliere di usare l'interpretazione dei **PUNTI OPPOSTI** o quella degli **ELEMENTI CIRCOLARI**. Queste interpretazioni sono specificate in ASME Y14.5.1 - 2019. L'interpretazione dei punti opposti si comporta come appena descritto.

L'interpretazione degli elementi circolari richiede che i dati della superficie siano misurati in sezioni trasversali circolari. Inserisce un cerchio best fit in ogni sezione trasversale; le dimensioni dei cerchi sono le dimensioni locali. Quando il tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento è **LSQ**, i cerchi sono calcolati usando il metodo dei minimi quadrati. Quando l'algoritmo di calcolo dell'elemento è quello **PREDEFINITO**, i cerchi sono inscritti o circoscritti a seconda di quale delle due configurazioni è esterna al materiale. Poiché i tradizionali adattamenti inscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Non è il caso di riportare le dimensioni locali a meno che il sistema di misura non sia preciso e accurato abbastanza da riuscire a misurare l'errore di forma dell'elemento.

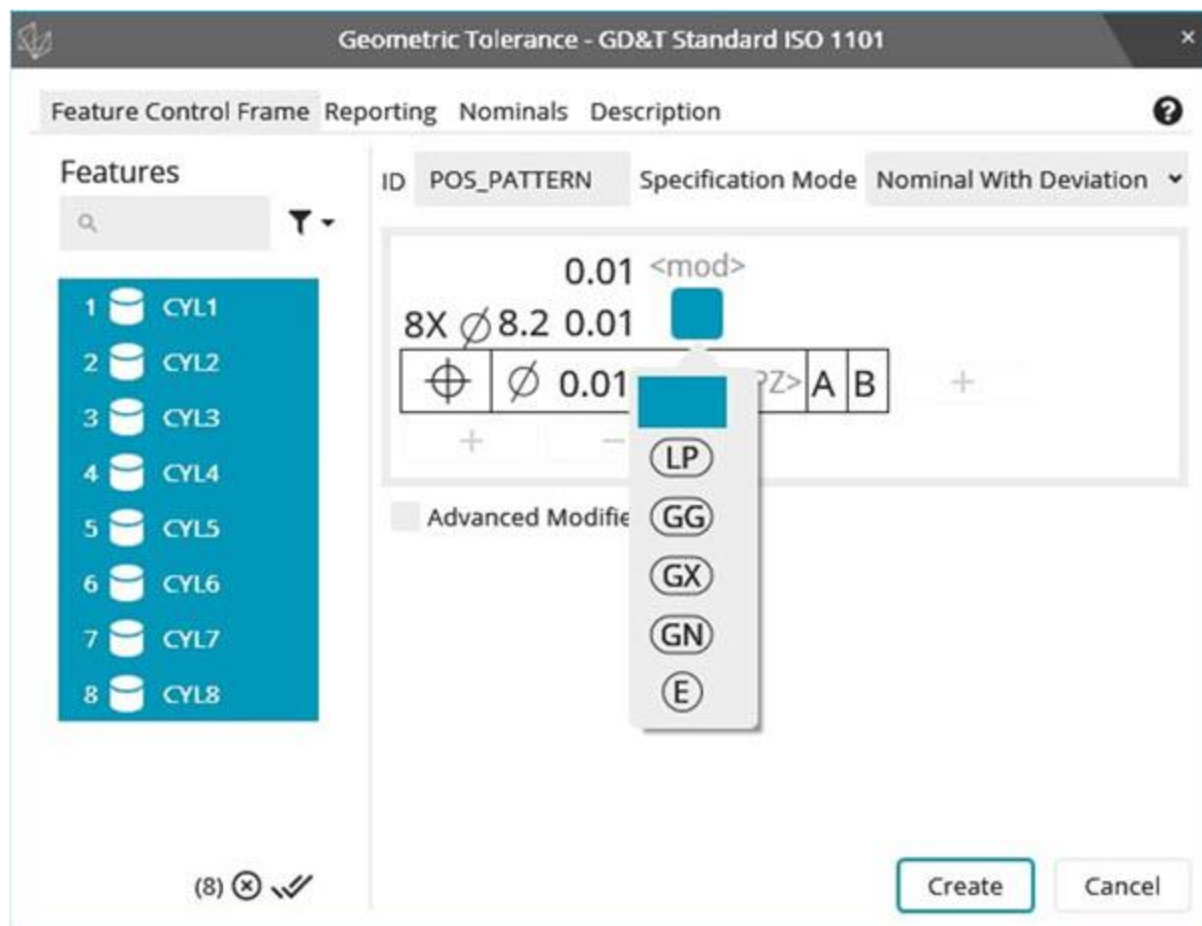
## Modificatori di dimensione ISO

A partire da PC-DMIS 2025.1, il comando di tolleranza geometrica supporta i più comuni modificatori di dimensione ISO come:

- (LP) - Dimensione su due punti
- (GG) - Criterio di associazione dei minimi quadrati
- (GX) - Criterio di associazione Massimo inscritto
- (GN) - Criterio di associazione Minimo circoscritto
- (E) - Requisito di inviluppo

Questi modificatori sono disponibili nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica**.

## Uso delle tolleranze geometriche



È anche possibile aggiungere o rimuovere modificatori di dimensione direttamente nella finestra di modifica. È possibile immetterli manualmente o selezionarli da un elenco come mostrato qui:

```

POS_PATTERN=GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO 1101,SHOWEXPANDED=YES,
DESCRIPTION=ON,,
FEATURE_MATH=DEFAULT,SIZE_MATH=DEFAULT,DATUM_MATH=DEFAULT,DISPLAY_COORDS=DRF,
UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
SIZE/NOMINAL=0.2,TOLERANCE_SPECIFICATION_MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
UPPER_TOLERANCE=0.01,LOWER_TOLERANCE=0.01,
UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=
LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=
CYL1:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL2:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL3:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL4:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL5:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL6:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL7:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL8:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.0,
TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRA
MEASURED:
  CYL1:0.000,
  CYL2:0.000,
  CYL3:0.000,
  CYL4:0.000,
  CYL5:0.000,
  CYL6:0.000,
  CYL7:0.000,
  CYL8:0.000,
ADD
FEATURES/CYL1,CYL2,CYL3,CYL4,CYL5,CYL6,CYL7,CYL8,,

```




Poiché nella finestra di modifica gli elenchi **MODIFICATORE DI SPECIFICA SUPERIORE** e **MODIFICATORE DI SPECIFICA INFERIORE** del comando di tolleranza geometrica sono condivisi con il comando di dimensione, sono mostrati tutti i modificatori di dimensione ISO. Tuttavia, questo non significa che siano tutti disponibili per la selezione. Si possono aggiungere solo i modificatori supportati dal comando di tolleranza geometrica. Se si prova ad aggiungere un modificatore non supportato, PC-DMIS ignora l'operazione e mantiene la selezione esistente applicabile del **MODIFICATORE DI SPECIFICA INFERIORE** **MODIFICATORE DI SPECIFICA SUPERIORE**.

Qui è possibile vedere un esempio tipico di come appare l'informazione nella finestra di modifica quando si seleziona l'opzione di inserire nel rapporto i modificatori di dimensione:

## Uso delle tolleranze geometriche

```
FCFLOC1 =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO 1101,SHOWEXPANDED=YES,
DESCRIPTION=OFF,,
FEATURE_MATH=DEFAULT,SIZE_MATH=MODIFIER_SELECTED,DISPLAY_COORDS=DRF,
UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
SIZE/NOMINAL=20,TOLERANCE SPECIFICATION MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
UPPER TOLERANCE=0.1,LOWER TOLERANCE=0.1,
UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=(LP),
LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=(GX),
CYL2:
  UPPER SIZE:20.033115,
  LOWER SIZE:19.965135,
SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.500039,__,__,<len>,<dat>,<dat>,<dat>,
TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,MULT=10,
MEASURED:
  CYL2:0.015947,
ADC
FEATURES/CYL2,,
```

FCFLOC1 Size	MM	Ø 20 [+0.1 LP] - [-0.1 GX]				MODIFIER	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2 - LP	20.000000	0.100000	0.100000	20.033115	0.033115	0.000000	
CYL2 - GX	20.000000	0.100000	0.100000	19.965135	-0.034865	0.000000	
FCFLOC1	MM	⌀ 0.500039				DEFAULT NONE	ISO 1101
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	BONUS
CYL2 (LEVEL# 1)	TP	0.000000	0.500039	0.000000	0.015947	0.015947	0.000000



## Calcoli del bonus

Alcune tolleranze geometriche hanno un modificatore della massima condizione di materiale  $\textcircled{M}$  (MMC) o della minima condizione di materiale  $\textcircled{L}$  (LMC). Ciò significa che se la dimensione dell'involuppo di forma perfetta non condizionato (o la dimensione dell'involuppo minimo non condizionato per l'LMC) devia dal MMC (o dal LMC), la tolleranza aggiuntiva o la tolleranza "bonus" viene aggiunta alla tolleranza nel riquadro di controllo, portando così a una tolleranza totale. Nel caso dell'algoritmo di calcolo degli elementi **PREDEFINITO**, la tolleranza bonus misurata è data dalla differenza tra un adattamento best fit inscritto o circoscritto e uno dei limiti della dimensione. Poiché i tradizionali adattamenti inscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile. Nel caso dell'algoritmo di calcolo degli elementi **LSQ**, la tolleranza bonus misurata è data dalla differenza tra la dimensione secondo il metodo dei minimi quadrati e uno dei limiti della dimensione.

La tolleranza bonus degli elementi misurati è calcolata nel modo seguente.

- Per le tolleranze alla condizione di massimo materiale sugli elementi esterni, il bonus è pari al limite superiore della dimensione (dimensione all'MMC) meno la dimensione circoscritta (esterna all'involuppo del materiale) o alla dimensione secondo i minimi quadrati (a seconda del tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento).

- Per le tolleranze alla condizione di massimo materiale sugli elementi interni, il bonus è pari alla dimensione inscritta (esterna all'involuppo del materiale) o alla dimensione secondo i minimi quadrati (a seconda del tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento) meno il limite inferiore della dimensione (dimensione all'MMC).
- Per le tolleranze alla condizione di massimo materiale sugli elementi esterni, il bonus è pari alla dimensione inscritta (interna all'involuppo del materiale) o alla dimensione secondo i minimi quadrati (a seconda del tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento) meno il limite inferiore della dimensione (dimensione all'LMC).
- Per le tolleranze alla condizione di minimo materiale sugli elementi interni, il bonus è pari al limite superiore della dimensione (dimensione all'LMC) meno la dimensione circoscritta (interna all'involuppo del materiale) o alla dimensione secondo i minimi quadrati (a seconda del tipo di algoritmo di calcolo dell'elemento).

In ogni caso, il bonus è limitato, quindi non è mai negativo, e non supera mai la tolleranza totale della dimensione (il limite superiore della dimensione meno quello inferiore).

La scelta dei modificatori di dimensione ISO non influisce sul calcolo del bonus. I valori del bonus sono sempre calcolati nel modo sopra descritto.

## Rapporto

### Senza dimensioni locali

Quando il rapporto non contiene le dimensioni locali, l'etichetta della dimensione nel rapporto ha l'aspetto seguente:

FCFLOC5 Size		MM	SØ 31.75 +0.025/-0.025			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
SPH1	31.750000	0.025000	-0.025000	31.751629	0.001629	0.000000	
SPH2	31.750000	0.025000	-0.025000	31.748836	-0.001164	0.000000	

La barra dell'intestazione mostra l>ID della dimensione, le unità di misura della dimensione (millimetri o pollici), la specifica di dimensione, il tipo di algoritmo (in questo caso **LSQ**), e lo standard (in questo caso ASME Y14.5). La tabella seguente mostra i valori misurati di ogni sfera.

### Con dimensioni locali e globali

Quando si riportano le dimensioni locali e globali, l'etichetta delle dimensioni ha una riga in più, con LS aggiunto come suffisso alle dimensioni locali peggiori. Per esempio, "SPH1 - LS". Nel caso delle tolleranze ASME sui cilindri, la barra dell'intestazione dice



## Uso delle tolleranze geometriche

anche se l'interpretazione delle dimensioni locali è quella dei PUNTI OPPOSTI o quella degli ELEMENTI CIRCOLARI. Quando si riportano dimensioni locali e globali il rapporto ha l'aspetto seguente:

FCFLOC5 Size		MM	SØ 31.75 +0.025/-0.025 OPPOSED			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
SPH1	31.750000	0.025000	-0.025000	31.751629	0.001629	0.000000	
SPH1 - LS	31.750000	0.025000	-0.025000	31.731449	-0.018551	0.000000	
SPH2	31.750000	0.025000	-0.025000	31.748836	-0.001164	0.000000	
SPH2 - LS	31.750000	0.025000	-0.025000	31.734986	-0.015014	0.000000	

## Senza dimensioni globali

Quando si segue la norma ISO 17450-3 la dimensione globale non è riportata. Invece, MIN e MAX sono aggiunti come suffisso alle dimensioni locali peggiori in entrambe le direzioni. Il rapporto ha l'aspetto seguente:

LOC12 Size		MM	Ø 152.4 +/- 5			DEFAULT	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2 - MIN	152.400	5.000	-5.000	152.477	0.077	0.000	
CYL2 - MAX	152.400	5.000	-5.000	152.830	0.430	0.000	
CYL3 - MIN	152.400	5.000	-5.000	152.490	0.090	0.000	
CYL3 - MAX	152.400	5.000	-5.000	152.848	0.448	0.000	

## Con i modificatori di dimensione ISO 14405

Quando si applicano i modificatori di dimensione della norma ISO 14405 i dettagli sono indicati nell'intestazione con il suffisso appropriato aggiunto al nome dell'elemento come mostrato qui sotto:

FCFLOC3 Size		MM	Ø 30 [+0.1 LP] - [-0.1 GX]			MODIFIER	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL1 - LP	30.000000	0.100000	0.100000	29.957540	-0.042460	0.000000	
CYL1 - GX	30.000000	0.100000	0.100000	29.919873	-0.080127	0.000000	

# Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza

## Introduzione

Nella maggior parte dei tipi di specifiche, per elemento soggetto a tolleranza si intende l'elemento considerato con i dati di superficie. Tuttavia, con le tolleranze geometriche di localizzazione e orientamento (posizione, concentricità, simmetria, perpendicolarità, parallelismo e angolarità) questo tipo di elemento è derivato dai dati di superficie dell'elemento considerato. Questo è vero per cerchi, coni, cilindri, sfere, larghezze, asole e asole aperte. Riguarda anche i piani con modificatore del piano tangente. Ogni tipo di elemento considerato è trattato in modo diverso. Questo argomento tratta degli elementi che hanno dati di superficie (inclusi i piani medi e le linee medie) e il modificatore del piano tangente. Per informazioni sui tipi di comandi che hanno o meno dati di superficie vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".

In diversi punti più avanti si esaminerà il caso di un piano campione. Gli elementi automatici Cilindro, Cerchio e Cono possono avere un piano campione:

- quando un elemento ha un elemento campione, questo è un piano campione;
- quando un elemento ha un punto campione, il piano campione passa per quel punto e ha un orientamento nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati;
- quando un elemento ha tre o più punti campione, il piano campione è il piano derivato da questi punti in base ai minimi quadrati;
- quando un elemento non ha selezionati né punti campione né un elemento campione, non ha un piano campione.






Quando c'è un piano campione, c'è anche un piano iniziale che interseca l'asse nel punto iniziale. Il piano campione nominale può essere discosto dal piano iniziale nominale poiché potrebbe non intersecare l'asse nominale nel punto iniziale. Il piano iniziale misurato è parallelo al piano campione misurato ed è distanziato da esso del valore nominale.

## Modificatori ISO dell'elemento soggetto a tolleranza associato (ATFM)

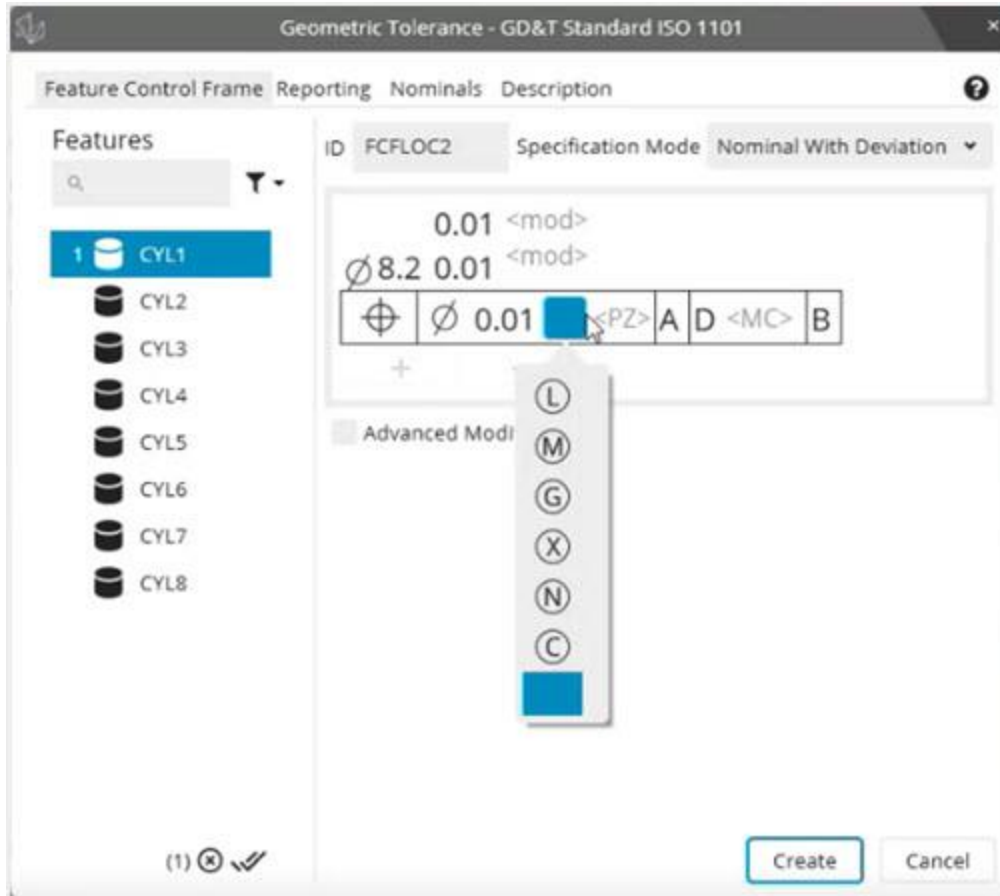
Per i dettagli sugli ATFM ISO vedere la sezione 8.2.2.2.2 della norma ISO 1101:2017

A partire da PC-DMIS 2025.1, il comando di tolleranza geometrica supporta i seguenti modificatori ISO degli elementi soggetti a tolleranza associati (ATFM).

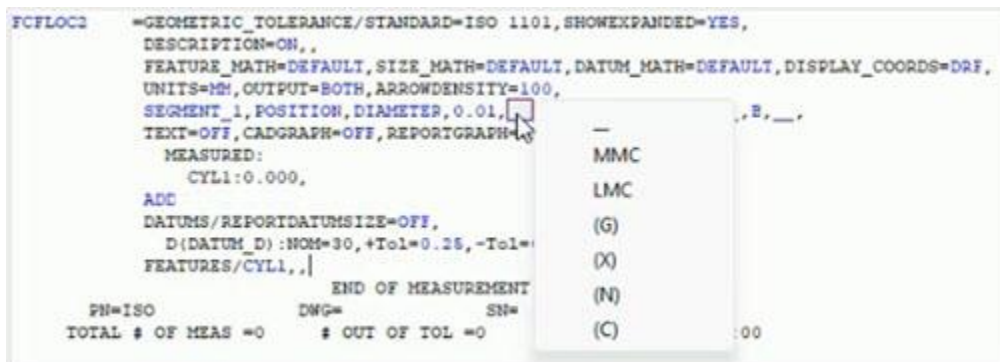


-  Modificatore di elemento **MinMax (Chebyshev)** - Questo modificatore di elemento è disponibile per i tipi di elementi considerati Cerchio, Cono, Cilindro, linea, Piano e Larghezza.
-  Modificatore di elemento **Minimi quadrati (Gaussiano)** - Questo modificatore di elemento è disponibile per i tipi di elementi considerati Cerchio, Cono, Cilindro, Linea, Piano e Larghezza.
-  Modificatore di elemento **Minimo circoscritto** - Questo modificatore di elemento è disponibile per i tipi di elementi considerati Cerchio, Cilindro, Linea, Piano e Larghezza.
-  Modificatore di elemento **Massimo inscritto** - Questo modificatore di elemento è disponibile per i tipi di elementi considerati Cerchio, Cilindro, Linea, Piano e Larghezza.
-  Modificatore di elemento **Tangente** - Questo modificatore di elemento è disponibile per il tipo di elemento considerato Piano.

Alla sezione Tolleranza del riquadro di controllo nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** è possibile aggiungere il modificatore di un elemento associato soggetto a tolleranza.



Si può anche selezionare il modificatore di un elemento associato soggetto a tolleranza nella finestra di modifica in modalità di comando:



Quando si seleziona il modificatore nella finestra di modifica `FEATURE_MATH` mostra "MODIFIER\_SELECTED", e il modificatore selezionato prevale sull'adattamento **PREDEFINITO** o **LSQ** dell'elemento.



Non è possibile combinare un modificatore di un elemento associato soggetto a tolleranza con un modificatore della condizione del materiale (MMC o LLC).

Il rapporto risultante mostra i modificatori selezionati e i tipi di algoritmi applicabili:

FCFLOC2 Size	MM	Ø 8.2 +/- 0.01					DEFAULT	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
CYL1 - MAX	8.200000	0.010000	0.010000	8.200000	0.000000	0.000000		
CYL1 - MIN	8.200000	0.010000	0.010000	8.200000	0.000000	0.000000		
FCFLOC2	MM	⊕ 0.1(G) A D B					MODIFIER DEFAULT	ISO 1101
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL1 (START PT)	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.13112	0.01112	0.000000	0.000000

1. Algoritmo SIZE di calcolo della dimensione
2. Algoritmo FEATURE di calcolo di un elemento (indica che è stato selezionato un modificatore)
3. Algoritmo DATUM di calcolo di un elemento di riferimento

## Modificatori ISO di associazione degli elementi di riferimento (RFAM)

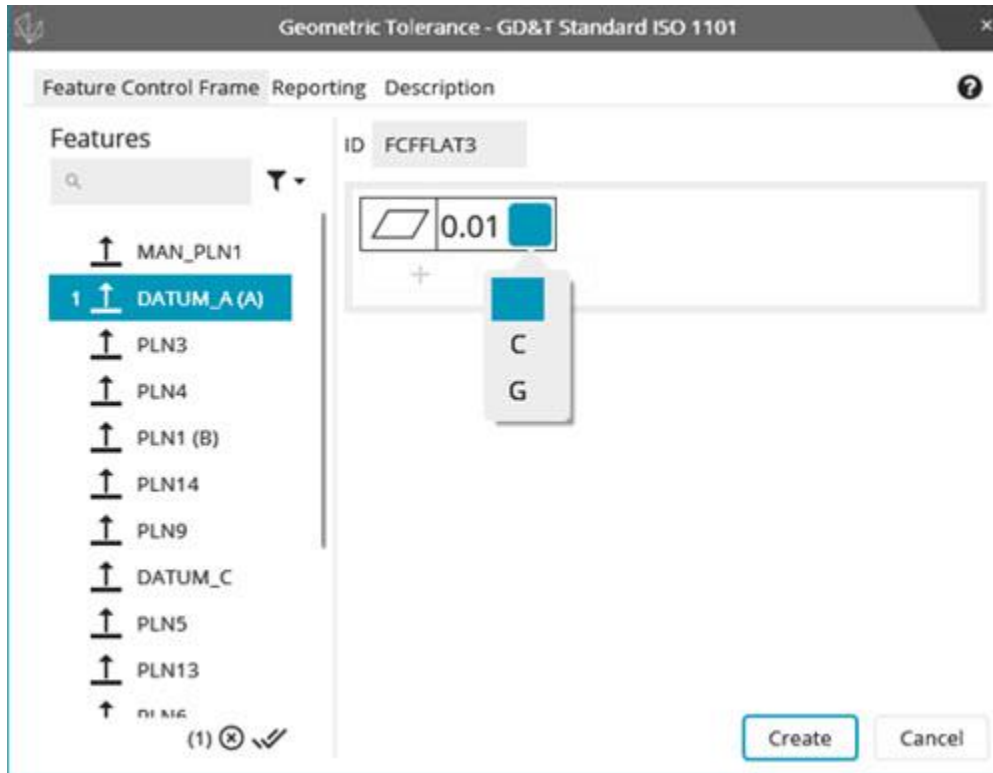


Per i dettagli sui modificatori ISO di associazione degli elementi di riferimento (RFAM) vedere la sezione 8.2.2.3.1 della norma ISO 1101:2017.

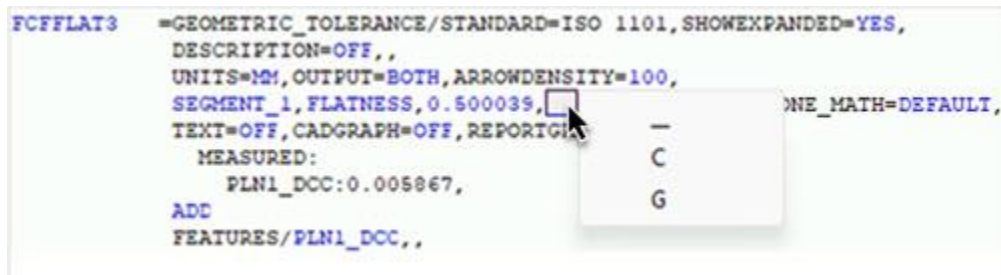
A partire da PC-DMIS 2025.1, il comando di tolleranza geometrica supporta i seguenti modificatori ISO di associazione degli elementi di riferimento (RFAM).

- Elemento **C - MinMax (Chebyshev)** non vincolato: questo modificatore di associazione dell'elemento di riferimento è disponibile per le tolleranze di circolarità, cilindricità, planarità e rettilineità di una superficie.
- Elemento **G - Minimi quadrati (Gaussiano)** non vincolato: questo modificatore di associazione dell'elemento di riferimento è disponibile per le tolleranze di circolarità, cilindricità, planarità e rettilineità di una superficie.

Gli RFAM ISO non sono applicabili alla rettilineità di un asse. È possibile aggiungere un RFAM alla sezione Tolleranza del riquadro di controllo nella finestra di dialogo **Tolleranza geometrica** come mostrato qui:



Si può anche selezionare l'RFAM associato nella finestra di modifica in modalità di comando:




Quando si seleziona un modificatore nella finestra di modifica TOLERANCE\_ZONE\_MATH mostra "MODIFIER\_SELECTED", e il modificatore selezionato prevale sull'adattamento **PREDEFINITO** o **LSQ** dell'elemento.



Non è possibile combinare un modificatore di un elemento di riferimento con un modificatore della condizione del materiale (MMC o LLC).

Il rapporto risultante mostra i modificatori selezionati e i tipi di algoritmi applicabili:

FCFLAT3	MM	 0.500039 C	MODIFIER	ISO 1101		
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1_DCC	0.000000	0.500039		0.005867	0.005867	0.000000

1. *TOLERANCE\_ZONE\_MATH* (indica che è stato selezionato un modificatore)

## Tipi di algoritmi per il calcolo di elementi

Come descritto sotto la voce "Specifiche e verifiche" nell'argomento "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo", offriamo diversi tipi di algoritmi per il calcolo di elementi soggetti a tolleranza. Per gli elementi che hanno dati di superficie misurati, PC-DMIS fornisce due di questi tipi di algoritmi: **PREDEFINITO** e **LSQ**. Quello che fanno è dettagliato più avanti. L'algoritmo **PREDEFINITO** è una buona scelta per la maggior parte dei casi, quando l'incertezza della misura dei dati di superficie è molto inferiore all'errore di forma della superficie stessa, poiché è matematicamente simile alla specifica.

L'algoritmo **LSQ** di calcolo degli elementi esegue un semplice adattamento best fit ai dati della superficie in base ai minimi quadrati ordinari. Dal punto di vista matematico questo algoritmo è abbastanza diverso dalla specifica, ma è una scelta migliore di quello **PREDEFINITO** quando l'incertezza della misura di ogni punto è molto maggiore dell'errore di forma della superficie.

Per ulteriori dettagli, vedere "Specifica e verifica".

## Elementi sferici con dati di superficie

Quando l'elemento considerato è una sfera, l'elemento soggetto a tolleranza è un punto in 3D. Quando l'elemento sferico ha dati di superficie, l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Il tipo di adattamento viene selezionato in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento e al modificatore di materiale. L'algoritmo **LSQ** calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto. Quando il modificatore di materiale è di tipo RFS (nessun modificatore) o MMC, l'adattamento

inscritto o circoscritto è esterno al materiale. Quando il modificatore di materiale è di tipo LMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è interno al materiale. Quindi, l'algoritmo PREDEFINITO normalmente produce l'inviluppo di forma perfetta non condizionato (UAME) a meno che il modificatore non sia di tipo LMC. In tal caso l'algoritmo produce l'inviluppo non condizionato di minimo materiale (UAMME). Poiché i tradizionali adattamenti iscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Il centro della sfera adattata è l'elemento soggetto a tolleranza.

## Elementi cilindrici con dati di superficie secondo lo standard ASME Y14.5

Quando l'elemento considerato è un cilindro, l'elemento soggetto a tolleranza è un asse. Secondo la norma ASME Y14.5, quando un elemento cilindrico ha dati di superficie l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Per prima cosa, il tipo di adattamento viene selezionato in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento e al modificatore di materiale. L'algoritmo **LSQ** calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto. Quando il modificatore di materiale è di tipo RFS (nessun modificatore) o MMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è esterno al materiale. Quando il modificatore di materiale è di tipo LMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è interno al materiale. Quindi, l'algoritmo **PREDEFINITO** normalmente produce l'inviluppo di forma perfetta non condizionato (UAME) a meno che il modificatore non sia di tipo LMC. In tal caso l'algoritmo produce l'inviluppo non condizionato di minimo materiale (UAMME). Poiché i tradizionali adattamenti iscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Poi viene selezionata un'estrapolazione. Questa è diversa a seconda che sia disponibile un piano campione o che esista un modificatore della zona di tolleranza proiettata.

- Quando non esiste né un piano campione, né un modificatore della zona di tolleranza proiettata, l'asse best fit è estrapolato sulle superfici finali nominali del cilindro. Le facce finali nominali del cilindro hanno un orientamento e una posizione nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati. Se c'è un modificatore della zona proiettata, l'estrapolazione inizia dalla superficie iniziale nominale del cilindro. Continua lontano dalla superficie finale finché non incontra il piano di proiezione nominale parallelo al piano iniziale e che dista da questo della distanza proiettata.
- Quando c'è un piano campione, l'estrapolazione inizia dal piano iniziale misurato.

L'asse best fit estrapolato è l'elemento soggetto a tolleranza.

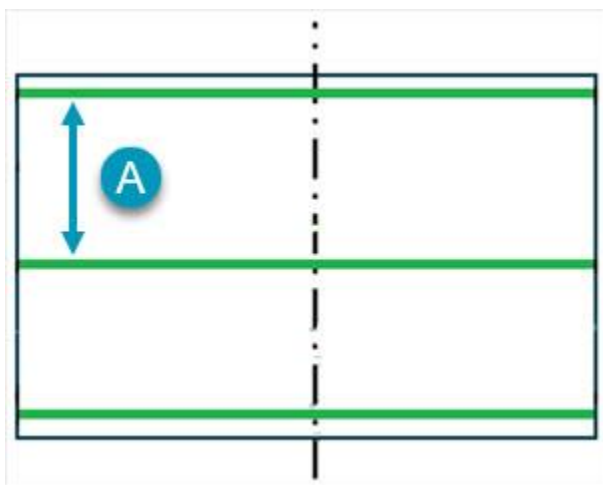
## Elementi cilindrici con dati di superficie secondo lo standard ISO 1101

Quando l'elemento considerato è un cilindro, l'elemento soggetto a tolleranza è un asse. Secondo lo standard ISO 1101, quando un elemento cilindrico ha dati di superficie l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Per prima cosa, PC-DMIS determina se la norma ISO 17450-3: 2016 è applicabile o meno. In PC-DMIS è applicabile quando non c'è né modificatore di materiale né di elemento associato soggetto a tolleranza, né quello della zona proiettata e l'algoritmo di calcolo dell'elemento è quello **PREDEFINITO**.

Quando si segue la norma ISO 17450-3 e i dati della superficie sono stati misurati nelle sezioni trasversali, l'elemento soggetto a tolleranza è un asse imperfetto. Ogni sezione trasversale contiene un cerchio best fit calcolato secondo il metodo dei minimi quadrati. Il vettore di ogni cerchio è il vettore dell'asse dell'intero cilindro secondo il metodo dei minimi quadrati. I centri dei cerchi formano l'elemento soggetto a tolleranza. Questo processo aderisce strettamente alla specifica nella norma ISO 17450-3. Quando i dati di una superficie non sono stati misurati in sezioni trasversali, PC-DMIS prova a sezionare automaticamente i dati nel modo seguente.

- Se il cilindro è stato misurato in sezioni trasversali pulite, cioè su più livelli distinti con una discontinuità rilevabile tra o livelli, PC-DMIS usa le sezioni trasversali pulite.

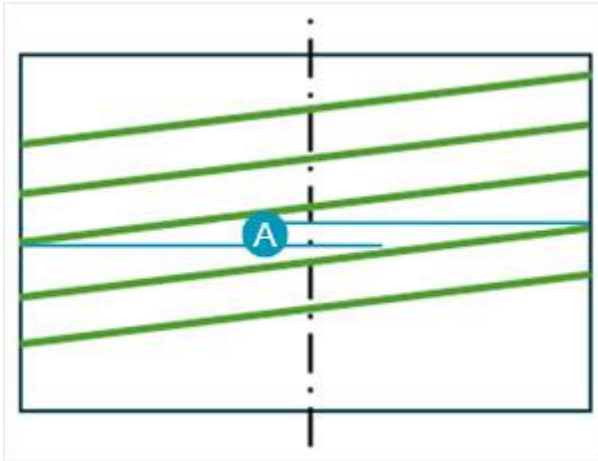


**A** - Discontinuità

*Discontinuità facilmente rilevabile tra la fine di ogni livello e l'inizio del successivo. Vengono restituite tre sezioni trasversali.*



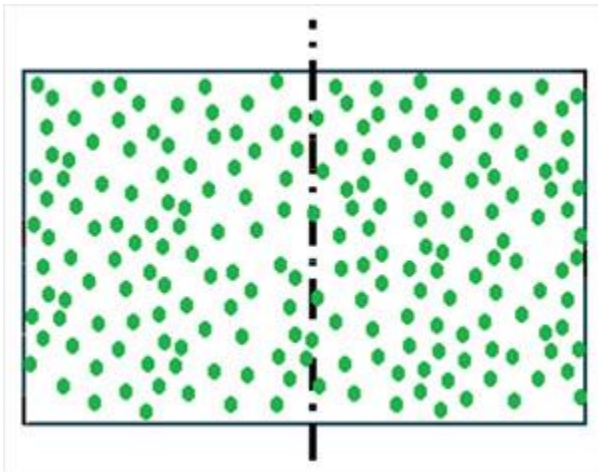
- Se il cilindro non è stato misurato in sezioni trasversali pulite ma i dati seguono un andamento a spirale pulito, PC-DMIS divide la spirale in diverse sezioni trasversali, pari al numero delle rotazioni della spirale (purché la spirale abbia più di due rotazioni).



**A** - Nessuna discontinuità

*In questo esempio si può vedere una spirale continua o punti iniziale e finale sovrapposti. Vengono restituite cinque sezioni trasversali.*

- Se il cilindro non è stato misurato in sezioni trasversali pulite o con un andamento a spirale pulito, PC-DMIS fa del suo meglio per dividere i dati in sezioni trasversali.



*Si può vedere in questo esempio che non c'è un andamento riconoscibile. Il numero delle sezioni trasversali restituite dipende dalla distribuzione e densità dei punti.*



Una volta diviso il cilindro in sezioni trasversali, PC-DMIS rifiuta qualsiasi sezione con un arco minore di 90 gradi. Il centro del cerchio corrispondente non è incluso nell'elemento soggetto a tolleranza.

In alcuni casi, la suddetta procedura non produce i centri dei cerchi. Per esempio, nel caso di scansioni a spirale con due rotazioni o meno, o in cui tutte le sezioni trasversali hanno un arco minore di 90 gradi. In tali casi non è possibile aderire così strettamente alla descrizione in ISO 17450-3 e quindi PC-DMIS usa un'approssimazione. In particolare, l'elemento soggetto a tolleranza è l'asse del cilindro calcolato con l'algoritmo dei minimi quadrati, estrapolato ai punti finali della superficie misurata.

Quando non si segue la norma ISO 17450-3, il tipo di adattamento viene selezionato in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento e al modificatore di materiale. L'algoritmo LSQ calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto. Quando il modificatore di materiale è di tipo RFS (nessun modificatore) o MMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è esterno al materiale. Quando il modificatore di materiale è di tipo LMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è interno al materiale. Poiché i tradizionali adattamenti inscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Quando non si segue la norma ISO 17450-3, e dopo che l'adattamento è stato calcolato, viene selezionata un'estrapolazione. Questa è diversa a seconda che sia disponibile un piano campione o che esista un modificatore della zona di tolleranza proiettata.

- Quando non esiste né un piano campione, né un modificatore della zona di tolleranza proiettata, l'asse best fit è estrapolato sulle superfici finali nominali del cilindro. Le facce finali nominali del cilindro hanno un orientamento e una posizione nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati. Se c'è un modificatore della zona proiettata, l'estrapolazione inizia dalla superficie iniziale nominale del cilindro. Continua lontano dalla superficie finale finché non incontra il piano di proiezione nominale parallelo al piano iniziale e che dista da questo della distanza proiettata.
- Quando c'è un piano campione, l'estrapolazione inizia dal piano iniziale misurato.

L'asse best fit estrapolato è l'elemento soggetto a tolleranza.

## Elementi circolari con dati di superficie secondo lo standard ASME Y14.5

Quando l'elemento considerato è un cerchio, l'elemento soggetto a tolleranza è un punto in 2D. Secondo la norma ASME Y14.5, quando un elemento circolare ha dati di superficie l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Per prima cosa, il tipo di adattamento viene selezionato in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento e al modificatore di materiale. L'algoritmo **LSQ** calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto. Quando il modificatore di materiale è di tipo RFS (nessun modificatore) o MMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è esterno al materiale. Quando il modificatore di materiale è di tipo LMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è interno al materiale. Quindi, l'algoritmo **PREDEFINITO** normalmente produce l'inviluppo di forma perfetta non condizionato (UAME) a meno che il modificatore non sia di tipo LMC. In tal caso l'algoritmo produce l'inviluppo non condizionato di minimo materiale (UAMME). Poiché i tradizionali adattamenti iscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Poi viene scelta una proiezione a seconda che ci sia o meno un piano campione:

- Quando non esiste un piano campione, il centro best fit è proiettato sul piano iniziale del cerchio. Il piano iniziale nominale ha un orientamento e una posizione nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati.
- quando esiste un piano campione, il centro best fit è proiettato sul piano iniziale misurato.

Il punto proiettato è l'elemento soggetto a tolleranza.

## Elementi circolari con dati di superficie secondo lo standard ISO 1101

Quando l'elemento considerato è un cerchio, l'elemento soggetto a tolleranza è un punto in 2D. Secondo lo standard ISO 1101, quando un elemento circolare ha dati di superficie l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Tutti i modi possibili comportano l'adattamento di un cerchio.

Per prima cosa, PC-DMIS determina se la norma ISO 17450-3: 2016 è applicabile o meno. In PC-DMIS è applicabile quando non c'è né modificatore di materiale né di elemento soggetto a tolleranza associato, e l'algoritmo di calcolo dell'elemento è quello **PREDEFINITO**.

Quando si segue la norma ISO 17450-3, l'elemento soggetto a tolleranza è il centro del cerchio calcolato con il metodo dei minimi quadrati.

Quando non si segue la norma ISO 17450-3, il tipo di adattamento viene selezionato in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento e al modificatore di materiale. L'algoritmo **LSQ** calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto. Quando il modificatore di materiale è di tipo MMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è esterno al materiale. Quando il modificatore di materiale è di tipo LMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è interno al materiale. Poiché i tradizionali adattamenti inscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Il vettore dell'asse del cerchio best fit ha un orientamento nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati. Se è presente un piano campione, esso controlla il vettore dell'asse del cerchio best fit nella misura in cui i dati misurati non controllano i vettori dell'asse.

Quindi, viene scelta una proiezione a seconda che ci sia o meno un piano campione:

- Quando non esiste un piano campione, il centro best fit è proiettato sul piano iniziale del cerchio. Il piano iniziale nominale ha un orientamento e una posizione nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati.
- quando esiste un piano campione, il centro è proiettato sul piano iniziale misurato. L'orientamento del piano iniziale misurato dipende dal numero di punti campione rilevati. Se è presente un solo punto campione, il piano iniziale misurato eredita l'orientamento nominale. Se sono presenti tre o più punti campione, il piano iniziale misurato eredita il proprio orientamento dal piano campione misurato.

Il punto proiettato è l'elemento soggetto a tolleranza.

## Elementi conici con dati di superficie secondo ASME Y14.5

Quando l'elemento considerato è un cono, l'elemento soggetto a tolleranza è un asse. Secondo la norma ASME Y14.5, quando un elemento conico ha dati di superficie l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Per prima cosa viene selezionato tipo di adattamento in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento. L'algoritmo **LSQ** calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto, esterno al materiale. Quindi, l'algoritmo **PREDEFINITO** produce l'involuppo di forma perfetta non condizionato (UAME). Poiché i tradizionali adattamenti inscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa

un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile. In tutti questi adattamenti, l'angolo del cono viene ottimizzato a partire dall'angolo nominale.

Poi viene selezionata un'estrapolazione. Questa è diversa a seconda che siano o meno disponibili punti campione:

- Quando non esiste un piano campione, l'asse best fit è estrapolato sulle superfici finali nominali del cono. Le facce finali nominali del cono hanno un orientamento e una posizione nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati.
- Quando c'è un piano campione, l'estrapolazione inizia dal piano iniziale misurato.

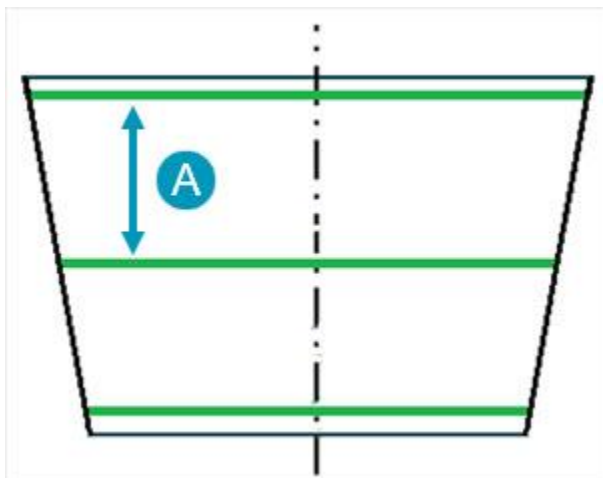
L'asse best fit estrapolato è l'elemento soggetto a tolleranza.

## Elementi conici con dati di superficie secondo lo standard ISO 1101

Quando l'elemento considerato è un cono, l'elemento soggetto a tolleranza è un asse. Secondo lo standard ISO 1101, quando un elemento cilindrico ha dati di superficie l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Quando l'algoritmo di calcolo dell'elemento è quello **PREDEFINITO**, PC-DMIS decide di applicare una generalizzazione della norma ISO 17450-3: 2016 in modo che l'elemento soggetto a tolleranza sia un asse imperfetto derivato da più sezioni trasversali. Ogni sezione trasversale contiene un cerchio best fit calcolato secondo il metodo dei minimi quadrati. Il vettore di ogni cerchio è il vettore dell'asse dell'intero cono secondo il metodo dei minimi quadrati. I centri dei cerchi formano l'elemento soggetto a tolleranza. Questo processo aderisce strettamente alla specifica nella norma ISO 17450-3. PC-DMIS determina le sezioni trasversali nel modo seguente:

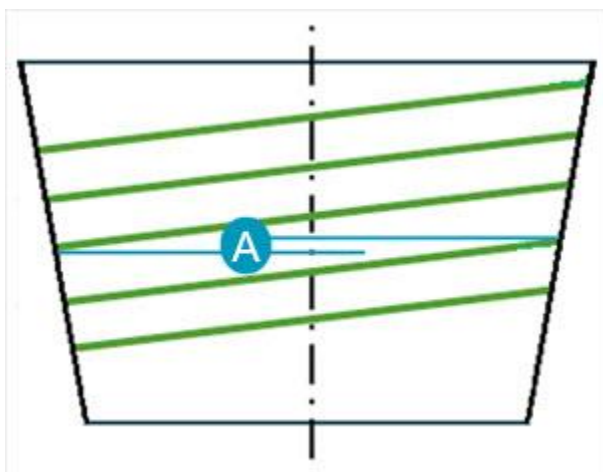
- Se il cono è stato misurato in sezioni trasversali pulite, cioè su più livelli distinti con una discontinuità rilevabile tra o livelli, PC-DMIS usa le sezioni trasversali pulite.



**A** - Discontinuità

*Discontinuità facilmente rilevabile tra la fine di ogni livello e l'inizio del successivo. Vengono restituite tre sezioni trasversali.*

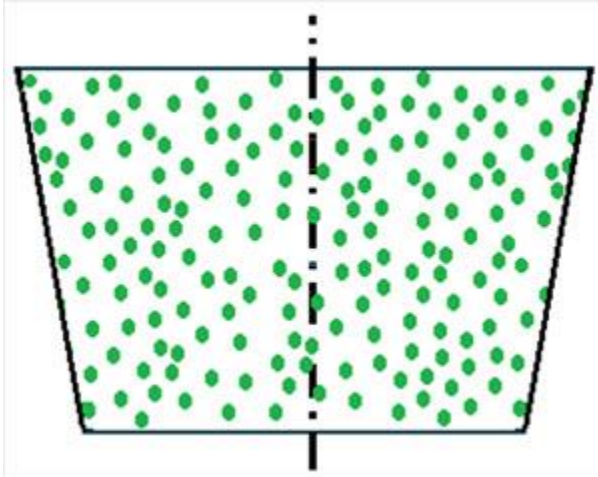
- Se il cono non è stato misurato in sezioni trasversali pulite ma i dati seguono un andamento a spirale pulito, PC-DMIS divide la spirale in diverse sezioni trasversali, pari al numero delle rotazioni della spirale (purché la spirale abbia più di due rotazioni).



**A** - Nessuna discontinuità

*In questo esempio si può vedere una spirale continua o punti iniziale e finale sovrapposti. Vengono restituite cinque sezioni trasversali.*

- Se il cono non è stato misurato in sezioni trasversali pulite o con un andamento a spirale pulito, PC-DMIS fa del suo meglio per dividere i dati in sezioni trasversali.



*Si può vedere in questo esempio che non c'è un andamento riconoscibile. Il numero delle sezioni trasversali restituite dipende dalla distribuzione e densità dei punti.*

Una volta diviso il cono in sezioni trasversali, PC-DMIS rifiuta qualsiasi sezione con un arco minore di 90 gradi. Il centro del cerchio corrispondente non è incluso nell'elemento soggetto a tolleranza.

In alcuni casi, la suddetta procedura non produce i centri dei cerchi. Per esempio, nel caso di scansioni a spirale con due rotazioni o meno, o in cui tutte le sezioni trasversali hanno un arco minore di 90 gradi. In tali casi non è possibile aderire così strettamente alla descrizione in ISO 17450-3 e quindi viene usata un'approssimazione. In particolare, l'elemento soggetto a tolleranza è l'asse del cono calcolato con l'algoritmo dei minimi quadrati, estrapolato ai punti finali della superficie misurata.

Quando l'algoritmo di calcolo dell'elemento è quello **LSQ**, PC-DMIS decide che una generalizzazione della norma ISO 17450-3: 2016 non è applicabile. Calcola un adattamento in base ai minimi quadrati per produrre un asse. L'angolo del cono viene ottimizzato a partire dall'angolo nominale. Quindi viene selezionata un'estrapolazione che varia a seconda che siano o meno disponibili punti campione:

- Quando non esiste un piano campione, l'asse best fit è estrapolato sulle superfici finali nominali del cono. Le facce finali nominali del cono hanno un orientamento e una posizione nominale rispetto agli elementi di riferimento misurati.
- Quando c'è un piano campione, l'estrapolazione inizia dal piano iniziale misurato.

L'asse best fit estrapolato è l'elemento soggetto a tolleranza.

## Elementi Larghezza con dati di superficie secondo la norma ASME Y14.5

Quando l'elemento considerato è una larghezza, l'elemento soggetto a tolleranza è un piano. Si noti che tutti gli elementi Larghezza di PC-DMIS hanno dati di superficie. Secondo la norma ASME Y14.5, quando l'elemento considerato è una larghezza, l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Per prima cosa, il tipo di adattamento viene selezionato in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento e al modificatore di materiale. L'algoritmo **LSQ** calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto. Quando il modificatore di materiale è di tipo RFS (nessun modificatore) o MMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è esterno al materiale. Quando il modificatore di materiale è di tipo LMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è interno al materiale. Quindi, l'algoritmo **PREDEFINITO** normalmente produce l'inviluppo di forma perfetta non condizionato (UAME) a meno che il modificatore non sia di tipo LMC. In tal caso l'algoritmo produce l'inviluppo non condizionato di minimo materiale (UAMME). Poiché i tradizionali adattamenti inscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Poi, i punti di superficie sono proiettati sul piano medio della larghezza adattata. L'elemento soggetto a tolleranza è quindi un poligono convesso che descrive il perimetro dei punti di superficie proiettati. Matematicamente, l'elemento soggetto a tolleranza è il guscio convesso dei punti di superficie proiettati

## Elementi Larghezza con dati di superficie secondo lo standard ISO 1101

Quando l'elemento considerato è una larghezza, l'elemento soggetto a tolleranza è un piano. Si noti che tutti gli elementi Larghezza di PC-DMIS hanno dati di superficie. Secondo lo standard ISO 1101, quando l'elemento considerato è una larghezza, l'elemento soggetto a tolleranza è costruito nel modo seguente.

Per prima cosa, PC-DMIS decide se la norma ISO 17450-3: 2016 è applicabile o meno. Secondo PC-DMIS la norma ISO 17450-3: 2016 è applicabile quando non c'è il modificatore di materiale e l'algoritmo di calcolo dell'elemento è quello **PREDEFINITO**.

Quando si segue la norma ISO 17450-3 l'elemento soggetto a tolleranza è un piano imperfetto. L'elemento soggetto a tolleranza è costituito dai centri delle dimensioni tra coppie di punti opposti come descritto in ISO 17450-3 e ISO 14405-1. Questo processo aderisce strettamente alla specifica nella norma ISO 17450-3.

Quando non si segue la norma ISO 17450-3, il tipo di adattamento viene selezionato in base al tipo di algoritmo di calcolo (**PREDEFINITO** o **LSQ**) dell'elemento e al

modificatore di materiale. L'algoritmo **LSQ** calcola sempre un adattamento best fit in base ai minimi quadrati. L'algoritmo **PREDEFINITO** calcola un adattamento best fit inscritto o circoscritto. Quando il modificatore di materiale è di tipo RFS (nessun modificatore) o MMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è esterno al materiale. Quando il modificatore di materiale è di tipo LMC, l'adattamento inscritto o circoscritto è interno al materiale. Poiché i tradizionali adattamenti iscritti e circoscritti sono notoriamente instabili, PC-DMIS usa un algoritmo dei minimi quadrati vincolati per calcolare un adattamento inscritto o circoscritto stabile.

Quando la norma ISO 17450-3 non è applicabile, e dopo che è stato calcolato un adattamento, tutti i punti di superficie sono proiettati sul piano adattato. L'elemento soggetto a tolleranza è quindi un poligono convesso che descrive il perimetro dei punti di superficie proiettati. Matematicamente, l'elemento soggetto a tolleranza è il guscio convesso dei punti di superficie proiettati

## Elementi senza dati di superficie

Diversi tipi di elementi considerati non hanno dati di superficie (per informazioni vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie"). Quando l'elemento considerato non ha dati di superficie, l'algoritmo di calcolo dell'elemento non è disponibile nel comando di tolleranza geometrica. Nella maggior parte dei casi non si dovrebbero usare elementi che non hanno dati di superficie. Questo perché il comando di tolleranza geometrica non può costruire l'elemento soggetto a tolleranza dai dati di superficie in modo conforme agli standard ASME Y14.5 o ISO 1101. In questo caso l'utente deve definire l'elemento soggetto a tolleranza in base agli standard applicabili.

Per gli elementi assiali o lineari senza dati di superficie, l'elemento soggetto a tolleranza è il segmento di linea che va dal punto iniziale misurato al punto finale misurato. Per le sfere, i cerchi e i punti senza dati di superficie l'elemento soggetto a tolleranza è il baricentro misurato dell'elemento.

Per le linee tridimensionali best fit costruite la faccenda è più complessa. PC-DMIS le interpreta come elementi senza dati di superficie. Invece, interpreta i punti di input come centri di cerchi di sezioni trasversali circolari. Ai sensi di ISO 1101, questa interpretazione è conforme alla norma ISO 17450-3: 2016, e l'elemento soggetto a tolleranza è dato dall'insieme dei baricentri. Tuttavia, ai sensi dello standard ASME Y14.5, PC-DMIS interpreta le linee BF costruite in 3D come se fossero elementi assiali o lineari senza dati di superficie. In questo caso, l'elemento soggetto a tolleranza è il segmento che va dall'inizio alla fine della linea (tranne che per le tolleranze di rettilineità di un asse che usano come input tutti baricentri).

Il piano intermedio è il solo un elemento Piano senza dati di superficie ammesso come elemento considerato. Per la maggior parte dei pezzi si dovrebbero usare larghezze in 3D invece di piani medi (e in 2D invece di linee medie, e in 1D invece di punti medi). Il comando del piano medio è ancora supportato, cosicché i vecchi programmi possono continuare a funzionare dopo la migrazione in PC-DMIS 2020 R2 e versioni successive.



Poiché PC-DMIS supporta ancora il piano medio per queste applicazioni Legacy, la sua interpretazione nel comando di tolleranza geometrica è simile all'interpretazione di XactMeasure. In particolare, PC-DMIS presume che sui piani medi giacciono quattro spigoli, e che l'elemento soggetto a tolleranza consista nel rettangolo delimitato dai quattro spigoli.

### Asole e asole aperte

Asole e asole aperte sono trattate come larghezze in 2D senza dati di superficie. Quindi, l'elemento soggetto a tolleranza è una linea centrata sul baricentro dell'elemento. Per le asole l'utente può scegliere se considerarle dal punto di vista della lunghezza (longitudinalmente) o della larghezza (trasversalmente), come descritto in "Asole per lunghezza o per larghezza".

Le dimensioni di un'asola "per larghezza" sono quelle della sua larghezza e la zona di tolleranza controlla la posizione nella direzione della larghezza. Questo significa che la linea soggetta a tolleranza è parallela alla lunghezza dell'asola ed è lunga quanto la sua lunghezza.

Le dimensioni di un'asola "per lunghezza" sono quelle della sua lunghezza e la zona di tolleranza controlla la posizione nella direzione della lunghezza. Questo significa che la linea soggetta a tolleranza è parallela alla larghezza dell'asola ed è lunga quanto la sua larghezza.

Per quanto riguarda le asole aperte, le dimensioni sono quelle della lunghezza e la zona di tolleranza controlla la posizione nella direzione della lunghezza. Questo significa che la linea soggetta a tolleranza è parallela alla larghezza dell'asola aperta ed è lunga quanto la sua larghezza.

### Modificatore del piano tangente

Nella maggior parte dei casi di piani considerati, l'elemento soggetto a tolleranza consiste nei dati di superficie dell'elemento considerato. Tuttavia, il modificatore del piano tangente rende l'elemento soggetto a tolleranza differente dai dati di superficie. Le tolleranze di angolarità, parallelismo, perpendicolarità e posizione sui piani possono usare il modificatore del piano tangente. L'elemento soggetto a tolleranza è derivato nel modo seguente.

Per prima cosa, un piano esterno al materiale vincolato costruito in base ai minimi quadrati è adattato in modo da eliminare l'influenza dei vuoti nella superficie. Questo è lo stesso modo in cui sono adattati i piani di riferimento primari secondo la norma ASME Y14.5 con l'algoritmo di calcolo **PREDEFINITO**, e lo stesso modo in cui sono adattati i piani di riferimento primari secondo la norma ISO 1101 con l'algoritmo di calcolo **CL2**. Usiamo questo algoritmo poiché: (1) è esterno al materiale, (2) imita bene il comportamento di una piastra superficiale, e (3) è stabile rispetto ad altri adattamenti esterni al materiale.

Poi, tutti i punti di superficie sono proiettati sul piano vincolato costruito in base ai minimi quadrati. L'elemento soggetto a tolleranza è quindi un poligono convesso che descrive il perimetro dei punti di superficie proiettati. Matematicamente, l'elemento soggetto a tolleranza è il guscio convesso dei punti di superficie proiettati

---

## Tolleranze simultanee

Numerose tolleranze geometriche devono essere considerate contemporaneamente. Ad esempio, quando le specifiche di posizione e/o del profilo di una superficie fanno riferimento allo stesso sistema di elementi di riferimento parzialmente vincolati, si dovranno normalmente considerarle insieme. Per maggiori dettagli, fare riferimento ai seguenti standard:

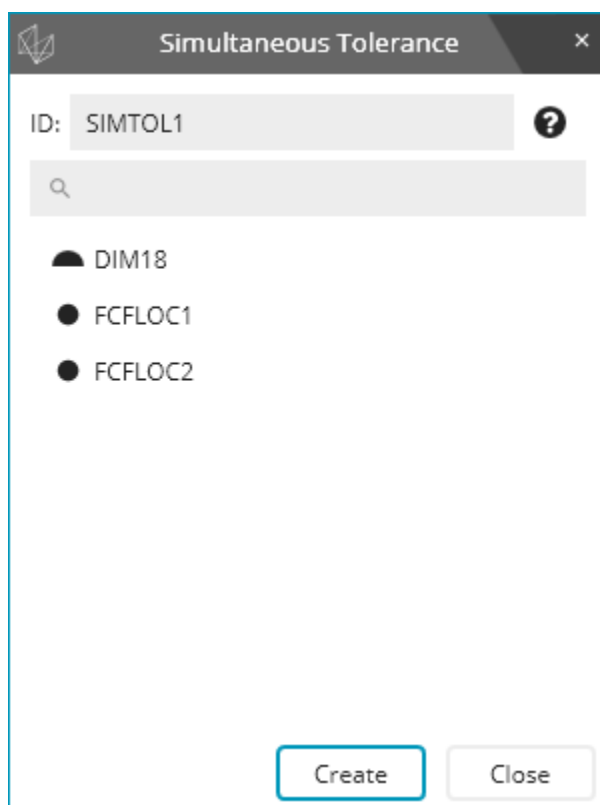
- ASME Y14.5 - 1994 sezioni 4.5.12 e 5.3.6
- ASME Y14.5 - 2009 sezione 4.19
- ASME Y14.5 - 2018 sezione 7.19
- ISO 5458 - 1998

È l'utente che decide le tolleranze geometriche da considerare simultaneamente. Per far ciò, creare un comando di tolleranza simultanea per ogni serie di tolleranze geometriche simultanee.

PC-DMIS può considerare simultaneamente le specifiche di un profilo di linea purché abbiano almeno un elemento di riferimento, ma questo non è raccomandato. Per ulteriori dettagli, vedere "Profilo di una linea".

## Definizione di una tolleranza simultanea

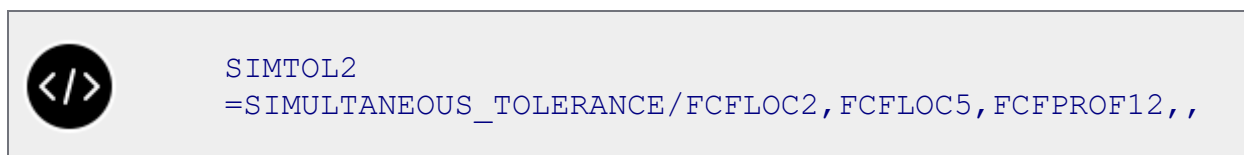
1. Dal menu selezionare **Inserisci | Dimensione | Tolleranza simultanea** per aprire la finestra di dialogo **Tolleranza simultanea**:



2. Se necessario, modificare l'ID dimensione.
3. Selezionare i comandi di tolleranza geometrica che appartengono alla tolleranza simultanea.
4. Dopo aver selezionato un comando di tolleranza geometrica, l'elenco viene filtrato in modo da visualizzare solo le dimensioni con lo stesso riquadro dell'elemento di riferimento del primo comando di tolleranza selezionato.

## Sintassi della modalità di comando

Nella finestra di modifica, la sintassi della modalità di comando ha il seguente aspetto:



Come nella finestra di dialogo, gli unici controlli nella finestra di modifica sono per l'ID dimensione e per i comandi di tolleranza geometrica che appartengono alla tolleranza simultanea.

## Comportamento

Si consideri il comando di tolleranza simultanea come annotazione o direttiva. Se lo si esegue, non succede nulla. Non appare neanche nel rapporto. Per contro, il comando di tolleranza simultanea cambia il modo in cui le tolleranze geometriche vengono valutate.

Durante l'esecuzione, i comandi di tolleranza geometrica appartengono al comando di tolleranza simultanea. Si sa quali altri comandi di tolleranza geometrica fanno parte del comando di tolleranza simultanea. Se sono stati misurati tutti gli input in base a tutte le tolleranze simultanee (quindi la tolleranza è pronta per la valutazione), viene eseguito il calcolo simultaneo. Se invece non sono stati misurati tutti gli elementi di input, allora la tolleranza non è pronta per la valutazione. In questo caso, PC-DMIS mostra temporaneamente un messaggio "In attesa di valutazione" in tutti i comandi di tolleranza geometrica nella serie simultanea. Il messaggio identifica la tolleranza geometrica che causa il ritardo e tutti gli elementi non misurati. Anche il rapporto mostra temporaneamente "In attesa" al posto di un valore misurato. Una volta misurati tutti gli elementi di input, PC-DMIS aggiorna la finestra di modifica e il rapporto con i valori misurati.

Il rapporto per una tolleranza che appartiene a una serie simultanea ha il seguente aspetto:

FCFLOC8		MM	⊕ ∅ 0.1 (M) D N (M) O (M) : SIMTOL2 LSQ				ASME Y14.5 2018	
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	BONUS	OUTTOL
DAT_Y1_Z1	X	57.150000			57.211490	0.061490		
	Z	101.600000			101.529825	-0.070175		
	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.186606	0.186606	0.024326	0.062280
DAT_Y2	X	-209.550000			-209.559500	-0.009500		
	Z	-25.400000			-25.493130	-0.093130		
	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.187227	0.187227	0.024740	0.062487

Il rapporto è essenzialmente uguale a qualsiasi altra tolleranza geometrica. PC-DMIS mostra l'etichetta nel rapporto nella stessa posizione in cui sarebbe se non ci fosse tolleranza simultanea. È possibile sapere se una tolleranza è stata considerata simultaneamente dal testo nell'intestazione dell'etichetta. Ad esempio, nell'immagine precedente, tale testo è SIMTOL2. Esso indica il comando di tolleranza simultanea a cui appartiene il comando di tolleranza geometrica.

PC-DMIS non considera i segmenti inferiori di tolleranze di profilo o di posizione composta per l'elaborazione simultanea. Il segmento superiore è simultaneo ad altri comandi di tolleranza, ma PC-DMIS considera tutti i segmenti inferiori indipendentemente da altro.

## Raccomandazioni di struttura della routine di misurazione

Tenere presente che durante l'esecuzione, quando PC-DMIS elabora ciascuna tolleranza geometrica del gruppo simultaneo, viene visualizzato un messaggio temporaneo "In attesa" fino a quando tutte le tolleranze appartenenti al gruppo simultaneo non sono state elaborate. Il modo più semplice per evitare questo messaggio consiste nel misurare prima tutti gli elementi, quindi inserire tutte le tolleranze dopo. Ciò garantisce che tutte le tolleranze siano pronte per la valutazione e non venga restituito il messaggio di attesa.

Se si utilizzano le espressioni con i comandi di tolleranza geometrica, posizionarle in un secondo momento nella routine di misurazione in modo da non avere un messaggio di attesa.

Infine, sebbene la routine di misurazione non richieda una struttura particolare per utilizzare le tolleranze simultanee, è più sicuro impostare lo stesso "allineamento attivo" per tutti i singoli comandi di tolleranza geometrica e per il comando "Tolleranza simultanea". Se possibile, inserire il comando "Tolleranza simultanea" subito dopo l'ultimo comando di tolleranza geometrica relativo a quel gruppo di FCF (non attendere la fine della routine di misurazione). Se nella routine di misurazione vengono apportate modifiche all'allineamento, i valori misurati non ne risentiranno, tuttavia potrebbe essere necessario aggiungere i comandi "Richiama Allineamento" per evitare problemi con le informazioni di riepilogo XYZ.

## Confronto con la procedura precedente

PC-DMIS 2020 R2 ha introdotto il comando di tolleranza simultanea ([SIMULTANEOUS\\_TOLERANCE](#)). Questo comando funziona con il nuovo comando di tolleranza geometrica. Prima di ciò, PC-DMIS utilizzava il comando di valutazione simultanea ([SIMULTANEOUS\\_EVALUATION](#)). Tale comando era progettato per funzionare con il comando XactMeasure. Il nuovo comando di tolleranza simultanea funziona invece diversamente:

Valutazione simultanea (Comportamento nella versione 2020 R1 e precedenti)	Valutazione tolleranza simultanea (Comportamento nella versione 2020 R2 e successive)
Le tolleranze XactMeasure non erano selezionate per l'esecuzione (blu nella finestra	Le tolleranze geometriche sono selezionate per l'esecuzione (bianco nella finestra di

di modifica in modalità di comando).	modifica in modalità di comando).
Le tolleranze XactMeasure non avevano alcuna voce nel rapporto.	Il rapporto delle tolleranze geometriche anche, e una piccola nota nel rapporto indica che appartengono a una serie simultanea.
Il rapporto di valutazione simultanea aveva tutti i risultati provenienti da tutte le tolleranze nella serie simultanea.	La tolleranza simultanea non produce alcuna voce nel rapporto

## Migrazione

Se si apre un programma dalla versione 2020 R1 o da una versione precedente, PC-DMIS effettua le seguenti operazioni:

- Converte tutti i comandi di valutazione simultanea in comandi di tolleranza simultanea
- Converte le tolleranze XactMeasure in comandi di tolleranza geometrica
- Seleziona i comandi di tolleranza geometrica per l'esecuzione (bianco nella finestra di modifica in modalità di comando)
- Se delle specifiche di un profilo di linea sono incluse in un comando di valutazione simultanea e non si riferiscono a elementi di riferimento, PC-DMIS le converte in specifiche del profilo di una superficie.

Per maggiori informazioni sulla migrazione, vedere "Migrazione dalle versioni precedenti di PC-DMIS".

---

## Output dei risultati delle tolleranze geometriche

Ci sono vari modi di generare l'output dei risultati dei comandi di tolleranza geometrica.

## Dati statistici

I dati statistici sono uno dei modi più comuni di accedere ai risultati delle tolleranze geometriche. Per ulteriori informazioni, vedere il capitolo "Registrazione di dati statistici".



Solo i metodi di invio delle statistiche [STATS/ON](#), [Datapage+](#) o [STATS/ON, QDAS](#) supportano i comandi di tolleranza geometrica.

## Output in Excel

L'output in Excel è un altro modo comune di accedere ai risultati delle tolleranze geometriche. Per maggiori informazioni, vedere "Output in un file Excel" nel capitolo "Uso delle opzioni base del menu File" della documentazione della versione base di PC-DMIS.



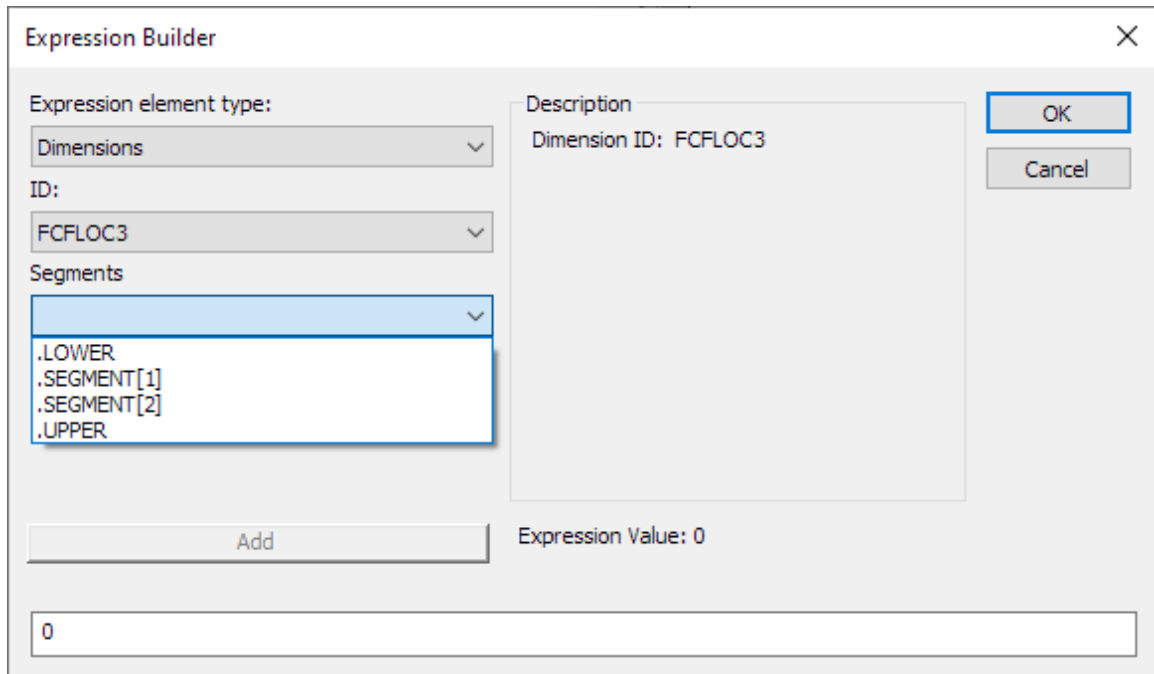
È possibile esportare il contenuto usando il Rapporto su modulo Excel (**Inserisci | Comando di rapporto | Rapporto su modulo Excel**). Per i dettagli, vedere la sezione "Uso del comando Rapporto su modulo Excel" nella documentazione dei moduli del Toolkit di PC-DMIS..

## Espressioni

Anche le espressioni sono un altro modo comune di accedere ai risultati delle tolleranze geometriche. Per una descrizione generale su come funzionano le espressioni, vedere il capitolo "Uso di espressioni e di variabili".

Il modo più semplice di costruire un'espressione che si riferisce a una tolleranza geometrica è quello di usare la finestra di dialogo **Generatore di espressioni**.

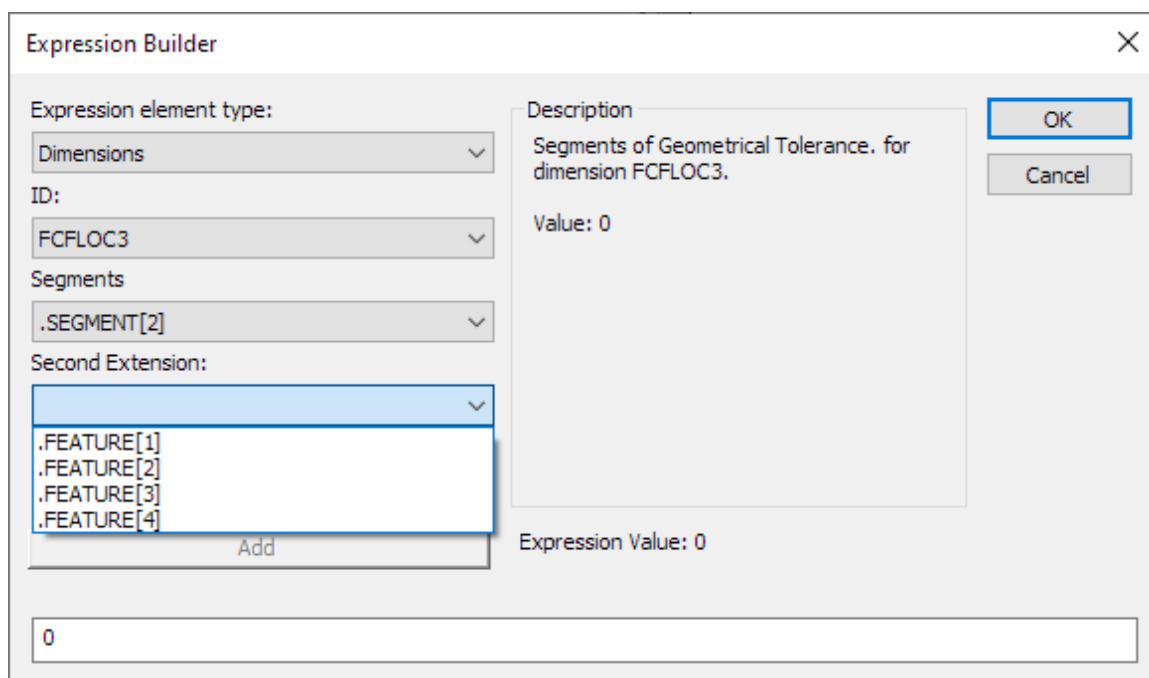
1. Selezionare l'opzione del menu **Modifica | Espressione** per accedere alla finestra di dialogo **Generatore di espressioni**. Se l'opzione del menu non è visibile, il cursore nella finestra di modifica deve trovarsi su un campo che accetta un'espressione, come il valore di una variabile.
2. Nell'elenco **Tipo di elemento dell'espressione** selezionare **Dimensioni**.
3. Nell'elenco **ID** selezionare il nome dell'ID della dimensione.
4. Nell'elenco **Segmenti** selezionare il segmento da usare nell'espressione. Si vedranno elencati tutti i segmenti del comando di tolleranza geometrica:



- **.LOCAL\_SIZE** permette di accedere alle dimensioni locali
  - **.UAME** permette di accedere alle dimensioni dell'involuppo di forma perfetta non condizionato
  - **.SEGMENT[1]** permette di accedere al primo segmento
  - **.SEGMENT[2]** permette di accedere al secondo segmento
5. Dopo aver selezionato il segmento, viene visualizzato l'elenco **Seconda estensione**. Nell'elenco, selezionare l'elemento di cui si desidera conoscere i risultati:

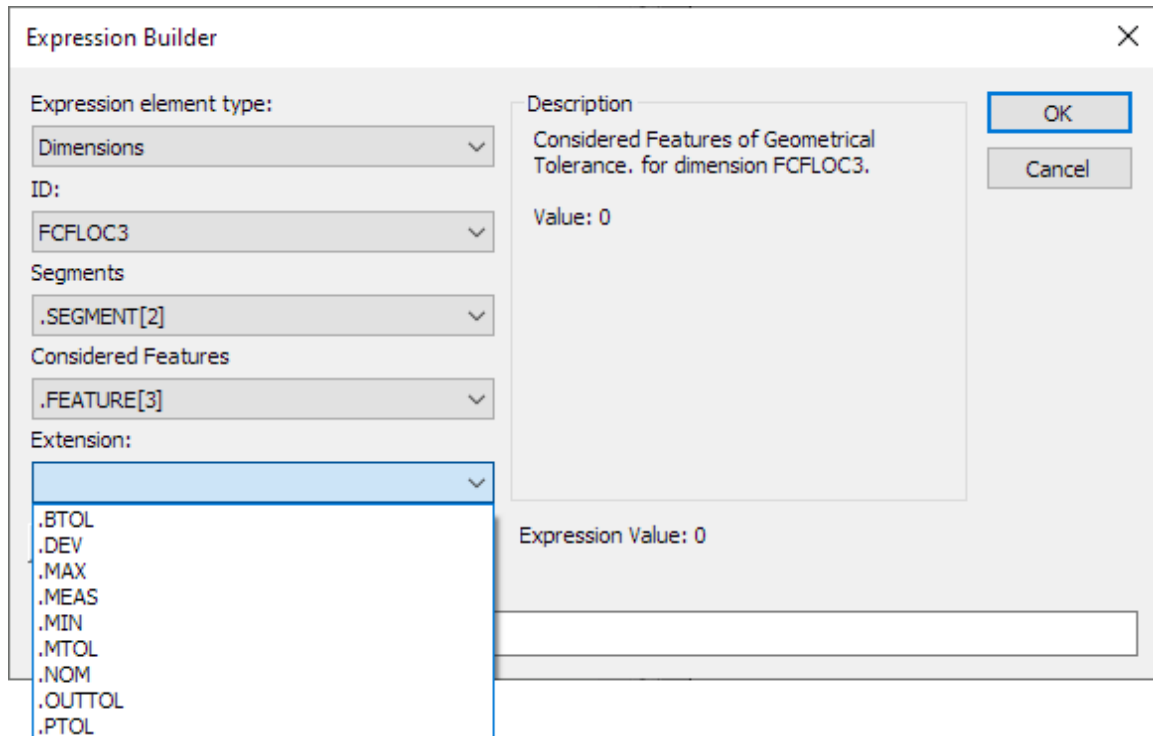


## Uso delle tolleranze geometriche



PC-DMIS mostra tutti gli elementi del comando di tolleranza geometrica ivi elencati.

6. Dopo aver scelto l'elemento, viene visualizzato l'elenco **Estensione**. Selezionare l'estensione nell'elenco.



Per informazioni su queste estensioni e le informazioni che contengono, vedere "Esempi di estensioni valide per riferimento a dimensioni di tipo doppio" nel capitolo "Riferimenti di tipo doppio" nel capitolo "Uso di espressioni e di variabili".

7. Fare clic su **OK** per inserire l'espressione nella finestra di modifica.

## Note sulle etichette dei rapporti di tolleranza geometrica.

### Etichette GEOTOL\_SUMMARY

A causa della struttura delle etichette di tolleranza geometrica GEOTOL\_SUMMARY (GEOTOL\_SUMMARY.lbl, GEOTOL\_SUMMARY1.lbl, GEOTOL\_SUMMARY2.lbl, GEOTOL\_SUMMARY3.lbl e GEOTOL\_SUMMARY4.lbl), non si dovrebbe personalizzare l'allineamento orizzontale e verticale.

Il motivo per cui non si devono personalizzare le etichette GEOTOL\_SUMMARY è che usano una singola riga per ogni elemento. Per questo motivo, il contenuto (per esempio X, Y, Z, PR, PA e TP) usa ritorni a capo non modificabili per definire ogni riga di dati. Se si prova a impostare un allineamento orizzontale sull'etichetta GEOTOL\_SUMMARY, questo riguarderà solo la prima riga. Se si prova a impostare un allineamento verticale sull'etichetta GEOTOL\_SUMMARY, questo produrrà un rapporto scalettato dato che le tolleranze positive e negative non saranno mostrate per X, Y, Z, PR e PA.

## Etichetta SIZE\_GEOTOLERANCE.LBL

Le etichette di tolleranza geometrica SIZE\_GEOTOLERANCE.LBL contengono una singola riga, ma sono univoche, nel senso che raggruppano le dimensioni maggiori e minori di ogni elemento. Per questo motivo non si dovrebbe personalizzare l'etichetta SIZE\_GEOTOLERANCE.LBL.



Il rapporto sulle dimensioni in modalità testo non supporta i comandi di tolleranza geometrica. Per i dettagli sulla modifica del testo nei rapporti sulla tolleranza geometrica, vedere "Modifica dei rapporti in forma di testo" nella sezione "Modifica del contenuto della finestra Rapporto" della documentazione della versione base di PC-DMIS.

---

# Migrazione da XactMeasure

In questo argomento *MostraNascondi*

## Introduzione

Quando si apre una routine di misurazione creata con una versione precedente, PC-DMIS tenta di migrare i comandi. A seconda della versione in cui la routine è stata precedentemente salvata, dei tipi di comandi di tolleranza geometrica che contiene e degli elementi a cui fanno riferimento, potrebbe essere visualizzato un rapporto di migrazione. Il rapporto di migrazione riporta in dettaglio eventuali errori riscontrati e le modifiche necessarie per rendere la routine compatibile con PC-DMIS 2026.1.



Prima della migrazione, quando si apre la routine di misurazione in questa versione di PC-DMIS, il software crea un backup della routine in questa cartella:

`C:\Users\Public\Documents\Hexagon\PC-DMIS\2026.1\MigrationBackup`

Non aprire mai una routine di misurazione da questa posizione di backup. Se si desidera usare la routine di misurazione di backup, copiarla prima in un'altra cartella.



Se si fa clic sul pulsante **Annulla** sul rapporto della migrazione, PC-DMIS elimina la routine di misurazione migrata e ripristina automaticamente la versione originale.

È possibile controllare se PC-DMIS debba o meno creare un backup della routine di misurazione con l'impostazione della voce dell'Editor delle impostazioni `MigrationBackup`. Per impostazione predefinita, questa voce è impostata su **True**. Se è impostata su **False**, PC-DMIS presenta ancora un rapporto della migrazione, ma non crea un backup della routine di misurazione. Pertanto, PC-DMIS non mostra l'opzione **Annulla** sul rapporto della migrazione dato che nessun backup è disponibile per un ripristino.

Per i dettagli sulle impostazioni della voce `MigrationBackup`, vedere l'argomento "MigrationBackup" nella sezione "FileMan" della documentazione dell'Editor delle impostazioni di PC-DMIS.

## Workflow suggerito

La migrazione è per lo più automatica, ma in alcuni casi può essere necessario personalizzarla secondo le necessità dell'utente. Per controllare tale migrazione sono disponibili alcune opzioni. Per far migrare le routine di misurazione di PC-DMIS da una versione precedente si suggerisce di seguire il workflow qui indicato.

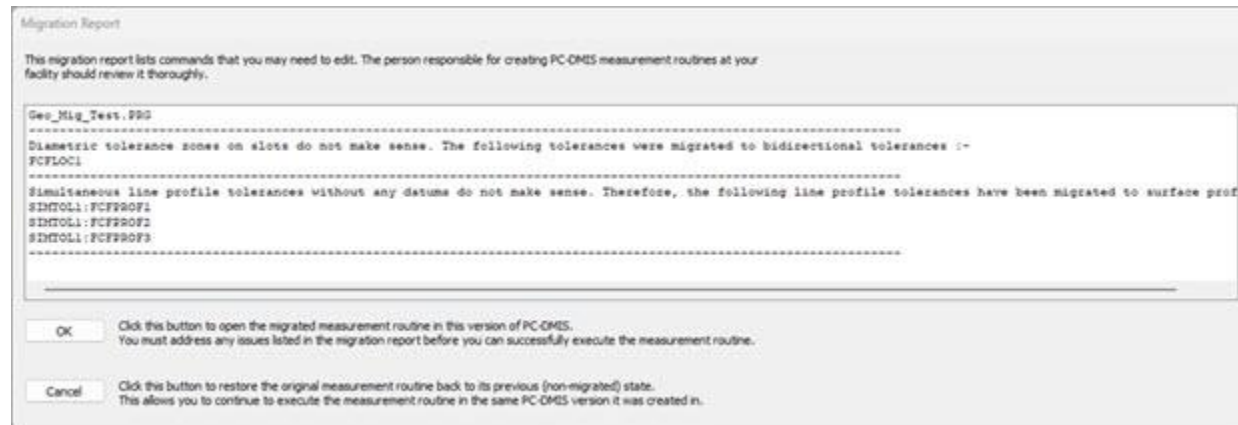
- Eseguire il backup delle vecchie routine di misurazione in un posto sicuro, e non aprirle mai con PC-DMIS 2020 R2 e versioni successive.
- Fare una copia delle routine di misurazione di cui si è eseguito il backup in una cartella con cui si desidera lavorare.

## Uso delle tolleranze geometriche

- Aprire le copie sperimentali delle routine di misurazione con questa versione di PC-DMIS.
- Esaminare attentamente i risultati della migrazione. Verificare che la migrazione abbia funzionato come si desiderava e che i nuovi valori misurati soddisfino le necessità dell'utente.
- In rari casi, la migrazione può non funzionare in un piccolo numero di punti della routine. In questi casi, modificarli manualmente nella routine per aggiornare i comandi.
- In rari casi, gli algoritmi migrati possono non funzionare in un gran numero di punti della routine. In questo caso, modificare le opzioni di migrazione, fare nuove copie dal backup delle routine di misurazione e collocarle nella cartella sperimentale. Quindi, aprire le nuove copie con questa versione.
- Ripetere questo workflow finché tutte le routine di misurazione non funzionano come si desidera.

## Rapporto sulla migrazione

Quando incontra dei problemi durante la migrazione, PC-DMIS crea un rapporto nella finestra di dialogo **Rapporto sulla migrazione**. Il rapporto sulla migrazione ha l'aspetto seguente:



*Finestra di dialogo Rapporto sulla migrazione con rapporto sulla migrazione.*

PC-DMIS salva automaticamente il rapporto sulla migrazione nella stessa posizione della routine di misurazione con lo stesso nome della routine di misurazione, ma con l'aggiunta dell'estensione `_migratedReport.txt` al nome.

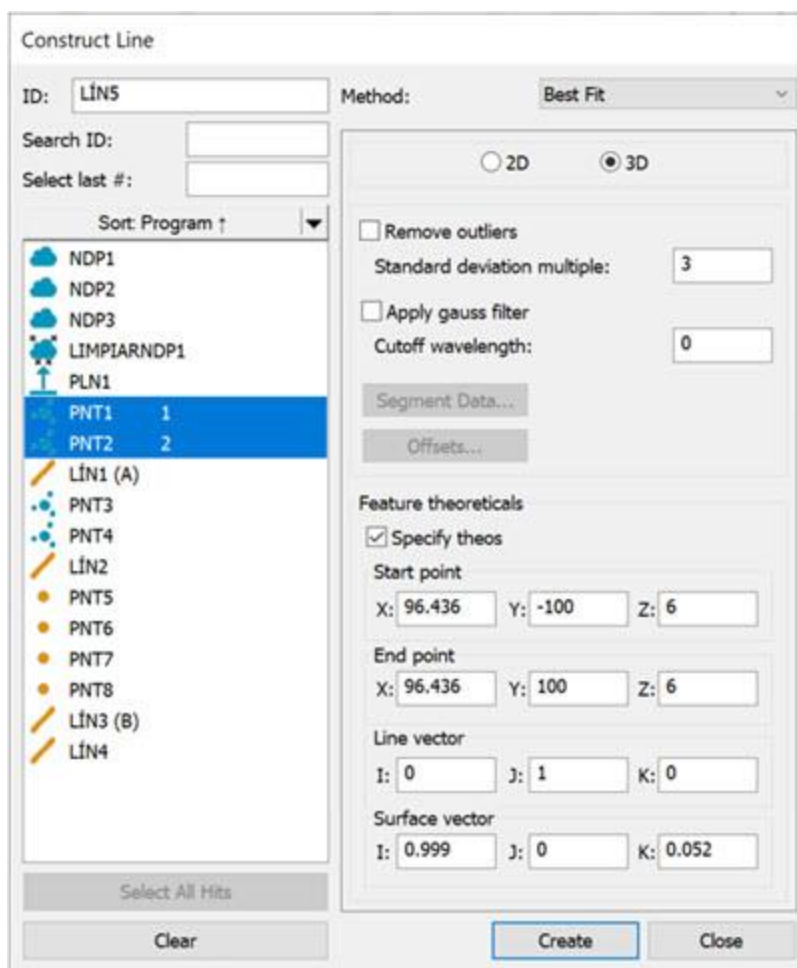
Per la maggior parte i rapporti sulla migrazione sono molto più semplici di quello mostrato. Nell'immagine precedente, il rapporto presenta queste informazioni principali:

- PC-DMIS ha modificato FCFLOC1, trasformando la singola posizione diametrale di un'asola in due posizioni planari distinte: una per l'orientamento longitudinale e una per l'orientamento trasversale dell'asola. Questo perché in PC-DMIS 2020 R2 SP1 è stato eliminato il supporto per la posizione diametrale delle asole.
- PC-DMIS ha rilevato che in precedenza venivano valutati contemporaneamente più profili di tolleranze lineari senza punti di riferimento. Il supporto per le tolleranze simultanee dei profili lineari senza punti di riferimento è stato rimosso in PC-DMIS 2022.1 e nei seguenti service pack: 2020 R2 SP11, 2021.1 SP8 e 2021.2 SP3. Per ulteriori dettagli, vedere "Tolleranze simultanee del profilo di una linea" nel presente argomento.

## Note importanti

### Vettori di superficie delle linee costruite

Tutte le linee BF e BFRE costruite hanno un vettore di linea e un vettore di superficie che sono importanti per il comando di tolleranza geometrica. Tuttavia, mentre è possibile vedere e modificare il vettore di linea nella finestra di modifica in modalità di comando, le informazioni sul vettore di superficie sono accessibili solo nel riquadro **Specifica valori teorici** della finestra di dialogo **Costruzione linea**.



Se si modifica manualmente il vettore, PC-DMIS modifica automaticamente il vettore della superficie in modo che rimanga ortogonale. Nelle versioni più vecchie di PC-DMIS questo non era sempre il caso, e il vettore della superficie poteva non essere corretto (per esempio quando i vettori teorici delle linee erano stati corretti nella finestra di modifica dopo aver registrato manualmente i punti sulla macchina o quando una routine di misurazione era stata creata senza un modello CAD). XactMeasure non usava il vettore della superficie su cui si trovava la linea, quindi questo in precedenza non era un problema. Tuttavia, per i comandi di tolleranza geometrica vettori corretti delle superfici sono importanti in molti casi. Pertanto, a partire dalla versione 2024.1, quando apre le routine di misurazione PC-DMIS controlla che le linee non abbiano vettori di linea e superficie non ortogonali. Se rileva un errore, PC-DMIS normalizza automaticamente il vettore della superficie e informa l'utente con un messaggio di avvertenza nel rapporto sulla migrazione.

## Tolleranze simultanee del profilo di una linea

Se delle tolleranze di un profilo di linea fanno parte di un comando di valutazione simultanea e non si riferiscono a elementi di riferimento, queste tolleranze sono trasferite al profilo di una superficie. Questo perché non ha senso (dal punto di vista del

rispetto delle norme) valutare simultaneamente le tolleranze di un profilo di linea. Il rapporto sulla migrazione annuncia la migrazione quando avviene. Per ulteriori dettagli, vedere "Profilo di una linea" e "Tolleranze simultanee".

## Opzioni per il controllo della migrazione

Quando si trasferiscono routine di misurazione da versioni precedenti di PC-DMIS che contengono comandi relativi alle tolleranze geometriche, PC-DMIS cerca di selezionare automaticamente lo standard GD&T appropriato in base alle seguenti regole:

- Se il totale complessivo dei comandi relativi alle dimensioni e alle tolleranze geometriche ISO **è superiore** al totale complessivo dei comandi relativi alle dimensioni e alle tolleranze geometriche ASME, **tutti** i comandi relativi alle dimensioni e alle tolleranze geometriche migrati utilizzano la norma ISO 1101 (vedi nota).
- Se il totale complessivo dei comandi relativi alle dimensioni ISO e alle tolleranze geometriche **è inferiore** al totale complessivo dei comandi relativi alle dimensioni ASME e alle tolleranze geometriche, **tutti** i comandi relativi alle dimensioni e alle tolleranze geometriche trasferiti utilizzano la norma ASME Y14.5, fatte salve ulteriori regole per la selezione dell'anno (vedi nota).
- Se il totale complessivo dei comandi dimensione ISO e alle tolleranze geometriche **è uguale al** totale complessivo dei comandi relativi alle dimensioni ASME e alle tolleranze geometriche, lo standard di **tutti** i comandi relativi alle dimensioni e alle tolleranze geometriche migrati utilizzano la voce GDTStandard nella sezione Dimensioni dell'Editor delle impostazioni di PC-DMIS. Per i dettagli, vedere "GDTStandard" nella documentazione dell'Editor delle impostazioni di PC-DMIS (vedi nota).

Ulteriori regole per stabilire a quale anno della norma ASME Y14.5 debba essere migrata una routine:

- Se i comandi relativi alle tolleranze geometriche ASME includono tolleranze di concentricità o simmetria, la routine di misurazione migrata utilizzerà la norma ASME Y14.5 – 2009.
- Se i comandi relativi alle tolleranze geometriche ASME non includono tolleranze di concentricità o simmetria, la routine di misurazione migrata utilizzerà la norma ASME Y14.5 – 2018.





A partire da PC-DMIS 2023.2, non è possibile avere nella stessa routine di misurazione standard diversi per le GD&T. Pertanto, PC-DMIS non consente di migrare una routine di misurazione 2023.2 (o successive) da ISO ad ASME o viceversa.

La norma ASME Y14.5 – 1994 non consente l'uso del modificatore di traslazione, del modificatore di profilo dinamico, di sistemi di riferimento personalizzati né di una dimensione specifica del contorno del materiale. Utilizza inoltre la definizione più datata del profilo a due valori (vedi ASME Y14.5.1M – 1994).

La norma ASME Y14.5 – 2009 non consente l'uso del modificatore di profilo dinamico.

La norma ASME Y14.5 – 2018 non consente l'uso della concentricità o della simmetria.

In alcuni rari casi si potrebbe non voler usare lo standard scelti da PC-DMIS durante la migrazione. È possibile scegliere quale standard migrato applicare. A questo scopo, creare un file chiamato `fcfMigrationPreferences.json` e collocarlo in "`C:\ProgramData\Hexagon\PC-DMIS\2026.1\`". Si noti che la cartella `C:\ProgramData\` è nascosta per impostazione predefinita.

Il file "`fcfMigrationPreferences.json`" deve essere nel formato JSON (vedere <https://en.wikipedia.org/wiki/JSON>).

Ecco un esempio di file:



```
"default standard migrates to": "ASME Y14.5-2018"
}
```

"default standard migrates to" è l'unica chiave valida per il file "`fcfMigrationPreferences.json`". Quando il file "`fcfMigrationPreferences.json`" non esiste (o esiste, ma non è un file JSON valido), PC-DMIS seleziona gli algoritmi migrati secondo le regole descritte sopra. Quando il file "`fcfMigrationPreferences.json`" esiste, e PC-DMIS determina che è un file JSON valido e ha la chiave e valori validi per controllare la migrazione, PC-DMIS usa le opzioni di scelta degli algoritmi definite nel file "`fcfMigrationPreferences.json`".

Nel file "`fcfMigrationPreferences.json`" le chiavi non valide sono ammesse, ma sono ignorate. Se il file "`fcfMigrationPreferences.json`" esiste, e PC-DMIS determina che è un file JSON valido ma manca la chiave o il valore valido, il comportamento relativo a quella chiave è come se il file "`fcfMigrationPreferences.json`" non ci fosse.

I valori validi per la chiave "default standard migrates to" per il file "*fcfMigrationPreferences.json*" sono:

- "ASME Y14.5-1994"
- "ASME Y14.5-2009"
- "ASME Y14.5-2018"
- "ISO 1101".

Le chiavi e i valori validi per il file "*fcfMigrationPreferences.json*" devono essere in inglese.

---

## Uso del comando di dimensione

Il comando Dimensione (**Inserisci | Dimensione | Dimensione**) facilita l'elaborazione e il reporting di dimensioni complessive e locali secondo le norme ISO 14405-1 o ASME Y14.5. Le norme ISO 14405-1 e ASME Y14.5 definiscono le dimensioni effettive complessive e locali.

Nella norma ASME Y14.5, gli elementi ammessi sono cilindri, piani paralleli opposti (noti anche come larghezze in 3D), sfere, cerchi (sezioni trasversali di cilindri), larghezze in 2D (in 3D con sezioni trasversali). La norma ASME Y14.5 definisce l'inviluppo di forma perfetta non condizionato e le dimensioni locali.

Nel caso della norma ISO 14405-1, gli elementi ammessi sono cilindri, larghezze in 3D e le loro sezioni trasversali. Nella norma ISO 14405-1 sono definiti più di venti modificatori. È possibile combinare in vari modi questi modificatori per creare un operatore della specifica di dimensione. Sono ammessi operatori di specifica diversi per i limiti superiori e inferiori delle dimensioni. Questo significa che esistono diverse migliaia di modi diversi di calcolare le dimensioni.

## Le modalità di comando

Il comando Dimensione definisce quattro modalità diverse. Queste modalità permettono di immettere, calcolare e riportare diversi tipi di calcoli della dimensione.

### 1. **ASME Y14.5**

Il comando Dimensione in questa modalità esegue le operazioni riportate di seguito.

- Registra una dimensione nominale, e i limiti delle deviazioni inferiore e superiore.
- Calcola l'inviluppo di forma perfetta non condizionato. Il comando elabora anche un lungo elenco di dimensioni locali.
- Riporta l'inviluppo di forma perfetta. Il comando riporta anche la peggiore delle dimensioni locali.

### 2. **ISO 14405-1, Valore nominale con deviazione**

Il comando Dimensione in questa modalità registra una dimensione nominale, e i limiti delle deviazioni inferiore e superiore.

- Se c'è un solo operatore della specifica, questo si applica a entrambi i limiti.
- Se ci sono due operatori di specifica, ogni operatore si applica a un limite.
- Se l'operatore riguarda le dimensioni complessive, vengono calcolate le dimensioni complessive e nel rapporto sono confrontate con i limiti applicabili.
- Se l'operatore riguarda una dimensione locale, viene elaborato un lungo elenco di dimensioni locali e ne viene riportata la peggiore con ogni limite applicabile.

### 3. **ISO 14405-1, Codice ISO**

In questa modalità il comando Dimensione registra una dimensione nominale e un codice ISO. Queste informazioni, combinate con la norma ISO 286-1 definiscono i limiti delle dimensioni.

La norma ISO 286-1 definisce centinaia di codici di tolleranza tipo "E9" e "H7". Tutti questi codici di tolleranza sono supportati dal comando Dimensione. Il reporting è molto simile a quanto avviene nella modalità ISO "valore nominale con deviazioni".

### 4. **ISO 14405-1, Intervallo di dimensioni**

Usare questa modalità con il modificatore dell'intervallo delle dimensioni definito nella norma ISO 14405-1 (il testo SR è racchiuso in un ovale).

Il comando Dimensione in questa modalità esegue le operazioni riportate di seguito.

- Registra un solo operatore della specifica.
- Non registra dimensione nominale né limiti o deviazioni.

- Registra un singolo valore di tolleranza poiché il modificatore dell'intervallo delle dimensioni produce operatori di specifica che sono simili alle tolleranze di forma. Per un esempio, vedere la figura 17 della norma ISO 14405-1. Un rapporto in questa modalità è simile a un rapporto delle tolleranze di forma.

## Elementi di input

Il comando Dimensione ammette solo un elemento di input alla volta.

Nelle modalità ASME Y14.5 e ISO 14405-1 i tipi di elementi di input validi sono larghezze monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali, cerchi, cilindri e sfere.

Qualsiasi elemento di input usato con il comando Dimensione deve contenere un numero di punti sufficiente a rappresentare bene la relativa superficie reale. Per uniformarsi al meglio all'intento delle norme, questi punti devono essere opposti.

### Limiti degli elementi di input per le dimensioni delle sezioni

Diversi operatori di specifica delle dimensioni ISO sono noti come "dimensioni di sezioni". Per esempio, "(GG) ACS" e "(LP) ACS (SX)" indicano dimensioni di sezioni. Le dimensioni delle sezioni sono dimensioni locali in cui ogni sezione trasversale del cilindro o della larghezza in 3D ha una dimensione. Quindi viene riportata la dimensione peggiore per ogni limite applicabile.

Una possibilità di produrre dati nelle sezioni consiste nell'usare sezioni trasversali bidimensionali come cerchi e larghezze in 2D. L'altra possibilità consiste nell'usare una strategia di misurazione che produca dati nelle sezioni, come la "Strategia di misurazione predefinita di PC-DMIS" o la "Strategia di scansione adattativa di un cerchio concentrico a un cilindro". Per ulteriori informazioni sulle strategie di misurazione, vedere l'argomento "Come operare con le strategie di misura" nella documentazione di PC-DMIS CMM.

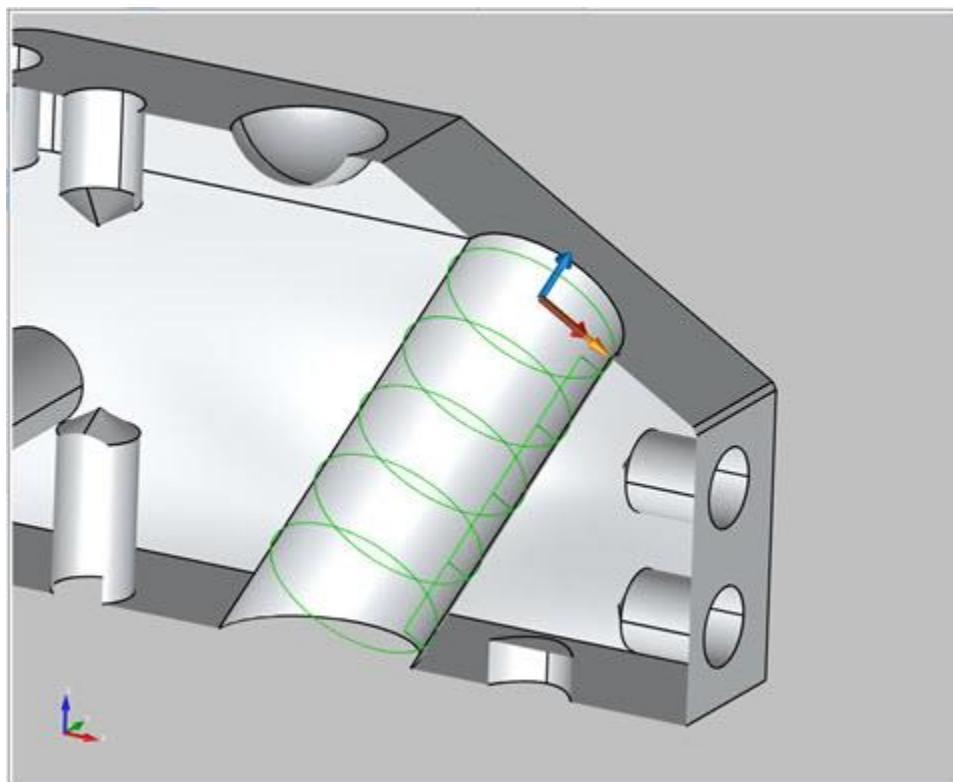
Quando si valutano le dimensioni delle sezioni, il comando suddivide i dati in sezioni secondo le regole seguenti.

- Per gli elementi Cerchio in 2D il comando usa i dati senza suddivisioni poiché l'elemento è già una sezione trasversale.
- Per i cilindri, il comando prova a suddividere i dati in sezioni trasversali circolari. I dati devono essere organizzati in cerchi; altrimenti il comando non funziona.
- Il comando non funziona nel caso delle larghezze in 3D.

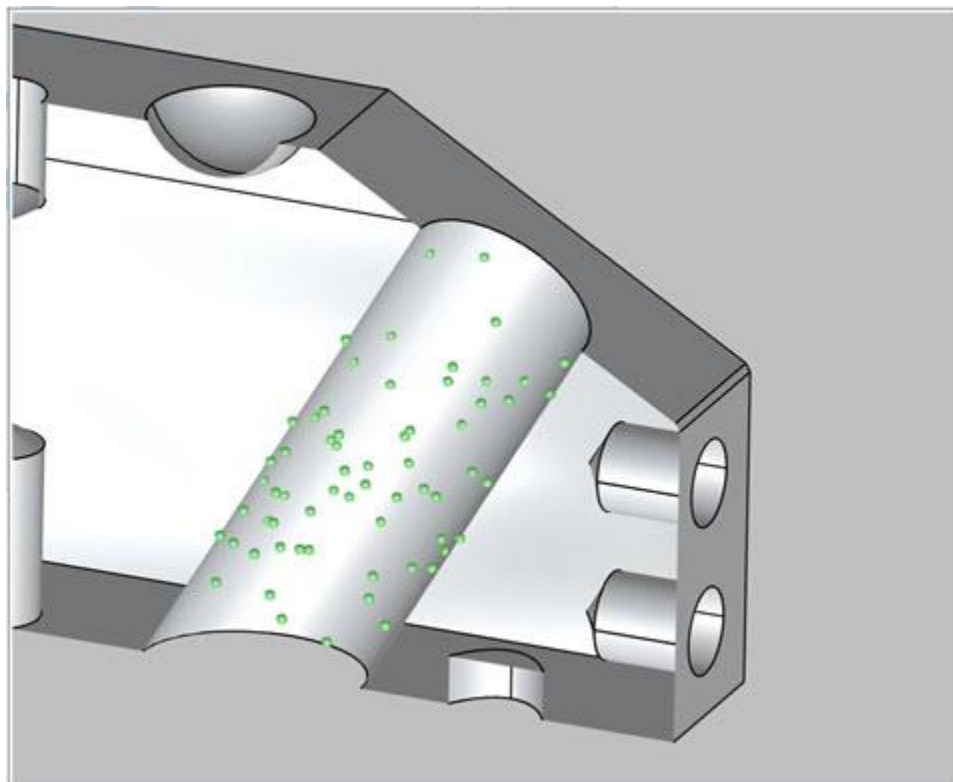
## Uso delle tolleranze geometriche

Quando si suddividono i dati relativi a un cilindro, il comando per prima cosa proietta i punti sull'asse del cilindro. Quindi individua i gruppi di punti proiettati che appartengono alla stessa sezione trasversale.

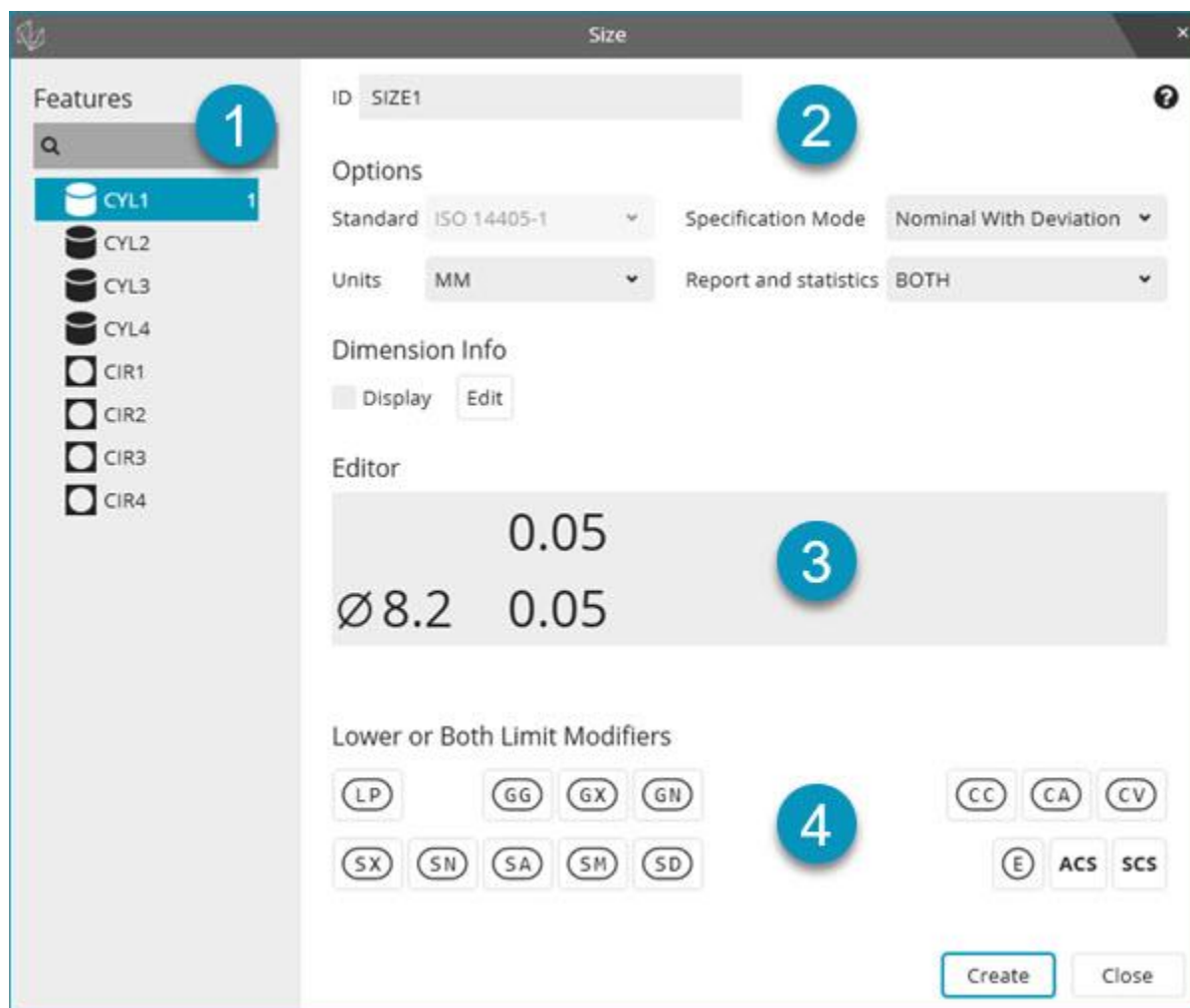
### ***Esempio di buoni input***



***Esempio di input scadenti***



## Come dimensionare un elemento mediante l'opzione DIMENSIONE



*I componenti principali della finestra di dialogo "Dimensioni" sono:*

- 1** - Riquadro Elenco elementi
- 2** - Riquadro Opzioni
- 3** - Riquadro Editor
- 4** - Riquadro Modificatore del limite



Per informazioni su come visualizzare le informazioni sulle dimensioni, consultare l'argomento "Visualizzazione delle informazioni sulle dimensioni" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

Per dimensionare un elemento utilizzando l'opzione DIMENSIONE, procedere come segue:

1. Selezionare **Inserisci | Dimensione | Dimensione** per visualizzare la finestra di dialogo **Dimensione**.
2. L'elenco **Standard** nel riquadro **Opzioni** mostra lo standard attualmente in uso per la tolleranza. Dovrebbe corrispondere allo standard usato nella stampa. PC-DMIS supporta le stampe conformi alle norme ASME Y14.5 e ISO 1101.
3. Selezionare le opzioni nel riquadro **Opzioni**:
  - a. Elenco **Standard**, selezionare lo standard da usare per calcolare la dimensione.
  - b. Se si usa lo standard ISO 14405-1 selezionare la modalità di comando nell'elenco **Modalità di specifica**. Per informazioni, vedere "Modalità di comando". La scelta è determinata dai requisiti di stampa.
  - c. Se si utilizza lo standard ASME Y14.5, viene visualizzato un elenco di **opzioni delle dimensioni locali** in **Modalità di specifica**. Scegliere il tipo di dimensione locale, ovvero **Punti opposti** o **Elementi circolari** (predefinito).



I dettagli sull'interpretazione dei punti opposti e degli elementi circolari della dimensione locale sono reperibili nella sezione "Dimensione locale" dell'argomento "Valutazione delle dimensioni con il comando di tolleranza geometrica" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.

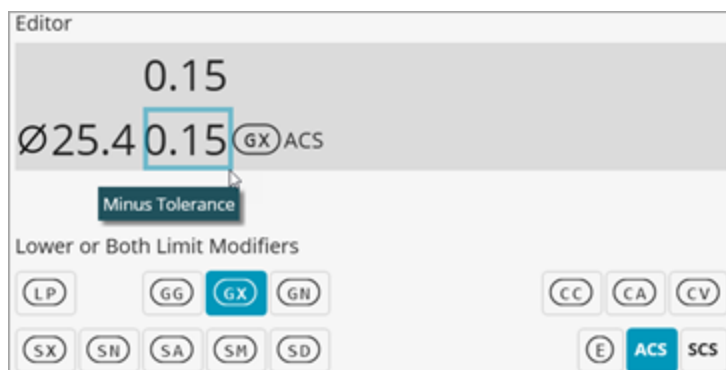
- d. Impostare come necessario le **unità di misura** e **rapporto e statistiche**. Per informazioni su queste opzioni vedere l'argomento "Opzioni comuni delle finestre di dialogo Dimensioni" nel capitolo "Uso delle dimensioni Legacy".
4. Nel riquadro **Editor**, seguire i passaggi riportati di seguito per definire la tolleranza.





Il riquadro **Editor** si adatterà ai requisiti della modalità scelta negli elenchi **Standard** e **Specifica**. Questo significa che qualsiasi modifica apportata alla finestra di dialogo andrà perduta quando si seleziona una nuova modalità di specifica.

- a. Selezionare la zona che si desidera modificare e immettere il valore.
- b. Per aggiungere un operatore della specifica superiore, fare clic sul valore della tolleranza superiore. Nel riquadro **Modificatori limite inferiore o entrambi i limiti** si potrà quindi selezionare i pulsanti dei modificatori per aggiungere modificatori all'operatore della specifica superiore.
- c. Per aggiungere un operatore della specifica inferiore, fare clic sul valore della tolleranza inferiore. Nel riquadro **Modificatori del limite inferiore o di entrambi i limiti** si potranno quindi selezionare i pulsanti dei modificatori per aggiungere modificatori all'operatore della specifica inferiore. Quando c'è un solo operatore di specifica, assegnare i modificatori all'operatore della specifica inferiore.
- d. Per rimuovere un modificatore, selezionare di nuovo il pulsante per annullare l'evidenziazione.



*Esempio che mostra i modificatori selezionati.*

5. Fare clic sul pulsante **Crea** per creare il comando Dimensione nella finestra di modifica.

## Lettura del rapporto

### ISO 14405-1 : Valore nominale con deviazioni

Con la modalità VALORE\_NOMINALE\_CON\_DEVIAZIONI, PC-DMIS confronta le dimensioni misurate mediante l'operatore di specifica superiore con il limite superiore delle dimensioni. Confronta anche le dimensioni misurate mediante l'operatore di specifica inferiore con il limite inferiore delle dimensioni. Pertanto, il comando Dimensione genera due valori misurati di un elemento dimensionabile:

SIZE1-CYL1			MM	$\phi$ 25.4 [+0.15 GN] - [-0.15 GX]		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
GN	25.500	25.400	0.150		0.100	0.000
GX	25.300	25.400		0.150	-0.100	0.000

### ISO 14405-1 : Codici di tolleranza

Con la modalità CODICE\_DI\_TOLLERANZA, il rapporto di PC-DMIS è simile alla modalità VALORE\_NOMINALE\_CON\_DEVIAZIONI, tranne per il fatto che visualizza il codice di tolleranza nell'intestazione della dimensione:

SIZE2-CYL1			MM	$\phi$ 25.4 JS14 [GN] - [GX]		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
GN	25.500	25.400	0.260		0.100	0.000
GX	25.300	25.400		0.260	-0.100	0.000

### ISO 14405-1, Intervallo dimensioni

Con la modalità INTERVALLO\_DIMENSIONI, PC-DMIS confronta le massima e la minima dimensione misurata e riporta la differenza. Questa modalità richiede un unico valore misurato. Il software confronta il valore misurato con la tolleranza superiore.

SIZE3-CYL1			MM	$\phi$ 0.25 SR		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
SR	0.200	0.000	0.250		0.200	0.000

### ASME Y14.5 - Dimensione locale

Con ASME Y14.5, sono riportate due caratteristiche della dimensione: l'involuppo di forma perfetta non condizionato (Unrelated Actual Mating Envelope - UAME) e la dimensione locale.

## Uso delle tolleranze geometriche

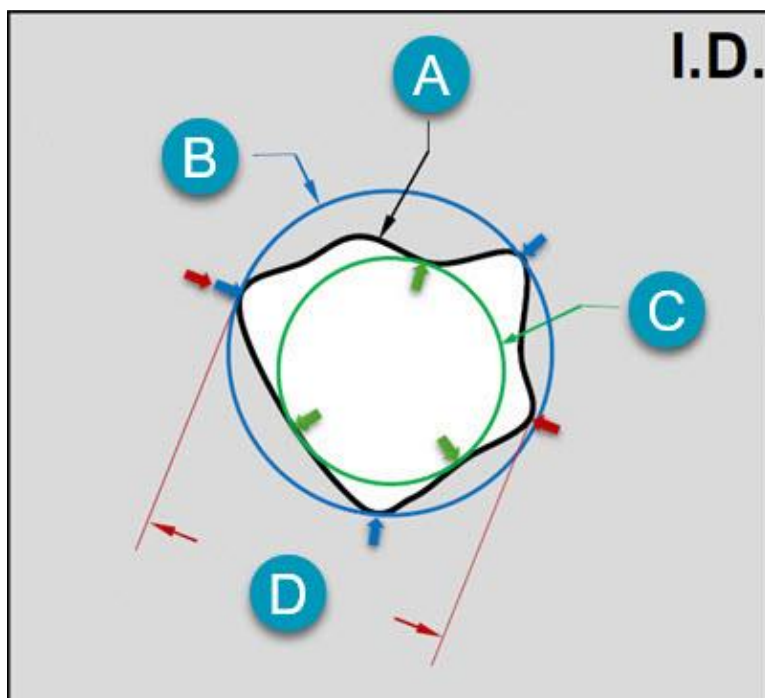
L'UAME corrisponde alla dimensione minima circoscritta per gli elementi esterni (ad esempio, un perno) e alla dimensione massima inscritta per gli elementi interni (ad esempio, un foro).

Dimensione locale:

1. **Elementi circolari** (predefinita) riporta il più piccolo elemento circolare circoscritto (elemento interno/foro) o il più grande elemento circolare inscritto (elemento esterno/perno) tra tutte le dimensioni locali.
2. **Punti opposti** riporta la distanza più grande (elemento interno/foro) e la distanza più piccola (elemento esterno/perno) tra punti opposti tra tutte le dimensioni locali.

SIZE4-CYL1			MM	Ø 25.4 +0.15/-0.15 OPPOSED POINTS		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
UAME	25.300	25.400	0.150	0.150	-0.100	0.000
Local Size	25.500	25.400	0.150	0.150	0.100	0.000

## Esempio di dimensione locale secondo ASME Y14.5

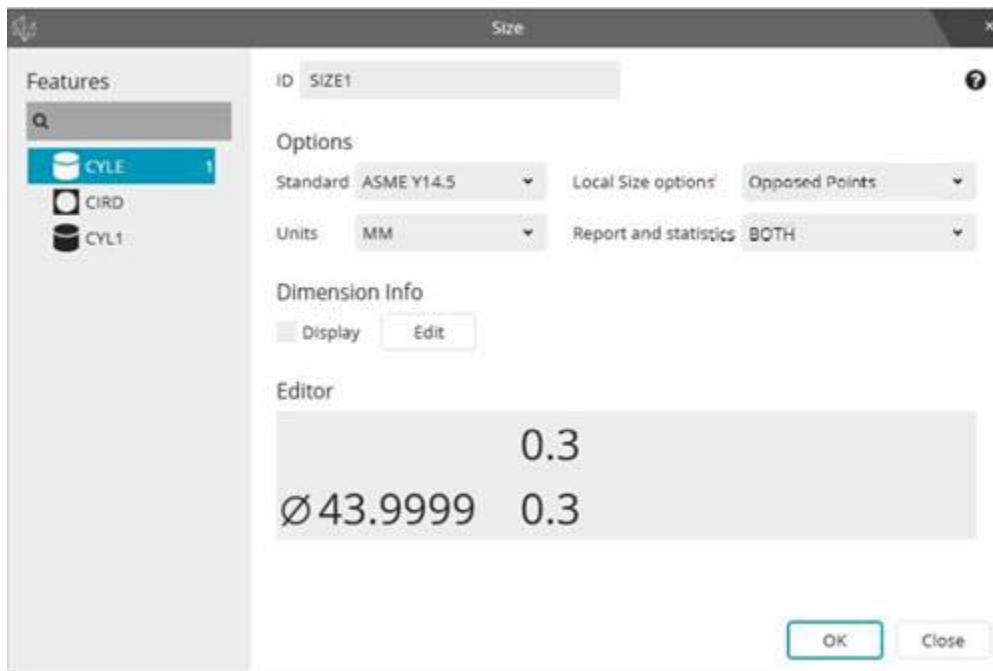


- A. **Forma vera della sezione trasversale dell'elemento**
- B. **Dimensione locale (elementi circolari) - Ø 44.2659**
- C. **UAME - Ø 43.8849**
- D. **Dimensione locale (punti opposti) - Ø 44.2656**

Il simbolo "ø" indica il **diametro**.

Nel caso di un elemento Diametro interno (ID) che usa lo standard ASME Y14.5, dall'immagine precedente si può vedere che:

- l'inviluppo di forma perfetta non condizionato (UAME) è il cerchio inscritto più grande possibile;
- la dimensione locale dipende dall'opzione selezionata nell'elenco **Opzioni per le dimensioni locali** della finestra di dialogo **Dimensioni** della tolleranza geometrica (vedere la descrizione precedente).



Se si seleziona **Punti opposti** nell'elenco **Opzioni per le dimensioni locali** come mostrato nell'immagine precedente della finestra di dialogo **Dimensioni** della tolleranza geometrica, PC-DMIS riporta i risultati come:

SIZE1-CYL1			MM		Ø 43.9999 +0.3/-0.3 OPPOSED POINTS		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	
UAME	43.8849	43.9999	0.3000	0.3000	-0.1150	0.0000	<div><div></div></div>
Local Size	44.2656	43.9999	0.3000	0.3000	0.2656	0.0000	<div><div></div></div>

Se si seleziona l'opzione **Elementi circolari**, PC-DMIS riporta l'elemento come:

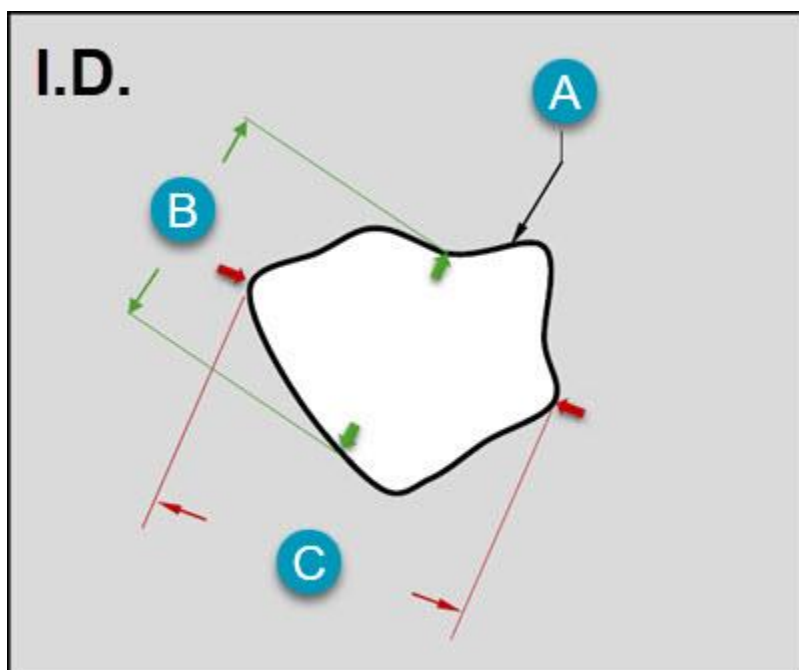
SIZE10-CYLE				MM			43.9999 +0.3/-0.3 CIRCULAR ELEMENTS
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DCV	OUTTOL	
LIAME	43.8849	43.9999	0.3000	0.3000	-0.1150	0.0000	
Local Size	44.2659	43.9999	0.3000	0.3000	0.2660	0.0000	



In tutti i casi in cui sono coinvolti i dettagli dello standard ASME, vedere la fonte primaria nel sito Web della The American Society of Mechanical Engineers (ASME).

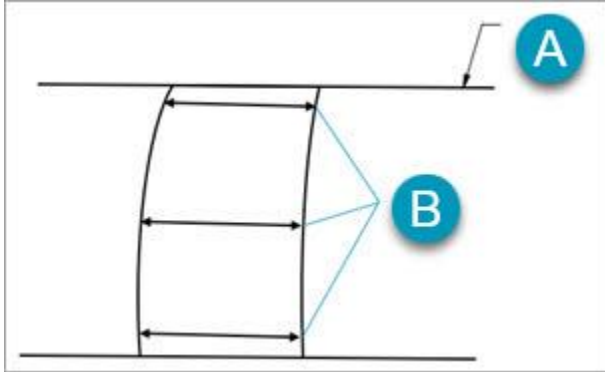
## ISO 1101 - Dimensione locale

Quando riporta le dimensioni usando lo standard ISO, PC-DMIS si basa solo sulle dimensioni locali. A causa della regola di indipendenza non sono si basa sull'involuppo di forma perfetta, condizionato o meno. Per i dettagli sulla regola di indipendenza ISO, vedere ISO 8015: 2011, sezione 5.5 "Principio di indipendenza".



- A. **Forma vera della sezione trasversale dell'elemento**
- B. **Dimensione locale minima su 2 punti**
- C. **Dimensione locale massima su 2 punti**

Per esempio, quando si misura un cilindro su più livelli, PC-DMIS valuta singolarmente ogni sezione trasversale e quindi riporta le dimensioni massima e minima su due punti, come se si controllasse con un calibro.



- A. *Simulatore dell'elemento di riferimento A (piano)*  
 B. *Dimensioni locali reali (qualsiasi singola distanza da qualsiasi sezione trasversale di un elemento dimensionabile)*



In tutti i casi in cui sono coinvolti i dettagli dello standard ISO 1101, vedere la fonte primaria nel sito Web della International Organization for Standardization (ISO).

## Modificatori ISO 14405-1 supportati

Il comando Dimensione supporta i seguenti modificatori definiti nella norma ISO 14405-1:


- (LP) - Dimensione su due punti
- (GG) - Criterio di associazione dei minimi quadrati
- (GX) - Criterio di associazione Massimo inscritto
- (GN) - Criterio di associazione Minimo circoscritto
- (CC) - Diametro della circonferenza (dimensione calcolata)
- (CA) - Diametro dell'area (dimensione calcolata)
- (CV) - Diametro del volume (dimensione calcolata)
- (SX) - Dimensione massima
- (SN) - Dimensione minima
- (SA) - Dimensione media
- (SM) - Dimensione mediana
- (SD) - Dimensione intermedia
- (SR) - Intervallo delle dimensioni
- (E) - Requisito di involuppo

- ACS - Qualsiasi sezione trasversale
- SCS - Sezione (o sezioni) trasversale fissa specifica


---

## Uso della modalità di selezione delle GD&T per creare FCF

PC-DMIS offre i seguenti modi di creare riquadri di controllo (FCF) dalle tolleranze GD&T in altre fonti:

**Modalità di selezione delle GD&T (da CAD)** () - Consente di importare i callout GD&T integrati nel modello CAD. In questa modalità è possibile selezionare la casella o fare clic sui callout per importarli. Per ulteriori informazioni su questa opzione, vedere "Uso della modalità di selezione delle GD&T (da CAD)".


È possibile accedere alla **Modalità di selezione GT&D (da CAD)** dalle barre degli strumenti **Modalità grafiche** e **QuickMeasure**.

**Modalità di selezione delle GD&T (da file)** () - PC-DMIS consente di importare un disegno e decidere quali tolleranze GD&T importare. Questo processo utilizza il riconoscimento OCR (Optical Character Recognition). Per ulteriori informazioni su questa opzione, vedere "Uso della modalità di selezione delle GD&T (da file)". Per ulteriori informazioni, vedere "Informazioni sul riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) per creare FCF" più avanti.

È possibile accedere accedere alla **Modalità di selezione GT&D (da file)** da:


- la Barra degli strumenti **Modalità grafiche**;
- la Barra degli strumenti **QuickMeasure**;
- il menu **File | Importa**.

## Uso della modalità di selezione delle GD&T (da CAD)

La **modalità di selezione delle GD&T (da CAD)** () importa callout GD&T selezionati dai modelli CAD che li contengono come dimensioni di tolleranza geometrica o definizioni di elementi di riferimento generate dinamicamente.

Per informazioni su come procedere, vedere la voce "Importazione dei callout GD&T del CAD" nell'argomento "Come operare con i callout GD&T CAD" del capitolo "Modifica della visualizzazione CAD".

## Uso della modalità di selezione delle GD&T (da file)

PC-DMIS può riconoscere e importare le tolleranze GD&T in modelli nella routine di misurazione con l'opzione **Modalità di selezione della GD&T (da file)** ().

PC-DMIS utilizza l'OCR (Optical Character Recognition) per importare le tolleranze GD&T. PC-DMIS può importare un file .pdf o un file di immagini.



Diversi esempi di file .pdf di modelli corrispondenti ai modelli CAD del blocchetto da dimostrazione Hexagon sono disponibili nella sottocartella **Training** quando si installa PC-DMIS.

Se si importa il file del progetto, il software analizza il contenuto del file. Quindi mostra la finestra **GD&T da cattura** ed evidenzia in arancione tutti i contenuti supportati che si possono importare.

Quindi l'utente può decidere quali contenuti supportati importare:

- uno alla volta - Per far ciò, fare clic su una tolleranza arancione;
- più contenuti - Per far ciò, selezionare con una casella di più tolleranze arancioni;
- tutti i contenuti in una pagina - Per far ciò, nella barra degli strumenti nella

finestra **GD&T da cattura**, fare clic sull'opzione **Elabora intera pagina** (.

Se si decide di elaborare più contenuti supportati o tutti i contenuti in una pagina, il software apre il widget dell'OCR e scorre attraverso ogni tolleranza GD&T nella selezione.

Tenere presente che il riconoscimento tramite OCR non elabora ogni contenuto del file. Per informazioni su quali contenuti sono supportati e quali no, vedere l'argomento "Informazioni sul riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) per creare riquadri di controllo" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.


PC-DMIS analizza anche le unità di misura e le tolleranze predefinite nel blocco del titolo e li evidenzia in blu. Per ulteriori informazioni sul blocco del titolo, vedere, "Informazioni sul riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) per creare FCF". SE PC-DMIS non determina correttamente i valori predefiniti delle tolleranze dal blocco del titolo, si può usare il pulsante di sospensione sul widget e impostare manualmente una



tolleranza su ogni voce creata. Per informazioni su come usare il pulsante di sospensione, vedere "Il widget dell'OCR".

## Procedura

La seguente procedura illustra come importare uno o più callout.

1. Nelle barre degli strumenti **Modalità grafiche** o **QuickMeasure**, fare clic sull'opzione **Modalità di selezione delle GD&T (da file)** ().
2. Importare un modello CAD nella finestra di visualizzazione grafica corrispondente al proprio modello.
3. Dalla finestra di dialogo **Apri** passare a un file di modello elettronico. Questo può essere un file di immagini o un file .pdf. Il riconoscimento ottico dei caratteri funziona meglio con un'immagine ad una definizione di almeno 300 DPI. Risoluzioni inferiori possono dare risultati meno precisi.
4. Selezionare il file quindi fare clic su **Apri** per analizzare il file e visualizzare tutti i contenuti riconosciuti come elementi arancioni nella finestra **GD&T da cattura**.



Si noti che con questa finestra aperta la finestra di modifica inizialmente non è disponibile per la selezione. Questo significa che non è possibile eliminare elementi creati a meno che non siano stati creati con il widget dell'OCR o che non si faccia clic sul pulsante di sospensione sul widget per sospendere il processo di importazione.

5. Per importare una o più voci in PC-DMIS e visualizzare il widget dell'OCR, eseguire una delle operazioni seguenti:
  - Fare clic su un singolo callout. Può essere una tolleranza GD&T, una distanza lineare base, una distanza angolare o una dimensione di posizione.
  - Selezione in una casella di più callout sulla pagina.
  - Dalla barra degli strumenti della finestra GD&T da cattura, fare clic su

**Elabora intera pagina** (.

6. Seguire le istruzioni riportate nel widget dell'OCR.



Durante la procedura, è necessario selezionare gli elementi per gli elementi di riferimento o gli elementi di input per le tolleranze geometriche. È possibile creare questi elementi con elementi rapidi QuickFeature. È inoltre possibile selezionare gli elementi esistenti nella finestra di visualizzazione grafica facendo clic sui relativi ID. PC-DMIS non supporta la selezione degli elementi dalla finestra di modifica.

### ID delle caratteristiche

Se il file importato ha ID delle caratteristiche, ed è stata selezionata la casella di opzione **Usa ID della caratteristica** nella scheda **Generale** della finestra di dialogo **Opzioni di impostazione**, PC-DMIS assegna automaticamente nel widget dell'OCR un ID che corrisponde all'ID della caratteristica. Qualsiasi altro elemento che si definirà poi con il widget dell'OCR per il callout accanto a quell'ID userà questa convenzione di denominazione:

<Numero di riferimento ID>\_\_1, <Numero di riferimento ID>\_\_2, e così via.

Per esempio, se nel file si ha un ID della caratteristica pari a 3, e occorre creare due elementi con quell'ID per la tolleranza, PC-DMIS dà agli elementi creati gli ID 3\_\_1 e 3\_\_2.



Se il callout ha un moltiplicatore, come nel caso di un callout di una configurazione di fori per bulloni, PC-DMIS assegna l'ID della caratteristica al primo elemento o alla prima dimensione della configurazione. Gli altri elementi o le altre dimensioni della configurazione seguiranno la convenzione di denominazione predefinita per quel primo elemento o dimensione.

### Definizione dei bersagli sugli elementi riferimento

Se il widget OCR richiede di definire i punti bersaglio degli elementi di riferimento, completare la seguente procedura:


1. Premere Ctrl + Maius e fare clic sul CAD per creare un punto vettore QuickFeature per ogni bersaglio.
2. Non appena definito il bersaglio sull'elemento di riferimento, l'elemento Punto vettore apparirà nella finestra di modifica.
3. Una volta definiti i bersagli su un elemento di riferimento, tale elemento sarà indicato come "Completato". L'analisi del riconoscimento ottico dei

caratteri può non riuscire a determinare tutti i bersagli necessari. Se succede questo, è possibile creare ulteriori punti vettore anche se tale elemento di riferimento è "Completato".

4. Una volta creati tutti i punti di un bersaglio, fare clic su **Avanti** per passare al prossimo insieme di bersagli.
5. Continuare a definire bersagli sugli elementi di riferimento finché il widget non visualizza "La definizione dei bersagli sugli elementi di riferimento è terminata".
6. A questo punto si può usare il pulsante **Sospendi** () sul widget per sospendere il processo di importazione delle GD&T così da poter lavorare con PC-DMIS per terminare le definizioni degli elementi di riferimento. Questo può essere un processo complicato, che comporta allineamenti, elementi costruiti o altre operazioni in PC-DMIS.
7. Usare la finestra di modifica e premere il tasto funzione F9 con il puntatore sulla definizione di ogni elemento di riferimento (comando DATDEF nella modalità di comando) per visualizzare la finestra di dialogo **Definizione elemento di riferimento**.
8. Collegare i bersagli alla lettera dell'elemento di riferimento.
9. Una volta usato PC-DMIS per definire gli elementi di riferimento a partire dai bersagli, fare clic su **Riprendi** () sul widget.





### Definizione degli elementi riferimento

Se il widget dell'OCR mostra **Definizione elementi di riferimento**, è necessario usare elementi rapidi QuickFeature per creare gli elementi di riferimento per quei comandi di tolleranza geometrica. Se è già stato creato un elemento di riferimento, è possibile fare clic sul suo ID nella finestra di visualizzazione grafica per selezionarlo.

10. Creare o selezionare un elemento di riferimento oppure fare clic su **Ignora definizione di elemento corrente** () se si desidera saltare temporaneamente una definizione di un elemento di riferimento.
11. Fare clic su **Avanti** e selezionare altri elementi di riferimento.
12. Continuare a ripetere le operazioni precedenti fino a che il widget mostra "Definizione elementi di riferimento completata".
13. Quindi fare clic su **Applica** per definire le informazioni GD&T restanti.

## Definizione delle tolleranze

Se il widget OCR mostra **GEOTOL1**, è necessario definire le informazioni GD&T restanti. Se nella procedura precedente sono state saltate le definizioni di qualche elemento di riferimento, il widget chiederà di definirle adesso durante la definizione delle GD&T.

14. Una volta definiti completamente gli elementi di riferimento, sarà necessario creare o selezionare l'elemento o gli elementi considerati effettivi. Usare elementi rapidi QuickFeature per creare dal modello CAD il numero minimo di elementi per il passo corrente. Se è già stato creato un elemento di riferimento, sarà possibile fare clic sul suo ID elemento dalla finestra di visualizzazione grafica per selezionarlo.
15. Se non si desidera importare una tolleranza GD&T, fare clic su **Ignora** ). Si può tornare indietro su una voce ignorata con il pulsante **Indietro** () purché non si trovi in una pagina .pdf precedente.
16. Una volta definiti nel modello CAD uno o più elementi occorrenti per il passaggio, fare clic su **Avanti** () nel widget. Questo porta al passaggio successivo della definizione delle GD&T. Il pulsante **Successivo** diventa abilitato non appena si definisce il numero minimo di elementi.
17. Quando gli elementi sono definiti e il widget informa che la definizione delle tolleranze è terminata, fare clic su **Applica** (). In questo modo vengono accettate le modifiche e gli spostamenti nella tolleranza GD&T successiva nella finestra GD&T da cattura.
18. Continuare a ripetere le operazioni precedenti fino a quando sono state definite tutte le tolleranze GD&T selezionate.


## Definizione di distanza lineare base, distanza angolare e posizione


Quando si importano dimensioni base, come distanza lineare, distanza angolare e posizione, occorre selezionare o creare elementi come al solito per soddisfare i requisiti di definizione di queste dimensioni base.

Per le dimensioni distanza lineare base, distanza angolare e posizione, questo può essere un processo complicato, che comporta allineamenti, elementi



costruiti o altre operazioni in PC-DMIS. In questi casi, è disponibile il pulsante **Sospendi** per aiutare l'utente. Ecco come procedere.

19. Per i tipi a due dimensioni, selezionare distanza o angolo.

20. Sul widget, fare clic su **Avanti** (). Si passerà al passo successivo della definizione e il widget comunicherà "La definizione delle tolleranze è terminata".

21. A questo punto, se è necessario fare qualcosa in PC-DMIS per soddisfare la definizione, fare clic sul piccolo pulsante **Sospendi** () che appare sul widget dell'OCR. Questo arresta temporaneamente il processo di importazione e dà all'utente un controllo pressoché completo su PC-DMIS.

22. Fare tutto quanto necessario in PC-DMIS per soddisfare la definizione del callout.

23. Sul widget, fare clic sul pulsante **Riprendi** () per riprendere il processo di importazione, e su **Applica** () per accettare la definizione. Se i callout hanno valori delle tolleranze definiti nel file del progetto, questi valori sono anche analizzati e assegnati alle dimensioni create nella finestra di modifica.

## Prassi ottimali

Il riconoscimento ottico dei caratteri funziona meglio con un'immagine ad una definizione di almeno 300 DPI. Risoluzioni inferiori possono dare risultati meno precisi.

Una volta importate le tolleranze GD&T desiderate, controllare attentamente i comandi di tolleranza geometrica generati da PC-DMIS.

### ***Argomenti correlati:***

Informazioni sul riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) per creare riquadri di controllo

Finestra GD&T da acquisizione

Widget dell'OCR

## Informazioni sul riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) per creare riquadri di controllo



Il metodo **Modalità di selezione delle GD&T (da file)** (  ) usa il riconoscimento ottico dei caratteri per identificare le informazioni sulle tolleranze GD&T da importare.

Per ulteriori informazioni, vedere "Uso della modalità di selezione delle GD&T (da file)".

### Risoluzione

Il riconoscimento ottico dei caratteri funziona meglio con un'immagine ad una definizione di almeno 300 DPI. Risoluzioni inferiori possono dare risultati meno precisi.

### Tipi di tolleranze geometriche supportate


I metodi di riconoscimento ottico dei caratteri descritti supportano questi tipi di tolleranze geometriche:

- i 14 simboli delle caratteristiche;
- il simbolo del diametro;
- M, L, P, e altri simboli di modifica inscritti in cerchi;
- i dati dentro le caselle e i dati sopra le caselle;
- le tolleranze delle linee singole, le tolleranze non composte di più linee, le tolleranze composte.
- Dimensioni lineari, angolari e di localizzazione

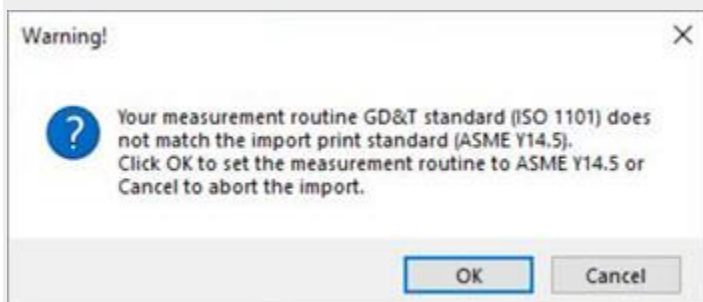
PC-DMIS evidenzia in arancione gli elementi supportati con cui si può interagire.



Quando si importano GD&T tramite riconoscimento ottico dei caratteri, PC-DMIS controlla il testo del blocco dei titoli per vedere se è stato dichiarato lo standard delle GD&T.

UNLESS OTHERWISE STATED, ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.  TOLERANCES ARE: x = +/- 0.4 x.x = +/- 0.25 x.xx = +/- 0.1 ANGLES = +/- 0.5°		 <b>HEXAGO</b> MANUFACTURING INTELLIGENCE 250 CIRCUIT DRIVE, N. KINGSTOWN	
DIMENSIONS & TOLERANCES PER ASME Y14.5-2009		HEXAGON DEMO BLOCK DTBlock - Large (FOR TRAINING USE ONLY)	
CREATED BY: DAT	DATE: 30-OCT-2014	SIZE: ANSI A	DWG NO: H009945

Se è così, PC-DMIS lo confronta con quello definito nella routine di misurazione. Se gli standard sono diversi, PC-DMIS mostra un messaggio di avvertenza in cui chiede se si vuole continuare l'importazione o annullarla.

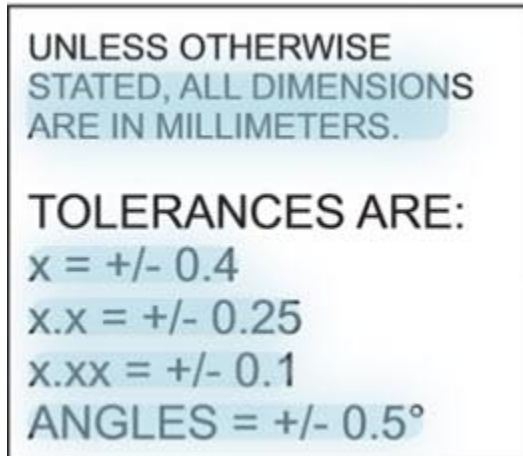


*Esempio di messaggio di avvertenza che mostra la discrepanza tra lo standard attuale delle GD&T e quello importato*

- Se si fa clic su **OK**, PC-DMIS applica lo standard delle GD&T riportato nel blocco dei titoli e imposta come non validi tutti i comandi delle tolleranze geometriche esistenti nella routine di misurazione. Si possono usare i comandi non validi per crearne nuove versioni conformi allo standard delle GD&T aggiornato. Dopo aver creato i nuovi comandi si potranno quindi eliminare quelli non validi.
- Se si fa clic su **Annulla**, PC-DMIS annulla l'importazione e non cambia niente nella routine di misurazione.

## Altri contenuti supportati

- La rilevazione tramite OCR analizza anche alcune tolleranze e unità di misura predefinite nel blocco del titolo. Questo avviene automaticamente, e PC-DMIS indica visivamente che sono state analizzate evidenziando in celeste il testo nel blocco del titolo, come qui:



*Esempio di blocco del titolo con testo analizzato (evidenziato in blu).*

PC-DMIS confronta le unità di misura sul progetto con quelle della routine di misurazione. Se sono differenti, PC-DMIS converte i valori delle tolleranze nel progetto in quelli usati dalla routine. Se le unità di misura del progetto non sono chiaramente specificate, PC-DMIS suppone che le tolleranze coincidano con quelle delle unità di misura della routine. PC-DMIS applica le tolleranze analizzate predefinite a tutte le dimensioni del disegno che non hanno tolleranze già esplicitamente definite.

- La rilevazione tramite OCR può supportare anche gli ID delle caratteristiche. A questo fine è necessario selezionare la casella di opzione **Usa denominazione ID della caratteristica** nella scheda **Generale** della finestra di dialogo **Opzioni di impostazione** prima di eseguire la rilevazione tramite OCR. Per ulteriori informazioni su questa casella di opzione, vedere "Usa denominazione ID della caratteristica" nel capitolo "Impostazione delle preferenze". Per informazioni sulla rilevazione degli ID delle caratteristiche tramite OCR, vedere "Uso della modalità di selezione delle GD&T (da file)" in cui sono descritti gli ID delle caratteristiche.

## Caratteri non supportati

I metodi riconoscimento ottico dei caratteri supportano alcuni elementi complessi: parentesi quadre, caratteri estesi, frecce a due punte e così via.



## Domande frequenti

Domanda: che succede se in una routine di misurazione è già definito un elemento di riferimento che ha la stessa etichetta di un elemento di riferimento definito nel disegno?

*Risposta: se nella routine esiste già la definizione di un elemento di riferimento con lo stesso nome, PC-DMIS non chiede all'utente di creare un nuovo elemento di riferimento con quel nome. Invece, PC-DMIS usa l'elemento di riferimento esistente nella routine di misurazione.*

Domanda: occorre usare il riconoscimento ottico dei caratteri per riconoscere un elemento di riferimento di per sé?

*Risposta: No. Poiché gli elementi di riferimento sono sempre definiti secondo una tolleranza GD&T, il riconoscimento ottico dei caratteri non li riconosce come note GD&T separate. Occorrerà solo definire le tolleranze GD&T e PC-DMIS chiederà di selezionare gli elementi di riferimento necessari.*

Domanda: che succede se immediatamente sopra la tolleranza GD&T c'è un testo con dimensioni?


*Risposta: PC-DMIS analizza questa riga supplementare e assegna i dati alla tolleranza geometrica creata.*

Domanda: che succede con le tolleranze GD&T non composte di più linee?

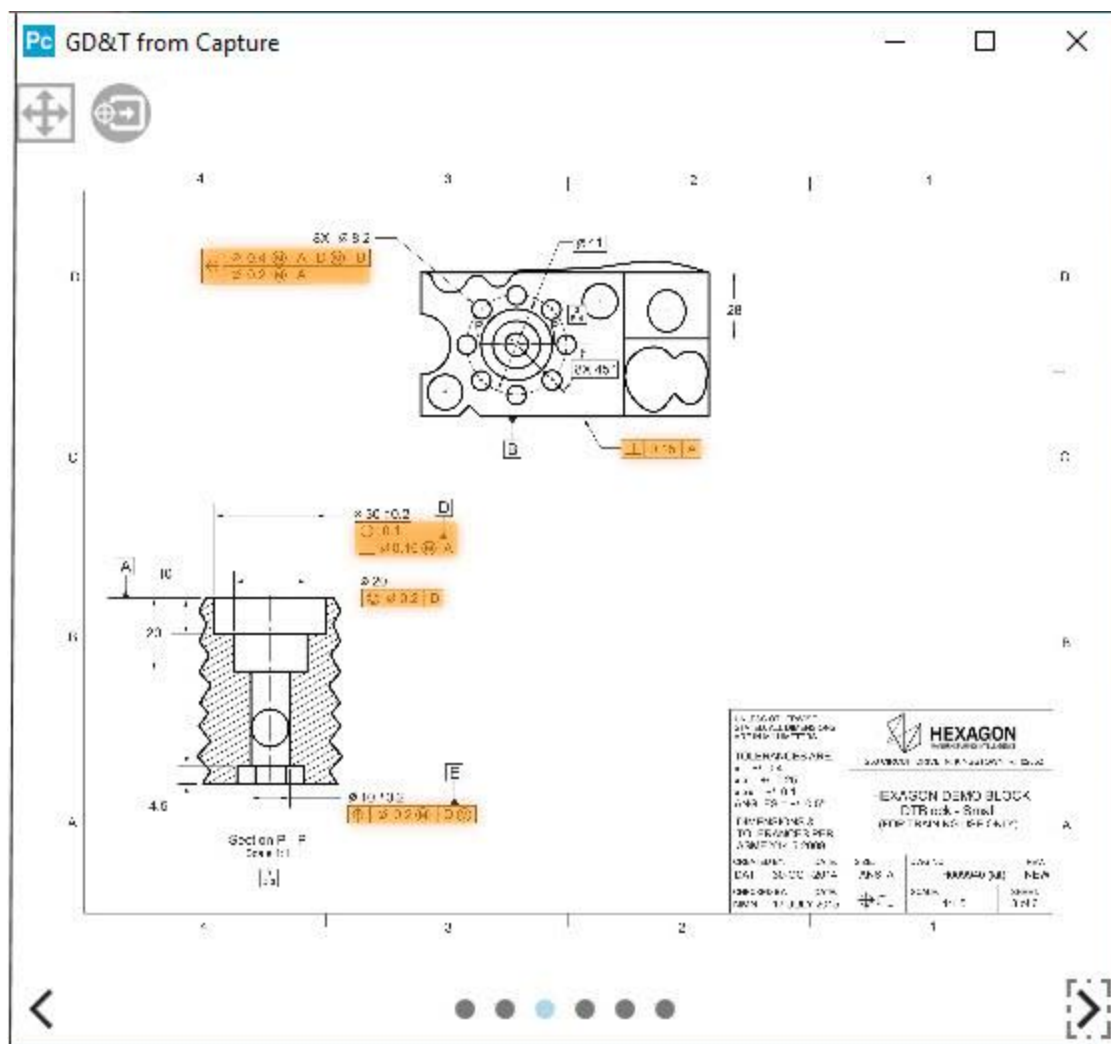
*Risposta: PC-DMIS le importa come due comandi di tolleranza geometrica separati.*

## La finestra GD&T da acquisizione

Quando si importa un'immagine o un file .pdf che contiene informazioni sulle tolleranze

GD&T con l'opzione **modalità di selezione delle GD&T (da file)** (  ), PC-DMIS usa il riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) per elaborare il file.

Quindi PC-DMIS visualizza la finestra **GD&T da acquisizione** e le tolleranze rilevate:



*Finestra GD&T da acquisizione con le tolleranze GD&T rilevate in arancione.*

La finestra è ridimensionabile e spostabile. Facendo clic sulla barra del titolo si può ingrandirla o riportarla alle dimensioni precedenti. L'immagine in ogni pagina del file è adattata per entrare completamente nella finestra.

## Elementi dello schermo



**Adatta alla pagina** - Questo elemento adatta il contenuto della pagina alle dimensioni della finestra.



**Elabora tutta la pagina** - Questo elemento elabora tutte le tolleranze GD&T evidenziate in arancione su tutte le pagine.

**Evidenziazione arancione** - Una tolleranza GD&T con questo colore indica che è stata identificata dall'OCR e può essere importata nella routine.

**Evidenziazione gialla** - Una tolleranza GD&T con questo colore indica che è attiva e che il widget dell'OCR attende l'intervento dell'operatore per procedere. Il software crea un callout GD&T temporaneo nella finestra di visualizzazione grafica, e il widget dell'OCR fornisce brevi istruzioni su come procedere.

**Evidenziazione verde** - Una tolleranza GD&T con questo colore è stata elaborata, e nella routine esiste un appropriato comando di tolleranza geometrica o un comando simile.

● ● ● ● ● ● - I punti grigi in fondo alla finestra mostrano le pagine totali. Il punto blu mostra la pagina aperta al momento.



- I pulsanti in fondo alla pagina permettono di passare alle pagine precedenti o successive.

### Panoramica e zoom

Come nel caso della finestra di visualizzazione grafica, è possibile usare la rotellina del mouse per ingrandire o rimpicciolire l'immagine. È possibile trascinare il mouse premendo il pulsante destro per una panoramica dell'immagine.

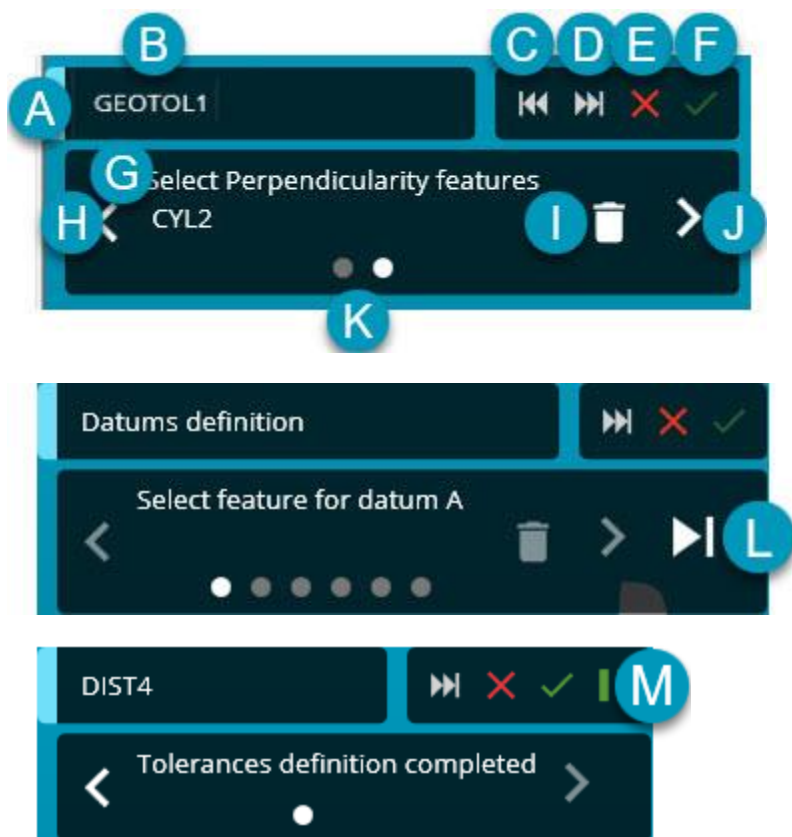
## Widget dell'OCR

PC-DMIS usa questo widget per importare le tolleranze GD&T da un'immagine mediante il riconoscimento ottico dei caratteri (OCR). Il widget appare se si seleziona



**Modalità di selezione delle GD&T (da file)** ( ) e si selezionano una o più tolleranze GD&T da importare dalla finestra GD&T da acquisizione.

Sul widget dell'OCR ci sono spesso diversi passi con istruzioni per la definizione di una certa tolleranza GD&T. Per esempio, spesso occorre selezionare prima uno o più elementi di riferimento dal modello CAD e poi selezionare l'elemento o gli elementi considerati. Queste istruzioni e le selezioni avvengono in passi successivi.

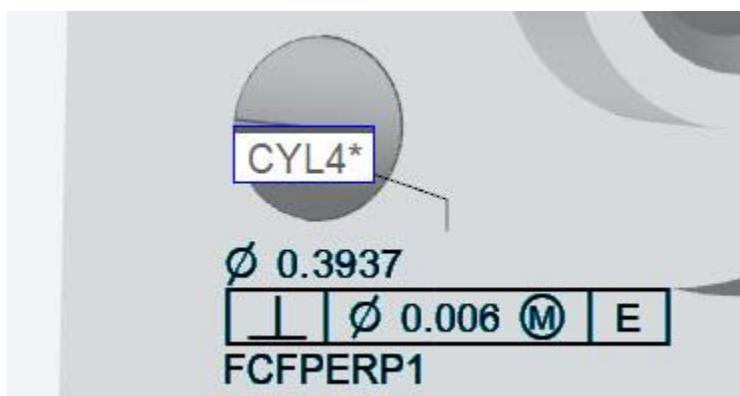


Esempio di widget dell'OCR per la tolleranza GD&T evidenziata.


- A. Questa maniglia permette di trascinare e riposizionare il widget.
- B. **Elemento** - Questa casella definisce il nome della tolleranza o del passo delle GD&T.
- C. **Indietro** - Questo pulsante appare solo se in una pagina .pdf ci sono più tolleranze GD&T o una cattura di più tolleranze, e l'utente ha ignorato una o più di esse con il pulsante **Ignora**. Se allora si fa clic su **Indietro**, il software ritorna alla tolleranza ignorata e la evidenzia nella finestra [Anteprima della selezione](#).
- D. **Ignora** - Questo pulsante appare nel caso di un'importazione di una pagina .pdf o di una cattura di più tolleranze GD&T. Per impostazione predefinita, per ogni tolleranza si dovranno definire prima gli elementi (o i bersagli) di riferimento. In questo caso, questo pulsante permette di ignorare la definizione dell'elemento (o dei bersagli sull'elemento) di riferimento. Quando si passa alla definizione del resto delle tolleranze GD&T, questo pulsante permette di ignorare la tolleranza GD&T evidenziata. Quindi, evidenzia la prossima tolleranza GD&T disponibile su una pagina .pdf o una cattura. Nel caso dell'importazione di un file, se c'è una sola tolleranza GD&T su una pagina, il software chiede se si desidera passare alla pagina successiva. Se non ci sono più pagine .pdf con tolleranze GD&T, il software chiede se si desidera uscire dal processo di importazione delle GD&T.

Nel caso di un file importato, se occorre tornare a una voce ignorata in una pagina precedente si dovrà avviare di nuovo l'importazione del file.

- E. **Annulla** - Questo pulsante annulla il processo di riconoscimento ottico dei caratteri e chiude il widget dell'OCR e la finestra **Anteprima della selezione**.
- F. **Applica** - Questo pulsante accetta gli elementi o i bersagli sugli elementi di riferimento per la tolleranza GD&T e passa alla fase successiva dell'importazione o alla tolleranza successiva.
- G. Questo campo mostra le istruzioni relative al passo in corso. Occorre usare elementi QuickFeature per selezionare l'elemento indicato nella finestra di visualizzazione grafica.
- H. **Precedente** - Questo pulsante fa tornare al passo precedente.
- I. **Rimuovi** - Questo pulsante rimuove l'elemento selezionato dal passo in corso.
- J. **Successivo** - Questo pulsante accetta la selezione eseguita nel passo in corso e porta al passo successivo della definizione. Il software abilita questo pulsante non appena si definisce il numero minimo di elementi. Il callout temporaneo nella finestra di visualizzazione grafica si aggiorna man mano che si procede nella definizione:




*Esempio di callout temporaneo.*

- K. Questi punti mostrano il numero di passi necessari a definire uno o più elementi di riferimento o una singola tolleranza GD&T. Il punto bianco indica il passo in corso.
- L. **Salta la definizione dell'elemento** - Questo pulsante permette di saltare la definizione dell'elemento di riferimento.
- M. **Sospendi/Riprendi** - Il pulsante **Sospendi** () appare solo se si stano elaborando i seguenti tipi di callout:
  - Destinazioni di riferimento
  - Dimensioni di distanze lineari
  - Dimensioni di distanze angolari

Definire queste voci può essere un processo complicato. Può essere necessario lavorare con allineamenti, elementi costruiti, o fare altre operazioni in PC-DMIS. Il pulsante **Sospendi** è utile poiché sospende il processo di importazione cosicché si può avere un accesso praticamente completo a PC-DMIS per finalizzare la definizione del callout.

Per i bersagli sugli elementi di riferimento il software abilita questo pulsante dopo che sono stati definiti tutti i vari bersagli sugli elementi di riferimento e che il widget ha visualizzato "La definizione dei bersagli sugli elementi di riferimento è terminata".

Per le dimensioni delle distanze appare una volta definiti entrambi gli elementi e il widget mostra "La definizione delle tolleranze è terminata".

Una volta compiuta la definizione del callout, si può fare clic su **Riprendi** () per continuare il processo di importazione.

## Messaggi di errore e avvertenze per la risoluzione dei problemi

PC-DMIS consente di creare correttamente il comando di tolleranza geometrica fornendo messaggi di errore e avvertenze. Questi messaggi consentono di comprendere i problemi legati alla routine di misurazione. In questa sezione sono riportati i dettagli di molti di questi messaggi.

Messaggio	Descrizione	Soluzione
Avvertenza: gli elementi di riferimento primari in 2D non vincolano l'orientamento, cosicché la vista dell'elemento di riferimento sarà usata come elemento di	Questo è un messaggio di avvertenza e non di errore.  Cerchi, linee e larghezze in 2D sono elementi in 2D e non possono vincolare sufficientemente l'orientamento. Non sono	Con questo messaggio di avvertenza è possibile continuare a usare normalmente le tolleranze geometriche. Tuttavia si raccomanda di usare invece un elemento di riferimento primario in 3D, come un

<p>referimento primario implicito.</p>	<p>consigliati come elementi di riferimento primari.</p> <p>Quando si usa un elemento in 2D come elemento di riferimento primario, PC-DMIS livella rispetto alla vista dell'elemento primario. In altre parole, la vista diventa un elemento di riferimento primario implicito e l'elemento di riferimento primario specificato diventa un elemento di riferimento secondario.</p> <p>Per ulteriori informazioni, vedere "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".</p>	<p>piano, un cilindro, una larghezza in 3D o una sfera.</p>
<p>Avvertenza: questo tipo di punto costruito non ha informazioni di superficie. Pertanto, viene trattato come il centro di una sfera.. Fare attenzione e assicurarsi che i risultati rappresentino la specifica.</p>	<p>Questo è un messaggio di avvertenza e non di errore.</p> <p>L'avvertenza è visibile nei seguenti casi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• quando il punto costruito è trattato come un punto in 3D senza dati di superficie;</li> </ul>	<p>Con questo messaggio di avvertenza è possibile continuare a usare normalmente le tolleranze geometriche. Tuttavia, nella maggioranza dei casi raccomandiamo di usare un elemento che preservi le informazioni di superficie. In questo modo il comando di tolleranza geometrica</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>quando il punto è usato come elemento di riferimento o elemento considerato.</li> </ul> <p>Come descritto in "Come strutturare una routine di misurazione per le tolleranze geometriche", nella maggior parte dei casi non si consiglia di usare punti in 3D senza dati di superficie poiché ci si trova nelle fasi 2 e 3 del processo di valutazione concettuale.</p> <p>Se si decide di farlo, si dovrà costruire l'elemento secondo gli standard appropriati. Poiché il punto è trattato come il centro di una sfera, è facile che si verifichi un comportamento indesiderato.</p> <p><i>(Ulteriori informazioni)</i></p> <p>Per ulteriori informazioni sulla gestione degli elementi di riferimento con punti in 3D senza dati di superficie, vedere</p>	<p>può garantire la conformità allo standard applicabile.</p>
--	---	---




	<p>"Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento".</p> <p>Per ulteriori informazioni sulla gestione dell'elemento considerato con punti in 3D senza dati di superficie, vedere "Derivazione dell'elemento soggetto a tolleranza".</p> <p>Per ulteriori informazioni sul processo di valutazione concettuale, vedere "Introduzione alle tolleranze geometriche e ai riquadri di controllo".</p>	
<p>Avvertenza: i profili simultanei delle tolleranze di una linea sono trattati come profili di una superficie.</p>	<p>Questo è un messaggio di avvertenza e non di errore.</p> <p>Le tolleranze del profilo di una linea hanno un significato diverso da quelle del profilo di una superficie, e quindi non ha senso (a rigor di termini) di considerare simultaneamente le tolleranze dei profili di linea. Per ulteriori</p>	<p>Con questo messaggio di avvertenza è possibile continuare a usare normalmente le tolleranze geometriche. Tuttavia, nella maggior parte dei casi si consiglia quanto segue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• quando le sezioni trasversali sono considerate individualmente, usare le specifiche del profilo di linea;</li> </ul>

	<p>informazioni, vedere Profilo di una linea.</p> <p>Tuttavia, PC-DMIS permette di includere le tolleranze del profilo di una linea nelle tolleranze simultanee. Lo fa trattandole come profilo di una superficie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>quando occorre considerare simultaneamente diverse tolleranze di profilo, usare il profilo di una superficie.</li> </ul>
<p>Avvertenza: il modificatore [DF] non esiste in ISO 5459:2011. Il modificatore [DF] (distanza fissata) aggiunge un vincolo di localizzazione all'elemento di riferimento. Nessun modificatore [DF] rimuove il vincolo di localizzazione.</p>	<p>Questo è un messaggio di avvertenza e non di errore.</p> <p>Il modificatore [DF] non è standardizzato, come descritto in "I modificatori degli elementi di riferimento". Tuttavia, questa è una funzionalità necessaria in alcuni tipi di sistemi di elementi di riferimento, e quindi PC-DMIS permette di usare questo modificatore non standardizzato. Per ulteriori dettagli sul comportamento del modificatore [DF], vedere "I modificatori degli elementi di riferimento".</p>	<p>Con questo messaggio di avvertenza è possibile continuare a usare normalmente le tolleranze geometriche. Tuttavia, nella maggior parte dei casi si consiglia di procedere come segue.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rivolgersi ai delegati nei gruppi di studio internazionali incaricati della redazione della famiglia di norme ISO TC/213, informandoli che è necessario che il modificatore[DF] sia standardizzato nella norma ISO 5459.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificare che la funzionalità ottenuta con il modificatore [DF] soddisfi le esigenze funzionali.</li> </ul>
Le specifiche di una posizione composita richiedono più di un elemento.	Le specifiche di una posizione composita sono destinate a controllare la localizzazione di una configurazione di elementi. Non ha senso specificare una posizione composita per un singolo elemento.	<p>Si consiglia si seguire una di queste alternative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• accertarsi che le specifiche della posizione composita includano almeno due elementi;</li> <li>• modificare le specifiche della posizione composita in due specifiche di posizione separate;</li> <li>• o sostituire il segmento inferiore della specifica di una posizione composita con una specifica di orientamento, poiché i segmenti inferiori delle</li> </ul>

		specifiche delle posizioni composite non hanno vincoli di localizzazione rispetto al sistema di elementi di riferimento.
I profili simultanei delle tolleranze di una linea senza elementi di riferimento non sono supportati.	Come discusso in "Profilo di una linea", non ha senso (a rigor di termini) includere le specifiche di un profilo di linea nei comandi di tolleranza simultanea. Se non ci sono elementi di riferimento cui riferirsi, questo ha ancora meno senso, poiché non ci sono elementi di riferimento o piani di lavoro che si possano selezionare per controllare l'orientamento delle sezioni trasversali. Pertanto, le specifiche di un profilo di linea senza elementi di riferimento non sono supportate all'interno dei comandi di tolleranza simultanea.	<p>Si consiglia di seguire una di queste alternative:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cambiare la specifica del profilo di linea in profilo di superficie;</li> <li>• assicurarsi che le specifiche del profilo di linea non siano considerate simultaneamente.</li> </ul>

<p>L'elemento di riferimento &lt;nome elemento&gt; è in 2D. Per vincolare il suo piano di lavoro richiede un elemento di riferimento con precedenza più alta.</p>	<p><b>Caso 1:</b> come discusso nella sezione "Come PC-DMIS risolve e usa gli elementi di riferimento", alcuni tipi di elementi sono in 2D e il loro piano di lavoro deve essere vincolato con elementi di riferimento a precedenza maggiore.</p> <p><b>Caso 2:</b> a volte questo errore si verifica in quanto una linea BFRE 3D costruita è utilizzata come elemento di riferimento secondario. È molto comune che il vettore di linea teorico di queste linee non sia parallelo al piano di riferimento primario. Ciò significa che il piano di lavoro nominale della linea non è parallelo al piano di riferimento primario, quindi il piano di riferimento primario non vincola il piano di lavoro della linea di riferimento secondaria.</p>	<p>Per il <b>Caso 1</b>, le due soluzioni comuni a questo problema sono:</p> <p>(1) misurare l'elemento di riferimento come elemento in 3D e (2) utilizzare uno o più elementi di riferimento con precedenza maggiore per vincolare il piano di lavoro dell'elemento di riferimento.</p> <p>Per il <b>Caso 2</b>, modificare la linea BFRE in 3D costruita in modo che sia una linea in 2D così che il piano di lavoro nominale della linea sia parallelo al piano dell'elemento di riferimento primario.</p>
---	--	---

		 <p>Con le costruzioni Best Fit (BF) o di ricompensazione best fit (BFRE), anche se si può usare come elemento di input qualsiasi tipo di elemento, i tipi BF e BFRE sono tipicamente usati con gli elementi Punto o con insiemi di punti (una scansione di punti, un insieme di elementi con punti, o un'espressione che genera un array di punti).</p> <p>Per i dettagli sull'uso dei metodi Best Fit e Best Fit con ricompensazione per costruire elementi, vedere gli argomenti "Informazioni sulle costruzioni Best Fit (BF) e Best Fit con ricompensazione (BFRE)" nella documentazione della versione base di PC-DMIS..</p>
L'elemento <nome elemento> ha troppo pochi punti per poter essere adattato in modo univoco.	Questo errore indica che l'elemento considerato non ha abbastanza punti per poter essere adattato in modo univoco. Ad esempio, PC-DMIS non è in grado di adattare un	Aumentare il numero di punti misurati.

	<p>cilindro con soli quattro punti di superficie.</p> <p>Gli elementi con un numero di punti minimo assoluto inferiore producono questo errore.</p> <p><i>(Ulteriori informazioni)</i></p> <p>Di solito, si consiglia di misurare gli elementi nel modo più pratico possibile. Tuttavia, il numero di punti minimo assoluto per ogni tipo di elemento è riportato di seguito:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Piano: 3 punti</li><li>• Linea di superficie: 2 punti</li><li>• Cerchio di superficie: 3 punti</li><li>• Cilindro: 5 punti</li><li>• Cono: 6 punti</li><li>• Sfera: 4 punti</li><li>• Larghezza 3D: 4 punti</li><li>• Larghezza in 2D: 3 punti</li></ul> <p>Gli elementi con il numero di punti minimo assoluto hanno tutte le deviazioni uguali a zero (con alcune</p>	
--	---	--

	eccezioni molto rare e complesse che non sono descritte qui). Pertanto, tali funzioni hanno zero errori di forma misurata.	
L'elemento di riferimento <nome elemento di riferimento> hanno troppo pochi punti per un adattamento univoco.	<p>Nella maggior parte dei casi questo errore si verifica quando i punti di superficie dell'elemento non sono posizionati in modo da limitare qualsiasi grado di libertà.</p> <p><i>(Ulteriori informazioni)</i></p>	<p>Misurare l'elemento di riferimento come elemento in 3D completo (piano, cilindro, cono, sfera, larghezza in 3D e così via) invece che come elemento in 2D o 1D (linea di superficie, cerchio di superficie, larghezza in 2D, punto di superficie, larghezza in 1D).</p> <p>Se non è possibile, assicurarsi che l'elemento di riferimento e i relativi punti di superficie limitino i gradi di libertà necessari.</p>



	<div data-bbox="613 218 695 302" data-label="Image"> </div> <p>Si supponga che un sistema di elementi di riferimento abbia un piano di riferimento primario, con <math>Z^+</math> normale alla superficie. L'elemento di riferimento secondario è un cilindro con vettore dell'asse <math>Z^+</math> e l'elemento di riferimento terziario è un punto della superficie. L'orientamento del punto della superficie terziaria determina se questo errore si verifica o meno. Se la normale alla superficie del punto è parallela al vettore tra il cilindro e il punto sulla superficie, l'errore si verifica in quanto il punto non vincola la rotazione rispetto al cilindro. Tuttavia, se la normale alla superficie del punto è in un'altra direzione, questo errore non viene restituito.</p> <p>Più raramente questo errore viene restituito anche se l'elemento di riferimento ha un numero di punti minimo assoluto più basso.</p>	
<p>Gli elementi di forma libera hanno bisogno di punti in più posizioni per adattarsi univocamente.</p>	<p>Questo errore si verifica quando il comando di tolleranza geometrica non riesce a determinare i gradi di libertà</p>	<p>È possibile correggere l'errore nei seguenti modi:</p>

	<p>ottimizzabili per gli elementi considerati di forma libera soggetti al sistema di elementi di riferimento.</p> <p>Per informazioni sui tipi di comandi degli elementi considerati di forma libera, vedere l'argomento "Tipi di elementi con e senza dati di superficie" nella documentazione della versione base di PC-DMIS.</p> <p>Nella maggior parte dei casi questo errore si verifica quando non si misura quanto della superficie completa serve al comando di tolleranza geometrica per capire la superficie. Forse si è misurato un solo punto sulla superficie o una sola sezione trasversale.</p> <p>Un altro modo in cui può verificarsi questo errore è quando i vettori nominali dei punti misurati non sono teoricamente corretti. Per esempio, questo avviene se si misura un piano, ma i</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisire più campioni della superficie. Ad esempio, se la misurazione è stata effettuata in una sola sezione trasversale, effettuarne un'altra in altre sezioni.</li> <li>• Accertarsi che tutti i vettori nominali dei punti misurati siano esattamente corretti.</li> <li>• Se la superficie nominale è quasi simmetrica, cosicché i gradi di libertà non sono chiari, vincolare i gradi di libertà incerti con ulteriori elementi di riferimento nel sistema di elementi di riferimento.</li> <li>• Se non si fa riferimento ad alcun elemento di riferimento, assicurarsi che il</li> </ul>
--	---	---

	<p>vettori nominali non sono esattamente piani. In questo caso, il comando di tolleranza geometrica decide che la superficie non è proprio piana, ma non è in grado di stabilire se la superficie è cilindrica, sferica, conica o complessa.</p> <p>Un terzo modo in cui può verificarsi questo errore è quando la superficie nominale è quasi, ma non completamente, simmetrica. Per esempio, forse è quasi piana, o quasi cilindrica. In questi casi, il comando di tolleranza geometrica non riesce a determinare i gradi di libertà ottimali.</p> <p>Infine, questo errore può verificarsi anche per il profilo di una linea senza elementi di riferimento quando si seleziona un piano di lavoro non corretto.</p>	<p>piano di lavoro scelto (nella scheda <b>Creazione rapporti</b> della finestra di dialogo <b>Tolleranza geometrica</b>) corrisponda al piano di lavoro dell'elemento in 2D considerato.</p>
<p>Gli elementi di forma libera hanno bisogno di punti in più posti per</p>	<p>Questo errore si verifica quando il comando di tolleranza geometrica non riesce a determinare i</p>	<p>È possibile correggere l'errore nei seguenti modi:</p>

<p>corrispondere univocamente.</p>	<p>gradi di libertà ottimizzabili per gli elementi considerati di forma libera, soggetti al sistema di elementi di riferimento.</p> <p>Per informazioni sui tipi di comandi degli elementi considerati a scansione libera, vedere l'argomento "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".</p> <p>Nella maggior parte dei casi questo errore si verifica quando non si misura quanto della superficie completa serve al comando di tolleranza geometrica per capire la superficie. Forse si è misurato un solo punto sulla superficie o una sola sezione trasversale.</p> <p>Un altro modo in cui può verificarsi questo errore è quando i vettori nominali dei punti misurati non sono teoricamente corretti. Per esempio, se si misura un piano, ma i vettori nominali non sono esattamente piani. In questo caso, il comando</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisire più campioni della superficie. Ad esempio, se la misurazione è stata effettuata in una sola sezione trasversale, effettuarne un'altra in altre sezioni.</li> <li>• Accertarsi che tutti i vettori nominali dei punti misurati siano esattamente corretti.</li> <li>• Se la superficie nominale è quasi simmetrica, cosicché i gradi di libertà non sono chiari, vincolare i gradi di libertà incerti con ulteriori elementi di riferimento nel sistema di elementi di riferimento.</li> </ul>
------------------------------------	---	--

	<p>di tolleranza geometrica pensa che la superficie non sia proprio piana, ma non è in grado di dire se la superficie è cilindrica, sferica, conica o complessa.</p> <p>Un terzo modo in cui può verificarsi questo errore è quando la superficie nominale è quasi, ma non completamente, simmetrica. Per esempio, forse è quasi piana, o quasi cilindrica. In questi casi, il comando di tolleranza geometrica non riesce a determinare i gradi di libertà ottimali.</p>	
<p>Le tolleranze del profilo di una linea richiedono un piano di lavoro definito dal sistema di elementi di riferimento.</p>	<p>Le tolleranze del profilo di una linea hanno elementi 2D considerati. Il loro piano di lavoro deve essere limitato dal sistema di elementi di riferimento.</p>	<p><i>Se si fa riferimento a uno o più elementi di riferimento, assicurarsi che il sistema di elementi di riferimento vincoli il piano di lavoro degli elementi in 2D considerati.</i></p> <p><i>Se non si fa riferimento ad alcun elemento di riferimento, assicurarsi che il piano di lavoro scelto (nella scheda Creazione rapporti della</i></p>

		finestra di dialogo) corrisponda al piano di lavoro degli elementi in 2D considerati.
Questa tolleranza richiede che i dati siano misurati in sezioni trasversali circolari.	Alcune tolleranze, come ad esempio la circolarità di un cilindro, o l'interpretazione della dimensione locale CIRCULAR_ELEMENTS, richiedono che i loro dati siano misurati in sezioni trasversali circolari.	Misurare nuovamente l'elemento considerato in modo che i dati siano sistemati in cerchi.  Potrebbe risultare utile trovare una strategia di misurazione, ma non è necessario.
Questa tolleranza della dimensione locale richiede che i dati siano misurati in sezioni trasversali circolari. Per risolvere questo problema, misurare l'elemento usando sezioni trasversali circolari o disattivare la dimensione locale nella scheda Rapporto.	Quando si riporta una posizione, alcune tolleranze di orientamento e di oscillazione della dimensione locale (come i CIRCULAR_ELEMENTS ASME) richiedono di misurare i dati secondo sezioni trasversali circolari.	Disattivare la dimensione locale (se non è richiesta) o rimisurare l'elemento considerato in modo che i dati siano organizzati in sezioni trasversali circolari.
La tolleranza richiede almeno un elemento di riferimento.	Diverse tolleranze, come ad esempio la perpendicolarità, richiedono almeno un elemento di riferimento.	Aggiungere alla tolleranza un elemento di riferimento.
Un elemento di riferimento multiplo non può mescolare	Gli elementi di riferimento multipli includono modelli di elementi di riferimento	Scegliere elementi di riferimento che hanno dati di superficie o

elementi con e senza dati di superficie.	ed elementi di riferimento comuni. Questi devono avere tutti dati di superficie oppure nessuno li deve avere.  Per informazioni sui tipi di comandi che hanno o meno dati di superficie vedere "Tipi di elementi con e senza dati di superficie".	elementi che non ne hanno.
L'orientamento degli elementi deve essere compatibile con le loro zone di tolleranza polare.	Le zone di tolleranze polari comprendono le zone di tolleranza dell'arco radiale e le zone di tolleranza perpendicolare-radiale. Gli elementi considerati devono essere nominalmente paralleli all'asse polare definito dal sistema di elementi di riferimento.	Assicurarsi che tutti gli elementi considerati siano nominalmente paralleli all'asse polare o non utilizzare zone di tolleranze polari.
Gli elementi con zone di tolleranza polare possono non essere centrati sull'origine polare.	Le zone di tolleranze polari comprendono le zone di tolleranza dell'arco radiale e le zone di tolleranza perpendicolare-radiale.	Gli elementi considerati non devono essere coassiali con l'asse polare.  Se si ha un elemento considerato coassiale con l'asse dell'elemento di riferimento, di solito è necessario utilizzare una zona di tolleranza

		diametrale al posto di una zona di tolleranza polare.
Il sistema di elementi di riferimento deve definire una chiara origine polare.	Le zone di tolleranze polari comprendono le zone di tolleranza dell'arco radiale e le zone di tolleranza perpendicolare-radiale. Hanno senso solo se il sistema di elementi di riferimento definisce un chiaro asse polare.	Assicurarsi che il sistema di elementi di riferimento definisca un chiaro asse polare.
Gli elementi di riferimento multipli indipendenti dal limite del materiale devono avere dati di superficie.	Gli elementi di riferimento multipli includono modelli di elementi di riferimento ed elementi di riferimento comuni. Se l'elemento di riferimento multiplo non ha un modificatore materiale, allora gli elementi di riferimento devono avere dati di superficie.	Misurare nuovamente gli elementi di riferimento in modo che abbiano dati di superficie.
Gli elementi di riferimento nominali considerati per le tolleranze della perpendicolarità devono essere perpendicolari all'elemento di riferimento nominale primario.	La causa più comune di questo errore è data da valori teorici non corretti negli elementi considerati e/o negli elementi di riferimento.	Assicurarsi che gli elementi considerati siano nominalmente perpendicolari all'elemento di riferimento primario.



<p>Gli elementi di riferimento nominali considerati per le tolleranze del parallelismo devono essere paralleli all'elemento di riferimento nominale primario.</p>	<p>La causa più comune di questo errore è data da valori teorici non corretti negli elementi considerati e/o negli elementi di riferimento.</p>	<p>Assicurarsi che gli elementi considerati siano nominalmente paralleli all'elemento di riferimento primario.</p>
<p>L'orientamento di una zona di tolleranza della planarità deve essere completamente definito dal sistema di elementi di riferimento.</p>	<p>Questo errore viene restituito con zone di tolleranza planari su elementi assiali, come cilindri, coni e cerchi.</p> <p>In particolare, se il sistema di elementi di riferimento non vincola l'orientamento della zona di tolleranza, il valore effettivo non è ben definito.</p>	<p>È possibile correggere l'errore nei seguenti modi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assicurarsi che il sistema di elementi di riferimento vincoli completamente l'orientamento della zona di tolleranza.</li> <li>• Utilizzare una zona di tolleranza diametrale.</li> </ul>
<p>Queste tolleranze simultanee devono usare l'algoritmo della zona di tolleranza <b>PREDEFINITO</b>.</p>	<p>Questo errore viene restituito quando si verificano tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si hanno più tolleranze del profilo</li> </ul>	<p>Impostare tutti i tipi di algoritmi per le zone di tolleranza su <b>PREDEFINITO</b>.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nessun elemento di riferimento appartiene a un comando di tolleranza simultanea.</li> <li>Le tolleranze del profilo hanno diversi tipi di algoritmi per le zone di tolleranza.</li> </ul>	
Gli elementi di riferimento indipendenti dal limite del materiale (RMB) e senza dati di superficie che seguono gli elementi di riferimento al limite di massimo o minimo materiale non sono supportati.	Il comando di tolleranza geometrica non ammette che elementi di riferimento senza un modificatore del materiale siano successivi agli elementi di riferimento che hanno un modificatore del materiale. Tuttavia, l'elemento di riferimento senza modificatore deve avere dati di superficie.	Misurare nuovamente l'elemento di riferimento a bassa precedenza in modo che abbia dati di superficie.
Quando una tolleranza specifica più di un elemento considerato, tutti gli elementi devono essere compatibili con la configurazione. Ciò significa che devono avere lo stesso tipo di forma, la stessa	Se sono presenti più elementi considerati, questi devono essere identici tranne per le posizioni e gli orientamenti. Pertanto, i cilindri devono essere tutti interni o tutti esterni e devono avere tutti la	Per gli elementi che non sono identici, utilizzare comandi di tolleranza geometrica separati. Se necessario, utilizzare un comando di tolleranza simultanea per considerare

dimensione nominale e lo stesso interno/esterno.	stessa dimensione nominale.	contemporaneamente tutti gli elementi.
L'elemento è usato due volte in modi sostanzialmente diversi, nei cui due contesti la forma nominale (o la sua mancanza) deve essere diversamente considerata.	<p>Questo è un errore molto insolito. Questo errore si verifica nella maggior parte dei casi quando si ha una posizione simultanea e il profilo di un'asola, un'asola aperta o un'ellisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La posizione tratta l'elemento come cerchio senza dati di superficie.</li> <li>• Il profilo tratta l'elemento come elemento a scansione libera con dati di superficie.</li> </ul> <p>L'errore si verifica in quanto la tolleranza simultanea deve trattare lo stesso elemento in due modi diversi nello stesso momento.</p>	<p>È possibile correggere l'errore nei seguenti modi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• usare solo il profilo e non la posizione per controllare la posizione dell'asola;</li> <li>• creare un cerchio convertito o un cerchio generico dall'asola, l'asola aperta o l'ellisse ed eseguire la posizione simultanea del cerchio convertito con il profilo dell'asola.</li> </ul>
Le tolleranze simultanee devono avere sistemi di elementi di riferimento identici.	Questo errore si verifica se le tolleranze geometriche nella tolleranza simultanea hanno sistemi di elementi di riferimento diversi	Assicurarsi che tutte le tolleranze geometriche nel comando di tolleranza simultanea abbiano sistemi di elementi di riferimento

	oppure se gli elementi di riferimento in tali tolleranze non sono identici, non funzionano o utilizzano modificatori differenti.	degli elementi di riferimento identici. Gli elementi di riferimento devono essere gli stessi, nello stesso ordine e con gli stessi modificatori.
Le tolleranze simultanee devono essere tolleranze di profilo o posizione.	Questo errore viene restituito se non si utilizzano le tolleranze geometriche corrette per la tolleranza simultanea.	Assicurarsi che tutte le tolleranze geometriche nel comando di tolleranza simultanea siano tolleranze di posizione o di profilo.
Errore di elemento di riferimento multiplo. Questo errore può verificarsi a causa di valori nominali non corretti (X, Y, Z o vettori I, J, K) o una combinazione di elementi non supportata.	Si ha questo errore quando si prova a costruire un elemento di riferimento comune con una combinazione di elementi non supportata.	Esaminare la tabella delle combinazioni di elementi supportate e le linee guida generali per gli elementi di riferimento comuni. Inoltre, controllare i valori nominali degli elementi costituenti l'elemento di riferimento comune in questione e apportare le correzioni necessarie.
La specifica richiede una zona di tolleranza completamente vincolata.	Alcune tolleranze, come la simmetria e la concentricità, richiedono che la zona di tolleranza sia vincolata completamente dal sistema di elementi di riferimento.	Assicurarsi che il sistema di elementi di riferimento vincoli completamente la zona di tolleranza.

Il modificatore della traslazione non è valido poiché l'elemento di riferimento non ha gradi di libertà della traslazione che possano essere sbloccati.	Esistono dei casi in cui il comando di tolleranza geometrica consente di inserire un modificatore di traslazione su un elemento di riferimento in un punto in cui sembra non avere senso.	Rimuovere il modificatore di traslazione dall'elemento di riferimento.
L'elemento di riferimento non è valido perché non vincola nessun grado di libertà.	Questo errore si verifica se l'elemento di riferimento secondario o terziario non vincola alcun grado di libertà. Molto probabilmente, significa che (a) lo stampato non è corretto oppure (b) è presente un errore nella routine di misurazione.	Se questo errore si verifica con una nuova tolleranza geometrica, controllare lo stampato e i tipi di elementi. Fare particolare attenzione alle linee best fit, come descritto in Tipi di elementi con e senza dati di superficie.
Le tolleranze dell'oscillazione richiedono elementi concentrici al sistema di elementi di riferimento.		Assicurarsi che tutti gli elementi considerati siano nominalmente concentrici con il sistema di elementi di riferimento.
Troppi punti per questo tipo di calcolo.	Questo errore si verifica quando si utilizza un'opzione dell'algoritmo <b>PREDEFINITO</b> con un numero eccessivo di punti. Può verificarsi a causa dell'opzione dell'algoritmo dell'elemento di riferimento o della zona di	È possibile correggere l'errore nei seguenti modi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• usare solo qualche migliaia di punti;</li> <li>• usare l'algoritmo <b>LSQ</b>.</li> </ul>

	tolleranza. Il valore limite per cui il numero di punti è da ritenersi eccessivo è diverse decine di migliaia.	
Le tolleranze della concentricità richiedono elementi di input concentrici con il sistema di elementi di riferimento.		Assicurarsi che tutti gli elementi considerati siano nominalmente concentrici con il sistema di elementi di riferimento.
Le tolleranze della simmetria richiedono elementi di input simmetrici al sistema di elementi di riferimento.		Assicurarsi che tutti gli elementi considerati siano nominalmente simmetrici al sistema di elementi di riferimento.
Valore unitario non valido.		Assicurarsi che la lunghezza e/o la larghezza unitarie siano corrette.
La densità dei punti non è sufficiente per la tolleranza dell'unità di misura.		Misurare nuovamente l'elemento considerato con una maggiore densità di punti.
La personalizzazione dell'elemento di riferimento non è valida.	Il comando di tolleranza geometrica consente l'uso di sistemi di elementi di riferimento ASME personalizzati. Questo errore si verifica quando la personalizzazione non ha alcun senso dal punto di vista matematico. Capita molto spesso di	È possibile correggere l'errore nei seguenti modi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• smettere di usare la personalizzazione degli elementi di riferimento;</li> </ul>

	fare errori con i sistemi di elementi di riferimento personalizzati.	<ul style="list-style-type: none"> <li>per ogni elemento di riferimento nel sistema di elementi di riferimento, assicurarsi che i risultati della personalizzazione restituiscano una invariante unica e completamente definita.</li> </ul>
I cerchi usati per calcolare la linea mediana estratta devono contenere almeno un arco di 90 gradi.	<p>Come descritto in "Derivazione dell'elemento con tolleranza", diverse tolleranze geometriche ISO utilizzano la linea mediana estratta come elemento con tolleranza. Tutte le sezioni trasversali circolari devono avere un arco di almeno 90 gradi.</p> <p>Questo errore può verificarsi anche con la rettilineità di un asse (ASME o ISO). Come descritto nella sezione "rettilineità", la rettilineità di un asse richiede la misurazione dei dati di superficie nelle sezioni trasversali circolari. Se</p>	Assicurarsi che ogni sezione trasversale circolare nell'elemento considerato contenga un arco di almeno 90 gradi.

	anche una sola delle sezioni circolari ha un arco di meno di 90 gradi, PC-DMIS riporta questo messaggio di errore.	
Quando si usa, un piano campione deve essere nominalmente ortogonale all'elemento considerato.		Assicurarsi che il piano campione dell'elemento sia nominalmente perpendicolare all'asse dell'elemento considerato. Per informazioni su come è definito il piano campione, vedere "Derivazione dell'elemento con tolleranza".
L'elemento <elemento di riferimento> e i suoi elementi figlio non sono sincronizzati. Rieseguire per risincronizzarli.	Se si cambia la strategia di misurazione di un elemento, o il numero di righe nella strategia di misurazione, l'elemento può perdere la sincronizzazione con gli elementi figli finché non viene eseguito.	Eseguire l'elemento.
Il segmento <numero segmento> contiene un sistema di elementi di riferimento non valido per il segmento inferiore di una tolleranza composita.	Come descritto nelle sezioni "Posizione", "Profilo di una linea" e "Profilo di una superficie", i segmenti inferiori delle tolleranze composite hanno rigide regole che determinano il sistema di elementi di riferimento.	Assicurarsi che tutti i sistemi di elementi di riferimento dei segmenti inferiori siano conformi alle regole.



<p>Gli elementi di riferimento cui si riferiscono i limiti di massimo e minimo materiale (MMB/LMB) devono essere stati precedentemente sottoposti a tolleranza per le condizioni di massimo e minimo materiale rispetto agli elementi di riferimento con precedenza maggiore. Qualora non si trovasse questa tolleranza, alle condizioni di massimo e minimo materiale sarà applicato il valore zero.</p>	<p>Questa è un'avvertenza all'utente per informarlo deve avere già creato per qualsiasi elemento di riferimento i comandi di tolleranza geometrica applicabili con un modificatore della condizione del materiale. Se non sono state create le tolleranze geometriche applicabili all'elemento di riferimento con un modificatore della condizione del materiale, PC-DMIS usa una condizione di massimo materiale pari a 0.0 per determinare il valore di MMB/LMB (Limite di massimo/minimo materiale).</p>	<p>Con questo messaggio di avvertenza è possibile continuare a usare normalmente le tolleranze geometriche. Si dovrà tuttavia controllare il disegno e assicurarsi che la routine includa già tutti i comandi di tolleranza geometrica relativi agli elementi di riferimento.</p> <p>Per ulteriori dettagli vedere la sezione "Messaggi relativi agli elementi di riferimento" dell'argomento "Come PC-DMIS risolve gli elementi di riferimento".</p>
<p>Il calcolo della tolleranza geometrica non è riuscito.</p>	<p>Questo indica alcuni problemi di calcolo.</p> <p>Inviare una richiesta all'assistenza tecnica Hexagon per aprire un ticket di assistenza (<a href="mailto:support.hexagonmi.com">support.hexagonmi.com</a>).</p>	<p>Con la richiesta, fornire le seguenti informazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• i passi da seguire per duplicare il messaggio di errore;</li> <li>• il file della routine di misurazione (file .prg);</li> <li>• il file del modello CAD (file .cad);</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"><li>• una copia del disegno e del callout che si sta cercando di verificare;</li><li>• i file dei tastatori usati (file .prb);</li><li>• il file di debug.</li></ul>
--	--	--