

# ANALISI DELLA CAPACITÀ DI PROCESSO

# Capacità del processo

Le tecniche statistiche sono utili durante tutto il ciclo di produzione:

- attività di sviluppo preliminari
- fabbricazione vera e propria
- l'analisi e la valutazione della variabilità del processo in relazione ai livelli nominali di specifica
- operazioni dedicate alla eliminazione o almeno riduzione di detta variabilità

Questa attività generale è detta analisi di capacità del processo.

# Capacità del processo

La capacità del processo viene in generale riferita alla uniformità di comportamento del processo.

Ovvero alla capacità di un processo di produrre beni conformi alle specifiche tecniche.

Gli studi relativi alla capacità del processo sono utilizzati per confrontare la variazione naturale dei dati individuali rispetto alle tolleranze ingegneristiche e indicano cosa il processo è capace di produrre e non cosa sta producendo realmente.

# Capacità del processo

Una misura della uniformità della caratteristica del prodotto in uscita è la variabilità.

Ci sono due modi di interpretare la variabilità:

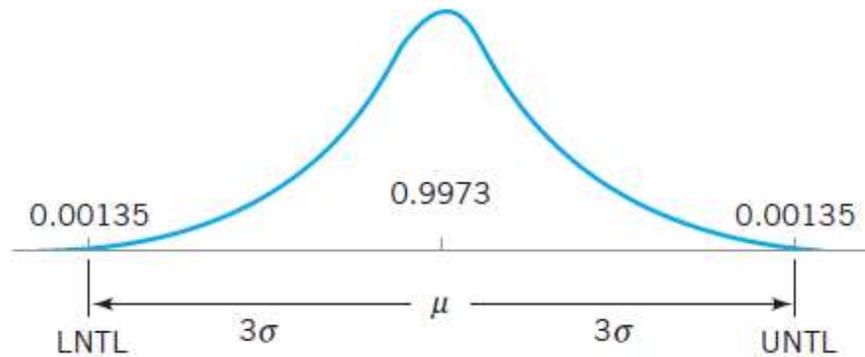


1. la variabilità naturale o inerente ad uno specifico istante, detta anche variabilità istantanea

2. la variabilità rispetto al tempo

# Capacità del processo

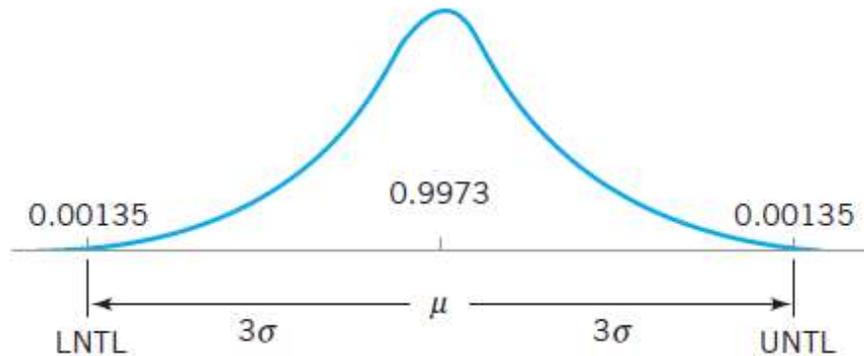
In questo grafico è rappresentato un processo la cui caratteristica di qualità ha una distribuzione normale, di media  $\mu$  e deviazione standard  $\sigma$ .



Limiti di tolleranza naturale, superiore (LNTL) e inferiore (UNTL), per una distribuzione normale, sono posti a  $\mu + 3\sigma$  e  $\mu - 3\sigma$ .

È consuetudine assumere l'intervallo di ampiezza 6-sigma della distribuzione della caratteristica qualitativa come misure della capacità del processo.

# Capacità del processo



Per una distribuzione normale, l'intervallo tra i limiti di tolleranza naturale corrisponde ad una probabilità del 99.73%, ovvero si ha una probabilità di ottenere valori fuori da detto intervallo pari allo 0.27%

# Capacità del processo

Si definisce **analisi di capacità del processo** la procedura di stima della capacità, che viene effettuata con riferimento alla forma della distribuzione di probabilità, alla sua media e alla sua deviazione standard.

Solitamente, uno studio di capacità di un processo misura alcuni parametri funzionali del processo, non il processo.

# Capacità del processo

Se un analista potesse misurare direttamente il processo e controllare direttamente l'attività di rilevazione dei dati, allora lo studio sarebbe un vero studio di capacità.

Invece, avendo a disposizione solo le unità campionarie (magari fornite dal fornitore, senza poter osservare direttamente il processo, né possedere la conoscenza storica del processo di produzione), allora lo studio dovrebbe essere chiamato di caratterizzazione del prodotto.

# Capacità del processo

L'analisi di capacità del processo è parte vitale di un programma complessivo di miglioramento della qualità e prevede di utilizzare i dati principalmente allo scopo di:

1. prevedere come il processo rispetterà le tolleranze;
2. assistere i tecnici del servizio di ricerca e sviluppo nelle modifiche di processo;
3. stabilire l'intervallo di campionamento per le procedure di sorveglianza;

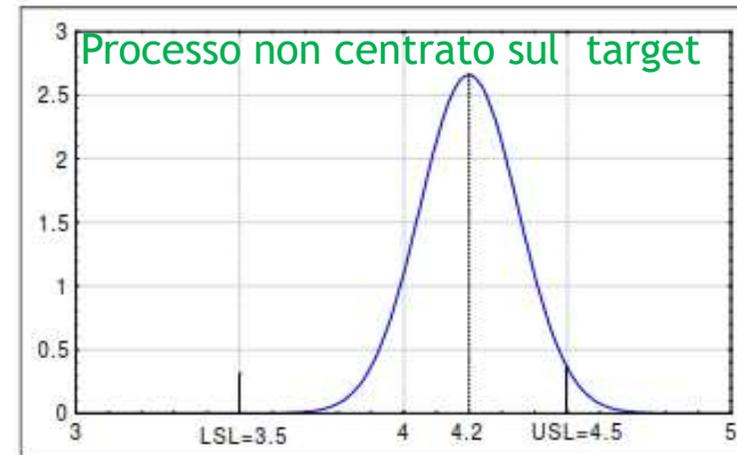
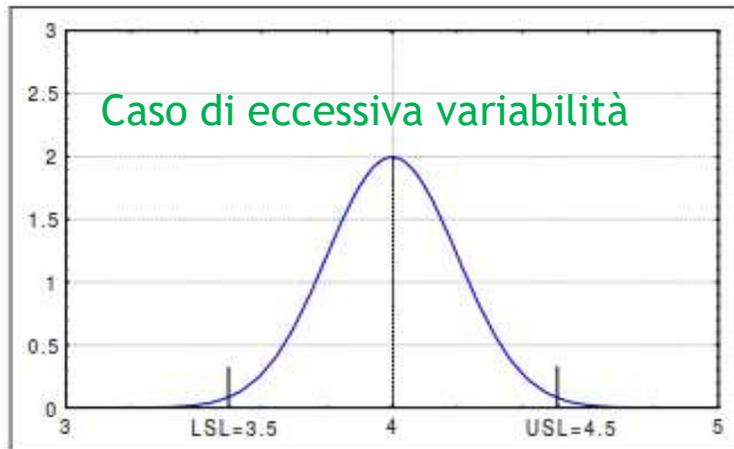
# Capacità del processo

4. stabilire i requisiti di prestazione di nuove attrezzature;
5. selezionare i fornitori;
6. pianificare la produzione anche in presenza di interazione del processo sulle tolleranze;
7. ridurre la variabilità del processo.

# Capacità del processo

In pratica la capacità del processo va valutata monitorando due aspetti caratteristici del processo :

1. La variabilità del processo in controllo
2. La centratura del processo rispetto ad un target di riferimento



# Capacità del processo

Le due situazioni di eccessiva variabilità e non 'centratura' della distribuzione rispetto al target possono agire anche simultaneamente.

E' pertanto importante definire misure di process capability in grado di evidenziare l'effetto delle due possibili cause responsabili di un'eventuale cattiva prestazione del processo.

Per questo motivo sono state introdotte specifiche misure di process capability.

# Capacità del processo

L'utilizzo di queste misure risulta spesso particolarmente comodo se fatto in congiunzione con le carte di controllo, poiché in questo modo, oltre a non dover raccogliere appositamente i dati, la capacità del processo può essere analizzata indipendentemente dalla presenza di cause speciali di variazione (opportunamente individuate dalle carte) la cui influenza incide su variabilità e centratura del processo.

# Capacità del processo

La misura della capacità di un processo produttivo viene più spesso effettuata mediante l'ausilio di particolari indici statistici, in grado di relazionare le prestazioni o il potenziale del processo con il soddisfacimento a specifiche imposte.

# Indici di capacità di processo

Il diffuso impiego di tali indici di capacità è imputabile:

- alla possibilità di riassumere in modo molto conciso i dati di un processo produttivo, con il vantaggio, rispetto ad altri strumenti statistici, di essere quantità adimensionali, e quindi facilmente interpretabili e paragonabili tra loro;
- si prestano a confrontare la capacità di processo rispetto a dimensioni differenti di qualità nonché a confrontare processi diversi.

# Indici di capacità di processo - $C_p$

Gli indici di process capability usualmente impiegati nel controllo statistico di qualità sono:  $C_p$  e  $C_{p,k}$ .

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Dove

- USL e LSL sono rispettivamente il limite superiore e inferiore di specifica e l'intervallo  $USL - LSL$  rappresenta la tolleranza ingegneristica.
- $6\sigma$  rappresenta la variazione naturale del processo e può essere interpretata come il range entro il quale ci si aspetta che finiscano quasi tutte le misurazioni di una popolazione (99.7% se gaussiano).

# Indici di capacità di processo - $C_p$

$C_p$  confronta l'ampiezza dell'intervallo di conformità, cioè la dispersione ammissibile per il processo, con la variabilità naturale del processo rappresentata dal valore  $6\sigma$ , detta anche Tolleranza Naturale, in stato di sotto controllo.

Per calcolare questo indice è necessario che siano soddisfatte alcune ipotesi:

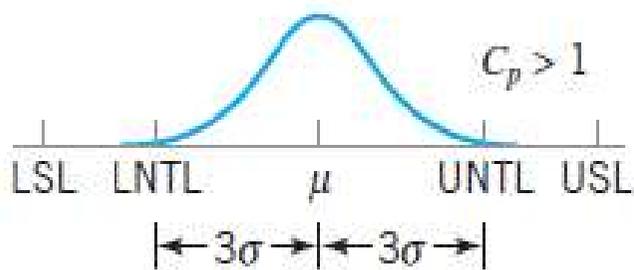
- il processo è in controllo
- l'istogramma dei dati è gaussiano
- sono noti i limiti di specifica

# Indici di capacità di processo - $C_p$

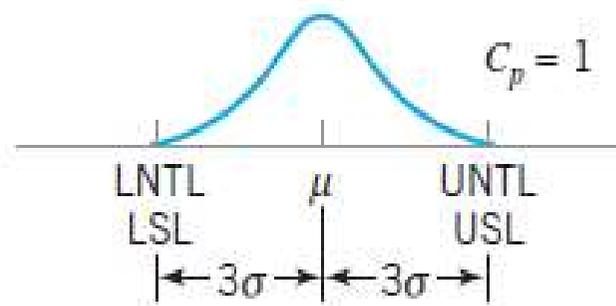
$C_p$  confronta la tolleranza ingegneristica con la variabilità naturale:

- se il processo è centrato e gaussiano,  $C_p > 1$  significa che il processo è capace di produrre quasi il 100% di prodotti accettabili
- $C_p = 1$  significa che il processo è appena capace di produrre entro le tolleranze
- $C_p < 1$  significa il processo non è capace di produrre il 100% di risultati accettabili.

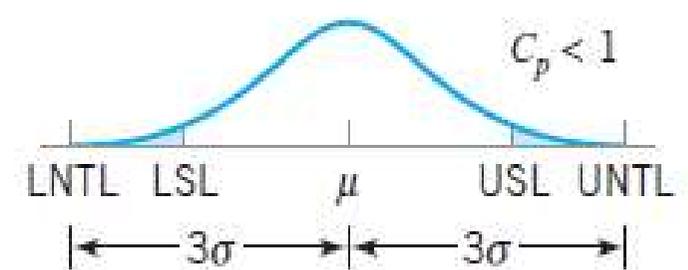
# Indici di capacità di processo - $C_p$



Il processo utilizza molto meno del 100% dei limiti di tolleranza. Di conseguenza, questo processo produrrà relativamente poche unità non conformi.



Il processo utilizza tutti i limiti di tolleranza. Per una distribuzione normale ciò implicherebbe circa lo 0,27% unità non conformi.



Il processo è molto sensibile al rendimento e verrà prodotto un gran numero di unità non conformi.

## Indici di capacità di processo - $C_p$

Se il processo non è centrato, avere  $C_p > 1$  non garantisce che il processo produca la quasi totalità dei prodotti entro i limiti di specifica, è solo potenzialmente capace di farlo, ma non è detto che lo faccia.

## Indici di capacità di processo - $C_{p,k}$

$C_p$  è una misura della capacità del processo di costruire prodotti che soddisfano le specifiche e non tiene conto di dove si trova la media rispetto alle specifiche.

Pertanto si introduce l'indice  $C_{p,k}$ , che tiene conto anche del grado di 'centratura' del processo rispetto al target:

$$C_{p,k} = \frac{\min\{\mu - LSL; USL - \mu\}}{3\sigma}$$

Infatti, considerando il caso di specifiche unilaterali, possiamo identificare:

$$C_U = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_L = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

E quindi identificare  $C_{p,k}$  come il minimo tra  $C_U$  e  $C_L$

## Indici di capacità di processo - $C_{p,k}$

$C_p$  è una misura della capacità del processo di costruire prodotti che soddisfano le specifiche e non tiene conto di dove si trova la media rispetto alle specifiche.

$C_{p,k}$  tiene conto anche del grado di 'centratura' del processo rispetto al target:

$$C_{p,k} = \frac{\min\{\mu - LSL; USL - \mu\}}{3\sigma}$$

Anche per  $C_{p,k}$  il valore 1 separa situazioni di cattiva prestazione (inferiori a 1) da quelle di buona prestazione del processo.

In genere, se  $C_p = C_{p,k}$ , il processo è centrato rispetto all'intervallo di specifica.

Pertanto, se  $C_{pk} < C_p$ , il processo non è centrato.

## Indici di capacità di processo - $C_{p,k}$

Il valore assunto da  $C_{p,k}$  rispetto a  $C_p$  è una misura diretta della non centratezza del processo.

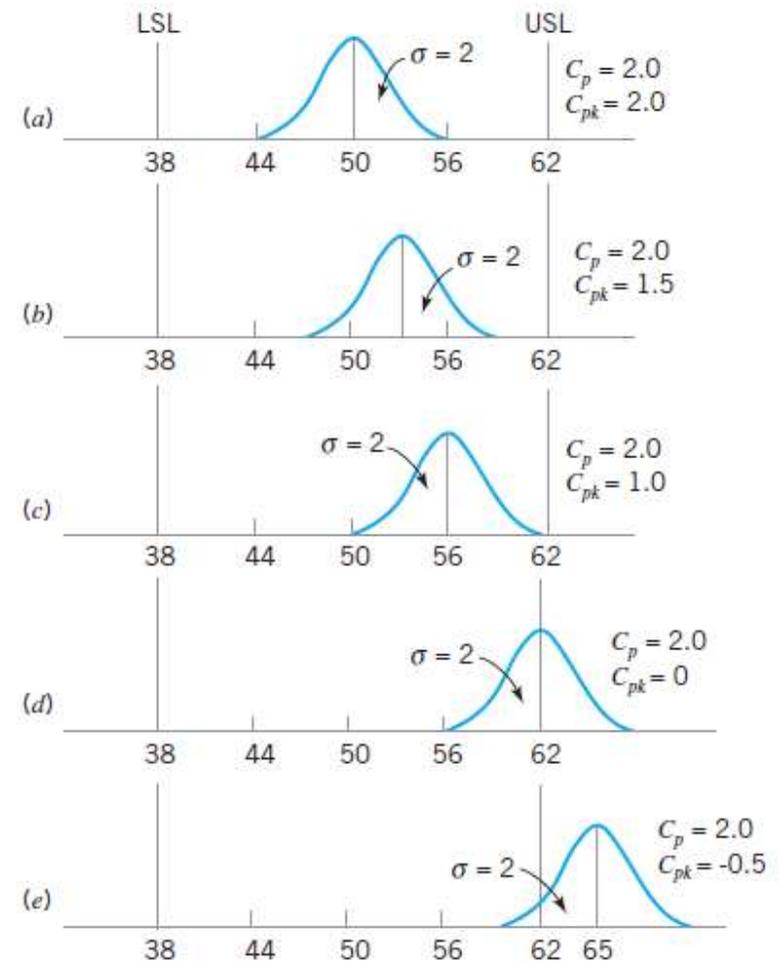
In generale, è consigliabile utilizzare tutti e due gli indici.

# Relazione tra $C_p$ e $C_{p,k}$

Ad esempio, il valore  $C_{p,k} < 1$  segnalerebbe una cattiva capacità del processo, mentre il valore  $C_p > 1$  indica una situazione buona relativamente alla variabilità del processo.

Si conclude che, nel complesso, il processo non è capace ( $C_{p,k} < 1$ ), ma ciò è da attribuire soprattutto al fatto che la media non è centrata rispetto all'intervallo di conformità (ovvero la media è lontana dal valore target), mentre la varianza appare adeguatamente bassa ( $C_p > 1$ ).

Un miglioramento potrà essere pertanto realizzato abbassando il valore  $\sigma$  in modo da avvicinarlo al valore target.



# Indici di capacità di processo

Un presupposto importante alla base discussione sulla capacità del processo e sui rapporti  $C_p$  e  $C_{pk}$  è che la loro interpretazione abituale si basa su una distribuzione normale dell'output del processo.

Se la distribuzione sottostante non è normale, le conclusioni sul processo attribuite a un particolare valore di  $C_p$  o  $C_{pk}$  potrebbero essere errate.

Un approccio per affrontare questa situazione è trasformare i dati in modo che nella nuova metrica trasformata i dati abbiano un aspetto di distribuzione normale.

Esistono vari approcci grafici e analitici alla selezione di una trasformazione.