

ALBERTO FORTUNATO

LE CARTE DI CONTROLLO IN EXCEL

Utilizzare Excel per realizzare
le carte per il controllo statistico
degli output di processo

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,21$$

ALBERTO FORTUNATO

LE CARTE DI CONTROLLO IN EXCEL

**Utilizzare Excel per realizzare
le carte per il controllo statistico
degli output di processo**

MANAGEMENT TOOLS

Sommario

Il controllo dei processi	6
1.1 Struttura ed output del processo	6
1.2 Il campionamento	7
1.3 La variabilità del processo	8
1.4 Il calcolo dei limiti di controllo	9
Le carte di controllo	10
2.1 Le carte di controllo	10
2.2 Carte di controllo per variabili e per attributi	10
2.3 Schema delle carte di controllo	12
2.4 La carta p (frazione difettosa)	13
2.5 La carta pn (numero di unità difettose)	14
2.6 Il criterio di scelta tra le carte p e pn	14
2.7 La carta c (numero di difetti)	15
2.8 Carta u (Numero di difetti per unità)	16
2.9 La carta $\bar{x} - R$ (valore medio e campo di variazione)	17
2.10 La carta \bar{x} (valore osservato)	18
Carta p - La frazione difettosa	19
3.1 Impostazione della carta di controllo p nel foglio Excel	20
3.2 Il calcolo della porzione difettosa	21
3.3 Il valore centrale della carta p	24
3.4 I limiti del controllo della carta p	25
3.5 La realizzazione del grafico della carta p	28
3.6 Il miglioramento del processo	35
3.7 La ri-formulazione della carta di controllo	39

3.8 Il calcolo della dimensione campionaria minima	41
La carta pn I prodotti difettosi	43
4.1 I prodotti difettosi	43
4.2 L'impostazione in Excel della carta pn	44
4.3 Il calcolo dei limiti di controllo della carta pn	46
4.4 Creazione dei valori per il grafico	48
Il controllo delle non conformità. La carta c.	50
5.1 Il monitoraggio dei difetti	50
5.2 Il calcolo dei limiti nella carta c	52
5.3 Realizzazione del grafico della carta c	53
La carta di controllo u	59
6.1 Il numero di difetti per unità	59
6.2 Il calcolo dei limiti per la carta u	61
6.3 Il grafico della carta u	62
La carta di controllo x - R	63
7.1 Il controllo della media e del campo di variazione	63
7.2 Il calcolo della statistica campionaria	65
7.3 Il calcolo dei limiti del controllo	67
7.4 La creazione del grafico della carta x - R	70
7.5 La carta R. Il controllo della dispersione	76
7.6 La carta di controllo x	83

Prefazione

I destinatari del testo

Gli utenti a cui è rivolto il testo sono innanzitutto managers, professionisti, imprenditori e comunque coloro che per motivi di lavoro hanno l'obiettivo di "tenere sotto controllo" i processi aziendali.

Particolarmente preferiti sono coloro che nutrono interesse e "passione" per la comprensione razionale delle dinamiche di processo e prediligono il ricorso a strumenti scientifici di precisione per gestirne gli output e documentarne in maniera ineccepibile gli andamenti.

Le carte di controllo sono uno strumento validissimo per assicurare la stabilità ai processi produttivi e ai processi commerciali e la struttura di ciascuna carta può essere ulteriormente elaborata dal lettore al fine di eseguire il controllo di qualsivoglia variabile o attribuito inerenti l'attività aziendale.

La modalità con cui viene illustrata la creazione delle carte di controllo con il foglio elettronico Excel privilegia la somministrazione illustrata di ciascun singolo passaggio che il lettore può compiere - al proprio computer - con l'ausilio del testo. Per lo sviluppo delle carte di controllo in Excel non è richiesta alcuna conoscenza avanzata nell'uso dell'applicativo.

Il lettore è guidato, passo dopo passo, a seguire la costruzione delle carte acquisendo gradualmente la consapevolezza della tecnica statistica che sta utilizzando.

Capitolo 1

Il controllo dei processi

1.1 Struttura ed output del processo

Nell'ambito della qualità ed in generale della gestione per processi, l'analisi del processo si effettua per prendere consapevolezza di come questo sia strutturato e di quali performances è capace.

Se immaginiamo un processo commerciale potremmo notare che esso ha una struttura interna fatta di attori che compiono delle attività. C'è chi telefona e prende appuntamenti, chi invece (a seguito della telefonata) si reca dal potenziale cliente per proporre un determinato prodotto e chi poi si occupa di svolgere una negoziazione per fare acquistare il prodotto e soddisfare il cliente.

Ciascuna attività compiuta da un attore genera degli output utili all'attività che compirà l'attore seguente. Tanto gli output intermedi quanto quelli finali possono essere misurati al fine di monitorare il processo nel suo divenire. Monitorare il processo vuol dire prestare attenzione costante ai suoi output con la possibilità di intervenire sulle cause che possono determinarne l'instabilità. Non solo. Monitorare il processo significa anche valutare costantemente l'omogeneità del prodotto e la conformità di questo ai requisiti precedentemente determinati. Per ciò che concerne gli output finali di un processo ci proporremo di guardare ai prodotti e/o ai servizi che sono destinati al

cliente finale. Focalizzeremo l'attenzione del monitoraggio sui campioni prodotti generati dai processi e acquisiti ai fini della costruzione della carta di controllo.



Figura 1 - Esempio di processo commerciale con fasi e output

In realtà costruiremo, di volta in volta, delle carte di controllo guardando a degli esempi di processi produttivi del mondo reale che hanno in comune il fatto di iniziare dall'acquisizione di un certo numero di campioni di prodotti da un determinato processo.

1.2 Il campionamento

L'analisi del campione o dei campioni consentirà di ottenere delle informazioni utili al fine di dare un giudizio in merito alla stabilità del processo che ha generato quei prodotti e che ne genererà degli altri. Il trattamento dei dati e l'analisi delle grandezze basano il fondamento sulla statistica ed in particolare su quella descrittiva per quanto riguarda il calcolo della media e della dispersione relative ai campioni di prodotti. C'è poi il riferimento al capitolo della Verifica delle Ipotesi per quanto riguarda il fondamento su cui poggia il giudizio di valutazione della stabilità del processo e/o dell'omogeneità del prodotto.

Per prendere familiarità con i grafici relativi alle carte di controllo cominciamo ad illustrare l'esempio di un'azienda che, producendo lamine di alluminio per il rivestimento dei convogli ferroviari, acquisisce un campione di 40 lamine per valutarne la conformità dell'altezza stabilita da contratto di 1660 millimetri.

L'analisi del campione evidenzierà che alcune lamine saranno conformi, altre invece avranno un'altezza moderatamente differente da quella prestabilita. Altre ancora avranno un'altezza non accettabile per i requisiti contrattuali.

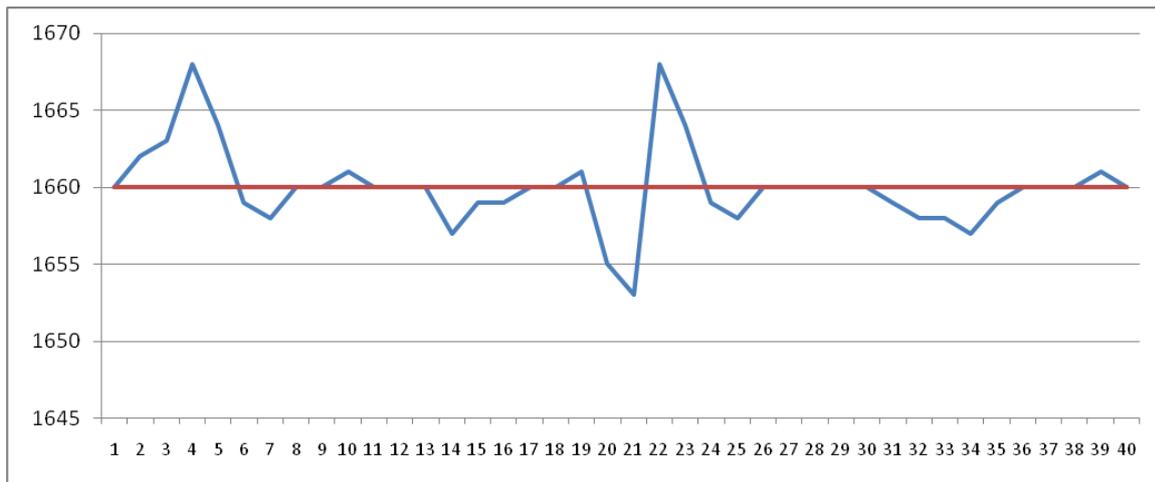


Figura 2 - Altezza in millimetri delle quaranta lamine di alluminio

Nella figura 2 c'è il grafico che in corrispondenza di ciascuna lamina appartenente al campione (nell'asse orizzontale) evidenzia l'altezza misurata in millimetri (nell'asse verticale).

A prescindere da quelli che sono i limiti imposti dal contratto focalizziamo l'attenzione sulla stabilità del processo produttivo delle lamine e notiamo che gli output lasciano supporre che il processo sia instabile. Infatti se alcune lamine misurano proprio 1660 millimetri, altre invece sono più alte oppure più basse. Il processo non è stato sempre capace di produrre lamine alla stessa altezza.

1.3 La variabilità del processo

Un concetto fondamentale da apprendere per chi si appresta a svolgere analisi di processo è quello della variabilità del processo. Possiamo affermare che nel mondo reale tutti i processi hanno output variabili. Non c'è probabilmente ancora un processo che riesce perfettamente a riprodurre output con caratteristiche assolutamente identiche. La variabilità è propria dell'universo materiale delle cose. E' nella natura. Tuttavia la statistica ci aiuta a distinguere la variabilità *naturale* di un processo, dovuta esclusivamente al caso (variabilità incontrollabile), dalla variabilità attribuibile – con un certo grado di accuratezza – ad eventi esterni. Cause esterne al processo. Eventi o elementi perturbatori.

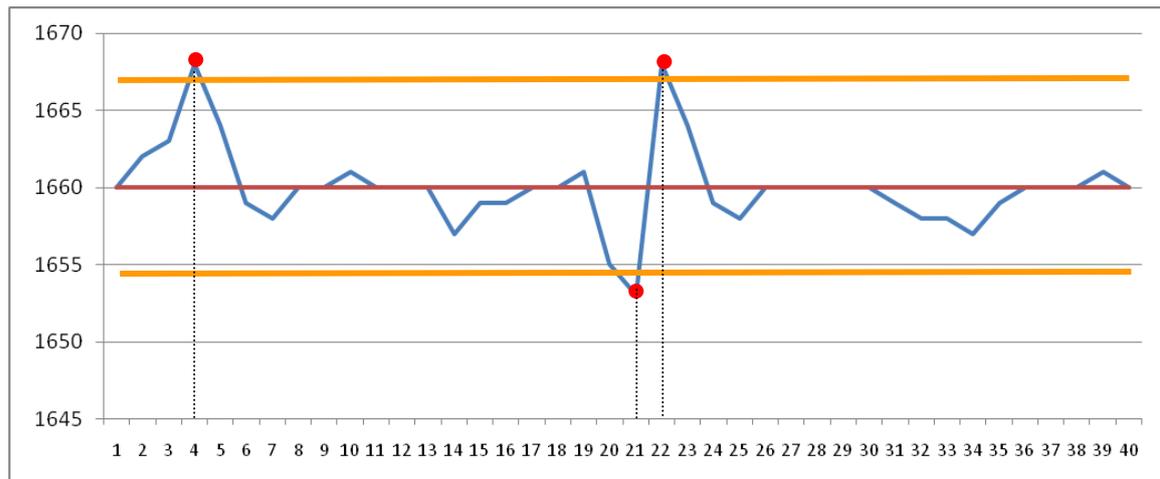


Figura 3 - Confronto dei valori con i limiti di controllo

Nella figura 3 vediamo che le quaranta lamine prese a campione assumono valori diversi, tuttavia molto prossimi al valore medio che è 1660 millimetri. Le lamine numero 4, 21 e 22 sono quelle che hanno un'altezza abbastanza diversa dal valore medio. Il valore in millimetri è abbastanza lontano dal valore medio. La soglia discriminante tra i valori che pur assumendo un valore diverso dalla media esprimono una naturale variabilità del processo e quelli che invece lasciano supporre la presenza di fattori di instabilità è rappresentata dai valori di controllo rappresentati dalla linea del limite superiore e dalla linea del limite inferiore.

1.4 Il calcolo dei limiti di controllo

Calcolare i limiti di controllo per stabilire se determinati valori campionari lasciano supporre la presenza di cause destabilizzanti è molto semplice. Bisogna applicare una formula grazie alla quale otterremo due valori che determinano un intervallo attorno alla media.

La formula varia a seconda di quale sia l'oggetto del nostro monitoraggio. Le carte di controllo infatti hanno una molteplice configurazione a seconda di ciò che devono controllare.

Capitolo 2

Le carte di controllo

2.1 Le carte di controllo

Nella presente trattazione avremo modo di confrontarci con sei diverse carte di controllo. Probabilmente sono quelle più utilizzate e forniscono la base teorica e pratica per poterne progettare delle altre.

Le sei carte di controllo da comprendere e da utilizzare sono le seguenti:

- la carta p (frazione difettosa);
- la carta pn (numero di unità difettose);
- la carta c (numero di difetti);
- la carta u (numero di difetti per unità);
- la carta $\bar{x} - R$ (valore medio e campo di variazione);
- la carta \bar{x} (valore osservato).

2.2 Carte di controllo per variabili e per attributi

A seconda dell'oggetto del controllo, si utilizzano due tipologie di carte quelle per variabili e quelle per attributi. Le carte di controllo per variabili sono adatte a esercitare il controllo su output di processo misurati mediante l'impiego di dati di natura continua. Si immagini ad esempio ad un'azienda che produce biscotti che tiene sotto controllo il processo di produzione mediante il monitoraggio del peso oppure delle

L'UTILIZZO DELLE CARTE

L'utilizzo delle carte di controllo è ancora poco diffuso in quanto vi è poca consapevolezza dell'utilità degli strumenti statistici soprattutto nella PMI. L'ambito nel quale le carte di controllo trovano un maggiore impiego è quello della qualità. Esse tuttavia possono essere utili a tenere sotto controllo i più svariati tipi di processo.

dimensioni dei biscotti prodotti. Le carte di controllo per attributi invece sono utilizzate nell'ambito dei servizi in quanto permettono il monitoraggio di dati espressi sotto forma di conteggio. Si immagini un'azienda sanitaria che conta periodicamente quanti siano i pazienti deospedalizzati (che ricevono prestazioni presso il proprio domicilio) su un certo numero totale di pazienti ecc.

Il responsabile del controllo qualità, al fine di garantire la stabilità di un processo (e conseguentemente la conformità di un prodotto) deve scegliere di adottare la carta di controllo più adatta ad esprimere l'output da

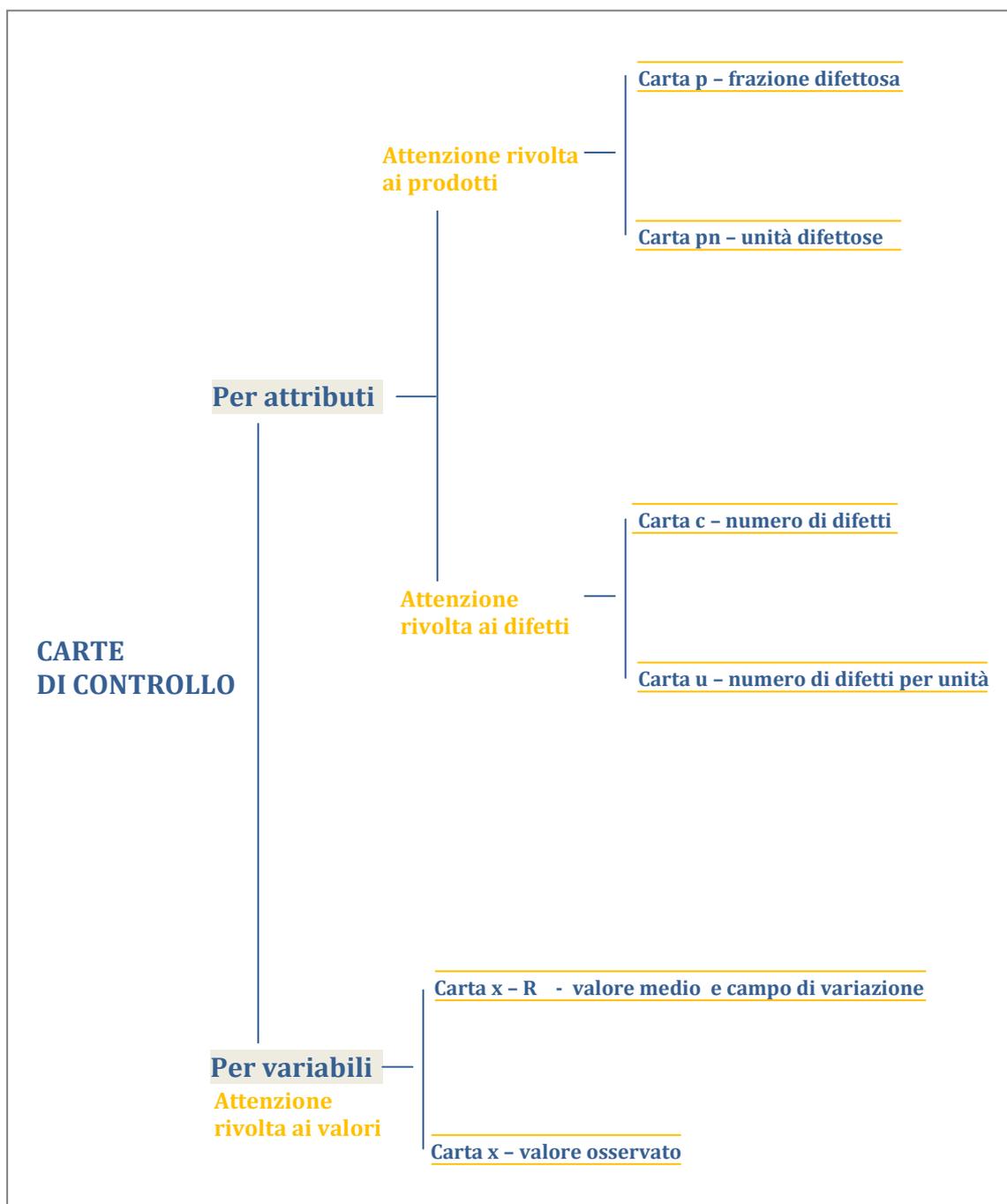
monitorare. Deve cioè considerare la modalità quantitativa con cui è espressa la variabile output, la possibilità di effettuare il campionamento, la frequenza con la quale effettuare campionamento ecc.

Le carte di controllo hanno in comune il riferimento costante a dei valori (massimo, minimo e media) rispetto ai quali viene confrontato il valore assunto dalla variabile in esame al termine di ciascun ciclo di processo o in occasione di un momento prestabilito. Il valore di riferimento centrale è rappresentato dal valore medio assunto dalla variabile monitorata. Si pensi ad esempio al numero medio di ore settimanali di produzione di un certo reparto. Oppure si pensi al numero medio di assenze mensili di una squadra di operai. La media, calcolata su un certo intervallo, diventa un riferimento di normalità. La prossimità del valore assunto dalla variabile tenuta sotto controllo al valore medio consente di appurare l'assenza di cause di perturbazione. Detto in altre parole, il confronto tra il valore assunto di volta in volta dalla variabile tenuta sotto controllo con il valore medio consente di prendere la consapevolezza del grado di dispersione. I valori più lontani dalla media sono quelli che destano maggiore preoccupazione. Viceversa, i valori più prossimi alla media sono quelli che esprimono maggiore stabilità. Costruendo in Excel la prima carta di controllo riusciremo ad ottenere ulteriori spiegazioni ed un quadro più completo e più approfondito di quanto abbiamo detto.

2.3 Schema delle carte di controllo

Lo schema illustra la tipologia di carte di controllo che andremo a costruire in Excel. E' importante fin da ora comprendere la sostanziale differenza che intercorre tra quelle per attributi e quelle invece per variabili. Poi è importante - come meglio vedremo in seguito negli esempi - distinguere le carte di controllo che focalizzano l'attenzione alternativamente sui prodotti, sui difetti e sui valori.

La comprensione delle differenze tra le carte ci aiuta ad analizzare e controllare il processo con gli strumenti appropriati.



2.4 La carta p (frazione difettosa)

La carta p serve a tenere sotto controllo l'entità percentuale che assume la porzione difettosa di un certo numero di unità di prodotto. Un processo produttivo di tappi di sughero, ad esempio, potrebbe stabilizzare intorno al 0,3 % la percentuale dei tappi che vanno eliminati poiché non conformi a quanto previsto per il loro utilizzo.

La carta p perciò è adatta a prendere in considerazione quanto si misura in termini di percentuale difettosa dei campioni sottoposti a test.

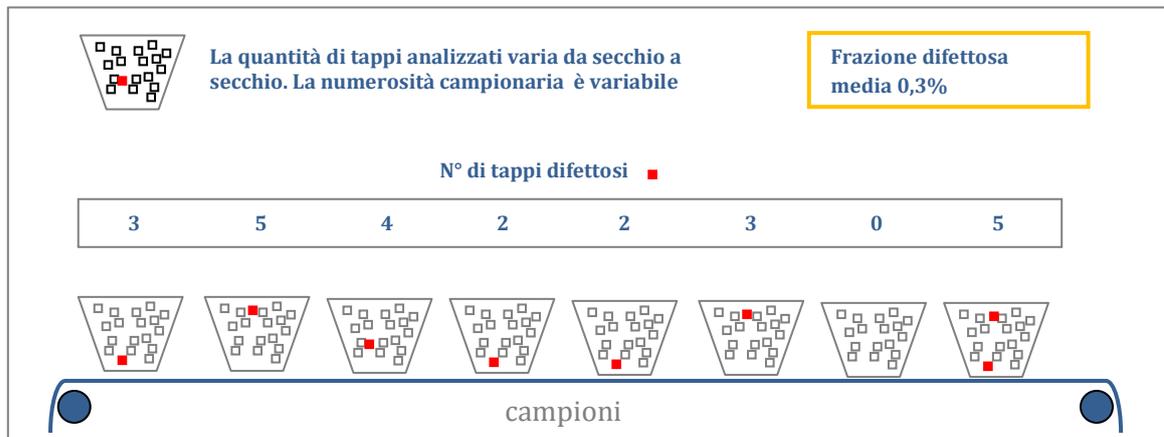


Figura 4 - Frazione difettosa media contenuta nei secchi di tappi presi a campione

2.5 La carta pn (numero di unità difettose)

La carta pn focalizza l'attenzione sulle unità difettose. Soltanto apparentemente identica alla carta p, questa carta non si cura di unità difettose in termini di percentuale, ma guarda precisamente al numero di unità e/o prodotti difettosi presenti all'interno dei campioni che sono tutti della stessa numerosità. Se ci trovassimo nel processo dell'esempio precedente, quello cioè dei tappi di sughero, la carta di controllo pn misurerebbe il numero effettivo di tappi di sughero non conformi all'interno dei campioni di tappi prodotti.

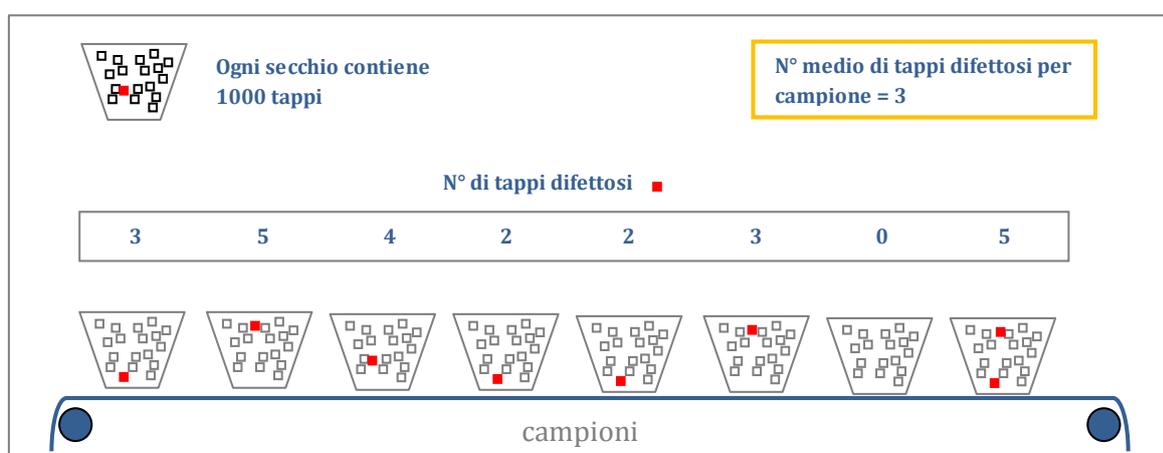


Figura 5 - Numero medio di tappi difettosi contenuti nei secchi presi a campione

2.6 Il criterio di scelta tra le carte p e pn

La modalità di costruzione della carta p e quella della carta pn è la stessa. La scelta di utilizzo della carta di controllo p in alternativa alla carta di controllo pn (e viceversa) dipende dalla modalità di campionamento. Se ci troviamo nelle condizioni di esaminare dei campioni di diversa dimensione adottiamo la carta p. Se invece abbiamo la possibilità di analizzare dei campioni costanti e cioè della stessa dimensione campionaria allora adottiamo la carta pn.

2.7 La carta c (numero di difetti)

Con la carta c l'attenzione del monitoraggio si sposta dal prodotto difettoso ai difetti dei prodotti che costituiscono il campione. Non si enumerano unità difettose ma difetti presenti nei campioni. Se analizziamo campioni di tessuto di venti metri ciascuno, ebbene ogni campione preso dal rullo che scorre, potrebbe contenere un certo numero di difetti. In un campione, ad esempio, ci potrebbero essere difetti relativi alla colorazione o alla tessitura. In altri campioni potrebbero aggiungersi difetti relativi al taglio oppure alla presenza di sfilature. La carta c è adatta al controllo di difetti relativi a produzione in serie o meglio produzione a rullo di prodotto omogeneo.

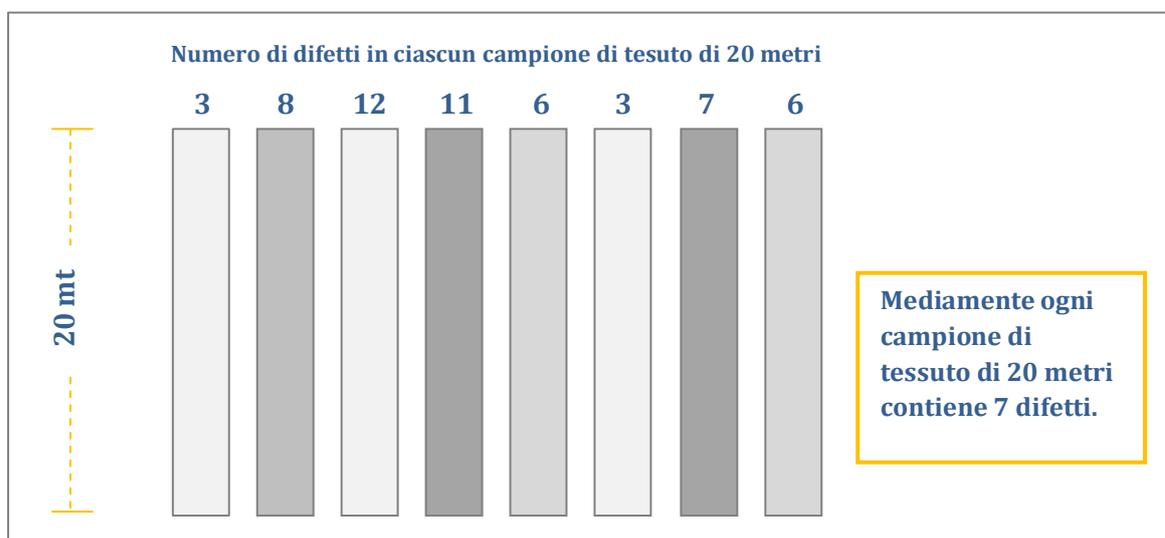


Figura 6 - Numero medio dei difetti nel campione

2.8 Carta u (Numero di difetti per unità)

Se effettuiamo un controllo per conteggiare quanti difetti riscontriamo su campioni di tessuto che non sono tutti uguali e cioè non sono della stessa metratura allora dobbiamo impiegare la carta di controllo u.

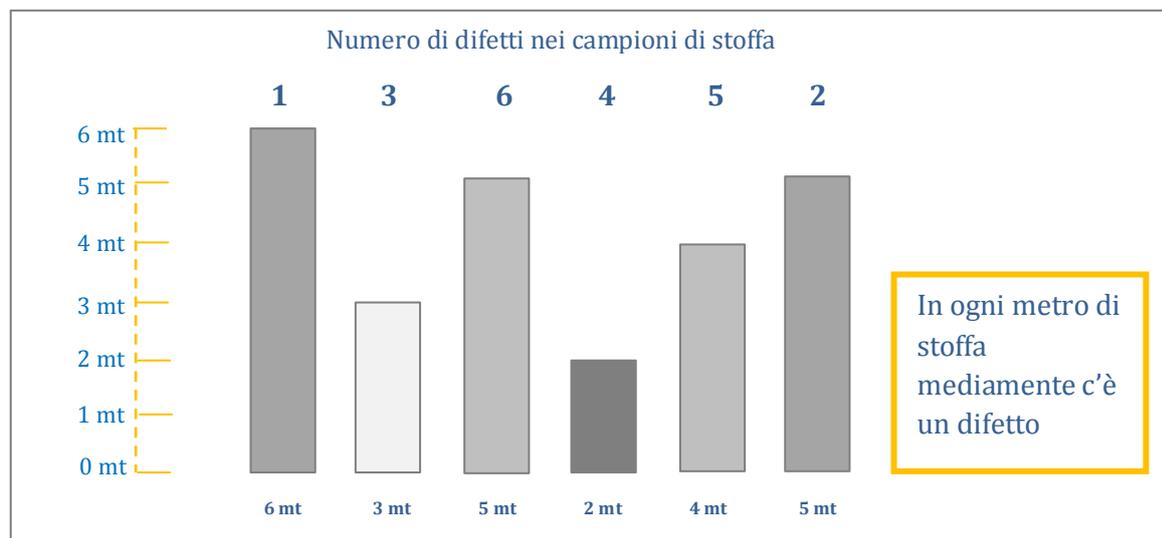


Figura 7 - Numero medio di difetti per metro di stoffa

2.9 La carta x - R (valore medio e campo di variazione)

Quando gli output del processo sono rappresentati da dati continui come ad esempio il peso di un prodotto, l'altezza o la resistenza ad una determinata pressione, allora il controllo del processo avviene mediante l'impiego delle carte di controllo per variabili. Se consideriamo la lunghezza delle aste d'acciaio prodotte in serie grazie ad un processo di calibratura e taglio del metallo, possiamo vedere che, a valle del processo produttivo, ci sono aste che hanno all'incirca la stessa lunghezza. La differenza di lunghezza tra queste aste varierà nell'ordine di pochi millimetri e questa variabilità sarà ritenuta - a motivo di un certo impiego delle aste - del tutto accettabile. Considerando vari campionamenti di aste di acciaio effettuati durante la produzione, potremmo osservare che ad ogni campione corrisponde una certa lunghezza media. Non solo. Sarà possibile calcolare anche la media delle medie dei campioni per avere un valore centrale cui fare riferimento per il controllo del processo.

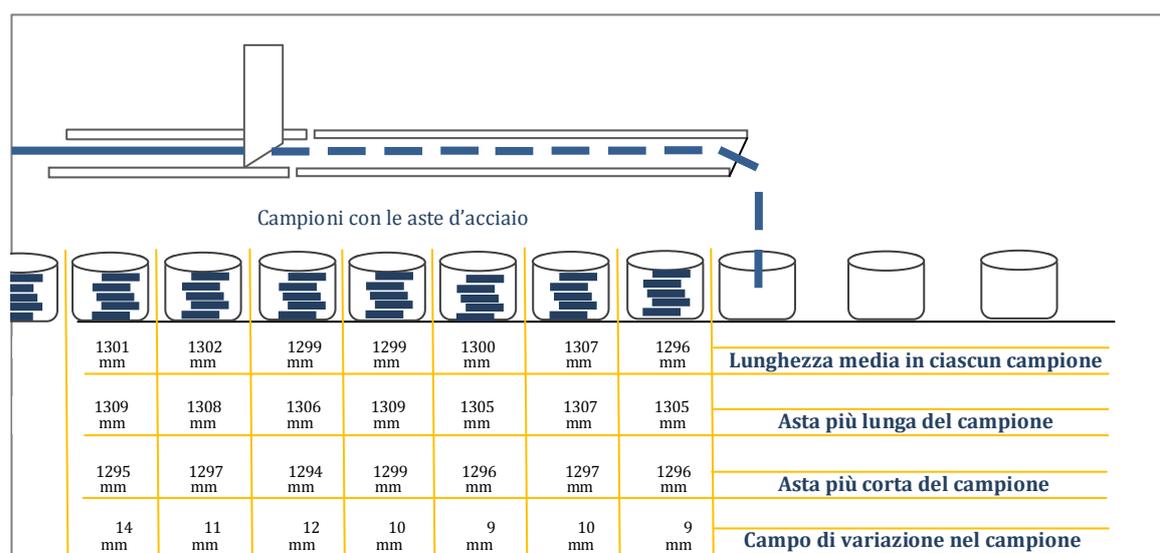


Figura 8 - Media e variabilità nei campioni di aste di acciaio

Ad ogni campione corrisponderà anche un certo indice di variabilità. Questo, ai fini della costruzione della carta di controllo, sarà rappresentato dal Campo di variazione e cioè dalla differenza di lunghezza tra l'asta più lunga e l'asta meno lunga. Come la media delle medie dei singoli campioni rappresenta il valore centrale di riferimento del processo, anche la media della variabilità presente in ciascun campione rappresenterà un valore centrale di variabilità del processo.

2.10 La carta x (valore osservato)

La carta x si basa sui valori assunti dalla variabile da tenere sotto controllo. Se guardiamo all'esempio precedente, abbiamo notato che in realtà teniamo sotto controllo l'altezza mediante il calcolo della media relativa a ciascun campione. In questo caso invece, con la carta x, non prendiamo dei campioni ma guardiamo, di volta in volta ad i valori assunti dall'altezza delle aste di acciaio che si susseguono.

Il valore centrale di riferimento pertanto sarà la semplice media aritmetica dei valori osservati.

Capitolo 3

Carta p - La frazione difettosa

Le carte di controllo sono impiegate nell'ambito della qualità. Esse sono strumenti grafici che, avvalendosi della statistica, consentono di svolgere il monitoraggio degli output di un processo. L'impiego delle carte di controllo permette una rilevazione istantanea delle anomalie di un processo, ciò consente di intraprendere un'analisi mirata all'individuazione delle cause di perturbazione per predisporre azioni correttive e/o preventive finalizzata rimozione delle cause accertate.

FONDAMENTO STATISTICO

Il fondamento statistico della carte di controllo risiede nella verifica delle ipotesi. Attraverso i limiti della carte di controllo si costruiscono degli intervalli di confidenza al di fuori dei quali le variabili possono assumere dei valori che indicano l'instabilità del processo e/o la presenza di variabili di nerturbazione.

3.1 Impostazione della carta di controllo p nel foglio Excel

Nella cella A1 del foglio Excel inseriamo l'etichetta Unità campione e nella cella C1 inseriamo il numero 50 per indicare che ciascun campione di prodotti ispezionati è costituito da cinquanta unità.

Nella cella A5 inseriamo l'etichetta Campione e per ciascuna cella, a partire dalla cella A6 fino alla cella A30, indichiamo il numero identificativo del campione. Nella cella B5 inseriamo l'etichetta Difetti. Nella colonna B infatti inseriremo il numero di prodotti difettosi riscontrati e registrati in corrispondenza di ciascun campione sottoposto a verifica. I campioni sono in totale di venticinque.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità campione		50						
2									
3									
4									
5	Campione	Difetti							
6	1	10							
7	2	11							
8	3	15							
9	4	11							
10	5	12							
11	6	9							
12	7	8							
13	8	12							
14	9	8							
15	10	9							
16	11	9							
17	12	10							
18	13	11							
19	14	11							
20	15	9							
21	16	8							
22	17	9							
23	18	10							
24	19	6							
25	20	9							
26	21	8							
27	22	7							
28	23	9							
29	24	8							
30	25	10							
31									

Figura 9 – I prodotti difettosi nei campioni

Per intenderci meglio la tabella dice che nel campione numero 5 sono stati riscontrati 12 prodotti difettosi su un totale di 50 prodotti. Il campione 19 invece su un totale di 50 prodotti presenta soltanto 6 prodotti difettosi.

LA CARTA P

La carta p, è quella utilizzata per tenere sotto controllo i difetti riscontrabili nei campioni di prodotto. Bisogna tener ben presente che questa carta specifica è concepita per focalizzare il controllo sulla porzione di prodotti difettosi. Per comprenderla in maniera compiuta ed utilizzarla in maniera appropriata dobbiamo ricordare che la carta si concentra su una quota e cioè su una parte dell'intero campione. La "porzione" è espressa in termini di percentuale. Con la carta p andiamo a controllare quanta parte del campione risulta difettosa. Se nella colonna B della figura 9 abbiamo inserito il numero dei prodotti difettosi non dobbiamo farci trarre in inganno. Non è sul numero di prodotti che dobbiamo focalizzare l'attenzione ma sulla porzione del campione che questi concorrono a costituire.

Abbiamo così creato una tabella nella quale abbiamo riportato il numero di prodotti difettosi riscontrati in ciascun campione di prodotti. Dobbiamo ricordare che i campioni ispezionati sono costituiti tutti quanti da cinquanta unità di prodotto. La numerosità campionaria cioè rimane costante.

Nella colonna C passiamo ad inserire, in corrispondenza di ciascun campione di prodotti ispezionato, la frazione che esprime la percentuale dei prodotti risultati difettosi sul totale dei prodotti di ciascun campione.

3.2 Il calcolo della porzione difettosa

Nella cella C5 inseriamo la scritta Porz.dif che sta per Porzione difettosa. Le celle che vanno dalla C6 alla C30 indicheranno appunto la porzione difettosa di ciascun campione ispezionato.

Per ottenere il numero che esprime la porzione difettosa inseriamo, nella cella C6, la formula $=B6/C\$1$. In tale maniera dividiamo il numero di prodotti difettosi riscontrato nel campione, contenuto nella cella C6, per il numero delle unità di prodotti che costituiscono il campione che abbiamo inserito all'inizio nella cella C1. Le 50 unità che costituiscono la numerosità campionaria sono frutto di una nostra scelta iniziale. Chi determina la numerosità campionaria deve fare in modo che il campione, proprio grazie alla sua numerosità, sia sufficientemente rappresentativo di tutti gli output del processo (popolazione).

Come possiamo notare, anziché scrivere semplicemente C1 abbiamo inserito il simbolo del dollaro \$ tra la lettera C ed il numero 1. Lo scopo è quello di bloccare, all'interno della formula, il riferimento alla cella C1. Grazie al blocco, effettuato mediante l'inserimento del simbolo del dollaro, la formula può essere copiata lungo tutte le celle della colonna in cui riportiamo la porzione difettosa. Di cella in cella, grazie a questa tecnica, il dividendo della frazione rimarrà sempre lo stesso e di conseguenza il numero di prodotti difettosi riscontrato in ciascun campione sarà diviso sempre per la stessa numerosità campionaria indicata nella cella C1.

	A	B	C	D	E	F
1	Unità campione		50			
2						
3						
4						
5	Campione	Difetti	Porz. dif			
6	1	10	=B6/C\$1			
7	2	11				
8	3	15				
9	4	11				
10	5	12				

Figura 10 - Calcolo della porzione difettosa

Dopo aver inserito la formula appuriamo subito che la porzione difettosa corrispondente al primo campione è pari a 0,2 ovvero il 20%. Infatti ben dieci prodotti su cinquanta, in fase di ispezione, sono risultati difettosi.

Per ottenere il numero che esprime la porzione difettosa in corrispondenza di ciascun campione copiamo la formula contenuta nella cella C6 mediante la tecnica del trascinamento.

Selezioniamo la cella C6 e portiamo il puntatore del mouse sul quadratino che appare sul bordo destro in basso della stessa cella. Tenendo premuto il tasto sinistro del mouse, con il puntatore sul quadratino, trasciniamo il puntatore fino alla cella C30.

	A	B	C	D	E	F
1	Unità campione		50			
2						
3						
4						
5	Campione	Difetti	Porz. dif			
6	1	10	0,2			
7	2	11				
8	3	15				
9	4	11				
10	5	12				

Figura 11 - La copia della formula della porzione difettosa

La porzione difettosa che otteniamo in corrispondenza di ciascun campione ispezionato costituisce il parametro iniziale in relazione al quale costruiremo la carta di controllo.

L'IMPIEGO DELLA MEDIA

La media rappresenta un valore che sintetizza un insieme di valori. E' un indice di sintesi che tenta di rappresentare tutti i valori con i quali è costruito. Le carte di controllo tuttavia non utilizzano soltanto la media per il controllo dei processi ma anche gli indici di dispersione come la Deviazione Standard.

I valori assunti, di campione in campione, dalla porzione difettosa ci consentono di ottenere un valore centrale e dei valori limite grazie ai quali la carta ci permetterà di esprimere un giudizio in merito alla stabilità del processo.

Il valore centrale è costruito, mediante il calcolo, della media dei valori assunti dalla porzione difettosa in tutti i campioni ispezionati.

3.3 Il valore centrale della carta p

Nella cella A2 inseriamo l'etichetta Media porz dif che sta ad indicare il valore medio assunto dalla porzione difettosa calcolato su tutti i campioni ispezionati.

Nella cella C2 inseriamo la formula =MEDIA(C6:C30).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità campione		50						
2	Media porz dif		=media(C6:C30)						
3									
4									
5	Campione	Difetti	Porz.dif						
6	1	10	0,2						
7	2	11	0,22						
8	3	15	0,3						
9	4	11	0,22						
10	5	12	0,24						
11	6	9	0,18						
12	7	8	0,16						
13	8	12	0,24						
14	9	8	0,16						
15	10	9	0,18						
16	11	9	0,18						
17	12	10	0,2						
18	13	11	0,22						
19	14	11	0,22						
20	15	9	0,18						
21	16	8	0,16						
22	17	9	0,18						
23	18	10	0,2						
24	19	6	0,12						
25	20	9	0,18						
26	21	8	0,16						
27	22	7	0,14						
28	23	9	0,18						
29	24	8	0,16						
30	25	10	0,2						
31									

Figura 12 - La formula della media

Avendo riportato fedelmente il numero esatto di prodotti difettosi in corrispondenza di ciascun campione e avendo trascritto correttamente le formule otteniamo che la porzione difettosa mediamente è pari a 0,19. Questo significa che mediamente le unità di prodotto difettose, in ciascun campione, rappresentano il 19% delle unità totali. Viceversa, in ciascun campione, mediamente l'81% dei prodotti è conforme.

Il valore 0,19 esprime le attuali capacità del processo. Se il processo è sotto controllo e cioè non è esposto a eventi di natura straordinaria manterrà inalterato il grado di precisione. La porzione difettosa sicuramente oscillerà intorno al valore medio di 0,19 ma assumerà, in assenza di perturbazioni, i valori entro un limite inferiore ed un limite superiore. All'interno di questi limiti si manifesterà la naturale variabilità delle capacità del processo.

3.4 I limiti del controllo della carta p

Il limite superiore che esprime la soglia più alta che può assumere il valore della porzione non conforme si calcola mediante la seguente formula.

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

UCL sta per Upper center line e cioè linea superiore.

Nella formula il valore \bar{p} rappresenta la media della porzione difettosa e cioè il valore contenuto nella cella C2. Il valore n invece rappresenta la numerosità campionaria e cioè il numero di unità di cui è composto ciascun campione ispezionato. Il valore di n è contenuto nella cella C1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità campione		50		Lim sup	=C2+3*RADQ(C2*(1-C2))/C1			
2	Media porz dif		0,19		Lim inf	=C2-3*RADQ(C2*(1-C2))/C1			
3									
4									
5	Campione	Difetti	Porz. dif						
6	1	10	0,20						
7	2	11	0,22						
8	3	15	0,30						
9	4	11	0,22						

Figura 13 - Le formule per il calcolo dei limiti di controllo

Nella cella E1 inseriamo l'etichetta Lim sup che sta per limite superiore e nella cella F1 inseriamo la formula =C2+3RADQ(C2*(1-C2))/C1.

Per il calcolo del limite inferiore invece adottiamo la seguente formula:

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

LCL sta per Lower center line e cioè linea inferiore.

Inseriamo nella cella E2 l'etichetta Lim inf che sta per limite inferiore e nella cella F2 inseriamo la formula =C2-3RADQ(C2*(1-C2))/C1.

In F1 e in F2 abbiamo ottenuto rispettivamente il valore superiore ed il valore inferiore che la porzione difettosa può assumere. Al di sopra del valore 0,21 infatti la porzione difettosa sarebbe alta a tal punto da far supporre che il processo sia verosimilmente condizionato da evento di natura straordinaria. Non c'è dubbio che se nel corso di misurazioni la porzione difettosa di un campione assumesse un valore inferiore allo 0,16 otterremo un risultato sicuramente apprezzabile. Il numero di difetti infatti sarebbe eccezionalmente basso. E' molto importante però sapere che, anche in questo caso, la porzione difettosa sarebbe bassa a tal punto da far supporre che il processo sia verosimilmente condizionato da evento di natura straordinaria. Seppur si tratti di un evento che rende i risultati del processo più apprezzabili.

STABILITA' DEL PROCESSO

Quando parliamo di carte di controllo nell'ambito dei processi è opportuno tener presente che l'intento non è quello di verificare la crescita di un valore positivo nel tempo e né il calo di un valore negativo. Quello che dobbiamo appurare è la stabilità di un output di processo e cioè di una variabile. Il processo è stabile quanto più i valori di output sono vicini alla media e quindi presentano un minor grado di dispersione.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità campione		50		Lim sup	0,214795			
2	Media porz dif		0,19		Lim inf	0,167605			
3									
4									
5	Campione	Difetti	Porz. dif		CL	UCL	LCL		
6	1	10	0,20		=C\$2	=F\$1	=F\$2		
7	2	11	0,22						
8	3	15	0,30						
9	4	11	0,22						

Figura 14 - Copia dei valori di controllo

Per ottenere i dati con i quali tracciare il grafico della carta di controllo inseriamo le etichette CL, UCL e LCL rispettivamente nelle celle E5, F5 e G5. Nella cella E6 poi copiamo la formula contenuta nella cella C2. Anche in questo caso inseriamo il simbolo del dollaro \$ tra la C e il 2 per poter utilizzare successivamente la tecnica del trascinamento. Nella cella F6 copiamo il contenuto della cella F1 inserendo la formula =F\$1. Nella cella G6 inseriamo il contenuto della cella F2 inserendo la formula =F\$2.

Ottenuti i valori, evidenziamo le celle E6:G6 e trasciniamo il quadratino evidenziato in basso a destra dell'intervallo selezionato fino alla riga 30.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità campione		50		Lim sup	0,21			
2	Media porz dif		0,19		Lim inf	0,17			
3									
4									
5	Campione	Difetti	Porz. dif		CL	UCL	LCL		
6	1	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
7	2	11	0,22						
8	3	15	0,30						

Figura 15 - La copia mediante il trascinarsi dei valori

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità campione		50		Lim sup	0,21			
2	Media porz dif		0,19		Lim inf	0,17			
3									
4									
5	Campione	Difetti	Porz. dif		CL	UCL	LCL		
6	1	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
7	2	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
8	3	15	0,30		0,19	0,21	0,17		
9	4	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
10	5	12	0,24		0,19	0,21	0,17		
11	6	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
12	7	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
13	8	12	0,24		0,19	0,21	0,17		
14	9	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
15	10	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
16	11	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
17	12	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
18	13	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
19	14	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
20	15	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
21	16	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
22	17	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
23	18	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
24	19	6	0,12		0,19	0,21	0,17		
25	20	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
26	21	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
27	22	7	0,14		0,19	0,21	0,17		
28	23	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
29	24	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
30	25	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
31									

Ottenuta la tabella riportiamo di seguito i valori di controllo della carta di controllo \bar{p} della porzione difettosa.

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,21$$

$$CL = \bar{p} = 0,19$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0,17$$

3.5 La realizzazione del grafico della carta p

Passiamo adesso alla creazione del grafico. Selezioniamo l'intervallo di celle C5:C30. Tenendo premuto il tasto Ctrl nella parte inferiore sinistra della tastiera, selezioniamo anche l'intervallo di celle E5:G30.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità campione		50		Lim sup	0,21			
2	Media porz dif		0,19		Lim inf	0,17			
3									
4									
5	Campione	Difetti	Porz.dif		CL	UCL	LCL		
6	1	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
7	2	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
8	3	15	0,30		0,19	0,21	0,17		
9	4	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
10	5	12	0,24		0,19	0,21	0,17		
11	6	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
12	7	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
13	8	12	0,24		0,19	0,21	0,17		
14	9	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
15	10	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
16	11	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
17	12	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
18	13	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
19	14	11	0,22		0,19	0,21	0,17		
20	15	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
21	16	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
22	17	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
23	18	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
24	19	6	0,12		0,19	0,21	0,17		
25	20	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
26	21	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
27	22	7	0,14		0,19	0,21	0,17		
28	23	9	0,18		0,19	0,21	0,17		
29	24	8	0,16		0,19	0,21	0,17		
30	25	10	0,20		0,19	0,21	0,17		
31									

Figura 16 - La selezione dei valori che costruiscono il grafico

La selezione dei valori appena effettuata consente di ottenere, in un unico grafico tanto i valori assunti da ciascuna porzione difettosa quanto il valore assunto dalla linea centrale e dalle linee dei limiti di controllo.

Come osserviamo dagli intervalli delle celle selezionate, il valore centrale e i valori limiti si mantengono costanti. Saranno cioè dei costanti punti di riferimento in relazione ai quali giudicare, di campione in campione, i valori assunti dalla porzione difettosa.

Dopo aver selezionato gli intervalli di celle facciamo clic sul pulsante Creazione guidata grafico che sta nella Barra degli strumenti.

Nella finestra di dialogo della Creazione guidata grafico, alla scheda Tipi standard, selezioniamo il tipo Linee e, tra le Scelte disponibili, selezioniamo la prima e cioè Linee. Visualizza una tendenza nel tempo o in più categorie. Poi facciamo clic su Avanti.

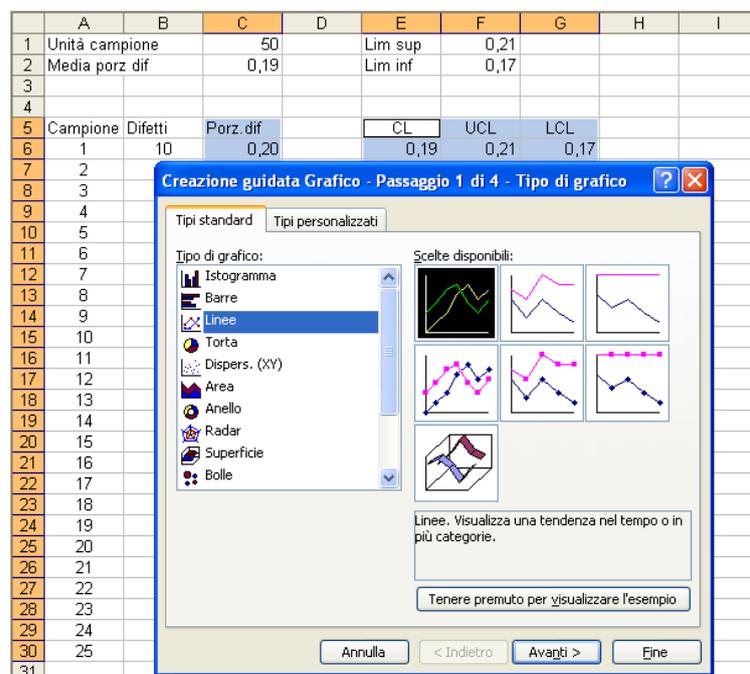


Figura 17 - Creazione guidata grafico Passaggio 1

Al secondo passaggio della Creazione guidata grafico lasciamo tutto inalterato e facciamo clic sul pulsante Avanti.

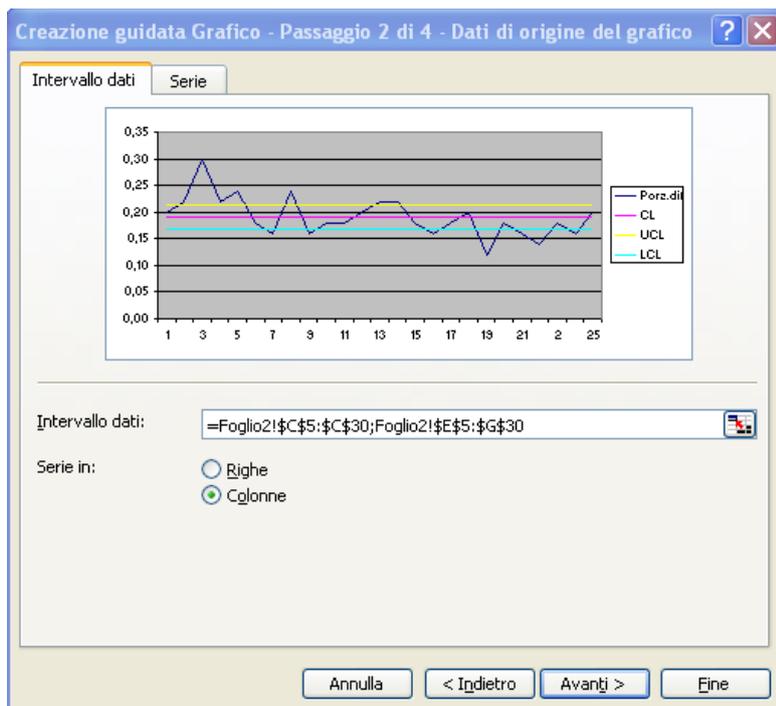


Figura 18 - Creazione guidata grafico Passaggio 2

Al terzo passaggio della Creazione guidata grafico selezioniamo la scheda Titoli ed inseriamo nel Titolo del grafico la scritta Carta di controllo - p.

In Asse delle categorie (X) inseriamo la scritta Campioni e in Asse dei valori (Y) inseriamo la scritta Valori di controllo.

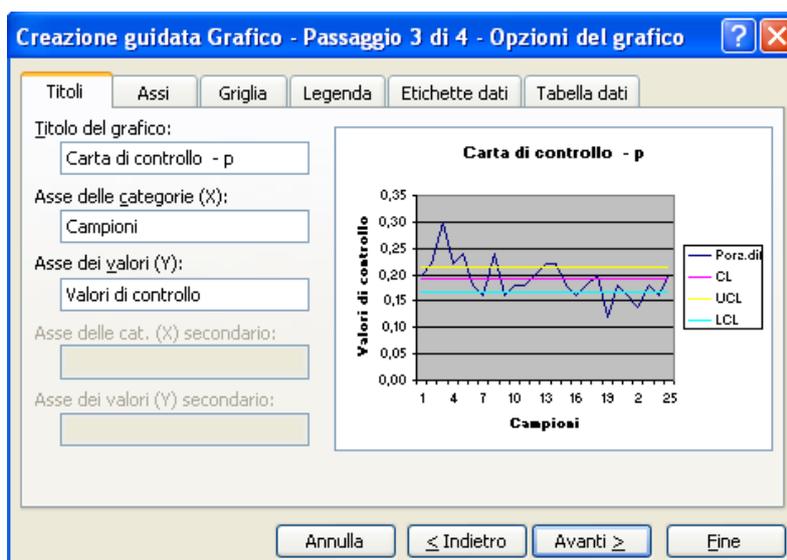


Figura 19 - Creazione guidata grafico Passaggio 3 (scheda Titoli)

Poi nella scheda Legenda deseleggiamo il controllo Mostra legenda.



Figura 20 - Creazione guidata grafico Passaggio 3 (scheda Legenda)

Al quarto ed ultimo passaggio della Creazione guidata grafico assicuriamoci che il grafico venga posizionato Come oggetto nel foglio di lavoro corrente e facciamo clic sul pulsante Fine.



Figura 21 - Ultimo passaggio della Creazione guidata grafico

Abbiamo così ottenuto il grafico che attraverso il pulsante sinistro del mouse trasciniamo nelle celle vuote accanto ai valori che abbiamo precedentemente inserito.

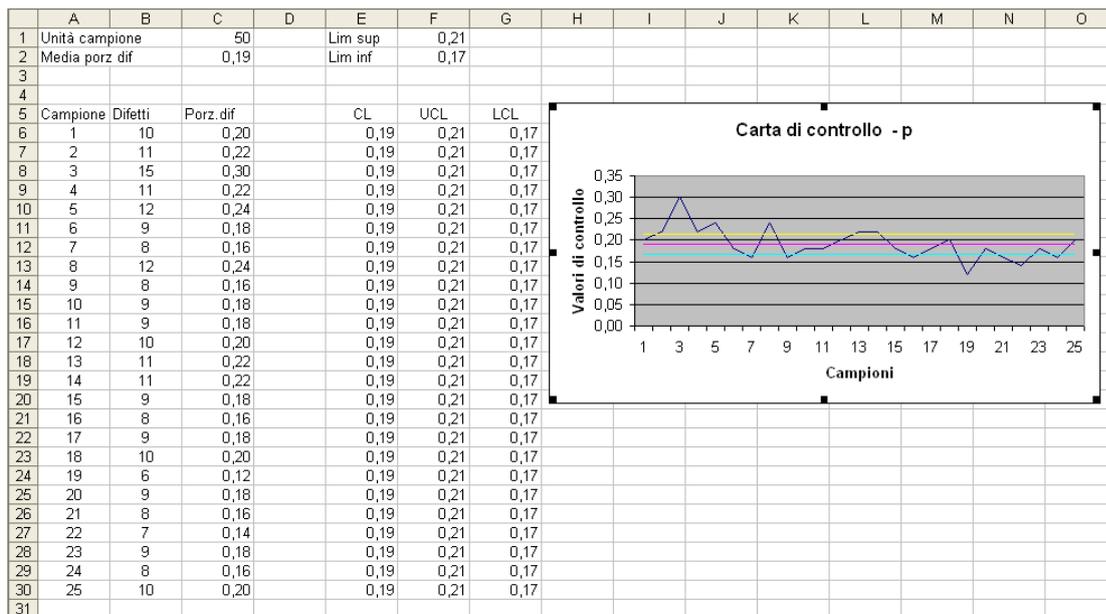


Figura 22 - Illustrazione dei dati e del grafico della carta di controllo

Molto probabilmente l'asse delle X e cioè quello orizzontale non evidenzia tutti i numeri dei campioni. Il motivo sta nel fatto che non c'è sufficiente spazio. Il rimedio è quello di diminuire la grandezza del carattere con cui sono espresse le cifre.

Facendo doppio clic sull'asse delle X si apre la finestra di dialogo relativa al Formato asse. Alla scheda Carattere selezioniamo 8 come Dimensione e facciamo clic su Ok.

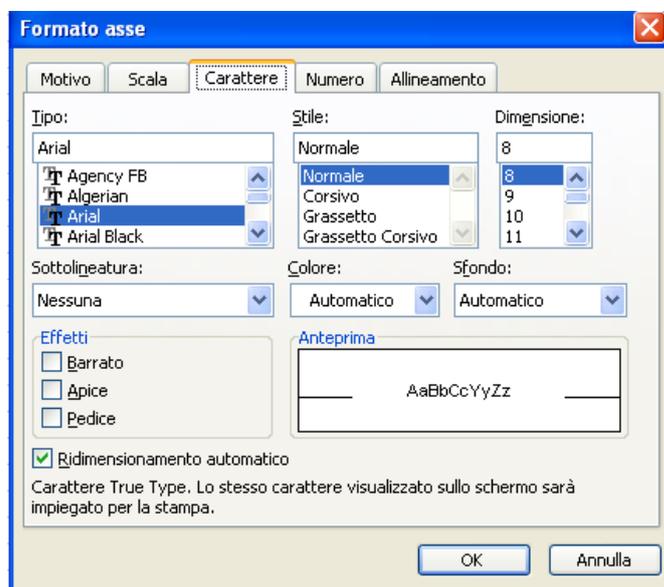


Figura 23 - Ridimensionamento del carattere del grafico

Nel grafico possiamo notare la UCL in alto, la CL al centro e la LCL in basso. La linea spezzata invece è formata da tutti i valori assunti dalla porzione difettosa in relazione a ciascun campione.

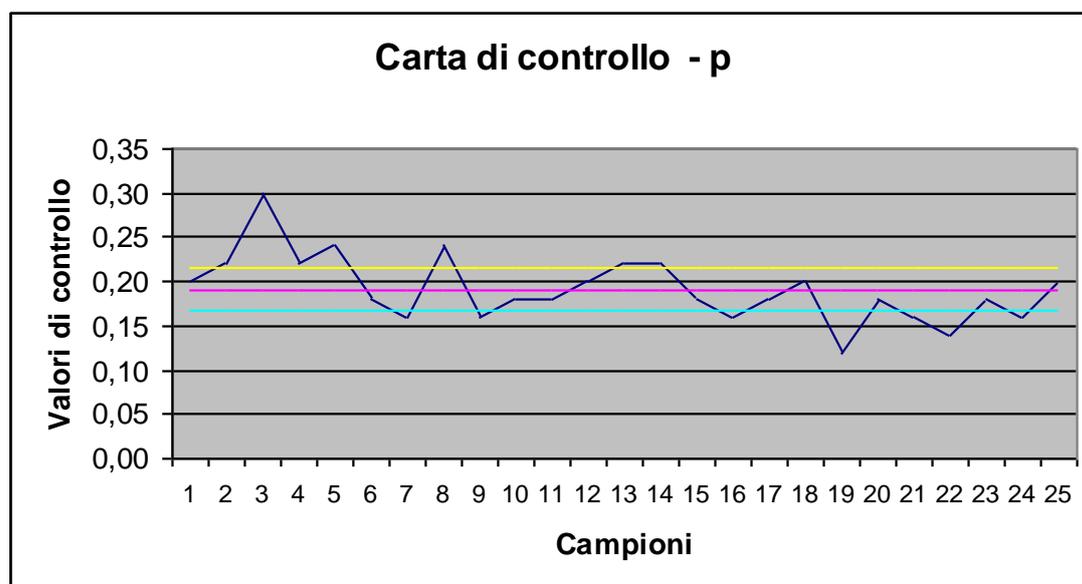


Figura 24 - Grafico della carta di controllo della media

I campioni la cui porzione difettosa è superiore al valore limite UCL sono evidentemente al di sopra della linea di controllo. Anche i campioni la

cui porzione difettosa è inferiore al valore limite LCL appaiono evidentemente al di sotto della linea di controllo.

3.6 Il miglioramento del processo

Un'azienda produce e confeziona succo di frutta. Il confezionamento del prodotto avviene in contenitori di cartone sui quali, mediante una punzonatrice, viene apposta la data di confezionamento e la data di scadenza entro la quale consumare il succo. L'apposizione delle due date, mediante la punzonatrice elettromeccanica, è un requisito cogente in quanto la distribuzione del prodotto è disciplinata dalla normativa relativa alla sicurezza dei prodotti alimentari. La punzonatura del cartone però non avviene sempre in maniera perfetta. Una certa porzione di confezioni presenta, in maniera non del tutto leggibile una delle due date, talora anche entrambe. La non leggibilità di almeno una delle due date fa classificare come "difettosa" la confezione di succo di frutta. In veste di ipotetici consulenti dell'azienda costruiamo una carta di controllo p Porzione difettosa.

Le confezioni di succo di frutta sono imballate in gruppi da trenta unità. Ciascun gruppo costituisce un campione. Prendiamo a caso venticinque campioni e cioè venticinque imballaggi contenenti le scatole di succo di frutta e prepariamoci ad un controllo visivo che considererà difettosa ogni confezione di cui almeno una delle due date impresse sul cartone risulterà illeggibile.

CONCETTO DI MIGLIORAMENTO

Come abbiamo già avuto modo di spiegare, la carta di controllo è uno strumento statistico che ci fornisce informazioni sulla stabilità del processo. La carta di controllo insomma ci spiega l'attitudine del processo a produrre degli output conformi ai requisiti determinati. Il processo di miglioramento è un altro processo che si innesca nel momento in cui, grazie alla carta di controllo, si ha l'opportunità di prendere consapevolezza dell'esistenza di anomalie che inficiano sugli output. La ciclica individuazione e rimozione delle cause di perturbazione innesca il miglioramento continuo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Unità campione		30		Lim sup	0,22									
2	Media porz dif		0,18		Lim inf	0,14									
3															
4															
5	Campione	Difetti	Porz. dif		CL	UCL	LCL								
6	1	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
7	2	4	0,13		0,18	0,22	0,14								
8	3	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
9	4	6	0,20		0,18	0,22	0,14								
10	5	4	0,13		0,18	0,22	0,14								
11	6	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
12	7	6	0,20		0,18	0,22	0,14								
13	8	4	0,13		0,18	0,22	0,14								
14	9	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
15	10	6	0,20		0,18	0,22	0,14								
16	11	4	0,13		0,18	0,22	0,14								
17	12	6	0,20		0,18	0,22	0,14								
18	13	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
19	14	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
20	15	6	0,20		0,18	0,22	0,14								
21	16	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
22	17	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
23	18	7	0,23		0,18	0,22	0,14								
24	19	9	0,30		0,18	0,22	0,14								
25	20	4	0,13		0,18	0,22	0,14								
26	21	7	0,23		0,18	0,22	0,14								
27	22	4	0,13		0,18	0,22	0,14								
28	23	5	0,17		0,18	0,22	0,14								
29	24	6	0,20		0,18	0,22	0,14								
30	25	6	0,20		0,18	0,22	0,14								
31															

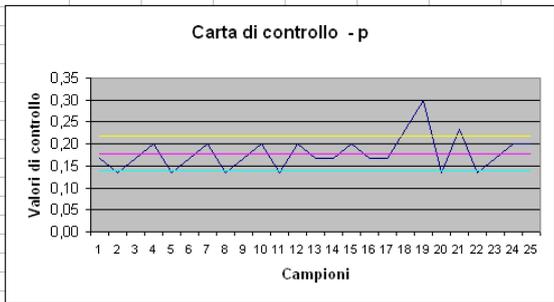


Figura 25 - Grafico di misurazione dei 25 campioni

Nel foglio Excel indichiamo nella cella C1 il numero delle confezioni appartenenti ad ogni gruppo ispezionato che come abbiamo già avuto modo di spiegare si definisce dimensione campionaria. In corrispondenza di ciascun campione ispezionato inseriamo, nella colonna Difetti, il numero di confezioni sulle quali almeno una delle date risulta illeggibile. Nella colonna C riportiamo, in corrispondenza di ciascun campione, la porzione difettosa. Per fare ciò dopo aver etichettato la colonna in C5, inseriamo nella cella C6 la formula =B6/C\$1. Poi mediante il trascinamento copiamo la formula contenuta nella cella C6 in tutte le celle sottostanti fino all'ultimo campione.

Nella cella A2 inseriamo l'etichetta Media porz dif e nella cella C2 inseriamo la formula =MEDIA(C6:C30).

Inseriamo nella cella E1 l'etichetta Lim sup che sta per limite superiore e nella cella F1 inseriamo la formula =C2+3RADQ(C2*(1-C2))/C1.

Inseriamo nella cella E2 l'etichetta Lim inf che sta per limite inferiore e nella cella F2 inseriamo la formula =C2-3RADQ(C2*(1-C2))/C1.

Per ottenere i dati con i quali tracciare il grafico della carta di controllo inseriamo le etichette CL, UCL e LCL rispettivamente nelle celle E5, F5 e G5.

Nella cella E6 poi copiamo la formula contenuta nella cella C2. Anche in questo caso inseriamo il simbolo del dollaro \$ tra la C e il 2 per poter utilizzare, successivamente, la tecnica del trascinamento. Nella cella F6

copiamo il contenuto della cella F1 inserendo la formula =F\$1. Nella cella G6 inseriamo il contenuto della cella F2 inserendo la formula =F\$2.

Ottenuti i valori, evidenziamo l'intervallo di celle (E6:G6) e trasciniamo il quadratino, evidenziato in basso a destra dell'intervallo selezionato, fino alla riga 30.

Mediante la Creazione guidata grafico costruiamo il grafico della carta di controllo p.

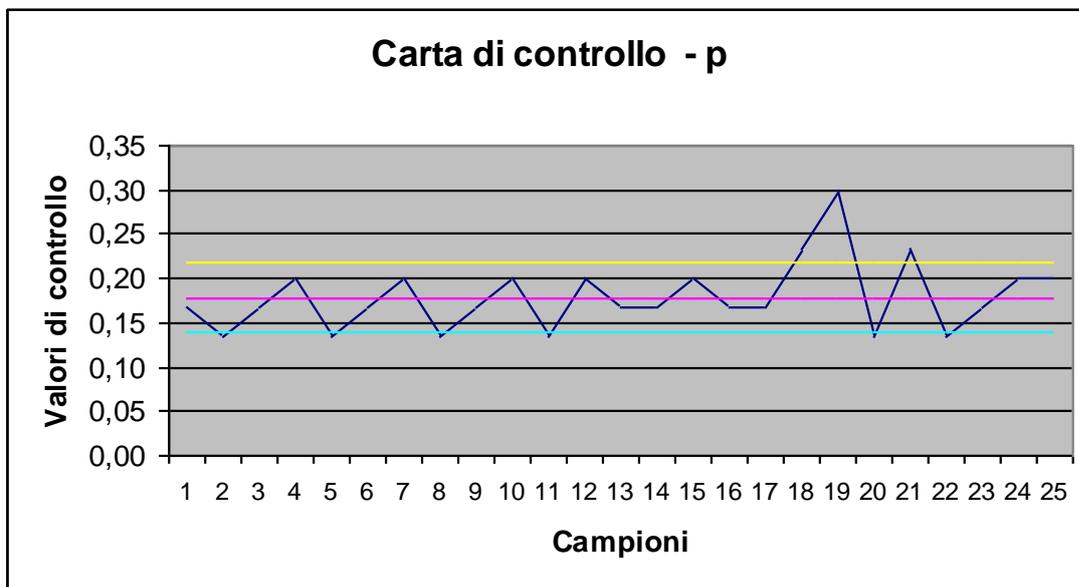


Figura 26 - Grafico dei valori di controllo della media dei 25 campioni

Dal primo grafico notiamo che ci sono due campioni la cui porzione difettosa è particolarmente elevata. Si tratta del campione N19 e del campione N 21.

Dalla rilevazione dei punti fuori controllo si passa all'individuazione delle cause che generano una tale alterazione del processo di punzonatura e alla successiva rimozione per fare in modo che la porzione difettosa rimanga all'interno dei limiti di tolleranza.

La rimozione delle cause che hanno portato il processo fuori controllo contribuisce sensibilmente alla stabilità del processo. Infatti se ispezioniamo venticinque nuovi campioni successivamente alla rimozione delle cause e ricalcoliamo il valore medio della porzione difettosa ci accorgiamo che questo valore si è ridotto.

La media iniziale della porzione difettosa è passata da 0,18 a 0,12. Questo vuol dire che cominciamo a notare una diminuzione di prodotti difettati in ciascun campione.

I PARAMETRI DINAMICI

La carta di controllo è uno strumento statistico i cui parametri non sono statici ma sono dinamici. Questo significa che, nel momento in cui notiamo delle anomalie e conseguentemente rimuoviamo le cause che generano valori al di fuori dei limiti di controllo, noi consentiamo al processo una maggiore stabilità. Il processo pertanto produrrà degli output che presentano un minor grado di dispersione. Questi nuovi output diventano i nuovi parametri da inserire nella carta di controllo. Grazie ad una maggiore stabilità i limiti del controllo si avvicineranno alla media.

3.7 La ri-formulazione della carta di controllo

Se riformuliamo la carta di controllo con il riferimento ai nuovi venticinque campioni ispezionati notiamo non soltanto un abbassamento della media della porzione difettosa ma anche un leggero restringimento dei limiti di controllo. La porzione difettosa comincia ad oscillare tra limiti leggermente più ristretti rispetto ai precedenti lasciando supporre una maggiore stabilità del processo.

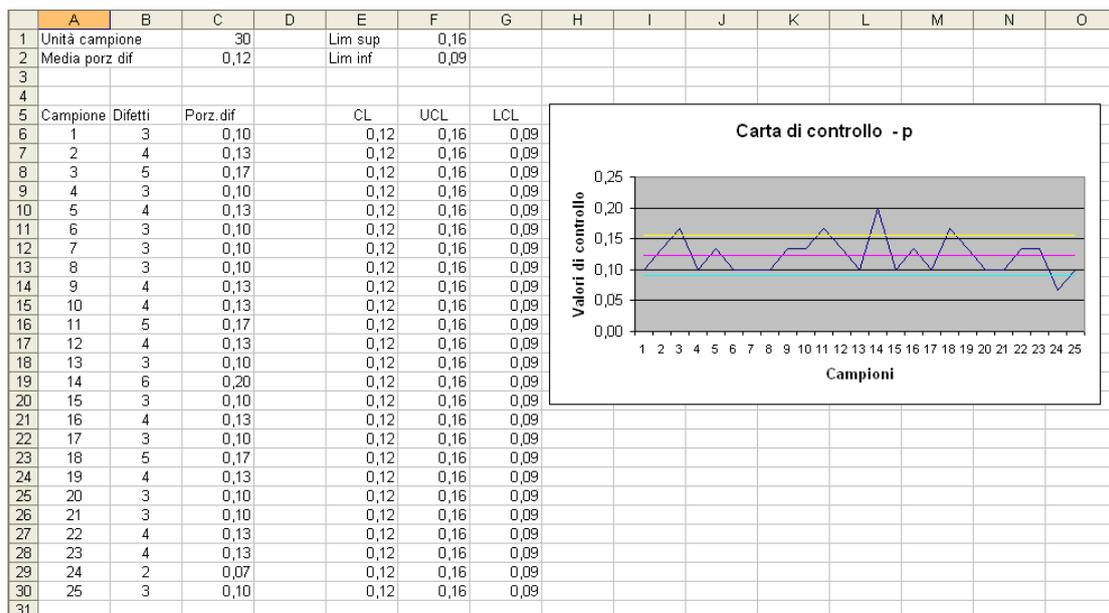


Figura 27 - Grafico riformulato con i nuovi valori

Se mettiamo a confronto il grafico iniziale con quello appena ottenuto notiamo che la linea centrale CL si è abbassata. Non solo. Si sono abbassate anche le linee UCL e LCL.

Ed ancora. Le linee UCL e LCL sono diventate meno distanti.

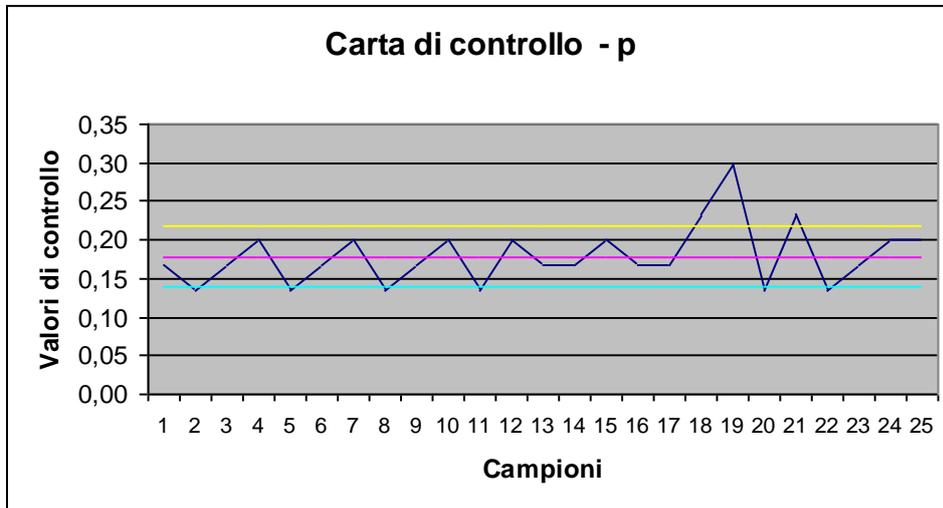


Figura 28 - Grafico con valori iniziali

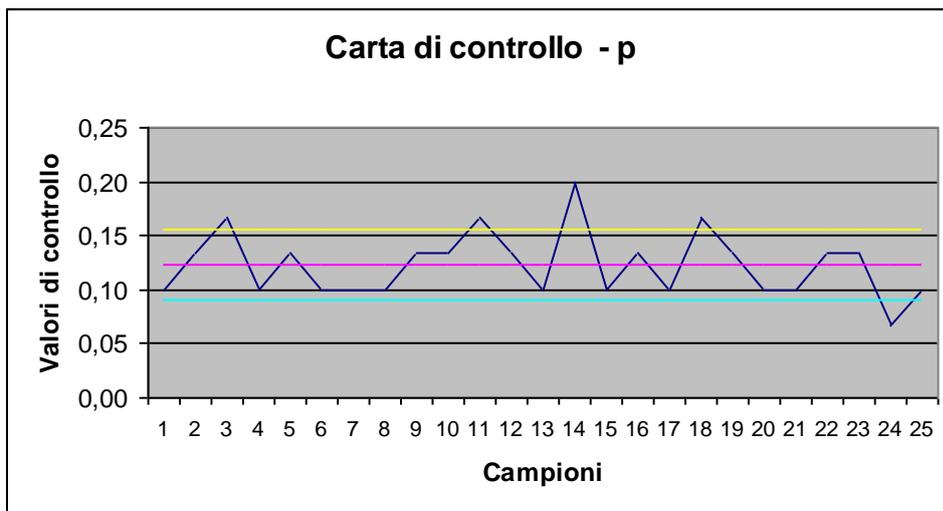


Figura 29 - Grafico con valori finali

La rimozione delle cause che generavano valori che si posizionavano al di fuori dei limiti del controllo evidenzia che il processo è stato migliorato ed è stato stabilizzato. Tuttavia il confronto che abbiamo appena effettuato non è sufficiente a dimostrare in maniera inequivocabile il miglioramento del processo. Per ottenere indicazioni più affidabili bisogna accertarsi della significatività dei miglioramenti mediante il procedimento statistico della verifica di ipotesi.

3.8 Il calcolo della dimensione campionaria minima

Non sono rari i casi i cui la probabilità di incontrare prodotti difettosi all'interno di un campione di una certa numerosità campionaria è molto bassa. La soluzione è quella di aumentare la numerosità campionaria. Il procedimento che segue ci aiuta a trovare la dimensione minima del campione su cui fare le ispezioni.

Nella cella A1 inseriamo, come etichetta, la seguente frase: “La probabilità di osservare una non conformità sia almeno pari a “.

Nella cella seguente, che nel nostro caso è G1, inseriamo un valore di probabilità pari a 0,95 e cioè il 95%. Abbiamo così inserito un parametro di probabilità.

Nella cella A3 indichiamo “Porzione non conforme” e inseriamo il relativo dato nella cella G3. Inseriamo quindi un valore pari a 0,01 nella cella G3. Abbiamo così indicato al foglio Excel che ci aspettiamo di trovare una porzione di non conformità pari all'1%.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	La probabilità di osservare una non conformità sia almeno pari a						0,95		
2									
3	Porzione non conforme						0,01		
4									
5	Il numero delle unità campionarie deve essere superiore a						=-LOG(1-G1;2,71)/G3		
6									
7									
8									
9									

Figura 30 - Applicazione per il calcolo della dimensione campionaria minima

La formula che ci consente di individuare la minima numerosità campionaria è la seguente:

$$n \geq \frac{-\log(1-\gamma)}{p}$$

Inseriamo nella cella A5, come etichetta, la scritta “Il numero delle unità campionarie deve essere superiore a “ e, nella cella seguente, nel nostro caso la cella G5, inseriamo la formula che abbiamo sopra riportato nella seguente maniera:

$$= -\text{LOG}(1-G1;2,71)/G3.$$

Avendo costruito l'applicazione possiamo fare qualche esempio.

Supponiamo di voler trovare, con una probabilità del 99%, almeno un prodotto difettoso all'interno di un campione. Per esperienza sappiamo che la porzione difettosa media è di 0,18 e cioè il 18%. Grazie alla nostra formula sappiamo che, ai fini della programmazione delle ispezioni dobbiamo costituire campioni di almeno 26 unità di prodotto.

Inserendo nella cella G1 il valore di probabilità 0,99 e inserendo nella cella G3 la porzione difettosa media pari a 0,18, otteniamo nella cella G5 il numero 26 che indica la minima dimensione campionaria sufficiente a farci incorrere in almeno un prodotto difettoso.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	La probabilità di osservare una non conformità sia almeno pari a						0,99		
2									
3	Porzione non conforme						0,18		
4									
5	Il numero delle unità campionarie deve essere superiore a						26		
6									
7									
8									
9									

Figura 31 - Calcolo della dimensione campionaria minima

Capitolo 4

La carta pn I prodotti difettosi

4.1 I prodotti difettosi

Quando il controllo di un processo focalizza l'attenzione sul numero assoluto di prodotti difettosi piuttosto che sulla porzione difettosa, quando cioè mira ad accentuare l'importanza del numero dei prodotti non conformi inteso in quanto tale piuttosto che inteso come quota allora la carta di controllo da utilizzare è la carta di tipo pn. La carta di controllo pn, in altre parole, è basata sul numero di unità difettose presenti all'interno di un campione piuttosto che sulla porzione difettosa. La costruzione della carta in Excel è molto simile a quella della carta p.

Un'azienda progetta e realizza corsi di formazione informatica. Una docente dell'azienda prepara, ogni settimana, un gruppo costituito da quaranta persone a sostenere un

GLI OGGETTI DEL CONTROLLO

Il passaggio dalla carta p alla carta pn merita una riflessione sul concetto di non conformità. E' opportuno sottolineare che, riferendoci all' output di processo, la non conformità può consistere anche semplicemente in un risultato non atteso. Un processo può essere considerato instabile, a prescindere dalla conformità dei suoi output agli standard contrattuali, anche quando i risultati che rende sono distanti, in maniera significativa, da quanto ragionevolmente ci si aspetta. Le carte di controllo focalizzano l'attenzione sul monitoraggio delle variabili da molteplici punti di vista. Distinguere la porzione difettosa dal numero esatto di prodotti difettosi è talora molto utile. Così come è utile focalizzare l'attenzione sul numero di non conformità presenti all'interno dello stesso prodotto

test computerizzato. L'azienda di formazione è interessata a controllare la stabilità del processo formativo gestito dalla docente e commissiona ad un consulente la costruzione di una carta di controllo basata sul numero di persone che non superano il test. I respinti al test saranno considerati "unità non conformi".

L'azienda, con il suggerimento del consulente, prende in considerazione venticinque test, e cioè venticinque sessioni di esame, sostenuti da quaranta persone ciascuno.

4.2 L'impostazione in Excel della carta pn

Nel foglio Excel inseriamo nella cella A1 l'etichetta Numerosità campionaria ed indichiamo 40 nella cella C1. Quaranta infatti sono le persone che costituiscono, di sessione in sessione, il gruppo degli esaminandi.

Nella cella A5 inseriamo l'etichetta Misurazioni ed enumeriamo, in ordine progressivo, le sessioni di esame dalla prima fino alla venticinquesima partendo dalla cella A6 fino alla cella A30.

Nella cella B5 inseriamo l'etichetta Un.dif che sta per unità difettose. L'etichetta tuttavia si riferisce al numero di persone che non hanno superato il test. Le unità difettose, nel nostro esempio, corrisponderanno al numero dei respinti in occasione di ogni specifica sessione di esame.

Tra la cella B6 e la cella B30 inseriamo, in corrispondenza di ciascuna sessione di valutazione, il numero di persone respinte, ricordando che ad ogni test hanno partecipato quaranta persone.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Numerosità campionaria		40						
2									
3									
4									
5	Misurazioni	Un. Dif	Porz dif						
6	1	9	=B6/C\$1						
7	2	6							
8	3	7							
9	4	3							
10	5	5							
11	6	9							
12	7	4							
13	8	8							
14	9	6							
15	10	7							
16	11	12							
17	12	6							
18	13	4							
19	14	5							
20	15	7							
21	16	6							
22	17	19							
23	18	8							
24	19	5							
25	20	6							
26	21	7							
27	22	8							
28	23	6							
29	24	14							
30	25	8							
31									

Figura 32 - Predisposizione dei dati per la carta pn

Nella cella C5 inseriamo l'etichetta Porz.dif che sta per Porzione difettosa. Questa indicherà per ciascun test la percentuale di respinti rispetto ai partecipanti.

La formula da inserire nella cella C6 è =B6/C\$1.

Il simbolo del dollaro tra la lettera C e il numero 1 ricordiamo che serve a bloccare il riferimento alla cella C1 in occasione di una copia di formule per trascinamento.

Come si evince dai risultati la sessione di esame numero 4 è quella che ha registrato un minor numero di respinti e cioè 3 mentre la sessione numero 17 ha visto ben 19 candidati respinti. Lo scopo della carta di controllo è proprio quello di facilitare il governo del processo mediante l'individuazione delle cause che intervengono a comportarne perturbazioni.

Avendo ottenuto il primo dato relativo alla porzione difettosa trasciniamo il quadratino della cella C6 per copiare la formula in essa contenuta fino alla cella C30.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Numerosità campionaria		40						
2									
3									
4									
5	Misurazioni	Un. Dif	Porz dif						
6	1	9	0,23						
7	2	6							
8	3	7							
9	4	3							

Figura 33 - Calcolo della porzione difettosa

Nella cella A2 inseriamo l'etichetta Media difetti per camp e nella cella C2 calcoliamo il numero di persone che mediamente sono state respinte ad ogni test.

La formula da inserire nella cella C2 è =MEDIA(B6:B30).

Nella cella A3 inseriamo l'etichetta Media Porz dif e nella cella C3 calcoliamo la percentuale di persone che mediamente sono state respinte ad ogni test.

La formula da inserire nella cella C3 è =MEDIA(C6:C30).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Numerosità campionaria		40						
2	Media difetti per camp		=MEDIA(B6:B30)						
3	Media Porz dif		=MEDIA(C6:C30)						
4									
5	Misurazioni	Un. Dif	Porz dif						
6	1	9	0,23						
7	2	6	0,15						
8	3	7	0,18						
9	4	3	0,08						

Figura 34 - Calcolo delle medie

4.3 Il calcolo dei limiti di controllo della carta pn

I limiti di controllo della carta pn sono i seguenti

$$UCL = pn + 3 \sqrt{pn(1-p)}$$

$$LCL = pn - 3 \sqrt{pn(1-p)}$$

Dove n è la numerosità campionaria e p è la porzione difettosa. Nel nostro caso facciamo riferimento ad una porzione difettosa media e cioè

un numero medio di persone respinte ai test che abbiamo ottenuto nella cella C3.

Dopo aver inserito le etichette Lim sup e Lim inf rispettivamente nelle celle E1 ed E2 passiamo a inserire le formule per il calcolo dei limiti.

Nella cella F1, per ottenere il limite superiore inseriamo la formula:

$$=(C1*C3)+3*RADQ((C1*C3)*(1-C3))$$

Nella cella F2, per ottenere il limite inferiore inseriamo la formula:

$$=(C1*C3)-3*RADQ((C1*C3)*(1-C3))$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Numerosità campionaria		40		Lim sup	14,77			
2	Media difetti per camp		7,4		Lim inf	0,03			
3	Media Porz dif		0,19						
4									
5	Misurazioni	Un. Dif	Porz dif		CL	UCL	LCL		
6	1	9	0,23		=C\$2	=F\$1	=F\$2		
7	2	6	0,15						
8	3	7	0,18						
9	4	3	0,08						

Figura 35 - Determinazione dei limiti di controllo

Predisponiamo adesso i limiti del controllo in maniera tale da generare le Linee di controllo del grafico ed inseriamo nelle celle E5, F5 e G5 rispettivamente le etichette CL, UCL ed LCL.

Nella cella E6 poi copiamo la formula contenuta nella cella C2. Anche in questo caso inseriamo il simbolo del dollaro \$ tra la C e il 2 per poter utilizzare successivamente la tecnica del trascinamento. Nella cella F6 copiamo il contenuto della cella F1 inserendo la formula =F\$1. Nella cella G6 inseriamo il contenuto della cella F2 inserendo la formula =F\$2.

4.4 Creazione dei valori per il grafico

Ottenuti i valori, evidenziamo l'intervallo di celle E6:G6 e trasciniamo il quadratino evidenziato in basso a destra dell'intervallo selezionato fino alla riga 30.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Numerosità campionaria		40		Lim sup	14,77			
2	Media difetti per camp		7,4		Lim inf	0,03			
3	Media Porz dif		0,19						
4									
5	Misurazioni	Un. Dif	Porz dif		CL	UCL	LCL		
6	1	9	0,23		7,4	14,77	0,03		
7	2	6	0,15						
8	3	7	0,18						
9	4	3	0,08						

Figura 36 - Copia delle formule mediante trascinamento

Mediante la Creazione guidata grafico costruiamo il grafico della carta di controllo pn

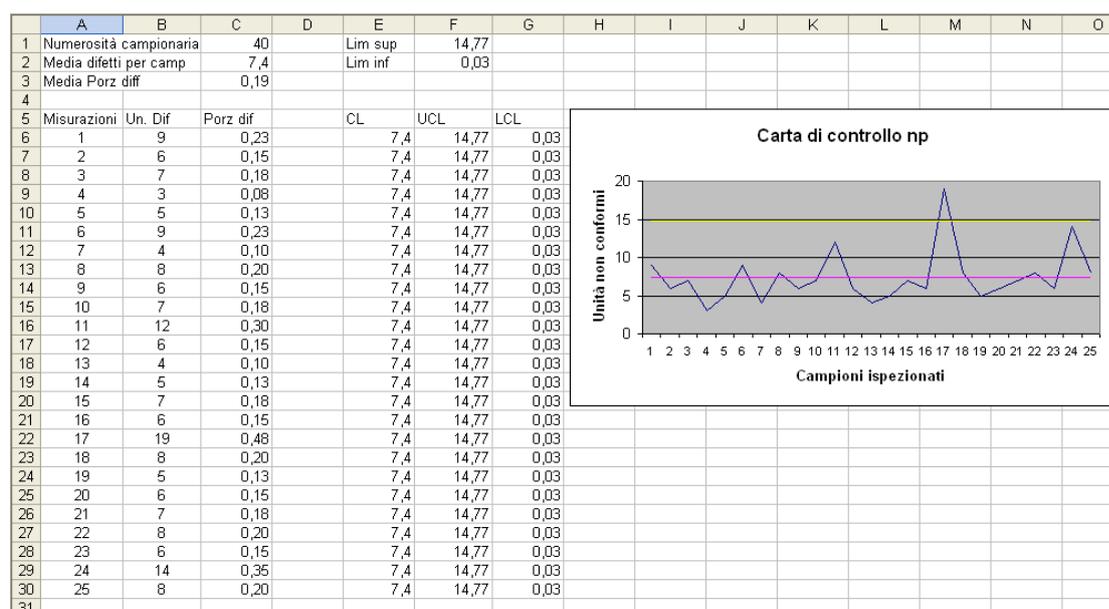


Figura 37 - Grafico dei valori relativi ai respinti

La carta di controllo pn che abbiamo costruito mostra il limite superiore UCL=14,77 che viene superato solamente in occasione del diciassettesimo test. Questo indica che, in quella seduta di esame, il processo formativo ha risentito di elementi perturbatori e cioè è stato influenzato da cause straordinarie che hanno inficiato sulla preparazione di buona parte del gruppo di discenti. Eliminando la causa possiamo riformulare la carta pn con la quale manterremo sotto controllo il processo formativo.

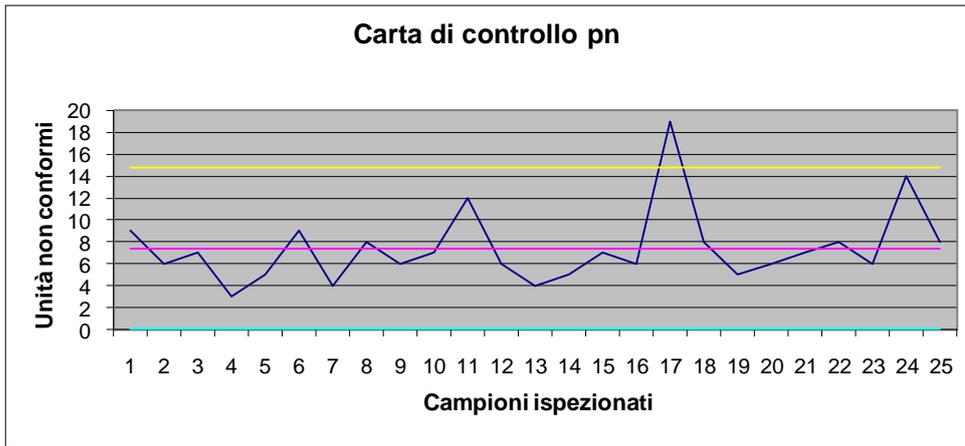


Figura 38 - Evidenziazione dei valori oltre i limiti di controllo

Capitolo 5

LA CARTA DEI DIFETTI

La carta di controllo c è la carta dei difetti. Essa infatti, a differenza delle carte p ed pn, non guarda ai prodotti ma focalizza l'attenzione sul numero di difetti (o non conformità) presenti all'interno di una sola unità di prodotto. Ovviamente il concetto di prodotto e di unità di prodotto deve essere inteso in senso assai ampio. Si pensi al "servizio" erogato di cui carta c deve prendere in considerazione tutte le mancanze, le carenze e le lacune che l'erogazione del servizio presenta.

Il controllo delle non conformità. La carta c.

5.1 Il monitoraggio dei difetti

Un'azienda di pulizie è interessata a dimostrare di avere sotto controllo il processo di pulizia dei reparti di un grosso edificio di un ente pubblico. Ciascun reparto è composto da uffici, corridoi, laboratori e sale di attesa perciò l'oggetto sul quale viene verificato l'esito del processo di pulizia è abbastanza complesso.

L'azienda di pulizie ha predisposto la costruzione di una carta di controllo per difetti c raccogliendo le registrazioni relative al numero di difetti riscontrati da un apposito ispettore in venticinque reparti. Il campione in questo caso come vediamo è composto da una sola unità. Il singolo reparto appunto. L'azienda che ha costruito la carta ha ritenuto che i reparti presentassero lo stesso grado di complessità in quanto a superficie e funzioni.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Media difetti	=MEDIA(B6:B30)							
3									
4									
5	Misurazioni	Difetti							
6	1	8							
7	2	9							
8	3	5							
9	4	9							
10	5	8							
11	6	21							
12	7	9							
13	8	7							
14	9	10							
15	10	9							
16	11	11							
17	12	12							
18	13	16							
19	14	9							
20	15	6							
21	16	9							
22	17	12							
23	18	12							
24	19	8							
25	20	9							
26	21	7							
27	22	9							
28	23	12							
29	24	12							
30	25	11							
31									

Figura 39 - Registrazione del numero di difetti riscontrati

Dopo aver inserito le etichette nelle celle A2, A5 e B5, inseriamo nella colonna A l'enumerazione dei reparti ispezionati (una specie di codice identificativo del reparto) al termine della pulizia e in corrispondenza di ciascuno inseriamo, nella colonna B il numero dei difetti riscontrati dall'ispezione del relativo reparto. Nella cella B2 calcoliamo il numero medio dei difetti riscontrati attraverso la formula =MEDIA(B6:B30). Aggiungiamo al foglio Excel, nelle celle E1 e nella cella E2, le etichette dei limiti ed inseriamo nella cella F1 la formula per ottenere il limite superiore =B2+3*RADQ(B2). Nella cella F2 invece inseriamo la formula per ottenere il limite inferiore e cioè =B2-3*RADQ(B2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1					Lim sup	=B2+3*RADQ(B2)			
2	Media difetti	10,00			Lim inf	=B2-3*RADQ(B2)			
3									
4									
5	Misurazioni	Difetti							
6	1	8							
7	2	9							
8	3	5							
9	4	9							

Figura 40 - Formule per il calcolo dei limiti di controllo

5.2 Il calcolo dei limiti nella carta c

Le formule per il calcolo dei limiti sono le seguenti:

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Predisponiamo adesso i limiti del controllo in maniera tale da generare le Linee di controllo del grafico ed inseriamo nelle celle E5, F5 e G5 rispettivamente le etichette CL, UCL ed LCL.

Nella cella E6 poi copiamo la formula contenuta nella cella C2. Anche in questo caso inseriamo il simbolo del dollaro \$ tra la lettera C e il 2 per poter utilizzare successivamente la tecnica del trascinamento. Nella cella F6 copiamo il contenuto della cella F1 inserendo la formula =F\$1. Nella cella G6 inseriamo il contenuto della cella F2 inserendo la formula =F\$2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1					Lim sup	19,49			
2	Media difetti	10,00			Lim inf	0,51			
3									
4									
5	Misurazioni	Difetti			CL	UCL	LCL		
6	1	8			=B\$2	=F\$1	=F\$2		
7	2	9							
8	3	5							
9	4	9							

Figura 41 - Copia delle formule di calcolo dei limiti di controllo

Come possiamo notare i passaggi per la costruzione delle carte di controllo sono molto simili. La struttura del foglio Excel rimane quasi sempre inalterata, ovviamente, per ciascuna carta, cambiano le formule per il calcolo dei limiti.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1					Lim sup	19,49			
2	Media difetti	10,00			Lim inf	0,51			
3									
4									
5	Misurazioni	Difetti			CL	UCL	LCL		
6	1	8			10,00	19,49	0,51		
7	2	9							
8	3	5							
9	4	9							

Figura 42 - Trascinamento delle celle selezionate

Ottenuti i valori, evidenziamo l'intervallo di celle (E6:G6) e trasciniamo il quadratino, evidenziato in basso a destra dell'intervallo selezionato, fino alla riga 30.

5.3 Realizzazione del grafico della carta c

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1					Lim sup	19,49			
2	Media difetti	10,00			Lim inf	0,51			
3									
4									
5	Misurazioni	Difetti			CL	UCL	LCL		
6	1	8			10,00	19,49	0,51		
7	2	9			10,00	19,49	0,51		
8	3	5			10,00	19,49	0,51		
9	4	9			10,00	19,49	0,51		
10	5	8			10,00	19,49	0,51		
11	6	21			10,00	19,49	0,51		
12	7	9			10,00	19,49	0,51		
13	8	7			10,00	19,49	0,51		
14	9	10			10,00	19,49	0,51		
15	10	9			10,00	19,49	0,51		
16	11	11			10,00	19,49	0,51		
17	12	12			10,00	19,49	0,51		
18	13	16			10,00	19,49	0,51		
19	14	9			10,00	19,49	0,51		
20	15	6			10,00	19,49	0,51		
21	16	9			10,00	19,49	0,51		
22	17	12			10,00	19,49	0,51		
23	18	12			10,00	19,49	0,51		
24	19	8			10,00	19,49	0,51		
25	20	9			10,00	19,49	0,51		
26	21	7			10,00	19,49	0,51		
27	22	9			10,00	19,49	0,51		
28	23	12			10,00	19,49	0,51		
29	24	12			10,00	19,49	0,51		
30	25	11			10,00	19,49	0,51		
31									

Figura 43 – Predisposizione dei valori per la creazione del grafico

La selezione dei valori appena effettuata consente di ottenere in un unico grafico tanto il numero dei difetti, riscontrati al termine della pulizia di ciascun reparto, quanto il valore assunto dalla linea centrale e dalle linee dei limiti di controllo.

Come osserviamo dagli intervalli di celle selezionate, il valore centrale e i valori limiti si mantengono costanti. Saranno cioè dei costanti punti di riferimento in relazione ai quali giudicare, di campione in campione, i valori assunti dal numero dei difetti riscontrati.

Dopo aver selezionato gli intervalli di celle facciamo clic sul pulsante Creazione guidata grafico che sta nella Barra degli strumenti. Nella finestra di dialogo della Creazione guidata grafico, alla scheda Tipi standard, selezioniamo il tipo Linee e tra le Scelte disponibili selezioniamo la prima e cioè Linee. Visualizza una tendenza nel tempo o in più categorie. Poi facciamo clic su Avanti.

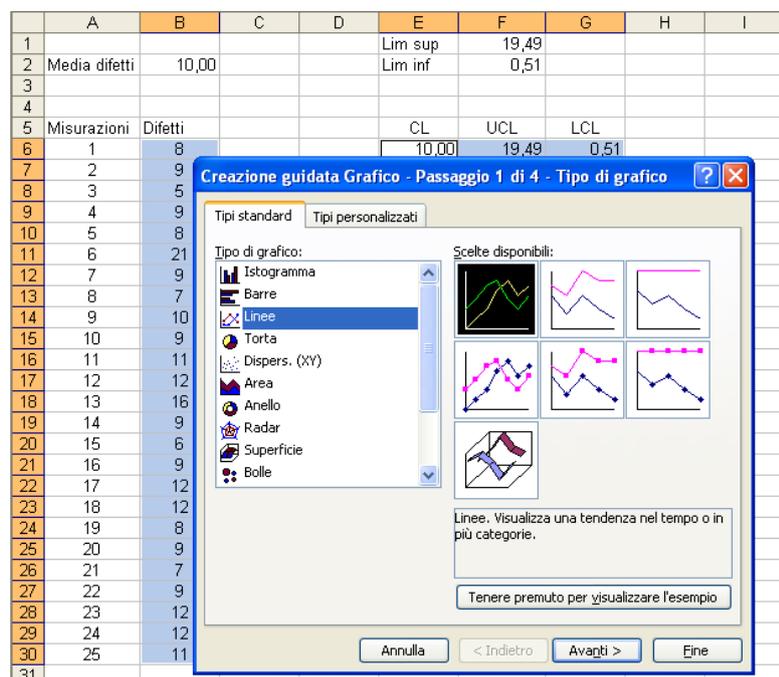


Figura 44 - Scelta del tipo di grafico

Al secondo passaggio della Creazione guidata grafico lasciamo tutto inalterato e facciamo clic sul pulsante Avanti.

Al terzo passaggio della Creazione guidata grafico selezioniamo la scheda Titoli ed inseriamo nel Titolo del grafico la scritta Carta di controllo - c.

In Asse delle categorie (X) inseriamo la scritta Misurazioni e in Asse dei valori (Y) inseriamo la scritta Valori di controllo.

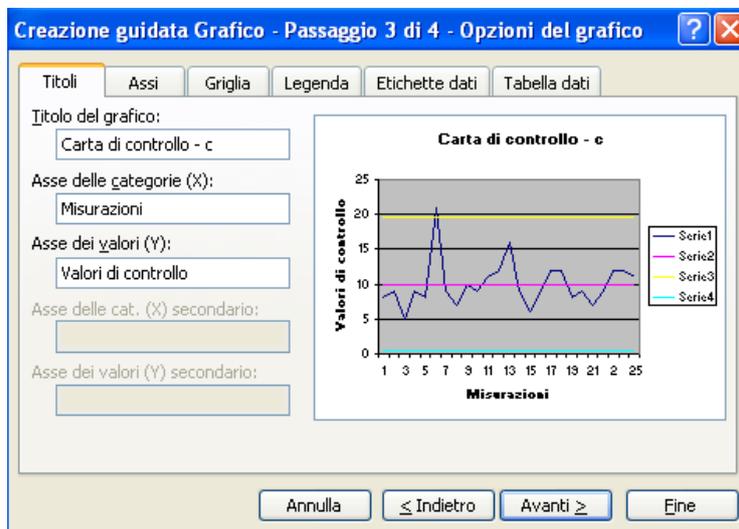


Figura 45 - Inserimento dei titoli

Poi nella scheda Legenda deseleggiamo il controllo Mostra legenda.



Figura 46 - Eliminazione della legenda del grafico

Al quarto ed ultimo passaggio della Creazione guidata grafico assicuriamoci che il grafico venga posizionato Come oggetto nel foglio di lavoro corrente e facciamo clic sul pulsante Fine.

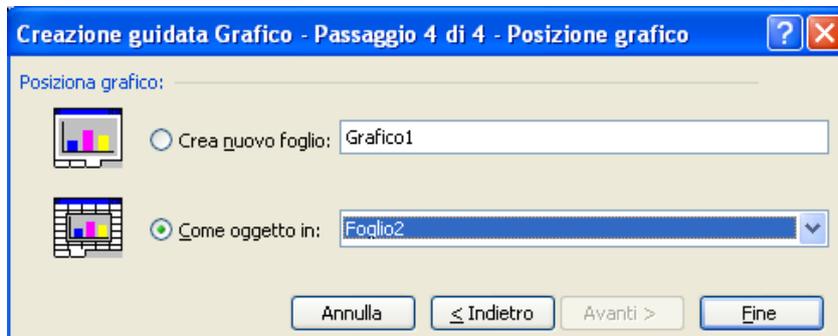


Figura 47 - Inserimento del grafico nel foglio di lavoro

Abbiamo così ottenuto il grafico. Attraverso il pulsante sinistro del mouse trasciniamo nelle celle vuote accanto ai valori che abbiamo precedentemente inserito.

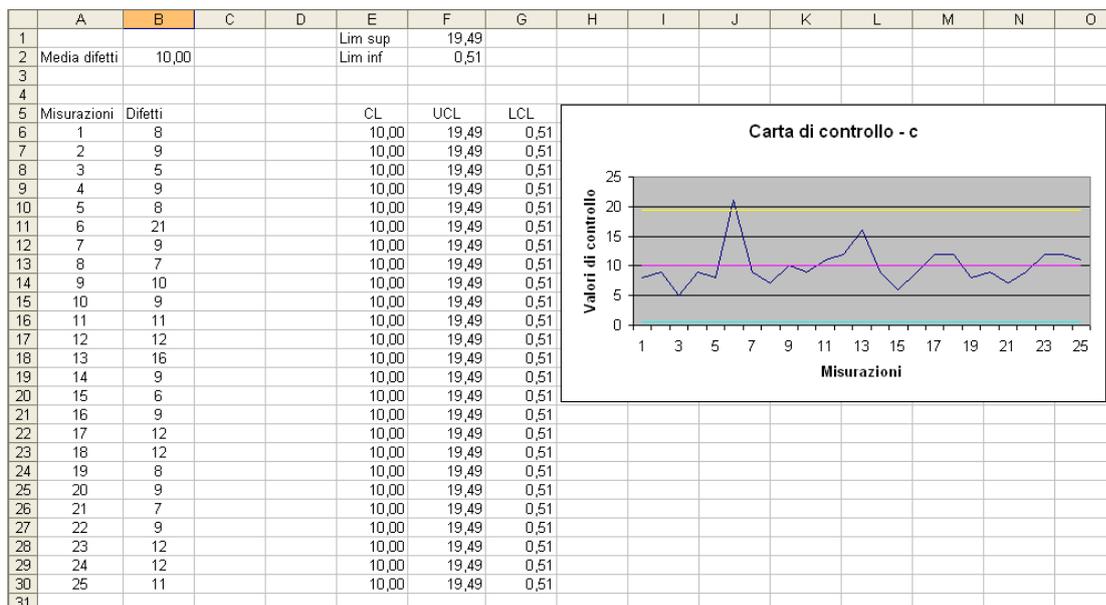


Figura 48 - Dati e grafico

Molto probabilmente l'asse delle X e cioè quello orizzontale non evidenzia il numero di ciascun campione. Il motivo sta nel fatto che non c'è sufficiente spazio. Il rimedio è quello di diminuire la grandezza del carattere con cui sono espresse le cifre.

Facendo doppio clic sull'asse delle X si apre la finestra di dialogo relativa al Formato asse. Alla scheda Carattere selezioniamo 8 come Dimensione e facciamo clic su Ok.

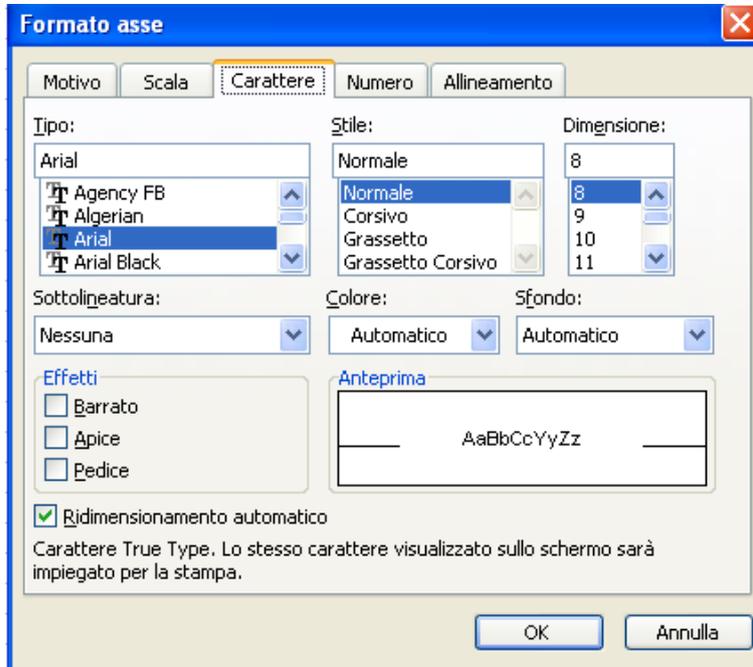


Figura 49 - Riduzione della grandezza del carattere del grafico

Nel grafico possiamo notare la UCL in alto, la CL al centro e la LCL in basso. La linea spezzata invece è formata da tutti i valori assunti dal numero di difetti riscontrati al termine della pulizia di ciascun dipartimento.

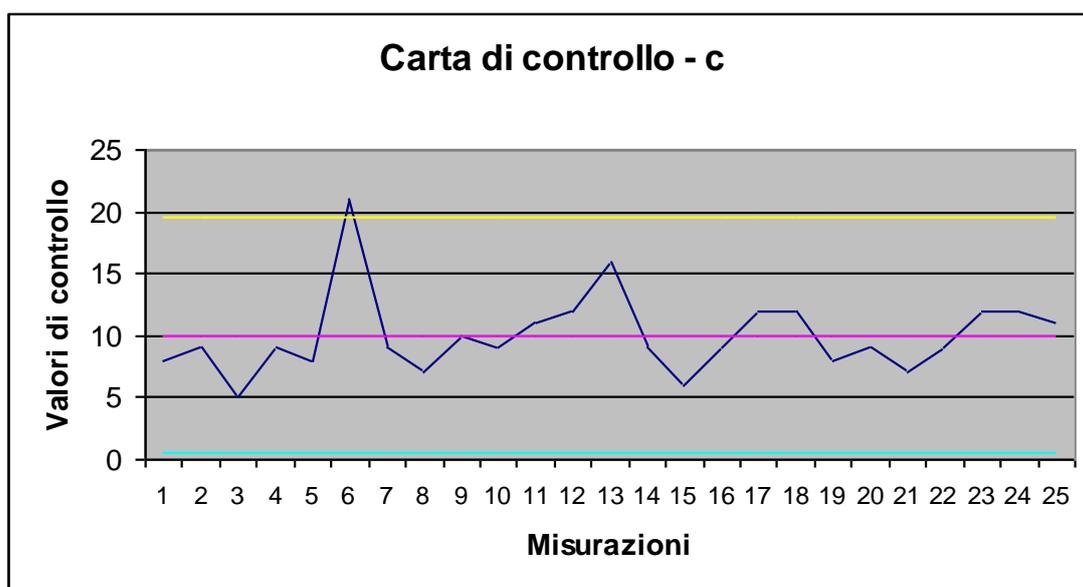


Figura 50 - Visualizzazione grafica dei difetti riscontrati

Il processo di pulizia ha manifestato un valore di difetti riscontrati superiore alla UCL nel caso del sesto dipartimento. Tutti gli altri errori rientrano nelle attuali capacità del processo. Rimosse le cause che hanno perturbato il processo di pulizia nel caso del dipartimento numero sei la carta c può essere riformulata ed utilizzata.

Capitolo 6

La carta di controllo u

6.1 Il numero di difetti per unità

Un'azienda si occupa di progettare e produrre automobili. Ciascuna rete è composta da cinque personal computer. Vengono rilevate le non conformità in quindici gruppi di automobili uguali allo scopo di tenere sotto controllo quante non conformità mediamente sono presenti all'interno di ciascuna auto prodotta.

Nella cella A1 inseriamo l'etichetta Unità di riferimento. In C1 inseriamo 5 in quanto ciascun gruppo ispezionato è composto da 5 automobili e cioè cinque unità.

Dopo aver inserito in A5 l'etichetta Misurazioni e dopo aver inserito nelle celle sottostanti i numeri che indicano l'ordine delle misurazioni, inseriamo nell'intervallo (C6:C20), il numero di non conformità rilevate in ciascun gruppo. In C5 indichiamo con l'etichetta Non confor il numero delle conformità totali rilevate nelle cinque auto che costituiscono il singolo gruppo ispezionato.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Unità di riferimento		5		Lim sup	=C2+3*RADQ(C2/C1)			
2	Media non conformità		=MEDIA(C6:C20)		Lim inf	=C2-3*RADQ(C2/C1)			
3									
4									
5	Misurazioni	Non confor	Media						
6	1	9	=B6/C\$1						
7	2	15							
8	3	5							
9	4	9							
10	5	15							
11	6	5							
12	7	5							
13	8	11							
14	9	8							
15	10	5							
16	11	21							
17	12	10							
18	13	9							
19	14	5							
20	15	11							

Figura 51 - Predisposizione del foglio dati

Nella cella C5 inseriamo l'etichetta Media. Indichiamo così che in ciascuna delle celle sottostanti verrà ospitato il numero medio di non conformità riscontrato in ogni automobile, relativo al singolo corrispondente gruppo. La formula da inserire nella cella C6 è =B6/C\$1.

Nella cella A2 scriviamo Media non conformità e nella cella C2 inseriamo la formula che ci consente di conoscere il numero medio di non conformità riscontrato in ogni singola automobile appartenente alla totalità delle auto ispezionate. La formula è =MEDIA(C6:C20).

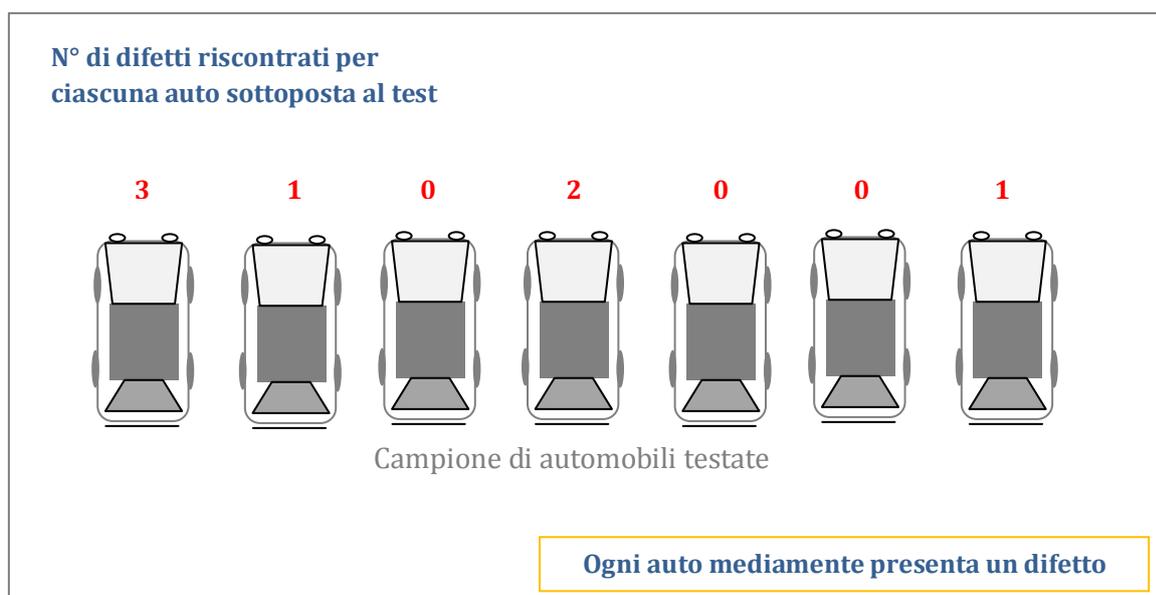


Figura 52 - Esempio di gruppo di auto ispezionate

6.2 Il calcolo dei limiti per la carta u

Il calcolo del limite superiore e del limite inferiore, grazie ai quali esercitiamo il controllo sul numero medio delle non conformità riscontrate in ciascun pc appartenente alla rete ispezionata, adopera le seguenti formule:

$$UCL = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LCL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Inseriamo nella cella E1 l'etichetta Lim sup che sta per limite superiore e nella cella F1 inseriamo la formula =C2+3*RADQ(C2/C1).

Inseriamo nella cella E2 l'etichetta Lim inf che sta per limite inferiore e nella cella F2 inseriamo la formula =C2-3*RADQ(C2/C1).

Per ottenere i dati con i quali tracciare il grafico della carta di controllo inseriamo le etichette CL, UCL e LCL rispettivamente nelle celle E5, F5 e G5.

Nella cella E6 poi copiamo la formula contenuta nella cella C2. Anche in questo caso inseriamo il simbolo del dollaro \$ tra la lettera C e il numero 2 per poter utilizzare successivamente la tecnica del trascinamento.

Nella cella F6 copiamo il contenuto della cella F1 inserendo la formula =F\$1. Nella cella G6 inseriamo il contenuto della cella F2 inserendo la formula =F\$2.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Unità di riferimento		5		Lim sup	=C2+3*RADQ(C2/C1)		
2	Media non conformità		=MEDIA(C6:C20)		Lim inf	=C2-3*RADQ(C2/C1)		
3								
4								
5	Misurazioni	Non confor	Media		CL	UCL	LCL	
6	1	9	=B6/C\$1		=C\$2	=F\$1	=F\$2	
7	2	15						
8	3	5						

Figura 53 - Predisposizione delle formule per il calcolo dei valori di controllo

Ottenuti i valori, evidenziamo l'intervallo di celle E6:G6 e trasciniamo il quadratino evidenziato in basso a destra dell'intervallo selezionato fino alla riga 20. La stessa operazione di copia la facciamo per la formula contenuta in C6 nelle celle sottostanti fino alla cella C20.

6.3 Il grafico della carta u

Mediante la Creazione guidata grafico otteniamo il tracciato relativo alla carta di controllo u.

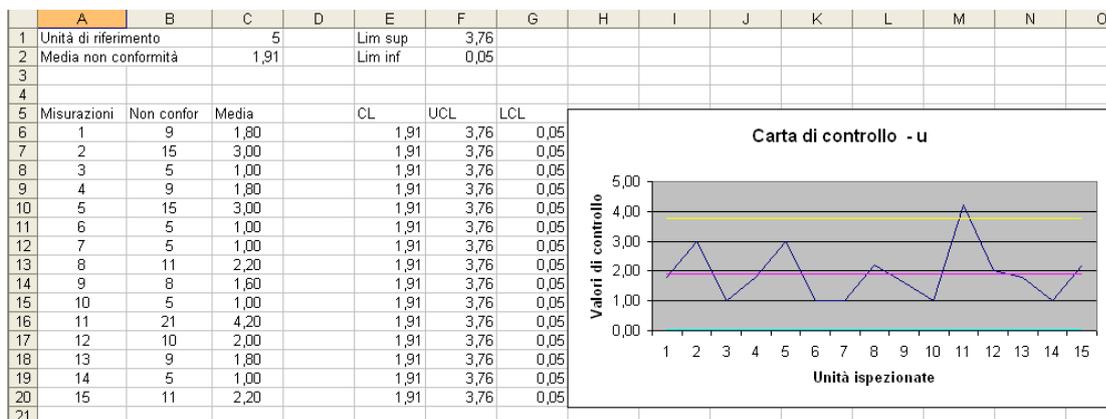


Figura 54 - Ultimazione della carta di controllo u

Dal grafico si evince che l'undicesimo gruppo ispezionato presenta valori che vanno oltre al limite superiore. Se rimuoviamo le cause che hanno comportato straordinariamente un numero così elevato di difetti nelle automobili che costituiscono il gruppo possiamo riformulare i limiti ed i valori della media ed ottenere la carta di controllo u utilizzabile per il controllo del processo.

Capitolo 7

La carta di controllo \bar{x} - R

IL CONTROLLO PER VARIABILI

*Se con le carte di controllo per attributi abbiamo misurato difetti e prodotti, con le carte di controllo per variabili l'attenzione si sposta su un monitoraggio di valori. Con questo tipo di carte ci si introduce nel concetto statistico di "dispersione".
Noteremo quanto sia utile non soltanto conoscere la media dei valori che caratterizzano i prodotti appartenenti ad un campione (peso, lunghezza, temperatura ecc) ma quanto sia oltremodo utile conoscere quanto questi singoli valori siano vicini (poca dispersione) oppure lontani tra di loro (molta dispersione).*

7.1 Il controllo della media e del campo di variazione

Un'azienda che produce conserva di pomodoro è interessata a tenere sotto controllo il peso di ciascun barattolo confezionato. Lo scopo è quello di ottenere per tutti i prodotti (barattoli con la conserva di pomodoro) lo stesso peso di 200 grammi.

Per costruire la carta di controllo \bar{x} - R vengono ispezionati venticinque campioni di barattoli pieni e ciascuno campione è costituito da cinque unità. Nel foglio Excel vengono raccolti i dati relativi al peso di ciascun barattolo.

La colonna A contiene i dati relativi ai numeri che identificano il campione ispezionato. Le celle a destra di ciascun numero riportano i pesi di ciascuna delle cinque unità appartenenti al campione. Il campione numero 1, ad esempio, è composto da cinque unità il cui peso è rispettivamente 210g, 210g, 200g, 199g e 206g.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3									
4									
5	Campioni	a	b	c	d	e			
6	1	210	210	200	199	206			
7	2	213	196	198	192	199			
8	3	215	198	195	190	200			
9	4	211	209	206	211	200			
10	5	200	213	204	202	211			
11	6	205	211	194	192	211			
12	7	206	205	192	211	205			
13	8	198	225	232	241	194			
14	9	198	192	206	192	206			
15	10	206	205	192	211	194			
16	11	194	192	194	211	205			
17	12	205	198	194	198	192			
18	13	194	205	192	192	206			
19	14	198	192	206	192	211			
20	15	206	211	194	198	205			
21	16	192	205	198	211	192			
22	17	198	192	198	192	194			
23	18	205	198	192	198	206			
24	19	211	194	192	192	205			
25	20	194	205	206	192	211			
26	21	192	198	192	192	211			
27	22	206	199	192	205	192			
28	23	211	198	211	198	211			
29	24	205	192	206	192	206			
30	25	194	198	194	198	192			
31									

Figura 55 - Inserimento dei dati dei campioni

7.2 Il calcolo della statistica campionaria

Accanto alle misurazioni inseriamo la formula che ci consente di ottenere, per ciascun campione, il peso medio del barattolo pieno di conserva.

Nella cella G5 inseriamo l'etichetta *Medie camp* che sta per medie campioni. Nella cella G6 invece inseriamo la formula =MEDIA(B6:F6).

Nella Colonna H, anch'essa in corrispondenza di ciascun campione, calcoliamo il campo di variazione e cioè la differenza, calcolata in grammi, tra il barattolo più pesante e quello meno pesante appartenenti allo stesso campione. Nella Cella H5 inseriamo l'etichetta *Variazione* mentre nella cella H6 inseriamo la formula =MAX(B6:F6)-MIN(B6:F6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione		
6	1	210	210	200	199	206	=MEDIA(B6:F6)	=MAX(B6:F6)-MIN(B6:F6)		
7	2	213	196	198	192	199				
8	3	215	198	195	190	200				
9	4	211	209	206	211	200				

Figura 56 - Calcolo della media e del campo di variazione

Avendo ottenuto nelle celle G6 e H6 rispettivamente il peso medio del barattolo e il campo di variazione all'interno del campione, copiamo le formule appena inserite anche nelle celle sottostanti. La copia la eseguiamo mediante il trascinamento e così selezioniamo l'intervallo di celle (G6:H6) e, tenendo premuto il tasto sinistro del mouse, trasciniamo il quadratino che si evidenzia in basso a destra dell'intervallo selezionato fino alla riga trenta.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1											
2	Valore centrale	=MEDIA(G6:G30)									
3	Var media	=MEDIA(H6:H30)									
4											
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione			
6	1	210	210	200	199	206	205	11			
7	2	213	196	198	192	199					
8	3	215	198	195	190	200					
9	4	211	209	206	211	200					

Figura 57 - Copia della media e del campo di variazione

Come possiamo notare dal foglio Excel, accanto ai dati rilevati abbiamo ottenuto, per ciascun campione, anche i dati calcolati. Questi sono utili alla costruzione della carta di controllo.

Nella cella A2 inseriamo l'etichetta Valore centrale e nella cella C2 calcoliamo la media dei valori assunti dal peso medio di ciascun prodotto all'interno di ciascun campione. La formula è =MEDIA(G6:G30).

Nella cella A3 invece inseriamo l'etichetta Var Media che sta per Variazione media e nella cella C3 inseriamo la formula =MEDIA(H6:H30).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1													
2	Valore centrale	=MEDIA(G6:G30)											
3	Var media	=MEDIA(H6:H30)											
4													
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione					
6	1	210	210	200	199	206	205	11					
7	2	213	196	198	192	199	200	21					
8	3	215	198	195	190	200	200	25					
9	4	211	209	206	211	200	207	11					
10	5	200	213	204	202	211	206	13					
11	6	205	211	194	192	211	203	19					
12	7	206	205	192	211	205	204	19					
13	8	198	225	232	241	194	218	47					
14	9	198	192	206	192	206	199	14					
15	10	206	205	192	211	194	202	19					
16	11	194	192	194	211	205	199	19					
17	12	205	198	194	198	192	197	13					
18	13	194	205	192	192	206	198	14					
19	14	198	192	206	192	211	200	19					
20	15	206	211	194	198	205	203	17					
21	16	192	205	198	211	192	200	19					
22	17	198	192	198	192	194	195	6					
23	18	205	198	192	198	206	200	14					
24	19	211	194	192	192	205	199	19					
25	20	194	205	206	192	211	202	19					
26	21	192	198	192	192	211	197	19					
27	22	206	199	192	205	192	199	14					
28	23	211	198	211	198	211	206	13					
29	24	205	192	206	192	206	200	14					
30	25	194	198	194	198	192	195	6					
31													

Figura 58 - Media e campo di variazione dei valori campionari

La variabile sulla quale focalizzare l'attenzione è il peso medio che di volta in volta assume ciascun campione. Questo peso medio oscillerà tra un valore massimo *limite superiore* ed un valore minimo *limite inferiore*. Quando la carta di controllo evidenzierà un superamento dei limiti in corrispondenza di uno o più campioni allora sapremo che il processo è perturbato da cause di natura straordinaria. Cause quindi da identificare e rimuovere al fine di preservare la stabilità del processo.

7.3 Il calcolo dei limiti del controllo

Per il calcolo dei valori di controllo la carta $\bar{x} - R$ prevede l'impiego delle seguenti formule:

Per il valore centrale :

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

Per il limite superiore:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

Per il limite inferiore:

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Il valore che assume il coefficiente A_2 dipende dalla numerosità campionaria. Nel nostro caso il numero di unità di prodotto appartenenti a ciascun campione è pari a cinque.

La tabella che segue indica il coefficiente da adottare in corrispondenza della numerosità campionaria:

n	A2
2	1,880
3	1,023
4	0,729
5	0,577
6	0,483
7	0,419

Il coefficiente utilizzato è 0,577 che viene riportato nella cella C1 del foglio Excel. Nella cella A1 invece inseriamo l'etichetta Coefficiente stat.

Nelle celle G1 e G2 inseriamo rispettivamente le etichette Lim sup e Lim inf mentre nella cella H1 inseriamo la formula $=C2+(C1*C3)$ per il calcolo del limite superiore. Per quanto riguarda invece il limite inferiore, nella cella H2 inseriamo la formula $=C2-(C1*C3)$.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Coefficiente stat		0,577				Lim sup	$=C2+(C1*C3)$		
2	Valore centrale		201				Lim inf	$=C2-(C1*C3)$		
3	Var media		17							
4										
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione		
6	1	210	210	200	199	206	205	11		
7	2	213	196	198	192	199	200	21		
8	3	215	198	195	190	200	200	25		
9	4	211	209	206	211	200	207	11		

Figura 59 - Calcolo dei limiti di controllo

Adesso passiamo a predisporre, nelle colonne del foglio Excel, i valori con i quali costruiremo il grafico.

Nelle celle I5, J5 e K5 inseriamo rispettivamente le etichette CL, UCL ed LCL. CL sta per *Center Line*. UCL sta per *Upper Center Line* mentre LCL sta per *Lower Center Line*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Coefficiente stat		0,577				Lim sup	211				
2	Valore centrale		201				Lim inf	191				
3	Var media		17									
4												
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione	CL	UCL	LCL	
6	1	210	210	200	199	206	205	11	$=C\$2$	$=H\$1$	$=H\$2$	
7	2	213	196	198	192	199	200	21				
8	3	215	198	195	190	200	200	25				
9	4	211	209	206	211	200	207	11				

Figura 60 - Inserimento valori delle linee di controllo

Nella cella I6 poi copiamo la formula contenuta nella cella C2. In questo caso inseriamo il simbolo del dollaro \$ tra la C e il 2 per poter utilizzare successivamente la tecnica del trascinamento. Nella cella J6 copiamo il contenuto della cella H1 inserendo la formula $=H\$1$. Nella cella K6 inseriamo il contenuto della cella H2 inserendo la formula $=H\$2$.

Ottenuti i valori, evidenziamo l'intervallo di celle (E6:G6) e trasciniamo il quadratino evidenziato in basso a destra dell'intervallo selezionato fino alla riga 30.

5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione	CL	UCL	LCL
6	1	210	210	200	199	206	205	11	201	211	191
7	2	213	196	198	192	199	200	21			

Figura 61 - Copia delle formule

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Coefficiente stat		0,577				Lim sup	211					
2	Valore centrale		201				Lim inf	191					
3	Var media		17										
4													
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione	CL	UCL	LCL		
6	1	210	210	200	199	206	205	11	201	211	191		
7	2	213	196	198	192	199	200	21	201	211	191		
8	3	215	198	195	190	200	200	25	201	211	191		
9	4	211	209	206	211	200	207	11	201	211	191		
10	5	200	213	204	202	211	206	13	201	211	191		
11	6	205	211	194	192	211	203	19	201	211	191		
12	7	206	205	192	211	205	204	19	201	211	191		
13	8	198	225	232	241	194	218	47	201	211	191		
14	9	198	192	206	192	206	199	14	201	211	191		
15	10	206	205	192	211	194	202	19	201	211	191		
16	11	194	192	194	211	205	199	19	201	211	191		
17	12	205	198	194	198	192	197	13	201	211	191		
18	13	194	205	192	192	206	198	14	201	211	191		
19	14	198	192	206	192	211	200	19	201	211	191		
20	15	206	211	194	198	205	203	17	201	211	191		
21	16	192	205	198	211	192	200	19	201	211	191		
22	17	198	192	198	192	194	195	6	201	211	191		
23	18	205	198	192	198	206	200	14	201	211	191		
24	19	211	194	192	192	205	199	19	201	211	191		
25	20	194	205	206	192	211	202	19	201	211	191		
26	21	192	198	192	192	211	197	19	201	211	191		
27	22	206	199	192	205	192	199	14	201	211	191		
28	23	211	198	211	198	211	206	13	201	211	191		
29	24	205	192	206	192	206	200	14	201	211	191		
30	25	194	198	194	198	192	195	6	201	211	191		
31													

Figura 62 - Foglio con dati per la realizzazione del grafico

I dati raccolti e quelli ottenuti mediante le formule hanno così consentito di creare il foglio Excel della carta di controllo \bar{x} - R. Adesso passiamo alla creazione del grafico.

7.4 La creazione del grafico della carta $\bar{x} - R$

Selezioniamo l'intervallo di celle (G6:G30). Tenendo premuto il tasto Ctrl nella parte inferiore sinistra della tastiera selezioniamo anche l'intervallo di celle (I6:K30).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Coefficiente stat		0,577				Lim sup	211				
2	Valore centrale		201				Lim inf	191				
3	Var media		17									
4												
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione	CL	UCL	LCL	
6	1	210	210	200	199	206	205	11	201	211	191	
7	2	213	196	198	192	199	200	21	201	211	191	
8	3	215	198	195	190	200	200	25	201	211	191	
9	4	211	209	206	211	200	207	11	201	211	191	
10	5	200	213	204	202	211	206	13	201	211	191	
11	6	205	211	194	192	211	203	19	201	211	191	
12	7	206	205	192	211	205	204	19	201	211	191	
13	8	198	225	232	241	194	218	47	201	211	191	
14	9	198	192	206	192	206	199	14	201	211	191	
15	10	206	205	192	211	194	202	19	201	211	191	
16	11	194	192	194	211	205	199	19	201	211	191	
17	12	205	198	194	198	192	197	13	201	211	191	
18	13	194	205	192	192	206	198	14	201	211	191	
19	14	198	192	206	192	211	200	19	201	211	191	
20	15	206	211	194	198	205	203	17	201	211	191	
21	16	192	205	198	211	192	200	19	201	211	191	
22	17	198	192	198	192	194	195	6	201	211	191	
23	18	205	198	192	198	206	200	14	201	211	191	
24	19	211	194	192	192	205	199	19	201	211	191	
25	20	194	205	206	192	211	202	19	201	211	191	
26	21	192	198	192	192	211	197	19	201	211	191	
27	22	206	199	192	205	192	199	14	201	211	191	
28	23	211	198	211	198	211	206	13	201	211	191	
29	24	205	192	206	192	206	200	14	201	211	191	
30	25	194	198	194	198	192	195	6	201	211	191	
31												

Figura 63 - Predisposizione dei dati per la realizzazione guidata del grafico

La selezione dei valori appena effettuata consente di ottenere, in un unico grafico, i valori assunti dal peso medio del prodotto in ciascun campione, il valore assunto dalla linea centrale e quelli assunti dalle linee dei limiti di controllo.

Come osserviamo dagli intervalli di celle selezionate, il valore centrale e i valori limiti si mantengono costanti. Saranno cioè dei costanti punti di riferimento in relazione ai quali confrontare, di campione in campione, i valori assunti dal peso medio del prodotto.

Dopo aver selezionato gli intervalli di celle facciamo clic sul pulsante Creazione guidata grafico che sta nella Barra degli strumenti.

Nella finestra di dialogo della Creazione guidata grafico, alla scheda Tipi standard, selezioniamo il tipo Linee e, tra le Scelte disponibili, selezioniamo la prima e cioè Linee. Visualizza una tendenza nel tempo o in più categorie. Poi facciamo clic su Avanti.

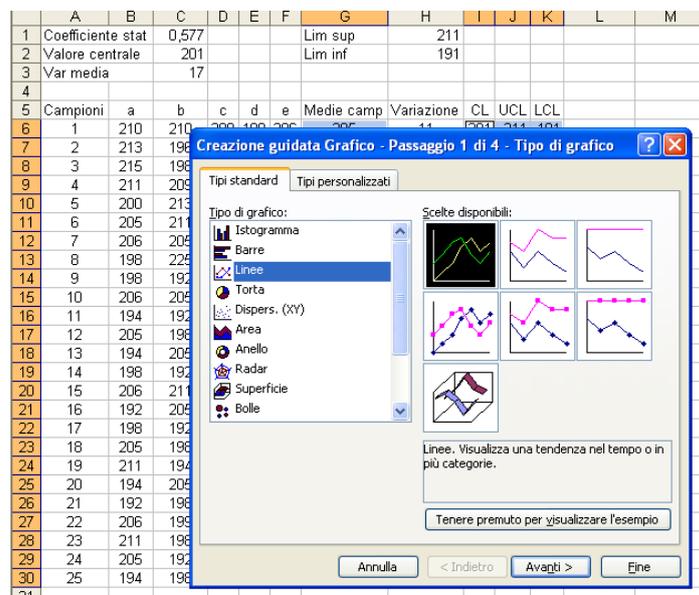


Figura 64 - Scelta relativa al tipo di grafico

Al secondo passaggio della Creazione guidata grafico lasciamo tutto inalterato e facciamo clic sul pulsante Avanti.

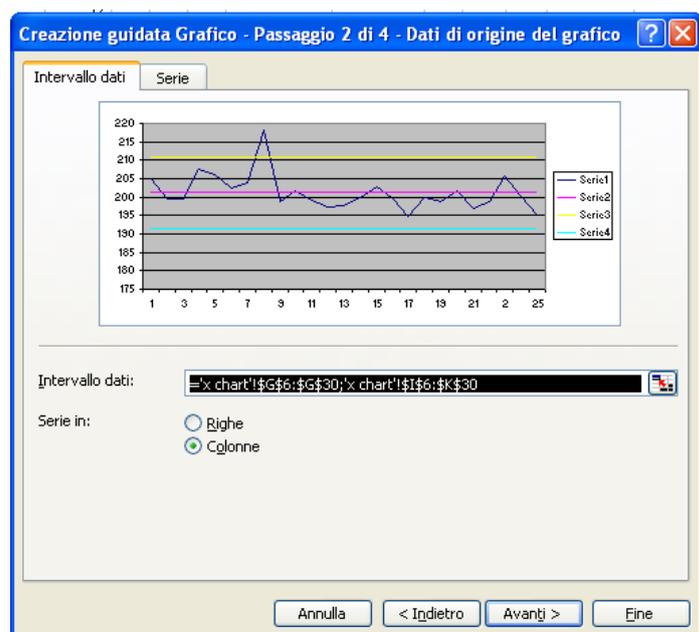


Figura 65 - Secondo passaggio creazione guidata grafico

Al terzo passaggio della Creazione guidata grafico selezioniamo la scheda Titoli ed inseriamo nel Titolo del grafico la scritta Carta di controllo $\bar{x} - R$.

In Asse delle categorie (X) inseriamo la scritta Campioni ispezionati e in Asse dei valori (Y) inseriamo la scritta Valori di controllo.

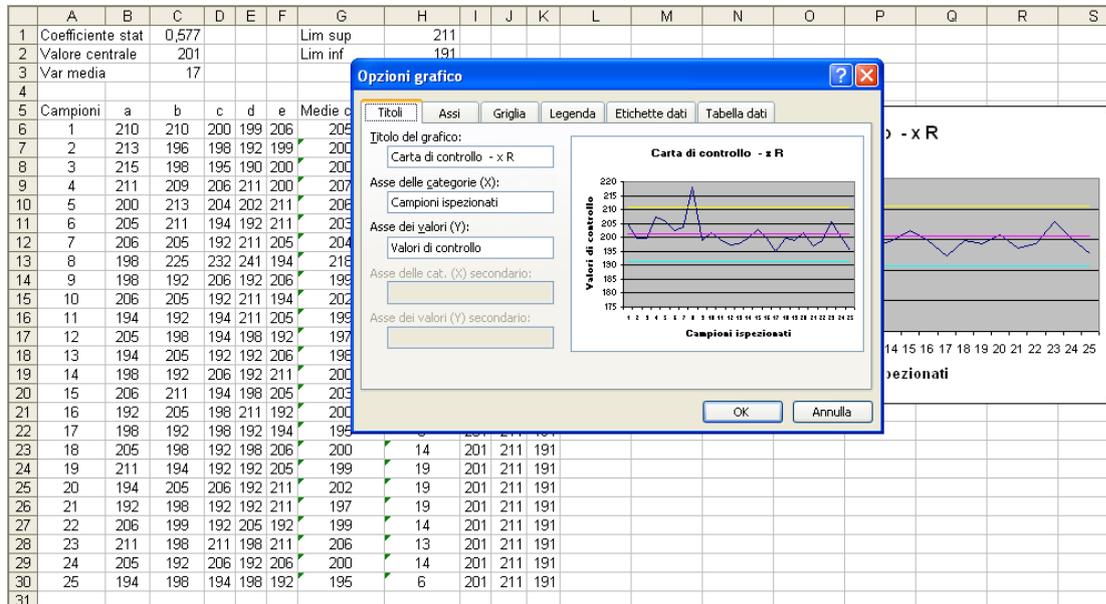


Figura 66 - Inserimento dei titoli del grafico

Poi nella scheda Legenda deseleggiamo il controllo Mostra legenda.

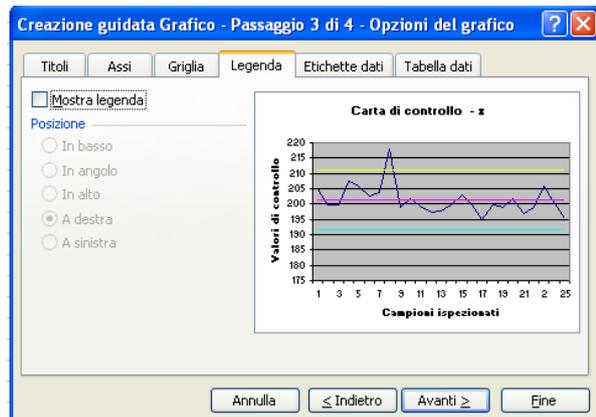


Figura 67 - Eliminazione della legenda dal grafico

Al quarto ed ultimo passaggio della Creazione guidata grafico assicuriamoci che il grafico venga posizionato Come oggetto nel foglio di lavoro corrente e facciamo clic sul pulsante Fine.



Figura 68 - Inserimento del grafico nel foglio di lavoro

Abbiamo così ottenuto il grafico che, attraverso il pulsante sinistro del mouse, trasciniamo nelle celle vuote accanto ai valori che abbiamo precedentemente inserito.

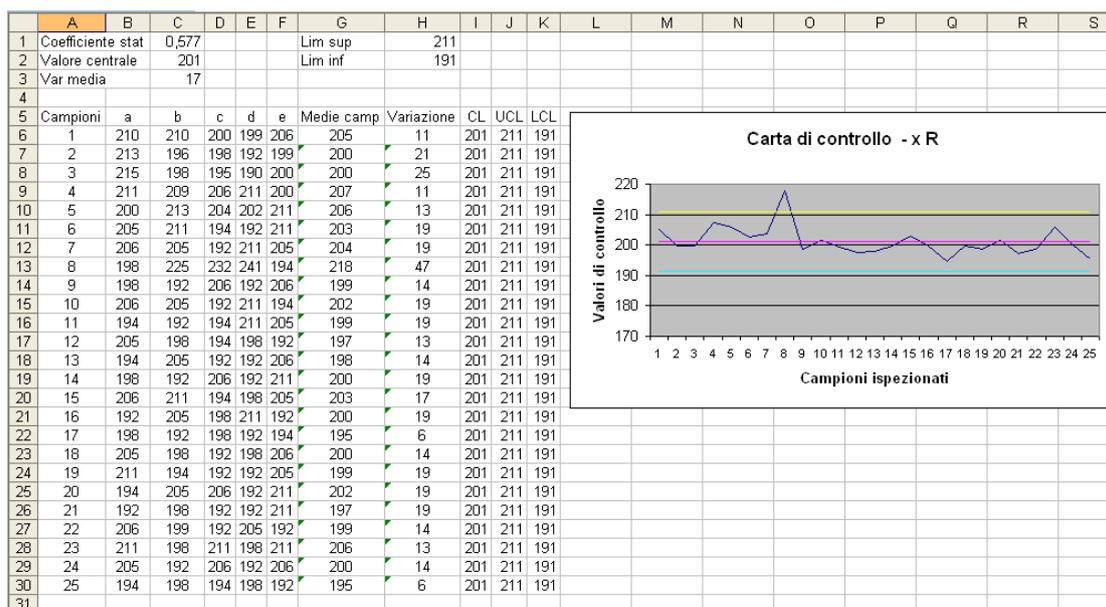


Figura 69 - Visualizzazione completa dei dati e del grafico

Molto probabilmente l'asse delle X quello cioè orizzontale non evidenzia il numero di tutti i campioni. Il motivo sta nel fatto che non c'è sufficiente spazio. Il rimedio è quello di diminuire la grandezza del carattere con cui sono espresse le cifre.

Facendo doppio clic sull'asse delle X si apre la finestra di dialogo relativa al Formato asse. Alla scheda Carattere selezioniamo 8 come Dimensione e facciamo clic su Ok.

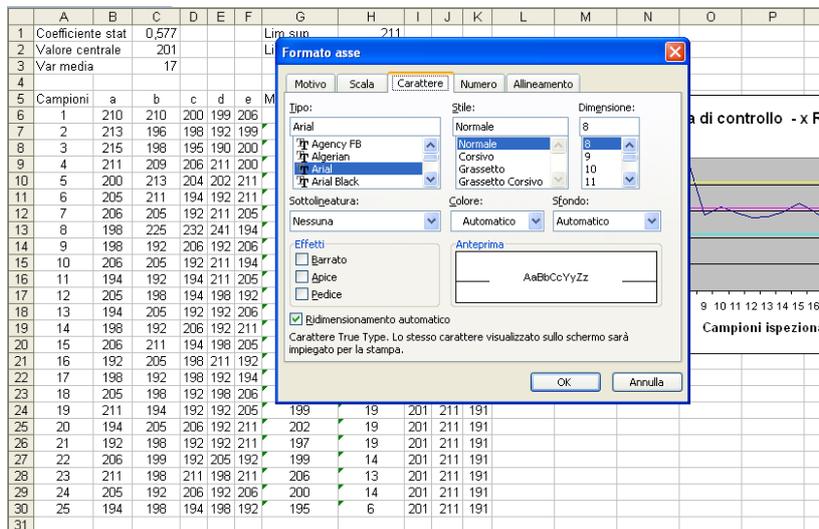


Figura 70 - Ridimensionamento dei caratteri del grafico

Nel grafico possiamo notare la UCL in alto, la CL al centro e la LCL in basso. La linea spezzata invece è formata da tutti i valori assunti dal peso medio del prodotto in ciascun campione.

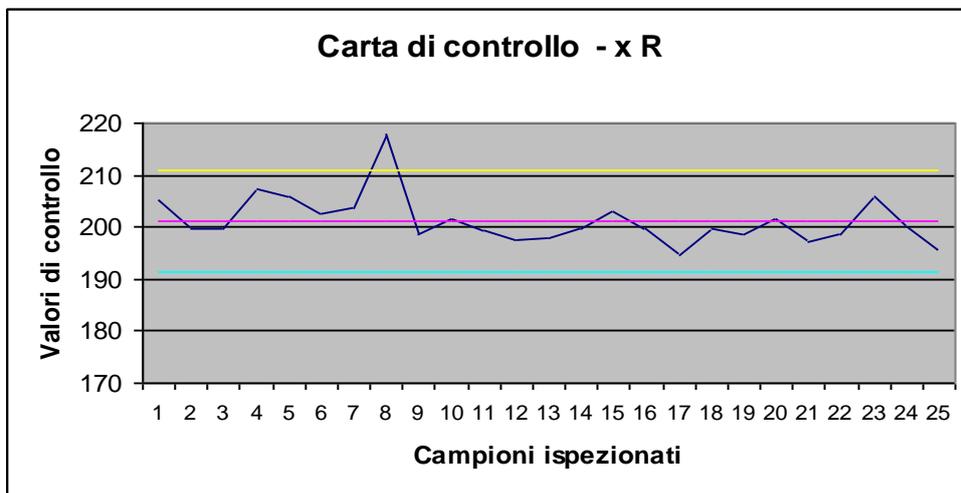


Figura 71 - Grafico dei valori relativi alla media

I campioni di barattoli di conserva il cui peso medio per barattolo è superiore al valore limite UCL sono evidentemente al di sopra della linea di controllo.

La carta di controllo appena ottenuta, per essere utilizzata, deve essere riformulata. Bisogna individuare e rimuovere le cause che portano i valori del campione $n = 8$ al di sopra della UCL. Rimossa la causa, la carta si può utilizzare ad intervalli di tempo per verificare che il processo si mantenga stabile nel tempo ed a riparo da eventi perturbatori.

7.5 La carta R. Il controllo della dispersione

La carta di controllo $\bar{x} - R$ serve a tenere sotto controllo, oltre al valore assunto dalla media, anche il valore assunto dal campo di variazione R e cioè la differenza media che intercorre tra il valore massimo ed il valore minimo misurato in ciascun campione.

I limiti di controllo per R si calcolano nella maniera seguente.

Linea centrale : $LC = \bar{R}$

Linea superiore : $UCL = D4 \bar{R}$

Linea inferiore : $LCL = D3 \bar{R}$

I valori statistici D3 e D4 dipendono dalla numerosità campionaria. La tabella riporta i valori statistici in corrispondenza del numero delle unità appartenenti all'eventuale campione.

n	D4	D3
2	3,267	n.a.
3	2,575	n.a.
4	2,282	n.a.
5	2,155	n.a.
6	2,004	n.a.
7	1,924	0,076

n.a.: non applicabile

Per la creazione della carta relativa al controllo del campo di variazione R utilizziamo la stessa struttura della carta x -R inserendo nella cella C2 la formula che ci consente di calcolare il valore medio assunto dalle medie dei valori di variazione in ciascun campione e cioè =MEDIA(H6:H30).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Coefficiente stat		2,155				Lim sup	=C1*C2	
2	Valore centrale		=MEDIA(H6:H30)				Lim inf	no	
3									
4									

Figura 72 - Inserimento delle formule per il calcolo della media e dei limiti

La formula in C2 ci consente di ottenere il valore centrale del controllo. Nella cella C1 invece andiamo ad inserire il valore statistico D4 pari a 2,155 come da tabella. Il valore statistico è quello che fa riferimento ad un campione la cui numerosità campionaria è pari a cinque unità. Il nostro campione infatti è composto da cinque barattoli di conserva.

Il limite superiore del controllo, a differenza di quello inferiore, è calcolabile. Nella cella H1 inseriamo infatti la formula =C1*C2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Coefficiente stat		2,155				Lim sup	37				
2	Valore centrale		17				Lim inf	no				
3												
4												
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione	CL	UCL	LCL	
6	1	210	210	200	199	206	205	11	17	37	no	
7	2	213	196	198	192	199	200	21	17	37	no	
8	3	215	198	195	190	200	200	25	17	37	no	
9	4	211	209	206	211	200	207	11	17	37	no	
10	5	200	213	204	202	211	206	13	17	37	no	
11	6	205	211	194	192	211	203	19	17	37	no	
12	7	206	205	192	211	205	204	19	17	37	no	
13	8	198	225	232	241	194	218	47	17	37	no	
14	9	198	192	206	192	206	199	14	17	37	no	
15	10	206	205	192	211	194	202	19	17	37	no	
16	11	194	192	194	211	205	199	19	17	37	no	
17	12	205	198	194	198	192	197	13	17	37	no	
18	13	194	205	192	192	206	198	14	17	37	no	
19	14	198	192	206	192	211	200	19	17	37	no	
20	15	206	211	194	198	205	203	17	17	37	no	
21	16	192	205	198	211	192	200	19	17	37	no	
22	17	198	192	198	192	194	195	6	17	37	no	
23	18	205	198	192	198	206	200	14	17	37	no	
24	19	211	194	192	192	205	199	19	17	37	no	
25	20	194	205	206	192	211	202	19	17	37	no	
26	21	192	198	192	192	211	197	19	17	37	no	
27	22	206	199	192	205	192	199	14	17	37	no	
28	23	211	198	211	198	211	206	13	17	37	no	
29	24	205	192	206	192	206	200	14	17	37	no	
30	25	194	198	194	198	192	195	6	17	37	no	
31												

Figura 73 - Foglio con i valori della variazione e dei limiti

Per ottenere il grafico finalizzato a tenere sotto controllo il campo di variazione selezioniamo l'intervallo H6:J30.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Coefficiente stat		2,155				Lim sup	37				
2	Valore centrale		17				Lim inf	no				
3												
4												
5	Campioni	a	b	c	d	e	Medie camp	Variazione	CL	UCL	LCL	
6	1	210	210	200	199	206	204	11	17	37	no	
7	2	213	196	198	192	199	200	21	17	37	no	
8	3	215	198	195	190	200	200	25	17	37	no	
9	4	211	209	206	211	200	207	11	17	37	no	
10	5	200	213	204	202	211	206	13	17	37	no	
11	6	205	211	194	192	211	203	19	17	37	no	
12	7	206	205	192	211	205	204	19	17	37	no	
13	8	198	225	232	241	194	218	47	17	37	no	
14	9	198	192	206	192	206	199	14	17	37	no	
15	10	206	205	192	211	194	202	19	17	37	no	
16	11	194	192	194	211	205	199	19	17	37	no	
17	12	205	198	194	198	192	197	13	17	37	no	
18	13	194	205	192	192	206	198	14	17	37	no	
19	14	198	192	206	192	211	200	19	17	37	no	
20	15	206	211	194	198	205	203	17	17	37	no	
21	16	192	205	198	211	192	200	19	17	37	no	
22	17	198	192	198	192	194	195	6	17	37	no	
23	18	205	198	192	198	206	200	14	17	37	no	
24	19	211	194	192	192	205	199	19	17	37	no	
25	20	194	205	206	192	211	202	19	17	37	no	
26	21	192	198	192	192	211	197	19	17	37	no	
27	22	206	199	192	205	192	199	14	17	37	no	
28	23	211	198	211	198	211	206	13	17	37	no	
29	24	205	192	206	192	206	200	14	17	37	no	
30	25	194	198	194	198	192	195	6	17	37	no	
31												

Figura 74 - Copia dei valori relativi al campo di variazione e alle linee di controllo

Dopo aver selezionato gli intervalli di celle facciamo clic sul pulsante Creazione guidata grafico che sta nella Barra degli strumenti.

Nella finestra di dialogo della Creazione guidata grafico, alla scheda Tipi standard, selezioniamo il tipo Linee e, tra le Scelte disponibili, selezioniamo la prima e cioè Linee. Visualizza una tendenza nel tempo o in più categorie. Poi facciamo clic su Avanti.

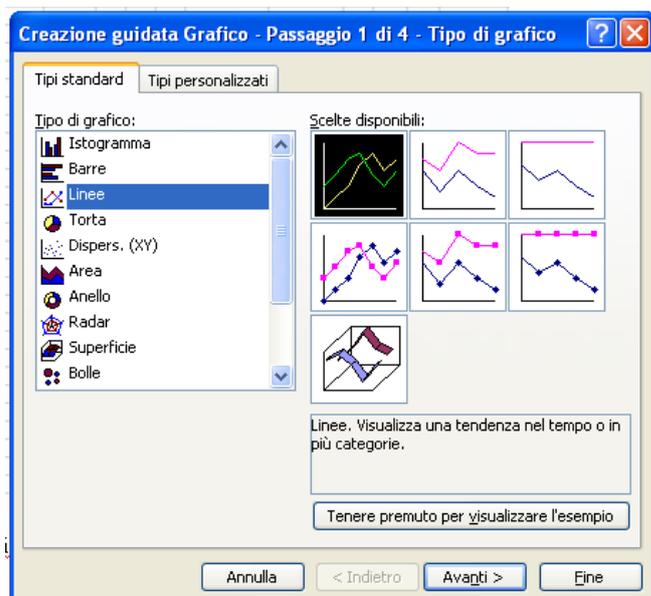


Figura 75 - Scelta del tipo di grafico

Al secondo passaggio della Creazione guidata grafico lasciamo tutto inalterato e facciamo clic sul pulsante Avanti.

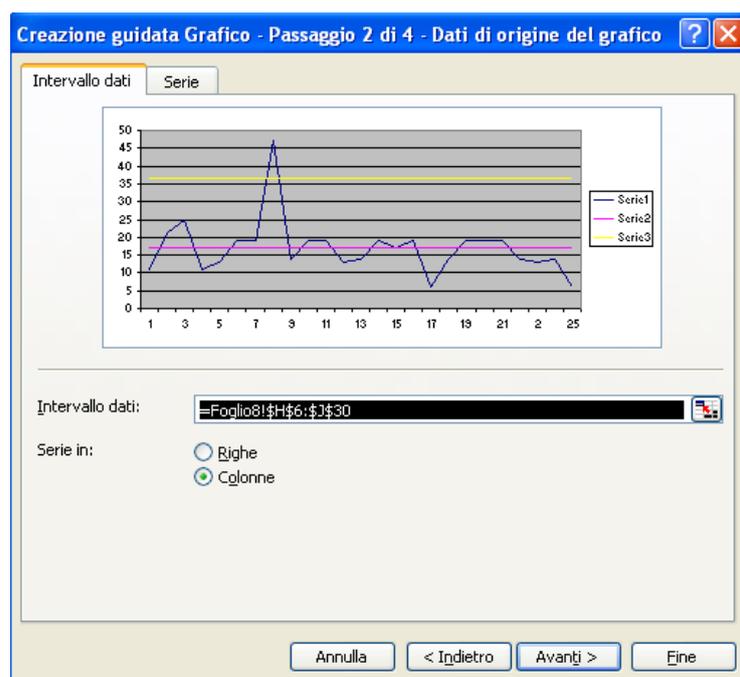


Figura 76 - Secondo passaggio della creazione guidata grafico

Al terzo passaggio della Creazione guidata grafico selezioniamo la scheda Titoli ed inseriamo nel Titolo del grafico la scritta Carta di controllo R.

In Asse delle categorie (X) inseriamo la scritta Campioni ispezionati e in Asse dei valori (Y) inseriamo la scritta Valori di controllo.

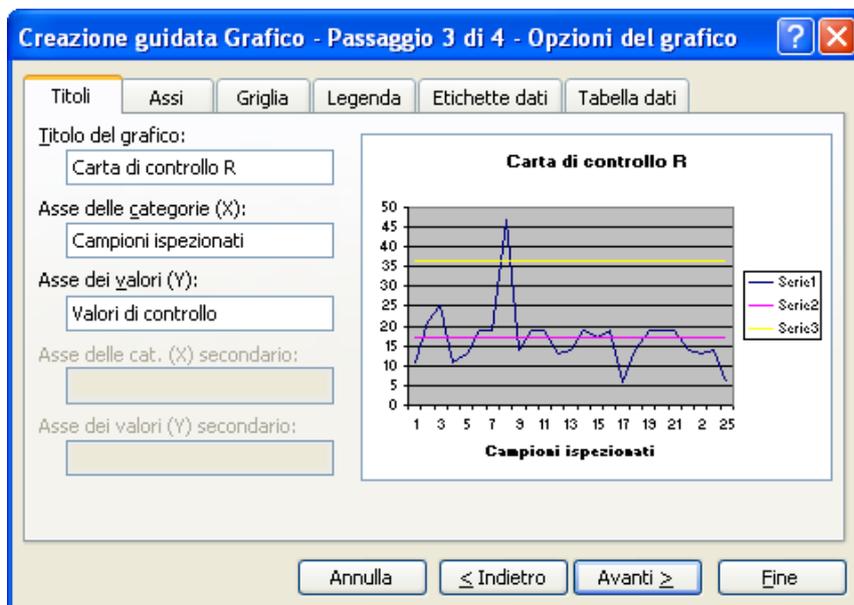


Figura 77 - Inserimento dei titoli nel grafico

Poi nella scheda Legenda deseleggiamo il controllo Mostra legenda.



Figura 78 - Eliminazione della legenda dal grafico

Al quarto ed ultimo passaggio della Creazione guidata grafico assicuriamoci che il grafico venga posizionato Come oggetto nel foglio di lavoro corrente e facciamo clic sul pulsante Fine.



Figura 79 - Inserimento del grafico nel foglio di lavoro

Abbiamo così ottenuto il grafico che, attraverso il pulsante sinistro del mouse, trasciniamo nelle celle vuote accanto ai valori che abbiamo precedentemente inserito.

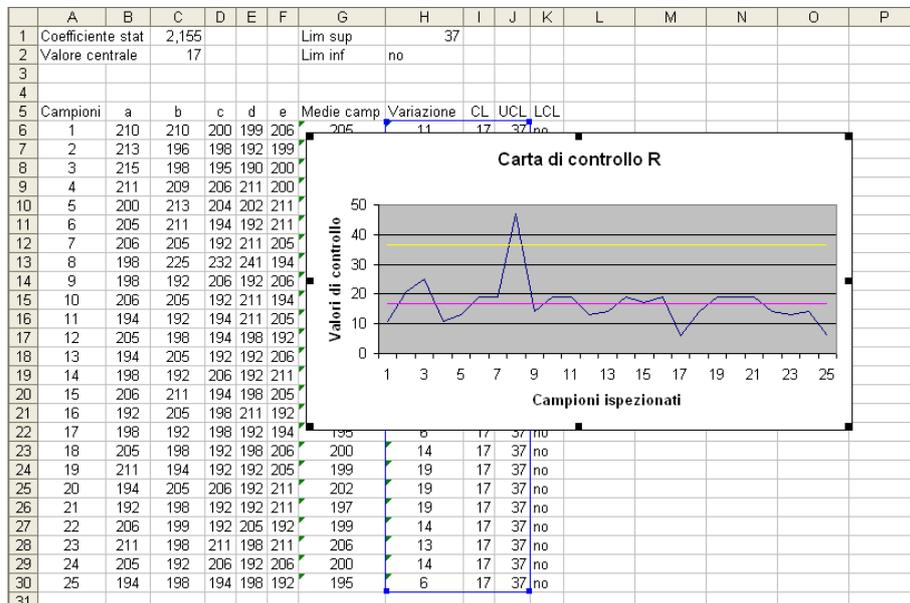


Figura 80 - Collocazione del grafico nel foglio di lavoro

Molto probabilmente l'asse delle X e cioè quello orizzontale non evidenzia i numeri relativi a ciascun campione. Il motivo sta nel fatto che non c'è sufficiente spazio. Il rimedio è quello di diminuire la grandezza del carattere con cui sono espresse le cifre.

Facendo doppio clic sull'asse delle X si apre la finestra di dialogo relativa al Formato asse. Alla scheda Carattere selezioniamo 8 come Dimensione e facciamo clic su Ok.

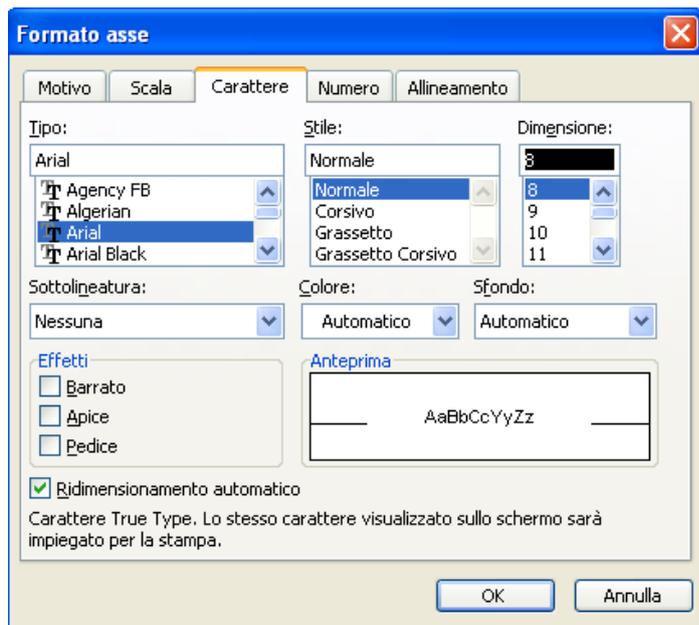


Figura 81 - Ridimensionamento dei caratteri nel grafico

Nel grafico possiamo notare la UCL in alto e la CL sottostante. La linea spezzata è formata da tutti i valori assunti dal campo di variazione dei pesi dei barattoli in ciascun campione.

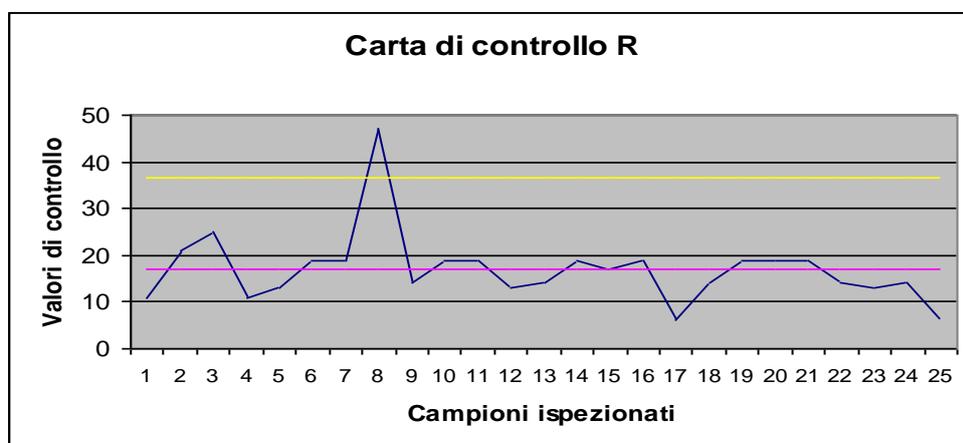


Figura 82 - Rappresentazione grafica dei valori

Come notiamo, nel campione numero 8 il campo di variazione dei pesi è abbastanza ampio infatti, dai valori di peso che abbiamo raccolto nell'ispezione dei campioni, vediamo che nel campione numero 8 il peso dei barattoli va da un minimo di 198 grammi ad un massimo di 232 grammi. Il campo di variazione è di ben 47 grammi e cioè al di sopra del limite consentito di 37 grammi.

Identificando e rimuovendo le cause che hanno portato il campione fuori controllo otteniamo la carta di controllo.

7.6 La carta di controllo x

La carta di controllo x, a differenza della carta $\bar{x} - R$ non prevede una ripartizione dei dati in sottogruppi. Il campo di variazione pertanto consiste nella semplice differenza tra due valori successivi ed è generalmente indicato con R_s . I limiti della carta x sono calcolati con le seguenti formule:

$$LS = \bar{x} + 2,66 R_s$$

$$LC = \bar{x}$$

$$LI = \bar{x} - 2,66 R_s$$

Bibliografia

Michael Middleton, *Analisi statistica con Excel*, Apogeo 2004.

Cryer, Jonathan D. and Robert B. Miller, *Statistics for Business: Data Analysis and Modeling*, 2nd ed. Belmont, Calif.: Duxbury, 1994.

Filippo C. Barbarino, *UNI EN ISO 9001:2000 - Qualità, sistema di gestione per la qualità e certificazione*, 1 ed. Il Sole 24Ore.