

# Domande di Affidabilità e controllo della qualità

# QUALITÀ

## IL MANUALE DELLA QUALITÀ

Si può certificare che un'azienda è in qualità quando ha un sistema di qualità ed un corrispondente manuale della qualità valido e lo rispetta.

## CHE COSA C'È NEL MANUALE DELLA QUALITÀ?

Ci sono delle traduzioni concrete dei principi, deve tradurre indicazioni generali in procedure esplicite applicate alla realtà aziendale. Tali informazioni vanno condivise favorendo così coinvolgimento e partecipazione. Deve inoltre riguardare anche le modalità decisionali e il processo decisionale rispettando i principi generali.

## CHE COS'È IL SISTEMA QUALITÀ?

È una struttura organizzativa di responsabilità, procedure di lavoro, risorse. Quindi è un insieme delle regole di comportamento che sovrintendono alla vita aziendale. IMQ per certificare la qualità vuole vedere il manuale della qualità che l'azienda ha preparato. Dopo aver letto i principi generale delle norme ISO 9000, ciascuna azienda si fa le proprie procedure. È quindi un fatto interpretativo delle norme generali ISO. Quindi il manuale viene mandato alla IMQ chiedendone la certificazione; questo valuta se manuale è accettabile come frutto dell'interpretazione oppure no. Se è accettato, sulla base del manuale si attua la procedura di verifica dell'applicazione di quanto scritto. Da questo momento in poi l'azienda può usare il marchio CSQ. Periodicamente personale ispettivo viene controllare che si seguiti a lavorare in qualità.

Non basta sapere che una cosa va fatta bene ma bisogna specificare nel manuale come questa cosa va fatta bene. Va anche specificata alla responsabilità degli eventi: deve essere chiaro da chi proviene la disposizione da applicare.

## QUALI SONO GLI OBIETTIVI?

Si considerano i seguenti principi:

- miglioramento continuo: Kaizen (partecipazione di tutti).
- "tutto è misurabile".
- soddisfazione del cliente, rispondere alle esigenze espresse ed implicite.
- qualità totale, che riguarda non solo il prodotto, servizio da fornire ma tutto il sistema azienda.

## LE NORME TECNICHE

La certificazione di prodotto è l'insieme di tecniche e modalità operative messe insieme per soddisfare i requisiti di qualità.

Gli istituti di certificazione devono essere approvati in registri nazionali europei: non si certifica solo prodotto, ma l'azienda nel suo complesso.

Esiste la necessità di creare comitati internazionali in cui si raggiungono accordi sulle modalità di prova di collaudo dei prodotti.

Il primo a mettersi in azione è il mondo elettrotecnico, IEC, che in Italia diventa CEI. Questi elaborano normative tecniche relative ai problemi di collaudo dei vari prodotti; rendendo oggettiva la qualità perché ho uno standard di valutazione. Quindi nascono organismi sicuri di certificazione: l'attestazione viene fatta non dall'azienda ma da un terzo.

In Italia CEI emana le norme, IMQ fa le prove. Porre un marchio richiede prove e, se le prove vanno bene, va pagato. Poi ci sono controlli periodici dell'istituto per controllare che tutto avvenga senza preavviso come all'inizio.

Con la comunità europea è nata una struttura intermedia, CENELEC per il mondo elettrico, CEN. Le nuove norme si chiamano CEI-EN. Le prove fatte da un paese devono essere ritenute valide anche in un altro paese.

Quando si riunisce il comitato IEC ogni paese manda la sua delegazione.

IEC elabora delle raccomandazioni per il settore, queste vengono fatte proprie dai comitati nazionali e poi divengono norme, che però non hanno valenza giuridica. Le raccomandazioni diventano norme non appena vengono approvate e mandate alle varie strutture nazionali.

CEI legge le raccomandazioni e le sottopone alla "regola dei 6 mesi", cioè attende 6 mesi per eventuali obiezioni, commenti, modifiche, che poi vengono discusse in sede nazionale. Quando la norma diventa operante non ha valore di legge.

In l'Italia c'è una legge per cui gli impianti devono essere fatti "a regola d'arte".

Ciò che è fatto secondo le norme CEI è "a regola d'arte".

Il CENELEC è un passaggio in più: deve valutare le norme e dichiararsi d'accordo.

Il mondo UNI è quello più generale di tutto ciò che non è elettrico ed elettronico.

## COME SONO COMPOSTE LE NORME?

Le norme sono scritte in due parti: una riguarda più la sicurezza e una è relativa al funzionamento, questa è opzionale ed è vista come un fatto commerciale.

IMQ si basa solo sui risultati di prove di sicurezza e di funzionalità, non sulla tecnologia usata. Le prove di sicurezza sono di solito distruttive e presentano una valutazione oggettiva, mentre per quelle di funzionalità il componente viene messo in prova di vita affinché il componente dimostri di funzionare soddisfacentemente per un certo tempo, quindi la dichiarazione va fatta in termini probabilistici.

Prima di prove più pesanti si fanno verifiche di tipo leggero.

Dalle prove di conformità seguiranno le prove di affidabilità.

CHE COSA SONO LE NORME ISO?

Dopo averne letto i principi generali ogni azienda costruisce le sue procedure.

LE NORME ISO FANNO RIFERIMENTO AD UNA SPECIFICA PRODUZIONE?

No. E' generalista senza riferimenti specifici.

CHE COSA DEVE FARE UN'AZIENDA CHE VUOLE LAVORARE CON LE NORME ISO?

Deve avere un manuale di qualità.

CHE COS'È LA TARGA?

Tramite la targa la normativa fornisce una sorta di protezione nei confronti del cliente, perché impone al costruttore di mettere in evidenza i parametri significativi e lo obbliga a dichiarazione di cui deve rispondere.

Esiste quindi una prima fase di verifica di conformità alla targa, poi il resto.

CHE COS'È IL MARCHIO CE?

E' l'indicazione di conformità del prodotto ai requisiti essenziali di sicurezza previsti dalle direttive comunitarie; da notare che tale marchio non è né di qualità né di origine, ma è solo una dichiarazione che sono stati rispettati i requisiti essenziali di sicurezza. I prodotti che circolano in Europa devono essere sicuri contro gli infortuni umani, da ciò nasce la direttiva comunitaria per un certo settore: non è più possibile vendere prodotti in Europa senza il marchio CE.

CHE COSA SIGNIFICA UNA PROVA DI TIPO?

Sono prove di conformità alle specifiche di prodotto.

CHE COSA SONO LE PROVE DI VITA?

Valutano l'affidabilità del prodotto secondo principi di tipo probabilistico. Possono essere:

- accelerate: sollecitazioni maggiorate a fronte di tempi d'impiego minore.
- troncate: sollecitazioni d'esercizio fino ad un certo istante ma con minore fiducia.

PROVE DI VITA ACCELERATE.

Vengono svolte per trovare l'affidabilità di un prodotto.

La cosa non è facile perché:

- E' necessaria una certa numerosità del campione,  $n \uparrow$ .
- Spesso le prove sono distruttive, quindi sono solo di tipo e non individuali.

- Se la vita del prodotto è molto lunga, rischiano di durare troppo e di dare, alla fine, risultati obsoleti.

Per diminuirne la durata si può:

- Aumentare la sollecitazione d'esercizio, a cui il pezzo è sottoposto, di un fattore di accelerazione e ridurre il tempo di prova (prove di vita accelerata). Si usa in caso di comparazione tra prodotti simili.
- Terminare ad un certo punto la prova, valutando i successivi risultati con una fiducia inferiore (prove di vita troncata).

# STIME

CHE COS'È UNA VARIABILE ALEATORIA?

E' una variabile che può assumere un insieme continuo o discreto di valori, la cui assunzione può essere solo probabilistica.

CHE COS'È LA PROBABILITÀ?

La definizione rigorosa di probabilità è quella a priori:

$$p(\text{evento}) = \frac{\text{casi}_- \text{favorevoli}}{\text{casi}_- \text{possibili}}$$

Non sempre si può sfruttare la probabilità a priori, spesso bisogna usare quella a posteriori: effetto delle prove, il test, da cui per ciascun evento ricavo una frequenza.

Per passare da concetto di frequenza a quello di probabilità devo sfruttare:

1. La legge empirica del caso. ( $n \rightarrow +\infty \Rightarrow f \rightarrow p$ ).
2. Il teorema di Bernoulli:

$$\left\{ \lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \Pr\left(\frac{\alpha}{n} - p\right) < \varepsilon \right] \right\} = 1$$

LA CURVA DI DISTRIBUZIONE NORMALE

E' tipica di tutti quegli eventi legati a numerose cause, ognuna indipendente, il cui singolo effetto è trascurabile rispetto alla somma complessiva degli effetti delle altre. La curva della densità di distribuzione normale è data dall'equazione:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

A seconda del valore di  $\sigma^2$ , varianza, ho più o meno dispersione attorno al valore  $\mu$ , media.

Si definisce anche la funzione di distribuzione :

$$F(x) = \int_{-\infty}^x p(x) \cdot dx$$

Di norma si opera su una gaussiana normalizzata mediante il seguente cambio di variabile:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \Rightarrow p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}}$$

In tal caso  $\mu=0$  e  $\sigma=1$ .

### COSA SONO LE STIME?

Il problema delle stime si presenta quando sia una popolazione, ovvero un insieme omogeneo di individui, pezzi, prodotti, e si vuole valutarne una caratteristica.

Il problema nasce poiché per ricavare le informazioni sulla popolazione, non posso fare delle prove su tutti gli elementi di essa, a causa di tempi e costi elevati, ma si devono sfruttare i principi della statistica, conducendo un'analisi campionaria:

1. Selezione di un campione della popolazione, scelta casuale o ragionata.
2. Studio delle caratteristiche di tale campione, per esempio calcolando le frequenze con cui certe caratteristiche e si verificano.
3. Estendere i risultati sul campione all'intera popolazione secondo processo chiamato di inferenza statistica, si deve passare da  $\bar{x}$  ed  $s$  del campione a  $\mu$  e  $\sigma$  della popolazione.

Data la somma campionaria  $S$ , somma di  $n$  variabili aleatorie con valore medio  $\mu$ :

$$S = x_1 + \dots + x_n$$

Il valore medio della somma è dato dalla somma dei valori medi.

$$\mu_S = \mu(x_1) + \dots + \mu(x_n) = \mu(x) \cdot n$$

Inoltre:

$$\text{var}(S) = \text{var}(x_1) + \dots + \text{var}(x_n) = \text{var}(x) \cdot n$$

$$\sigma_S^2 = \sigma_x^2 \cdot n \Rightarrow \sigma_S = \sigma_x \cdot \sqrt{n}$$

dove  $\sigma$  è deviazione standard o scarto quadratico medio.

Consideriamo ora la media campionaria  $\bar{x}$ :

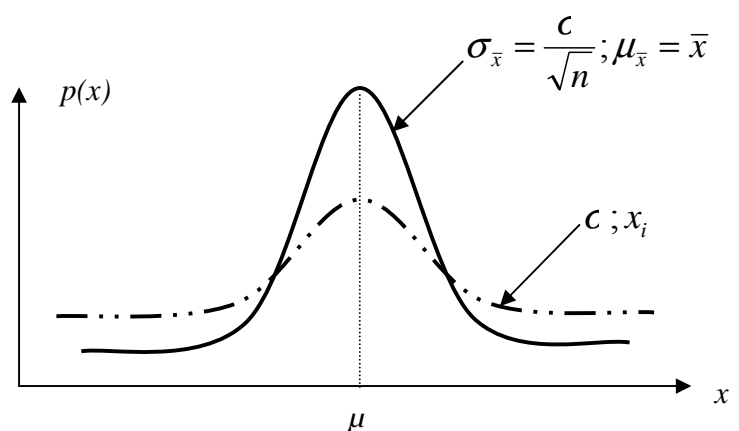
$$\bar{x} = \frac{S}{n} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$$

Dalle caratteristiche di essere si possono ricavare le caratteristiche di  $\bar{x}$ .

$$\mu_{\bar{x}} = \frac{\mu_S}{n} = \frac{n \cdot \mu_x}{n} = \mu_x$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_S}{n} = \frac{\sqrt{n} \cdot \sigma_S}{n} = \frac{\sigma_S}{\sqrt{n}}$$

Ne deriva quindi che la media campionaria  $\bar{x}$ , anch'essa variabile aleatoria come  $s$ , ha un valore medio pari a quello delle variabili aleatorie di partenza, però varianza minore, questo comporta che la sua densità di probabilità sia più



concentrata rispetto al valore medio. Inoltre, per il teorema del limite centrale, la densità di probabilità della media campionaria  $\bar{x}$  si approssima sempre più ad una gaussiana, tanto più cresce n, numerosità del campione.

A COSA MI SERVE CONOSCERE X ED S ?

s è la miglior stima della varianza  $\sigma$  non nota, ed è data da:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

Se conosco x ed s possono ricavare degli intervalli di confidenza entro i quali cade il valore reale  $\mu$  della popolazione:

$$\bar{x} - z \cdot \frac{c}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + z \cdot \frac{c}{\sqrt{n}}$$

$\mu$  sarà contenuto in questo intervallo con una certa probabilità detta anche livello di confidenza, che è funzione di z.

Con z aumenta la probabilità e con essa l'intervallo di confidenza. (z↑ => p↑)

Per diminuire l'intervallo e lasciare invariata la probabilità, bisogna aumentare la numerosità del campione. (p=cost.,  $\sigma \downarrow \Rightarrow n \uparrow$ )

CHE COSA È LA T DI STUDENT?

Si usa quando nel problema dell'intervallo di confidenza, non si conosce il valore di  $\sigma$  e non voglio confonderlo con la migliore stima s:

$$\bar{x} - z \cdot \frac{c}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + z \cdot \frac{c}{\sqrt{n}}$$

allora pongo:

$$\bar{x} - t \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

La t come la z è tabulata in funzione della probabilità voluta, cioè del livello di confidenza voluto, e in funzione dei gradi di libertà pari a n-1.

La distribuzione della t ha una dispersione più ampia di quella della z, in quanto deve tenere conto che si usa s, una stima, e non  $\sigma$ .

La dispersione sale se scende il numero delle prove. (s↑ => n↓)

La t di Student è usata per gli errori di misura quando uno strumento non è sotto controllo statistico, quindi non si conosce la  $\sigma$ .

Se non conosco  $\sigma$  si effettua una serie di misurazioni e ricorro alla t.

CHE DIFFERENZA C'È PER IL RISULTATO SE USO  $\sigma$  O t?

A parità di livello di confidenza se uso  $\sigma$  l'intervallo sarà più ristretto. ( $z = \text{cost.} \Rightarrow \sigma \downarrow$ )

A parità di intervallo se uso  $\sigma$  la probabilità sarà più alta. ( $\sigma = \text{cost.} \Rightarrow p \uparrow$ )

COME SI DETERMINA LA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ?

Se a priori non posso usare la definizione di probabilità, allora faccio delle prove.

Con il T di Bernoulli e del limite centrale posso considerare  $p \sim f$ .

CHE COS'È LA DISTRIBUZIONE NORMALE?

È una distribuzione caratteristica di eventi con un gran numero di cause indipendenti, il contributo delle quali preso singolarmente è trascurabile rispetto alla somma delle rimanenti.

DA COSA È CARATTERIZZATA LA CURVA DI DISTRIBUZIONE NORMALE?

$\mu$  e  $\sigma$ .

SAPENDO CHE UNA VARIABILE ALEATORIA HA DISTRIBUZIONE NORMALE E CONOSCENDO  $\mu$  E  $\sigma$  CHE COSA SI PUÒ DIRE DI UN EVENTO?

Si può dire che è contenuto in un intervallo  $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$  con una probabilità del 97.74%.

DATO UN EVENTO, COSA SI PUÒ DIRE SE SI CONOSCE LA SUA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ?

Fare delle previsioni con una certa probabilità, che dipenderà dal livello di fiducia ho in tale previsione.

# CONTROLLO DI PRODUZIONE

CHE COSA SONO E A COSA SERVONO LE CARTE DI CONTROLLO?

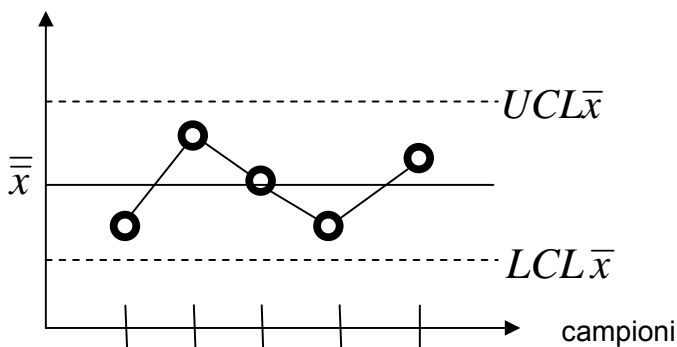
Serve per tenere sotto controllo la produzione; ogni macchinario produce pezzi che non sono tutti uguali fra loro, ci sarà quindi una certa variabilità.

Tale variabilità può essere:

- ✓ fisiologica, legata ad errori casuali che non possono essere previsti
- ✓ patologica, legata ad errori sistematici che si verificano per una precisa causa, che va individuata per risolvere il problema.

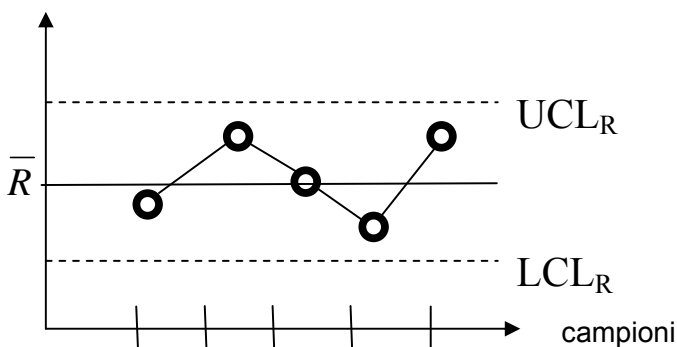
Le carte di controllo mi permettono di individuare la variabilità patologica e prendere i dovuti provvedimenti, permettendo di individuare la capability produttiva ovvero la qualità che è possibile ottenere con il processo produttivo. Se questa non è sufficiente devo modificare qualcosa tra le macchine.

Le carte di controllo si costruiscono a partire da campioni di 4 o 5 elementi, come suggerisce l'esperienza di Shewart. Si calcola quindi per ogni campione il valore medio  $\bar{x}$  e il range  $R$ . Noti i limiti di tolleranza, che sono specifiche di progetto, si traccia l'andamento dei valori medi attorno al valore nominale. Questo primo passo non permette di controllare granché in quanto non si vede nemmeno se vi sono valori fuori tolleranza o meno. Il passo successivo è calcolare la media dei valori medi e la media dei range, quindi costruire una carta di controllo, in cui si riportano questi valori, insieme agli  $\bar{\bar{x}}$  dei campioni e gli  $\bar{R}$ , rappresentanti, rispettivamente, la centralità e la variabilità delle caratteristiche misurate.



Al posto dei limiti di tolleranza vengono messi dei limiti di controllo così stabiliti:

$$\begin{cases} UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \\ UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} \\ LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} \end{cases}$$



$A_2$ ,  $D_4$  e  $D_3$  sono tabulati in funzione della numerosità del campione:

- $n \downarrow \Rightarrow A_2 \uparrow$
- $n \downarrow \Rightarrow D_4 \uparrow$
- $n \downarrow \Rightarrow D_3 \downarrow$  con  $n < 7 \Rightarrow D_3 = 0$

Si ha che, se i valori di  $x$  ed  $R$  rientrano nei limiti di controllo, il processo è sotto controllo, ovvero la variabilità è solo dovuta a fenomeni casuali.

Avere il processo sotto controllo non vuol dire che tutti pezzi sono in tolleranza, ma vuole dire che non ci sono errori sistematici.

Se il vincolo di tolleranza è importante dovrò fare controlli individuali oppure cambiare macchine per avere una capability produttiva elevata.

I limiti di controllo solo i limiti entro i quali deve essere contenuta la variabilità affinché il processo sia sotto controllo.

I LIMITI DI CONTROLLO POSSONO ESSERE TROVATI ANCHE CON CONSIDERAZIONI STATISTICHE, SENZA TROVARE IL PARAMETRI TABULATI?

Sì, si ricava calcolando l'intervallo di confidenza con  $Pr=0.9974$  e  $z=3$

$$\Pr\left(\bar{x} - 3 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + 3 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = \Pr(LCL\bar{x} \leq \mu \leq UCL\bar{x}) = 0.9974$$

$\sigma$  si può trovare sperimentalmente così:

$$d_2 = \frac{\bar{R}}{c}; c_4 = \frac{\bar{S}}{c}$$

Con  $d_2$  e  $c_4$  che sono parametri tabulati secondo la distribuzione normale.

QUALI SONO I PRESUPPOSTI DELLE CARTE DI CONTROLLO?

L'ipotesi è che la distribuzione dei valori sia normale ( i limiti infatti sono uguali a quelli calcolati con  $\pm 3\sigma$ ).

QUAL È LA DIFFERENTE UTILITÀ DELLE CARTE DI CONTROLLO NEL CASO DI PROCESSI PRODUTTIVI A REGIME ED UN PROCESSO PRODUTTIVO NASCENTE?

Nel caso nascente lo scopo è stabilire la variabilità fisiologica e patologica, quindi venire a conoscenza della capability produttiva della nuova macchina.

A regime delle carte servono per verificare l'insorgere di errori sistematici a cui si deve porre rimedio con un intervento.

CHE DIFFERENZA C'È TRA TOLLERANZE E I LIMITI DI CONTROLLO?

Le tolleranze sono stabilite dal progettista in fase di progetto, mentre i limiti di controllo dipendono dalle macchine che possediamo. È inutile mettere tolleranze che non possono essere rispettate dalle macchine che abbiamo.

FINO A CHE PUNTO È ACCETTABILE L'ACCIDENTALITÀ?  
Finché rimane costante.

CHI DECIDE LA METODOLOGIA DEL CONTROLLO DI PRODUZIONE?  
Il manuale della qualità.

COSA SIGNIFICA SOTTO CONTROLLO STATISTICO?  
Esistono solo errori casuali e non sistematici, quindi ho la sola variabilità naturale  $\sigma$ .

CHE COS'È LA CAPABILITY PRODUTTIVA?  
La qualità che è possibile ottenere con il processo produttivo.

CHE RELAZIONE C'È TRA LA CAPABILITY E LE CARTE DI CONTROLLO?  
Dalle carte di controllo si ricava la variabilità naturale di un processo produttivo, cioè la capability produttiva.

CHE RELAZIONE C'È TRA LA TOLLERANZA DI LAVORAZIONE E IL CONTROLLO STATISTICO?  
Una volta che le carte di controllo assicurano che il processo è sotto controllo statistico e che quindi è costante la variabilità del processo, bisogna assicurarsi che la tolleranza naturale, che ne risulta, sia compatibile con la tolleranza vera e propria, che si evince dalle specifiche di progetto. Altrimenti bisogna capire se sono le specifiche di progetto ad essere troppo severe o è il processo produttivo che deve migliorare.

# TEORIA DELLE MISURE

## GLI ERRORI DI MISURA E LA VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA

Misurare una qualche grandezza fisica significa fornire di essa una valutazione quantitativa numerica rapportandola ad un campione di misura. Tale valutazione però è soggetta a errore, o meglio a incertezza. Quando si fornisce una misura bisogna dare:

1. La miglior stima possibile del misurando.
2. L'incertezza della misura (non eliminabile).
3. L'unità di misura del S.I.

L'incertezza ha due componenti:

- **Sistematica:** Tale incertezza non è diminuibile con metodi statistici e sia ha ad ogni misurazione fatta. E' legata allo strumento di misura dallo strumento di qualità superiore, che era stato utilizzato per la sua taratura.
- **Accidentale:** In tal caso abbiamo però strumenti statistici, che permettono di diminuirla, essendo legata a fattori casuali. Supponiamo di fare un certo numero di prove della stessa entità. Possiamo calcolare la media campionaria  $\bar{x}$  che è tanto più vicina al valore vero della grandezza tanto maggiore è il numero di prove ( $\bar{x} \rightarrow \mu \Leftrightarrow n \rightarrow +\infty$ ). Quindi la componente accidentale dell'incertezza si può diminuire aumentando il numero di prove fatte.

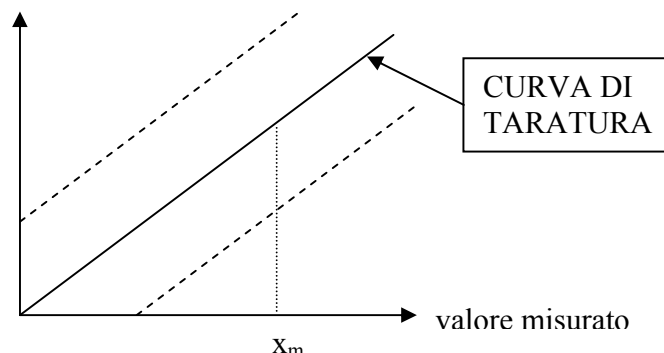
Le norme chiamano l'incertezza sistematica di tipo B e quella accidentale di tipo A.

## COME SI FA A VALUTARE L'INCERTEZZA SISTEMATICA?

L'incertezza sistematica si valuta mediante la classe, nel caso dei gli strumenti elettromeccanici. La classe è definita direttamente dal costruttore dello strumento ed è definita come:

$$classe = \frac{\Delta_{max}}{fondoscala} \cdot 100$$

$\Delta_{max}$  = larghezza della fascia in cui si trova il valore vero.



L'errore percentuale per ogni lettura può essere determinato così:

$$e\% = \frac{\Delta \max}{lettura} \cdot 100 = \frac{classe \cdot fondoscala}{100} \cdot \frac{100}{lettura} = \frac{classe \cdot fondoscala}{lettura}$$

Da qui si ricava che la classe non è altro che l'errore percentuale a fondo scala, e che l'errore percentuale il minimo si fa rifà proprio al fondo scala. (lettura ↓ => e% ↑)  
 Per gli strumenti digitali l'operazione di conteggio ha sempre l'incertezza di una unità di conteggio.

COME SI VALUTA L'INCERTEZZA CASUALE?

Faccio un certo numero di prove, cioè misuro la stessa grandezza più volte.

Calcolo una media campionaria  $\bar{x}$ , tanto più vicina a  $\mu$  tanto più  $n$  sarà grande ( $n \rightarrow +\infty \Rightarrow \bar{x} = \mu$ ).

A questo punto il comportamento è diverso:

**Sotto controllo statistico:** conosco il suo  $\sigma$ . In tal caso posso calcolare l'intervallo di variabilità mediante i livelli di confidenza.

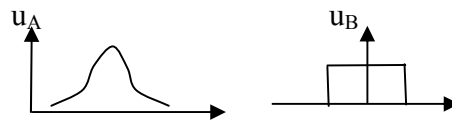
**Non sotto controllo statistico:** quindi posso confondere  $\sigma$  con  $s$  se il numero di letture è  $>30$ , altrimenti uso  $s$  e la  $t$  di student.

Il risultato di una misura è da considerarsi come una variabile aleatoria.

Sia  $Y$  il valore della grandezza in questione:

$$Y = y \pm u \quad \begin{array}{l} y = \text{miglior stima} \\ u = \text{incertezza} \end{array}$$

La  $u$  è data da 2 contributi  $u_A$ , dovuto all'incertezza casuale, e  $u_B$ , dovuto all'incertezza sistematica.



$$u = u_A^2 + u_B^2$$

Con una trattazione più rigorosa si ha:

$$Y = y \pm K \cdot u$$

dove  $K$  è il fattore di copertura in funzione della probabilità.

Se si considera il caso peggiore basta porre:

$$u = u_A + u_B$$

# AFFIDABILITÀ

CHI MI DA LE TABELLE O I METODI PER VALUTARE L’AFFIDABILITÀ?

Le norme danno indicazioni in merito, ma di solito si usa la funzione di degrado.

COME SI VALUTA L’AFFIDABILITÀ IN MANCANZA DI DATI?

Si fanno ricerche su prodotti simili, con clienti e fornitori.

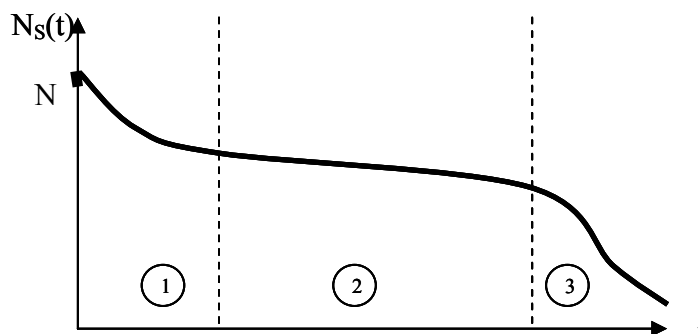
LA CURVA D’AZZARDO O FREQUENZA ISTANTANEA DI GUASTO.

La frequenza media relativa di guasto è:

$$f^*(t) = \frac{N_s(t) - N_s(t + \Delta t)}{N \cdot \Delta t}$$

Passando al limite si trova la densità di probabilità di guasto:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} f^*(t) = -\frac{1}{N} \cdot \frac{dN_s(t)}{dt}$$



Integrando si ottiene:

$$f(t) \cdot dt = -\frac{dN_s(t)}{N} \Rightarrow \int_0^t f(t) \cdot dt = -\int_0^t \frac{dN_s(t)}{N} = \frac{N - N_s(t)}{N}$$

Per  $t \rightarrow \infty$  si ha la condizione di normalizzazione di  $f(t)$ , che risulta proprio essere una densità di probabilità:

$$\int_0^{+\infty} f(t) \cdot dt = \frac{N - N_s(\infty)}{N} = \frac{N - 0}{N} = 1$$

La curva d’azzardo è una funzione del tempo così definita:

$$z^*(t) = \frac{N_s(t) - N_s(t + \Delta t)}{N_s(t) \cdot \Delta t} = -\frac{1}{N_s(t)} \cdot \frac{dN_s(t)}{dt} = -\frac{d}{dt} \ln(N_s(t))$$

E rappresenta il # dei guastati riferito al # dei sopravvissuti all’istante  $t$ , mentre il suo passaggio al limite esprime il tasso istantaneo di guasto:

$$z(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N_s(t) - N_s(t + \Delta t)}{N_s(t) \cdot \Delta t} = -\frac{1}{N_s(t)} \cdot \frac{dN_s(t)}{dt} = -\frac{d}{dt} \ln(N_s(t))$$

Quindi si calcola la probabilità che un oggetto sia guasto entro  $t$ :

$$\frac{N - N_s(t)}{N} = \int_0^t f(t) \cdot dt = Q(t)$$

Esistono solo 2 stati (guasto/funzionante); la somma delle rispettive probabilità è 1:

$$Q(t) + R(t) = 1 \Rightarrow \begin{cases} R(t) = 1 - Q(t) \Rightarrow R(t) = \frac{N_s(t)}{N} \\ f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} = \frac{dQ(t)}{dt} \end{cases}$$

Quindi si delinea il legame fra la funzione di azzardo e l'affidabilità:

$$z(t) = -\frac{1}{N_s(t)} \cdot \frac{dN_s(t)}{dt} = \frac{1}{N_s(t)} \cdot \left( -\frac{dN_s(t)}{dt} \right) = \frac{1}{N_s(t)} \cdot N \cdot f(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$$\Rightarrow f(t) = z(t) \cdot R(t)$$

Inoltre si può giungere a un'altra forma dell'affidabilità:

$$z(t) = -\frac{d}{dt} \ln(N_s(t))$$

$$\Rightarrow -\int_0^t z(t) dt = -\int_0^t d(\ln(N_s(t))) = \ln N_s(t) - \ln N_s(0) = \ln N_s(t) - \ln N = \ln \frac{N_s(t)}{N}$$

$$\Rightarrow \ln R(t) = -\int_0^t z(t) dt \Rightarrow R(t) = e^{-\int_0^t z(t) dt}$$

La vita media dell'oggetto sarà:

$$v_m = \int_0^{+\infty} t \cdot f(t) \cdot dt = \int_0^{+\infty} t \cdot \left( -\frac{dN_s(t)}{N} \right) \cdot dt = \int_0^{+\infty} t \cdot (-dR(t)) = \int_0^{+\infty} t \cdot \left( -\frac{dR(t)}{dt} \right) \cdot dt$$

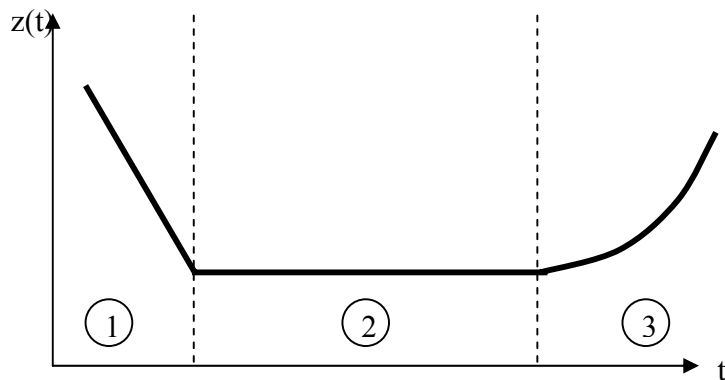
Quindi si integra per parti:

$$v_m = -[t \cdot R(t)]_0^{+\infty} + \int_0^{+\infty} R(t) \cdot dt = \int_0^{+\infty} R(t) \cdot dt$$

Poiché  $R(t)$  si comporta esponenzialmente:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} [t \cdot R(t)] = 0$$

Dall'andamento di  $z(t)$  nel tempo si può disegnare la curva "a vasca da bagno" nella quale si distinguono tre periodi:



1. Periodo della mortalità infantile
2. Periodo della vita utile
3. Periodo dei guasti per usura

Si può dimostrare che nel periodo della vita utile  $z(t)$  è proprio pari al rateo o tasso di guasto  $\lambda$  definito come:

$$\lambda^* = \frac{N_g(\theta)}{\sum t_i + (N - N_g(\theta)) \cdot \theta}$$

$\theta$  = tempo di prova  
 $N_g(\theta)$  = n° di guasti nel tempo di prova  
 $t_i$  = tempo di rottura del i-esimo componente

Se consideriamo la vita utile possiamo trascurare  $\sum t_i$  e  $N_g(\theta)$ :

$$\lambda \cong \frac{N_g(\theta)}{N \cdot \theta}$$

$$z^*(t) = \frac{N_s(0) - N_s(\theta)}{N_s(\theta) \cdot \theta} = \frac{N - N_s(\theta)}{N_s(0) \cdot \theta} = \frac{N_g(\theta)}{N \cdot \theta} = \lambda$$

Per semplificare si può anche linearizzare la  $z(t)$  nei tre periodi.

QUALI SONO I LEGAMI FRA LA FUNZIONE DI AZZARDO E L'AFFIDABILITÀ?

Vale la relazione, con  $f(t)$  densità di probabilità di guasto:

$$z(t) = -\frac{1}{N_s(t)} \cdot \frac{dN_s(t)}{dt} = \frac{1}{N_s(t)} \cdot \left( -\frac{dN_s(t)}{dt} \right) = \frac{1}{N_s(t)} \cdot N \cdot f(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

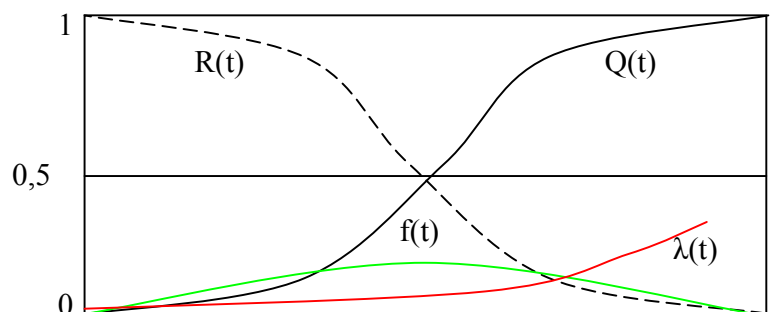
$$\Rightarrow f(t) = z(t) \cdot R(t)$$

Si può anche dimostrare che

$$R(t) = e^{-\int_0^t z(t) dt}$$

Nel caso della vita utile:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$



CHE COS'È IL MTTF?

È un parametro sintetico usato in azienda al posto di calcoli lunghi sull'affidabilità. È definito per i prodotti che non possono essere riparati ed è:

$$MTTF = \frac{T}{r} = \frac{\sum t_i + (N - N_g) \cdot \theta}{N_g(\theta)}$$

T= tempo cumulativo  
 r= # di pezzi guasti  
 θ= tempo di prova prefissato  
 N= # di pezzi e su cui si fanno le prove  
 N<sub>g</sub>= # di pezzi guasti a fine prova  
 t<sub>i</sub>= tempo di guasto dall' i-esimo pezzo

Per r->N e t->∞ si ha che:

$$MTTF = \int_0^{+\infty} R(t) \cdot dt$$

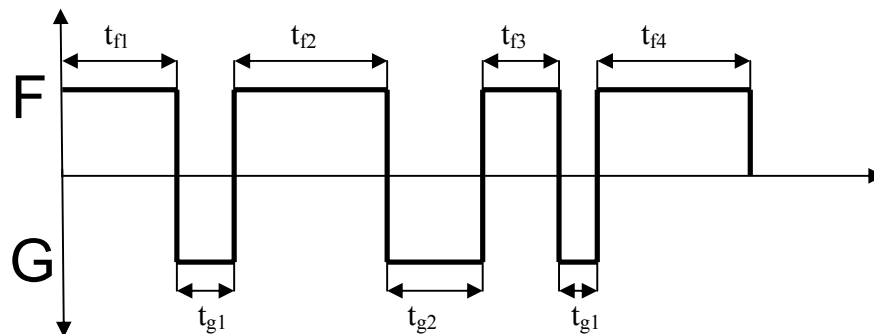
Altri parametri solo MTBF , tempo medio tra guasti, definito per pezzi che possono essere riparati:

$$MTBF = \frac{T}{r} = \frac{\sum t_{fi}}{r}$$

T = somma dei tempi di funzionamento  
 r = # di guasti

$$MTTR = \frac{\sum t_{ri}}{r}$$

t<sub>fi</sub> = tempo di funzionamento i-esimo  
 t<sub>ri</sub> = tempo di riparazione i-esimo



Si definisce anche la disponibilità:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

che rappresenta la probabilità che un dispositivo riparabile sia funzionante.

## QUALI SONO LE CAUSE DI DEGRADAZIONE?

Un componente nel tempo smette di funzionare correttamente a causa di una degradazione chimico fisica. Non è possibile, se non per strumenti estremamente semplici, prevedere con precisione quando si verificheranno le condizioni che porteranno al malfunzionamento, in funzione delle sollecitazioni.

Si suppone che:

$$v_r = -\frac{dc}{dt} = f_1 \cdot c$$

$v_r$  = velocità di reazione  
 $c$  = concentrazione di un elemento essenziale  
 $f_1$  = funzione ad elevata complessità

$$-\frac{dc}{dt} = f_1 \cdot c \Rightarrow \frac{dc}{c} = -f_1 dt \Rightarrow \ln \frac{c}{c_0} = -f_1 \cdot t \Rightarrow \frac{c}{c_0} = e^{-f_1 \cdot t} \Rightarrow c = c_0 e^{-f_1 \cdot t}$$

sia l'andamento della concentrazione nel tempo.

La funzione di degradazione è:

$$D(t) = c_0 (1 - e^{-f_1 \cdot t})$$

quando  $t=t_g$  (tempo di guasto) e  $c=c_{\min}$  si ha la rottura:

$$D_m = c_0 (1 - e^{-f_1 \cdot t_g})$$

La  $f_1$  può avere diverse espressioni. Ricaviamo  $t_g$ :

$$t_g = \frac{1}{f_1} \cdot \left| \ln \frac{D_m - c_0}{c_0} \right| = \frac{D_L}{f_1}$$

Se la reazione dipende dalla temperatura vale la legge di Arrhenius:

$$t_g = \frac{D_L}{A} e^{\frac{B}{T}}$$

A e B = parametri funzione di materiale e processo di fabbricazione

T = temperatura assoluta.

## CHE COS'È L'AFFIDABILITÀ COMBINATORIA?

Viene utilizzata da quando occorre trovare l'affidabilità di un sistema complesso, per il quale non è possibile effettuare delle prove sul sistema nella sua globalità.

Si considera quindi il sistema come un insieme di componenti, sui quali, si possono effettuare prove per conoscerne l'affidabilità. Tali componenti possono essere disposti in serie, in parallelo, o secondo varie combinazioni. Per la serie tutti i dispositivi devono funzionare affinché il sistema funzioni. ( $A = \prod a_i$ )

Per il parallelo invece, è sufficiente che un solo componente funzioni. ( $A = 1 - \prod a_i$ )

# GLOSSARIO

## Assieme

Parte di un sistema formato da componenti e sottoinsiemi opportunamente connessi.

## Campione materiale

Apparecchio che riproduce, durante l'uso, uno o più valori noti di una grandezza con un'incertezza nota.

## Capability produttiva

La qualità che è possibile ottenere con il processo produttivo.

## Certificazione

Dichiarazione di un ente terzo (cioè non legato al fornitore o all'acquirente) che il prodotto fornito o il sistema qualità dell'azienda fornitrice sono conformi ad una certa normativa; dall'etimo latino "certum facere" ovvero rendere chiaro, evidente.

## Controllo di qualità

Accerta la corrispondenza tra la produzione e le specifiche di progetto entro certi limiti.

## Deriva

Fenomeno di invecchiamento dei componenti elettronici.

## Direttiva

Norma giuridica emanata da istituzioni comunitarie. In genere non sono direttamente applicabili, ma devono essere trasposte da apposite disposizioni legislative di recepimento a livello nazionale.

## EN (Norme Europee)

Norme emesse o approvate dal Comitato Europeo di Normazione - CEN - cui aderiscono 18 paesi membri della CEE e dell'EFTA. Il CEN ha lo scopo di promuovere le norme internazionali (ISO) e di armonizzare le norme su scala europea per facilitare lo sviluppo degli scambi dei prodotti e dei servizi eliminando gli ostacoli creati da requisiti di natura tecnica.

## Incertezza di misura

Intorno limitato del valore di un parametro, corrispondente agli elementi della fascia di valore assegnatagli come misura.

### Norma

Documento approvato da un organismo riconosciuto che fornisce le linee guida relative ad attività o ai loro risultati.

### Norme tecniche armonizzate

Norme che definiscono le caratteristiche di sicurezza dei prodotti e le prove di verifica relative. Si dicono armonizzate quando i riferimenti sono pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee (GUCE).

### Manuale della qualità

Documento per descrivere il sistema qualità. (def. UNI EN ISO 29004/1 - 5.3.2 )

### Misura

Informazione costituita da un numero, un'incertezza ed un'unità di misura, assegnata a rappresentare un parametro in un determinato stato del sistema.

### Misurando

Parametro sottoposto a misurazione e/o regolazione, valutato nello stato assunto dal sistema al momento della misurazione stessa.

### Misurazione

Insieme di operazioni materiali ed elaborative compiute mediante appositi dispositivi posti in interazione con il sistema misurato allo scopo di assegnare la misura di una grandezza assunta come parametro di tale sistema

### Metodo di misurazione

Specificazione delle procedure di applicazione al sistema misurato di apparecchi per misurazione, delle caratteristiche di questi e delle modalità di elaborazione dei segnali di lettura, da adottarsi per effettuare una misurazione.

### Prove di tipo

Prove funzionali e controlli non distruttivi da effettuarsi su ogni lotto.

### Prove di vita accelerate

Prove di durata lunga per lo più distruttive da effettuarsi periodicamente a campione.

### Sistema

E' una collezione di sottoinsiemi e componenti che forniscono una funzione operativa completa.

### Sistema qualità

Insieme delle regole di comportamento che sovrintendono all'attività dell'azienda.

Sistema misurato (o in misura)

Specifico sistema su cui si effettua la misurazione e/o regolazione.

Sottoinsieme

Parte di un sistema formata da più componenti, individualmente rimpiazzabili.

Unità di misura

Termine di riferimento adottato, per convenzione, per confrontare una grandezza con altre della stessa specie.

## ARGOMENTI DI NORMA NON RICHIESTI

LA FUNZIONE DI AZZARDO FUORI DAL PERIODO DI VITA UTILE

Per semplificare si può anche linearizzare la  $z(t)$  nei tre periodi.

Nel periodo di mortalità infantile la funzione d'azzardo si presenta decrescente, per cui:

$$z(t) = k_0 - k_1 t$$

$$\Rightarrow R(t) = e^{-\int_0^t z(t) dt} = e^{-\left(k_0 t - k_1 \frac{t^2}{2}\right)}$$

$$\Rightarrow f(t) = z(t) \cdot R(t) = (k_0 - k_1 t) \cdot e^{-\left(k_0 t - k_1 \frac{t^2}{2}\right)}$$

Mentre nella vecchia funzione d'azzardo è crescente:

$$z(t) = k \cdot t$$

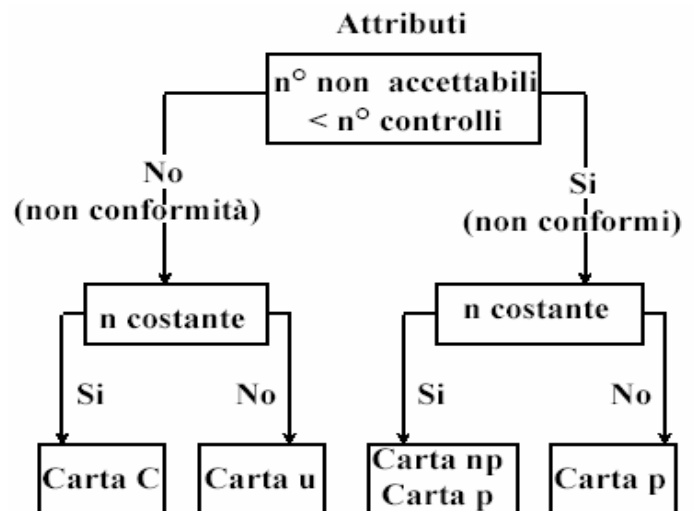
$$\Rightarrow R(t) = e^{-\int_0^t z(t) dt} = e^{-k \frac{t^2}{2}}$$

$$\Rightarrow f(t) = z(t) \cdot R(t) = k \cdot t \cdot e^{-k \frac{t^2}{2}}$$

## LE CARTE DI CONTROLLO PER ATTRIBUTI

Si usa la carta di controllo per attributi quando:

- Il processo/prodotto si presta (ex. montaggio di una unità costituita da vari componenti)
- Non è possibile ottenere dati
- Si vuole avere informazioni aggregate sulla storia del processo



### Carte $p$ = frazione di unità difettose (rispetto a quelle campionate)

$p$  =  $\frac{\text{numero di unità difettose nel sottogruppo}}{\text{numero di unità presenti nel sottogruppo}}$

$\bar{p}$  =  $\frac{\text{numero totale di unità difettose}}{\text{numero totale di unità ispezionate}}$

$$LSC_p^{(*)} = \bar{p} + [3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}]/\sqrt{n} \quad LIC_p^{(*)} = \bar{p} - [3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}]/\sqrt{n}$$

### Carte $np$ = numero di unità difettose

$$LSC_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad LIC_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

### Carte $c$ = numero di caratteristiche non conformi con un campione di numerosità costante

$\bar{c}$  =  $\frac{\text{numero di caratteristiche non conformi}}{\text{numero di sottogruppi}}$

$$LSC_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad LIC_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

### Carte $u$ = numero di caratteristiche non conformi con un campione di numerosità variabile

$\bar{u}$  =  $\frac{\text{totale di caratteristiche non conformi}}{\text{totale unità ispezionate}}$

$$LSC_u^{(*)} = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}}/\sqrt{n} \quad LIC_u^{(*)} = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}}/\sqrt{n}$$