Controllo della funzionalità

La scelta di un bene o di un servizio tra diverse soluzioni è dettata in generale dalla valutazione del rapporto tra la qualità offerta e il costo da sostenere. La qualità solitamente è intesa in termini di adeguatezza del bene allo scopo al quale è destinato, ma alla sua determinazione contribuiscono più fattori, tra i quali:

- la **conformità/funzionalità**, ovvero l'aderenza delle prestazioni alle specifiche commerciali;
- l'**affidabilità**, ossia la capacità del prodotto di mantenere nel tempo le sue caratteristiche di funzionamento (per quanto tempo si può utilizzare l'apparecchiatura, con quale frequenza si guasta);
- la **manutenibilità** (quanto facilmente il prodotto può essere riparato).

Nell'analizzare e determinare correttamente la funzionalità di una apparecchiatura, trovano applicazione metodologie di controllo statistico e di calcolo delle probabilità. Sono esse a rappresentare un primo valido strumento a sostegno dell'attività di *Decision Making* ad ogni livello organizzativo per il raggiungimento della qualità. I metodi statistici più noti per il controllo di conformità di un processo di produzione e del prodotto sono, rispettivamente, il controllo statistico per variabili e il collaudo statistico per attributi.

Controllo statistico per variabili

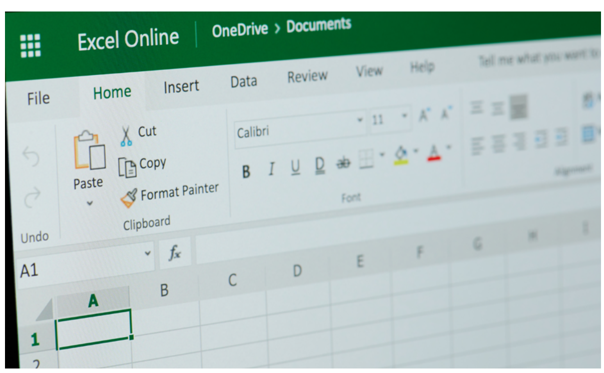
Il controllo statistico è utilizzato per analizzare e controllare la variabilità di un processo di produzione al fine del suo miglioramento continuo.
Un processo produttivo è un insieme complesso di operazioni, trasformazioni, assemblaggi e movimentazioni che una o più materie prime o semilavorati subiscono nel passare da uno stato iniziale allo stato finale desiderato.
Oltre ai materiali, un processo coinvolge anche macchine e manodopera, perciò, per una sua corretta prestazione (*performance*), è necessario monitorare alcuni elementi di base, al fine di contenerne la variabilità e diagnosticare con rapidità eventuali situazioni anomale.
Il concetto di fondo è che un prodotto soddisfa le esigenze dei clienti se è il risultato di un processo produttivo stabile. Per raggiungere questo scopo, il processo deve produrre semilavorati tali che la variabilità del loro valore nominale sia la più bassa possibile e gli oggetti esaminati vengono controllati sulla base di indicatori (lunghezza, temperatura, tensione, ecc.) valutati in forma numerica.
I dati rilevati vengono elaborati matematicamente per evidenziare, mediante opportuni indici, informazioni su "intorno a dove" si addensi la loro distribuzione, e "in quale misura" questo accada, rispettivamente, gli indici di posizione e di dispersione.
La **media aritmetica** (M) rappresenta il principale indice sintetico di posizione della centralità dei dati.
La media di n campioni x_i vale:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Lavorando con un foglio Excel, basta richiamare la funzione "MEDIA".
La media aritmetica riassume in un solo valore tutta la distribuzione dei campioni, ma vi possono essere distribuzioni che, pur avendo medie uguali, risultano profondamente diverse fra loro per come i dati sono distribuiti, con osservazioni anche molto lontane dal valore medio.
Per valutare l'entità della dispersione dei dati rispetto al valore medio, si utilizzano opportuni indici di dispersione, tra i quali il più noto è lo **scarto tipo** (o scarto quadratico medio, o deviazione standard):

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - M)^2\right)}$$

che vale la radice quadrata della media dei quadrati degli scarti dei campioni rispetto al valor medio.
In Excel basta richiamare la funzione "DEV. ST".
Lo scarto tipo risulta espresso nella medesima unità di misura della variabile considerata; il suo valore è tanto maggiore quanto più alta è la variabilità dei campioni presi in esame ed è nullo solo nel caso in cui tutti i campioni siano identici fra loro.



La distribuzione normale

Nel controllo statistico di qualità si incontrano prevalentemente delle distribuzioni di frequenza che risultano simmetriche rispetto al valor medio e la cui rappresentazione grafica (**fig. 1**), detta curva di Gauss o curva normale, può essere espressa in funzione della media e dello scarto tipo come:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-M}{\sigma}\right)^2}$$

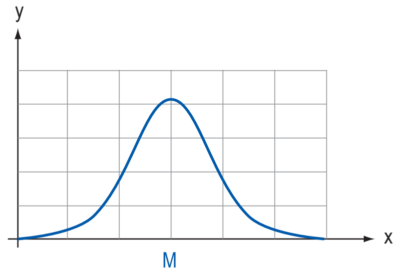


Fig. 1. *Curva di Gauss o curva normale.*

Oltre che simmetrica rispetto al valor medio (M), dove raggiunge il suo massimo, la curva assume valori molto bassi già ad una distanza pari a 2σ dal valor medio, denotando come la maggior parte delle misure sia concentrata attorno alla media.
Presi due valori x_1 e x_2, l'area della gaussiana sottesa tra i due equivale alla percentuale dei valori compresi tra i due limiti (**tab. 1**).

Tab. 1 – Percentuali dei valori compresi tra due limiti simmetrici	
Limiti	**Percentuale %**
M ± σ	68,26
M ± 2σ	95,46
M ± 3σ	99,73
M ± 4σ	99,994

Ciò significa che, in un processo normale, il 99,73% dei valori è compreso all'interno di M ± 3σ.
L'area all'esterno è detta anche area delle code.
Le misure delle caratteristiche fisiche (dimensioni, peso), meccaniche (durezza, resistenza statica) ed elettriche (impedenza) dei prodotti che escono dai processi industriali (e le variabili dei processi stessi) risultano, nella maggior parte dei casi, distribuite secondo la curva normale.
Si possono pertanto studiare, tramite la distribuzione normale, i problemi di rilievo delle "tolleranze naturali" di un processo produttivo (parti prodotte da macchine o da processi), il calcolo delle eventuali percentuali di scarto dei prodotti (area delle code in funzione dei limiti di controllo e della tolleranza a disegno del processo) e il controllo dell'andamento temporale del processo (carte di controllo).

Capacità qualitativa del processo

È molto diffuso l'impiego di indicatori dimensionali per la valutazione della capacità qualitativa dei processi produttivi. Per il calcolo di questi indicatori vengono fornite le seguenti definizioni:

UTL = limite superiore di tolleranza da progetto
LTL = limite inferiore di tolleranza da progetto
IT = intervallo di tolleranza
= UTL – LTL
UNL = limite superiore di tolleranza naturale
= M + 3σ
LNL = limite inferiore di tolleranza naturale
= M – 3σ
TN = tolleranza naturale
= UNL – LNL

I valori di UNL e LNL vengono definiti per convenzione anche per le distribuzioni non normali, in modo che la tolleranza naturale TN abbracci il 99,73% dei valori.

L'indicatore:

$$Cp = \frac{IT}{TN}$$

esprime perciò la potenzialità qualitativa di un processo produttivo ed è appunto noto come **capacità di processo** (*Process Capability*) o anche **indicatore di potenziale**.

Oltre alla capacità di processo, un altro parametro fondamentale per il controllo è la centratura, ossia quanto la media del processo si discosta dal valore nominale.

Infatti una mancata centratura rispetto al valore nominale della tolleranza del progetto può provocare dello scarto anche quando la capacità intrinseca (Cp) soddisfa i requisiti.

Calcolati i valori CPU e CPL:

$$CPU = \frac{2 \cdot (UTL - M)}{TN}$$

$$CPL = \frac{2 \cdot (M - LTL)}{TN}$$

L'**indicatore di centratura** Cpk, detto anche **indicatore di prestazione**, è pari al minimo tra CPU e CPL e fornisce una valutazione della reale bontà del processo produttivo, evidenziando dove il processo soddisfa in misura minore o la tolleranza inferiore o quella superiore (**fig. 2**).

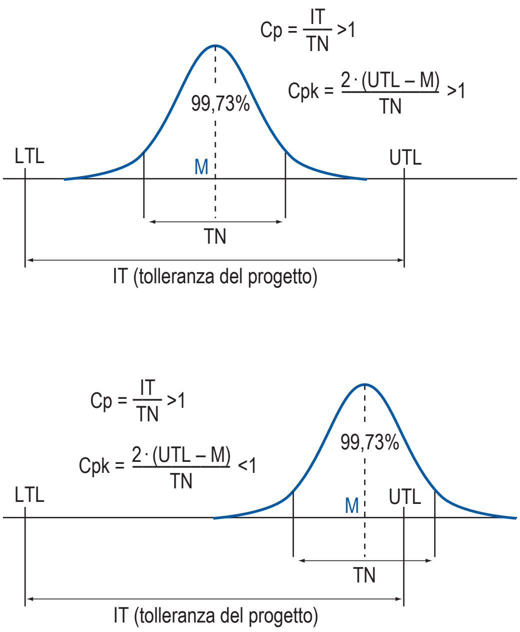


Fig. 2. *Indicatore di centratura.*

Maggiore è la centratura e minore è la percentuale di elementi difettosi (**tab. 2**).

Tab. 2 – Relazione tra Cpk e numero di elementi difettosi	
Cpk	**Parti difettose ogni milione di esemplari (ppm)**
1,0	2700
1,33	63
1,5	7

Molte aziende pretendono a livello contrattuale forniture con Cpk ≥ 1,33 e aziende produttive all'avanguardia nella qualità hanno ormai come obiettivo la gestione dei processi nei quali Cpk ≥ 1,33.

Collaudo statistico per attributi

Il collaudo (o controllo) statistico per attributi consiste nell'ispezione di un campione di un lotto produttivo, e nella conseguente decisione di accettazione, rifiuto, approfondimento del campionamento, rettifica del lotto o modifica dell'intensità del campionamento.

Gli oggetti esaminati vengono classificati come conformi o non conformi ad una certa caratteristica prescelta (difettoso o non difettoso).

A livello contrattuale, si applica principalmente a lotti di prodotti finiti pronti per essere spediti al cliente.

La probabilità che si verifichi un determinato evento tende ad esprimere quantitativamente il grado di fiducia o di aspettativa interrogativa che un evento risulti verificato a rilevazione compiuta, e viene calcolata come rapporto fra il numero di casi favorevoli e il numero di casi possibili.

Dato un evento E, se si hanno un numero h di casi favorevoli all'interno di un numero n di casi possibili, la probabilità che l'evento E si verifichi è data da:

$$P_{(E)} = \frac{h}{n} = p$$

mentre la probabilità che l'evento non si verifichi vale:

$$Q_{(E)} = \frac{n-h}{n} = \frac{n}{n} - \frac{h}{n} = 1 - p = q$$

difatti:

$$p + q = 1$$

Quest'ultima equivale anche alla probabilità dell'evento certo, vale a dire dell'evento che si verifica n volte (numero di casi favorevoli) su n (numero di casi possibili), cioè sempre.

Per esempio, l'estrazione di una pallina rossa da un'urna contenente solo palline rosse è un evento certo.

Esistono diversi modelli probabilistici specifici per ogni tipo di problema di collaudo; tra questi i più utilizzati sono, rispettivamente, i modelli ipergeometrico, binomiale e di Poisson.

Modello ipergeometrico

Il modello ipergeometrico è indicato per i lotti di numerosità finita, dai quali si estrae un unico campione di elementi.

Secondo questo modello, se da un lotto finito di N elementi, contenente Np elementi difettosi, si estrae in blocco (cioè senza reinserimento) un campione casuale di n elementi, la probabilità che il campione contenga un numero x di elementi difettosi vale:

$$P_{(x)} = \frac{\binom{Np}{x}\binom{Nq}{n-x}}{\binom{N}{n}} = \frac{\text{numero di casi favorevoli}}{\text{numero di casi possibili}}$$

dove $\binom{Np}{x}$ rappresenta i gruppi possibili di x elementi difettosi, e in generale la quantità $\binom{Z}{K}$ indica il numero di combinazioni di Z elementi di classe K, vale a dire contenenti raggruppamenti di K elementi senza tener conto dell'ordine con cui sono raggruppati, e vale:

$$\binom{Z}{K} = \frac{Z!}{K! \cdot (Z-K)!}$$

con Z! (Z fattoriale) che vale:

$$Z! = Z \cdot (Z - 1) \cdot (Z - 2) \cdot (Z - 3) \cdot ... \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$$

e con 0! = 1 per definizione.
Lavorando con l'ausilio del foglio elettronico, basta richiamare la funzione statistica "DISTRIB. IPERGEOM".

Modello binomiale

Mentre il modello ipergeometrico è indicato per i lotti finiti, sui quali si opera un unico campionamento, senza ripetizione, il modello binomiale si applica laddove la dimensione del lotto è tanto grande da poterlo considerare infinito e quindi la probabilità di estrazione di ogni elemento rimane costante da estrazione a estrazione.

L'applicazione del metodo binomiale richiede difatti che sussistano due condizioni: di indipendenza tra le prove e che la probabilità che si verifichi un successo sia costante in tutte le prove.
Nel caso dei lotti infiniti, o abbastanza grandi in rapporto alla dimensione del campione, l'estrazione di un elemento dal lotto difatti non modifica sostanzialmente le condizioni di probabilità di una estrazione successiva.
Il modello binomiale si basa sull'assunzione che da una prova, o una osservazione, si possono ottenere due soli risultati, detti rispettivamente "successo" e "insuccesso".
Secondo tale metodo, la probabilità di ottenere x successi (vale a dire x volte un prefissato risultato) nelle n prove, indipendentemente dall'ordine con cui si presentano, è data da:

$$P_{(X)} = \binom{n}{x} \cdot p^{x} \cdot q^{(n-x)} \Rightarrow p(n;x)$$

dove $\binom{n}{x}$ è il numero delle possibili combinazioni di n soggetti presi a x a x, p è la probabilità di ottenere un successo e q la probabilità di ottenere un insuccesso (p + q = 1).
Su foglio elettronico è disponibile la funzione statistica "DISTRIB.BINOM".

Modello di Poisson

Il modello di Poisson semplifica maggiormente i calcoli e si applica quando al crescere della numerosità del campione diminuisce la probabilità di trovare nel campione un successo, per esempio, in sostituzione del modello binomiale, nello studio di quegli eventi detti **eventi rari**.

Si dimostra infatti che, quando i due parametri n e p della binomiale sono legati dalla relazione:

$$n \cdot p = \lambda$$

che sta ad indicare che all'aumentare della numerosità del campione, diminuisce la probabilità p di ottenere un successo, il modello binomiale può essere approssimato al modello di Poisson, la cui distribuzione è espressa dalla relazione:

$$P_{(x)} = e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^{x}}{x!}$$

In Excel basta richiamare la funzione statistica "POISSON".

La norma UNI ISO 2859

Relativamente ai piani di campionamento nel controllo (collaudo) statistico per attributi, la norma di riferimento è la UNI ISO 2859 - parte 1ª, "Procedimenti di campionamento nel collaudo per attributi - Piani di campionamento indicizzati secondo il livello di qualità accettabile (LQA) per un collaudo lotto per lotto".
La norma non deve essere intesa come un procedimento per stimare la qualità del lotto o per separare i lotti in funzione della stessa. Essa presuppone che cliente e fornitore concordino i piani di campionamento e i procedimenti di collaudo per attributi, indicando un livello di qualità accettabile, con lo scopo di mantenere, attraverso una pressione di tipo economico e psicologico, un livello medio del processo non peggiore del livello LQA specificato, e di dare al cliente un limite superiore (probabilità inferiore) al rischio di accettare occasionalmente un lotto di bassa qualità.
I diversi piani di campionamento sono legati sia al livello di rischio (probabilità) che il fornitore si assume di vedersi respinti dei lotti con difettosità inferiore a un livello di qualità accettabile (LQA), sia al livello di rischio (probabilità) che il cliente si assume di accettare lotti con difettosità superiore a LQA.
Normalmente sullo stesso particolare vengono definiti contrattualmente tra fornitore e cliente più valori di LQA, uno per le non conformità considerate più gravi (classe A) e altri per non conformità in ordine decrescente di importanza.
A livello contrattuale bisogna inoltre stabilire se il valore di LQA scelto si intende riferito ai difetti trovati in una singola caratteristica del prodotto, o alla somma dei difetti di due o più caratteristiche dello stesso prodotto.
Il livello di qualità accettabile (LQA) è un parametro direttamente proporzionale alla percentuale mas-

sima di unità non conformi che si intende tollerare in un lotto, ed è necessaria per poter accedere ai piani di campionamento per il collaudo statistico per attributi.

Il **livello di collaudo** rappresenta la relazione tra la numerosità del lotto e quella del campione.
La normativa suddivide i livelli di collaudo in "speciali" e "generali" (**tab. 3**).
I livelli di collaudo da S-1 a S-4 sono classificati speciali e devono essere utilizzati quando è indispensabile limitare al minimo la numerosità del campione, per esempio nei collaudi distruttivi.
I livelli di collaudo I, II e III sono classificati generali, e fra questi normalmente si utilizza il II. Passare dal I al III livello significa aumentare la numerosità del campione e, conseguentemente, aumentare la precisione del collaudo nella valutazione del lotto.
Incrociando un livello di collaudo con la numerosità del lotto, è possibile individuare il codice letterale necessario per determinare la numerosità del campione.

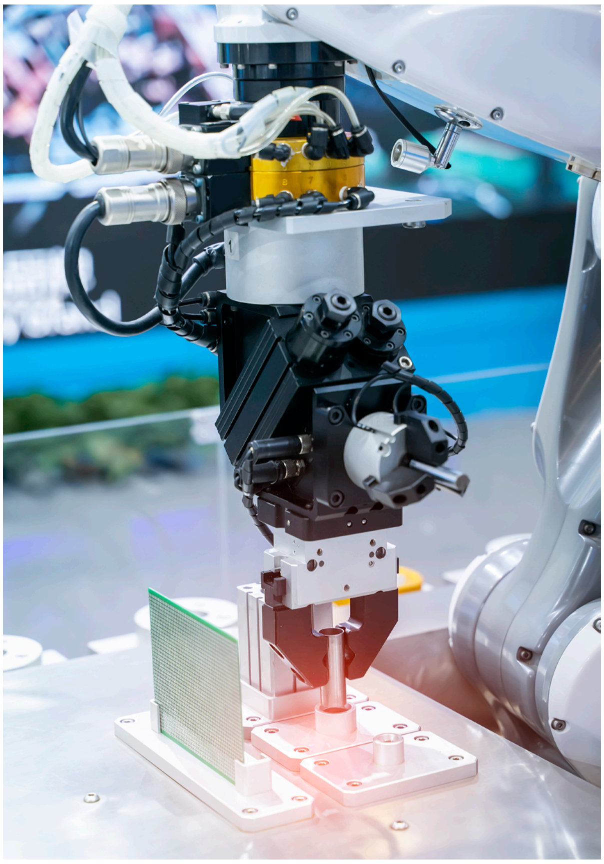
Tab. 3 – Codice letterale per la numerosità del campione (valori a solo scopo esercitativo tratti dalla norma UNI ISO 2859)

Numerosità del lotto	Livelli di collaudo speciali				Livelli di collaudo generali		
N	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 fino a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 fino a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 fino a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 fino a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 fino a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 fino a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 fino a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 fino a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 fino a 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 fino a 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 fino a 10.000	C	D	F	G	J	L	M
10.001 fino a 35.000	C	D	F	H	K	M	N
35.001 fino a 150.000	D	E	G	J	L	N	P
150.001 fino a 500.000	D	E	G	J	M	P	Q
oltre 500.001	D	E	H	K	N	Q	R

Per quanto riguarda i **piani di campionamento**, la normativa li suddivide in tre categorie:
- semplici (**tab. 4**);
- doppi;
- multipli.

Scelto il piano di campionamento, noti il valore di LQA e la lettera di codice (ottenuta in relazione alla numerosità del lotto e al livello di collaudo), è possibile ricavare:
- la **numerosità del campione**;
- il **numero di accettazione** (NA, numero dei difetti presenti nel campione entro cui il lotto viene comunque accettato);
- il **numero di rifiuto** (NR, numero di difetti a partire dal quale il lotto viene respinto).

Quanto detto in merito all'accettazione e al rifiuto del lotto vale solo per il campionamento semplice, dove tra l'altro NA e NR sono a distanza unitaria; diversa e più complessa è invece la procedura per i piani di campionamento doppi, multiplo e per il collaudo ridotto (UNI ISO 2859 - parte 1ª - punto 11).
Il collaudo ordinario, inoltre, può essere dosato nel tempo in funzione dell'esito dei controlli sulle forniture.
In pratica si può diminuire il controllo (collaudo ridotto) là dove non ci sono frequenti non conformità e, viceversa, intensificarlo (collaudo rinforzato) dove sono più frequenti le non conformità.
Una regola classica consiste nell'iniziare con il collaudo ordinario, passare al controllo ridotto dopo 10 lotti consecutivi conformi e tornare all'ordinario al primo lotto non conforme, oppure passare dal collaudo ordinario al collaudo rinforzato se 2 lotti su 5 consecutivi sono risultati non conformi e tornare all'ordinario dopo 5 lotti consecutivi conformi.



Tab. 4 – Piani di campionamento semplici per il collaudo ordinario

Lettera codice per la numerosità del Campione	Numerosità del Campione	Livelli di qualità accettabile per il collaudo ordinario																									
		0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,1	0,15	0,25	0,4	0,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1.000
		NA Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr	Na Nr
A	2														↓	0 1		↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
B	3													↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
C	5												↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
D	8											↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	
E	13										↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑		
F	20									↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑			
G	32								↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑						
H	50							↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑							
J	80						↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑								
K	125					↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑									
L	200				↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑										
M	315			↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑											
N	500		↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑												
P	800	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑													
Q	1250	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑														
R	2000	↑		1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑															

↓ = Usare il primo piano di campionamento sotto la freccia. Se la numerosità del campione uguaglia o supera quella del lotto, collaudare al 100%.

↑ = Usare il primo piano di campionamento sopra la freccia. | Na = Numero di accettazione | Nr = Numero di rifiuto

ESERCIZIO A

Dato un lotto di 15.000 apparecchiature, volendo un livello di qualità accettabile LQA = 1 con livello di collaudo = II, stabilire la numerosità del campione da controllare, i valori del numero di accettazione NA e del numero di rifiuto NR e successivamente determinare mediante il foglio elettronico la probabilità di trovare fino a NA pezzi difettosi nel campione di collaudo, utilizzando le distribuzioni binomiale e di Poisson.

SOLUZIONE

Dalla **tab. 3**, relativa al codice letterale per numerosità del campione, si ottiene il codice M, e con questo, dalla **tab. 4** relativa al piano di campionamento si ricava prima la numerosità del campione da controllare, pari a 315, e incrociando con LQA = 1, il numero di accettazione NA = 7 e il numero di rifiuto NR = 8.

Utilizzando il foglio elettronico, la probabilità di trovare fino a 7 pezzi difettosi secondo la distribuzione binomiale vale:

DISTRIB.BINOM(7;315;0,01; VERO) = 0,985

poiché 7 è il numero dei successi nelle 315 prove indipendenti; inoltre, avendo imposto LQA = 1, la difettosità attesa è 1%, ovvero la probabilità di successo per ciascuna prova vale 0,01, e la probabilità di trovare fino a 7 pezzi difettosi include anche le difettosità inferiori, perciò il parametro cumulativo va posto uguale a vero.

Utilizzando la distribuzione di POISSON, considerando che la media (difettosità di riferimento) vale l'1% di 315 pezzi, cioè media = 3,15, la probabilità di trovare fino a 7 pezzi difettosi vale:

POISSON(7;3,15; VERO) = 0,985

un risultato identico al precedente.

ESERCIZIO B

Dato un lotto di 1000 apparecchiature, volendo un livello di qualità accettabile LQA = 0,1 con livello di collaudo = II, stabilire la numerosità del campione da controllare, i valori del numero di accettazione NA e del numero di rifiuto NR e successivamente determinare mediante il foglio elettronico la probabilità di trovare fino a NA pezzi difettosi nel campione di collaudo, utilizzando le distribuzioni binomiale e di Poisson.

SOLUZIONE

Dalla **tab. 3**, relativa al codice letterale per numerosità del campione, si ottiene il codice J, e con questo, dalla **tab. 4** relativa al piano di campionamento si ricava prima la numerosità del campione da controllare, pari a 80, e incrociando con LQA = 0,1, si intercetta una freccia che indica di passare al codice letterale K, con numerosità del campione 125, numero di accettazione NA = 0 e numero di rifiuto NR = 1.

Avendo imposto LQA = 0,1 la difettosità attesa è 0,1%, ovvero la probabilità di successo per ciascuna prova vale 0,001.

Utilizzando il foglio elettronico, la probabilità di trovare 0 pezzi difettosi (NA) secondo la distribuzione binomiale risulta:

NA = DISTRIB.BINOM(0;125;0,001; VERO)= 0,882

Utilizzando la distribuzione di POISSON, considerando che la media (difettosità di riferimento) vale lo 0,1% di 125 pezzi, cioè media = 0,125, la probabilità di trovare 0 pezzi difettosi vale:

POISSON(0;0,125; VERO) = 0,882

di risultato identico al precedente.

ESERCIZIO 1

Dato un lotto di 40.000 dispositivi, volendo un livello di qualità accettabile LQA = 0,4 con livello di collaudo = II, stabilire la numerosità del campione da controllare, i valori del numero di accettazione NA e del numero di rifiuto NR e successivamente determinare mediante il foglio elettronico la probabilità di trovare fino a NA pezzi difettosi nel campione di collaudo, utilizzando le distribuzioni binomiale e di Poisson.

[Ris.: N; 500; NA = 5; NR = 6; P = 0,9837; P = 0,9834]

ESERCIZIO 2

Dato un lotto di 2000 apparecchiature, volendo un livello di qualità accettabile LQA = 0,65 con livello di collaudo = II, stabilire la numerosità del campione da controllare, i valori del numero di accettazione NA e del numero di rifiuto NR e, successivamente, determinare mediante il foglio elettronico la probabilità di trovare fino a NA pezzi difettosi nel campione di collaudo, utilizzando le distribuzioni binomiale e di Poisson.

[Ris.: K; 125; NA = 2; NR = 3; P = 0,951]