



---

# ***IL CONTROLLO DI PROCESSO 7 STRUMENTI DELLA QUALITA'***



## I SETTE STRUMENTI DI ISHIKAWA

---

- Foglio raccolta dati
  - Istogramma
  - Stratificazione
  - Analisi di Pareto
  - Diagramma causa-effetto
  - Diagramma di correlazione
  - Carte di controllo
-



## IL FOGLIO RACCOLTA DATI

---

Ogni azione di controllo e miglioramento deve basarsi sulla raccolta e sulla loro successiva elaborazione. La raccolta dati deve essere preparata ed organizzata in modo scientifico, cioè i dati devono soddisfare i seguenti requisiti:

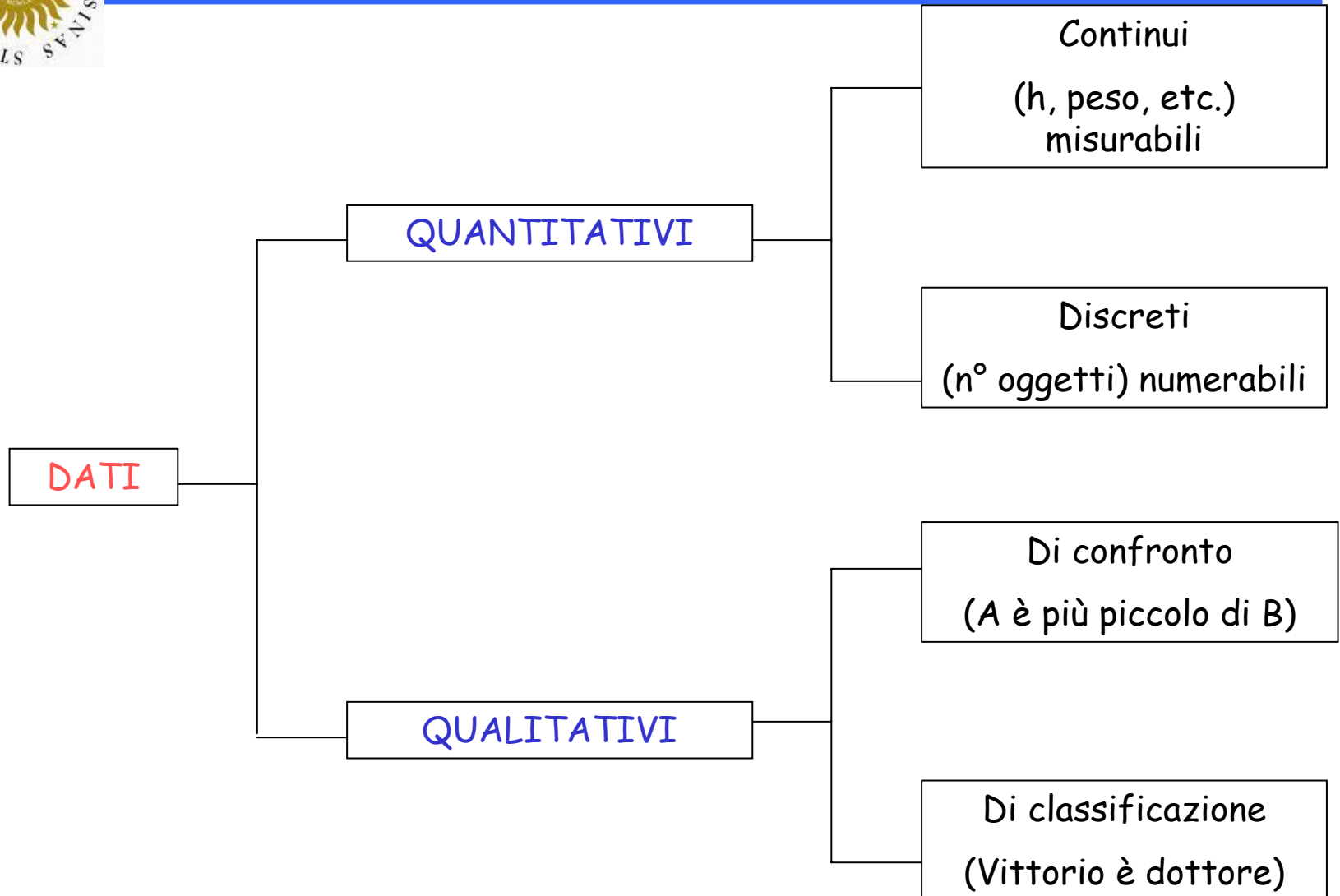
- **Significatività**: adeguata consistenza numerica dei dati;
- **Rappresentatività**: i criteri con cui raccolgo i dati devono poter garantire una corretta valutazione del fenomeno relativamente agli aspetti che devono essere analizzati.

I dati possono essere suddivisi in due grandi categorie:

1. Quantitativi
  2. Qualitativi
-



# IL FOGLIO RACCOLTA DATI





## IL FOGLIO RACCOLTA DATI

Il **Foglio Raccolta Dati** è il supporto indispensabile sul quale riportare i dati raccolti. Esso deve essere progettato in modo che siano soddisfatti i criteri di:

- ✓ Chiarezza;
- ✓ Facilità;
- ✓ Univocità.

Possiamo avere diversi tipi di fogli in funzione delle esigenze:

1. Foglio raccolta dati per dati numerabili
2. Foglio raccolta dati misurabili
3. Foglio raccolta dati per posizione o concentrazione difetti
4. Foglio di sintesi
5. Foglio raccolta dati per verifica di esecuzione e rilievo (Check-List)



# IL FOGLIO RACCOLTA DATI

## FOGLIO RACCOLTA PER DATI NUMERABILI

Può essere usato per registrare il numero di difetti.

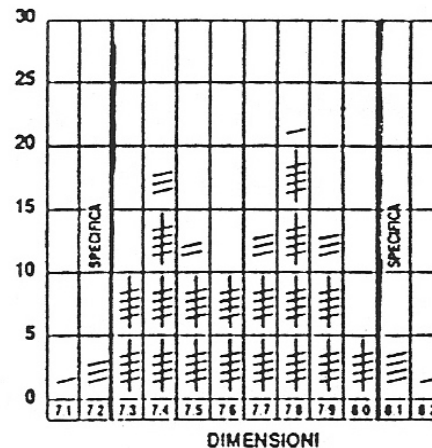
Esempio: una casa automobilistica ha ricevuto molti reclami per il cattivo funzionamento dei fari. Allora si predispone un foglio su cui raccogliere numero e tipo difetto in un certo periodo di osservazione dopo il montaggio.

PRODOTTO:		DATA:										
TRATTAMENTO:		SETTORE:										
SPECIFICHE:		REPARTO:										
N. PEZZI ISPEZIONATI:		OPERATORE:										
N. TOTALE PEZZI:		TURNO:										
N. LOTTO:		NOTE:										
	DATA	8/7	9/7	10/7	11/7	12/7	15/7	16/7	17/7	18/7	19/7	TOT
DIFETTI												
LAMPADA FULMINATA			I									40
LAMPADA MALE AVVITATA		I								I		6
BAIONETTA FARO DIFETTOSA		I			I							28
FARO STORTO				I	I				I			8
LAMPADA SPORCA				I								52
ALTRI		I	I									11
TOTALE		20	10	9	13	4	14	21	15	19	20	145



Può essere usato per registrare dati relativi a grandezze misurabili.

PRODOTTO: .....	DATA: .....
TRATTAMENTO: .....	SETTORE: .....
SPECIFICHE: .....	REPARTO: .....
N° PEZZI ISPEZ.: .....	OPERATORE: .....
N° TOT. PEZZI: .....	TURNO: .....
N° LOTTO: .....	NOTE: .....

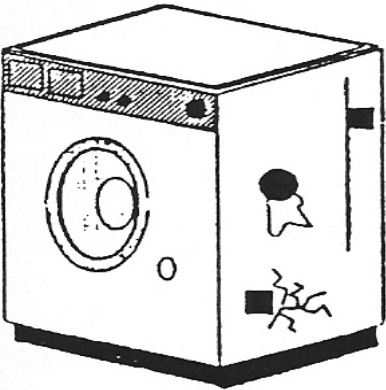


# IL FOGLIO RACCOLTA DATI

## FOGLIO RACCOLTA PER POSIZINE E CONCENTRAZIONE DI DIFETTI

In alcuni tipi di prodotti l'aspetto esteriore è molto importante. Per evidenziare i difetti che risultano visibili esteriormente si rappresenta il prodotto con una posizione del difetto riscontrato

DATA _____	REPARTO _____
PRODOTTO _____	TURNO _____
NOTE _____	OPERATORE _____

● = BOLLE

■ = GRAFFI





# IL FOGLIO RACCOLTA DATI

---

## FOGLIO DI SINTESI

Successivamente all'utilizzo di un numero elevato di Fogli Raccolta Dati, può essere utile disporre di un supporto che riesca a sintetizzare in esso i dati raccolti per avere una visione globale del fenomeno.

## FOGLIO TIPO CHECK-LIST

È un tipo di foglio raccolta dati molto semplice che viene usato per controllare determinate caratteristiche o per verificare l'avvenuta esecuzione di ispezioni o operazioni.

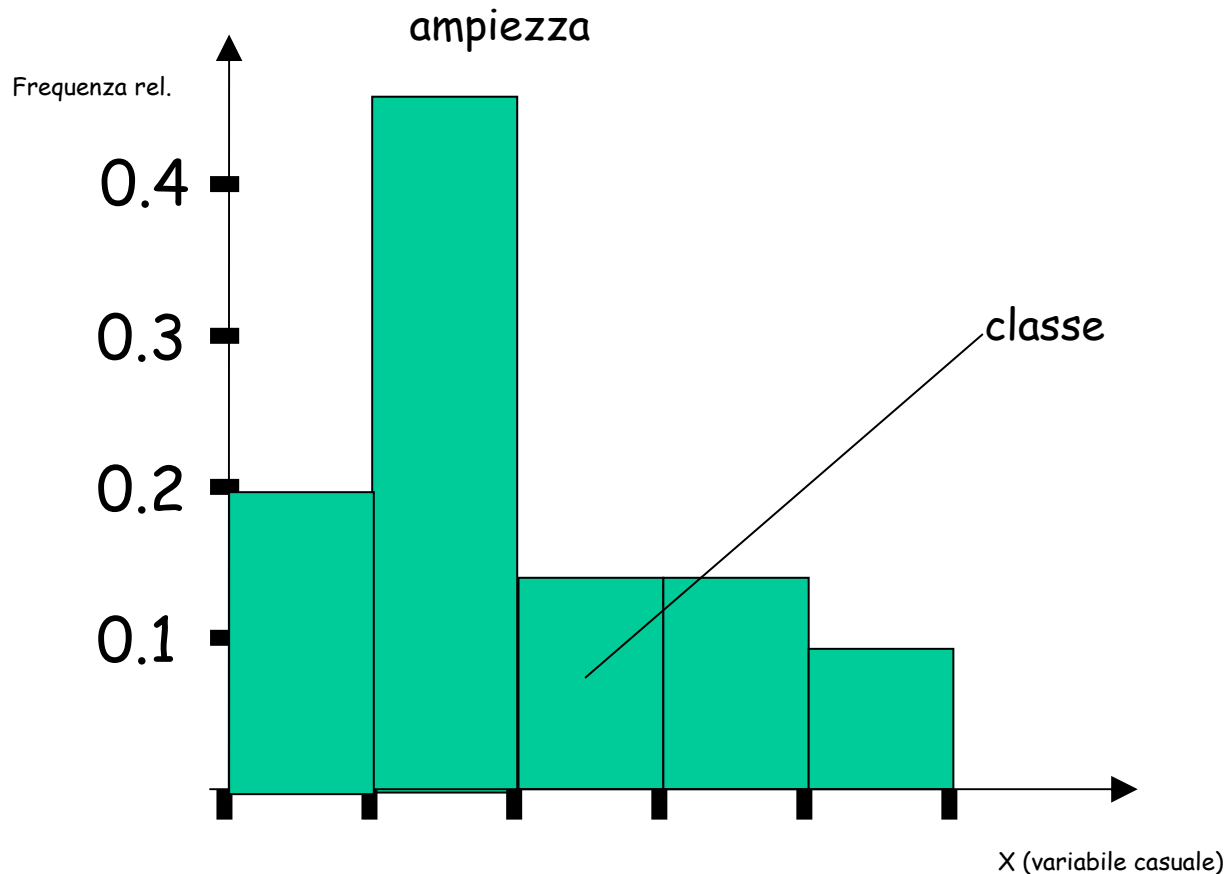
*Esempio: la lista della spesa. Via via si fanno gli acquisti si spuntano le voci relative*

---



# GLI ISTOGRAMMI

È un diagramma a barre che consente una rappresentazione chiara e sintetica dei dati raccolti. Esso fornisce la rappresentazione della dispersione statistica di un insieme di dati:





# GLI ISTOGRAMMI

---

**CLASSE:** insieme di dati rientranti in un determinato intervallo di valori;

**AMPIEZZA:** dimensione dell'intervallo di variabilità (classe) dei dati che si è preso come base per la rappresentazione dei dati stessi;

**FREQUENZA:** numero di elementi compresi in una certa classe;

**DISPERSIONE (Range):** dimensione dell'intervallo esistente tra il massimo ed il minimo dei valori

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

*N.B.: L'uso dell'istogramma è direttamente collegato con il Foglio Raccolta Dati*

---

# GLI ISTOGRAMMI

## COSTRUZIONE DELL'ISTOGRAMMA

GIORNI ORA PRELIEVO	LUN	MAR	MER	GIO	VEN	SAB	LUN	MAR	MER	GIO	VEN	SAB
8.00	94	97	92	94	106	108	95	98	111	85	109	110
9.00	109	118	92	100	109	92	105	111	96	110	108	97
10.00	105	97	101	102	93	99	97	109	95	96	103	88
11.00	85	96	93	93	94	92	108	99	95	91	88	96
12.00	93	103	95	99	101	80	98	101	106	95	103	83
13.00	111	100	90	98	110	85	111	109	104	97	115	93
14.00	109	92	108	89	103	95	91	99	95	93	105	97
15.00	102	99	86	96	110	92	94	99	87	114	100	102
16.00	99	115	84	99	110	85	93	101	84	89	113	91
17.00	93	104	84	86	109	99	100	100	94	91	113	109

Si parte da un foglio raccolta dati che fornisce informazioni su un certo fenomeno. Nell'esempio, si tratta di misurazioni effettuate in due settimane e in orari diversi, relative alla concentrazione in ml di flaconi di un prodotto medicinale



## GLI ISTOGRAMMI

**FASE 1:** determinazione valore max  $M$  e valore min  $m$  e range  $R$

$$M=118 \quad m=80$$



$$M-m=118-80=38$$

**FASE 2:** definizione del numero della classi  $K$ . Per far ciò useremo il criterio:  
dove  $N$  è il numero totale dei dati. Nel nostro caso  $N=120$  da cui  $K=10$   
$$K \cong \sqrt{N}$$

**FASE 3:** definizione dell'ampiezza di classe  $H=R/K$

$$H=38/10=3.8 \text{ scegliamo } H=4$$

**FASE 4:** definizione dei limiti della classi. Si parte da  $m$  e si somma  $H$ . Ho così i limiti della prima classe. Sommando successivamente  $H$  ho i limiti della altre classi

**FASE 5:** costruzione della tabella delle frequenze

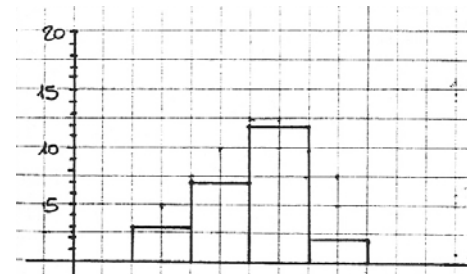
# GLI ISTOGRAMMI

*N.B: i dati che cadono su un limite vanno inseriti tutti nella classe precedente o successiva adoperando sempre lo stesso criterio*

CLASSI	LIMITI		FREQUENZE
1	80 ÷ 84		3
2	84 ÷ 88		7
3	88 ÷ 92	-	12
4	92 ÷ 96		2
5	96 ÷ 100		
6	100 ÷ 104		

## FASE 6: disegno dell'istogramma

- *tendenza centrale?*
- *forma regolare?*
- *simmetria?*
- *grandezza dispersione?*
- *è necessaria stratificazione?*



## FASE 7: interpretazione dell'istogramma



# GLI ISTOGRAMMI

---

Se si ha valore di tendenza centrale e questo corrisponde al valore desiderato, vuol dire che non sono intervenuti elementi di disturbo nel fenomeno e ci si deve aspettare una distribuzione di tipo gaussiana.

Spesso si ottengono, al contrario forme particolari che rilevano errori di elaborazione o, più spesso, l'esistenza di problemi nel processo in esame:

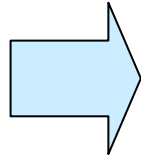
- **Ad isola**: una grossa dispersione su due blocchi, possibilità di effettuare la stratificazione. Errore di misura dovuto a macchinari od operatori;
  - **A dente di pettine**: eccessivo numero di classi oppure errore di registrazione;
  - **Asimmetrica**: errore di raccolta dati, di misurazione oppure dati non omogenei che richiedono una stratificazione;
  - **A precipizio**: errori di misurazione oppure esistenza di un limite non previsto in fase di raccolta;
  - **A due punte**: dati non omogenei, necessità di stratificazione.
-



# LA STRATIFICAZIONE DEI DATI

I dati raccolti provengono da fonti diverse:

- fornitori;
- linee produttive;
- clienti.



***OMOGENIZZAZIONE DATI***  
***(Istogramma bimodale)***

La Stratificazione è una metodologia di classificazione in gruppi omogenei dei dati.

Permette di definire la suddivisione di un gruppo di dati in n sottogruppi che prendono il nome di

## ***FATTORI DI STRATIFICAZIONE***





# LA STRATIFICAZIONE DEI DATI

---

## *Fattori di Stratificazione:*

1. **Tempo:** aggregazione per periodi temporali (gg, sett, mesi, anni);
  2. **Operatore:** aggregazione per età, anzianità, esperienza, sesso, turno;
  3. **Macchina:** aggregazione per modello, età, attrezzature, utensile;
  4. **Metodi:** aggregazione per condizioni operative (temp, press, velocità), metodi di lavoro, fasi di processo, tipo di commessa;
  5. **Materiale:** aggregazione per fornitore, composizione, consegna;
  6. **Metodi di controllo:** tipo di apparecchiatura, strumento di controllo, ispettore.
-



## IL DIAGRAMMA DI PARETO

---

Pareto effettuò un censimento ed elaborò che il 20% della popolazione italiana possedeva l'80% della ricchezza nazionale. Questo risultato fu occasione di riflessione ed origine della formulazione della legge minimale della proprietà:

*"in ogni fenomeno esistono pochi fattori caratteristici che hanno importanza preponderante rispetto a tutti gli altri (legge 20-80)"*

L'analisi di Pareto è applicabile ad un insieme di problematiche in campo industriale:

- qualità;
  - sicurezza sul lavoro;
  - produttività;
  - manutenzione.
-



## IL DIAGRAMMA DI PARETO

Costruiamo ora un Diagramma di Pareto con riferimento alla gestione del magazzino:

Oggetti a magazzino:  $\alpha \beta \gamma \delta \varepsilon \varphi \pi \theta \tau$

Costo oggetto:  $v_1 \dots v_9$

Domanda oggetto:  $d_1 \dots d_9$

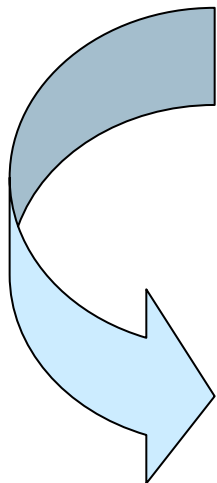
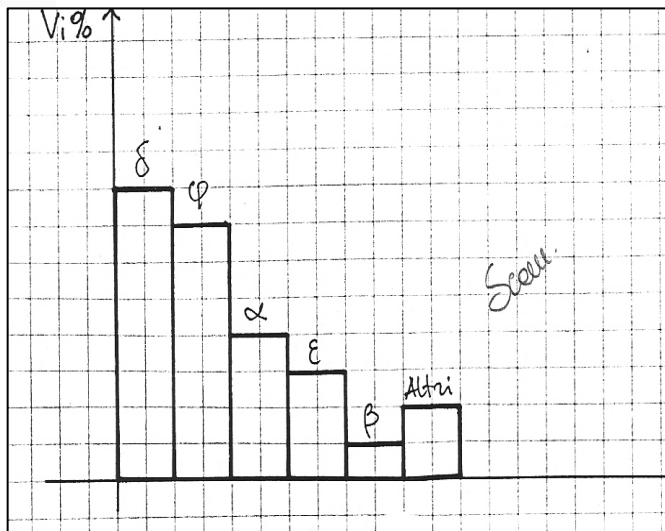
Costo Totale Oggetti:  $V_1 = v_1 d_1 \dots V_9 = v_9 d_9$

Costruzione Istogramma, ordinando in senso decrescente i vari Costi Totali espressi in percentuale:

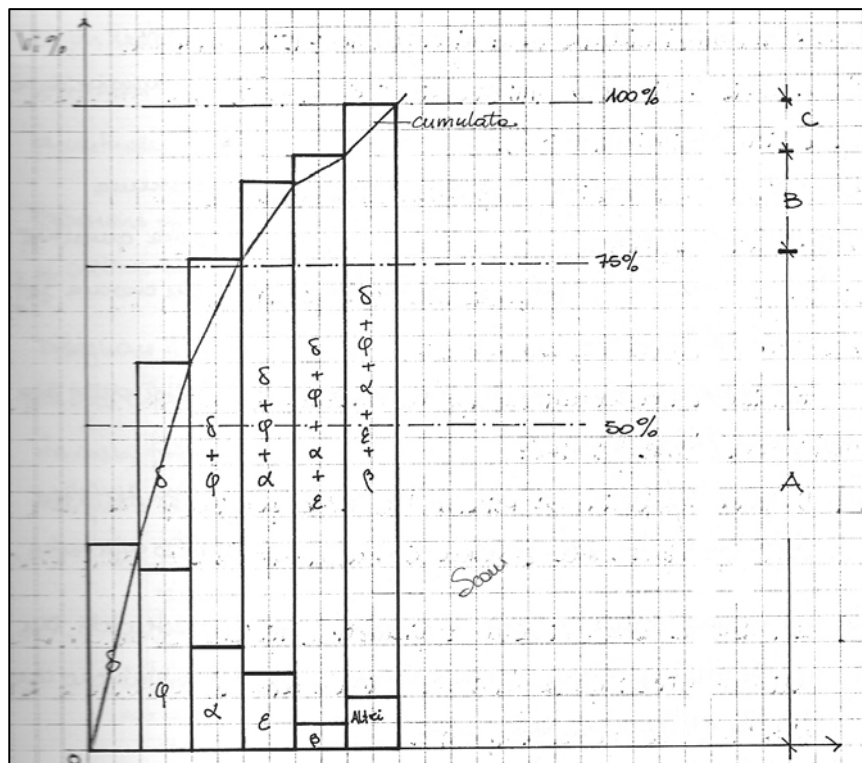
$$V_i = (v_i / v_T) 100 \text{ dove } v_T = \sum v_i$$

# IL DIAGRAMMA DI PARETO

La cumulata è una curva sempre crescente a der. Crescente, ottenuta sommando ad ogni costo totale percentuale i valori di costo precedenti



CUMULATA





## IL DIAGRAMMA DI PARETO

I vari elementi vengono catalogati in tre classi (A,B,C) da cui il nome di Analisi ABC, con cui si indica a volte l'analisi di Pareto. Le varie classi comprendono gli oggetti, i cui costi totali percentuali cumulati, rientrano nelle relative fasce di costo:

Classi	Fascia	Oggetti	V%
A	0%-70%	$\alpha \delta \varphi$	75%
B	70%-90%	$\beta \varepsilon$	15%
C	90%-100%	$\gamma \pi \theta \tau$	10%

L'analisi ABC consente di assegnare a ciascun componente del problema (costo totale del magazzino) una quantità di risorse ( $\alpha \delta \varphi$ ) proporzionale all'importanza che ciascun fattore riveste.



# IL DIAGRAMMA DI PARETO

---

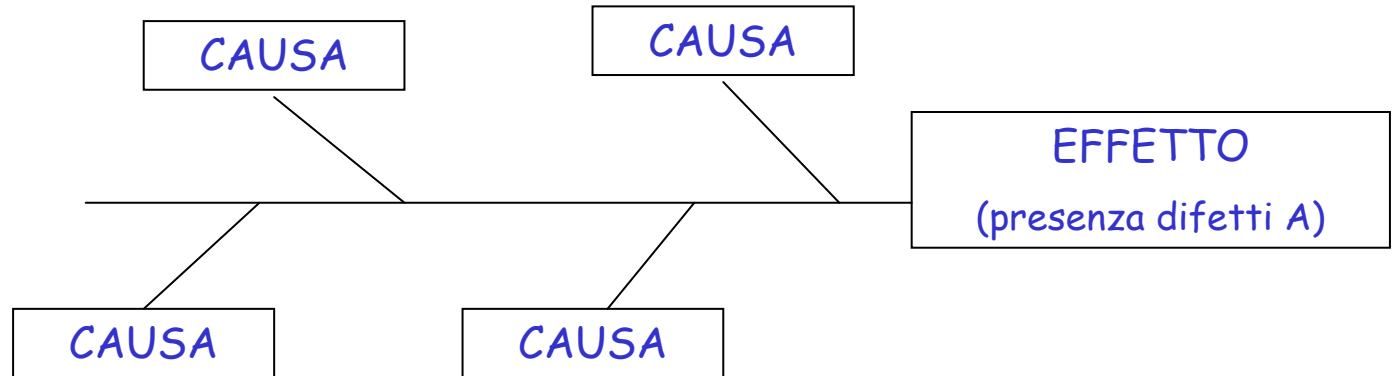
## Costruzione Diagramma di Pareto:

1. **Decidere come classificare i dati:** tipo difetto, fase lavoro;
  2. **Determinazione orizzonte temporale di analisi;**
  3. **Rilevare i dati ed ordinarli:** uso di fogli raccolta dati e ordinamento dati;
  4. **Preparare gli assi cartesiani del digramma:** tipo difetto in ascissa e numero difetti in ordinata;
  5. **Disegnare il diagramma:** per ogni difetto si avrà una barra. Da sinistra verso destra sin pongono i difetti in maniera decrescente;
  6. **Costruire la curva cumulata:** è una spezzata che parte dall'origine. Da sinistra verso destra, ad ogni barra sommiamo la precedente
-



## IL DIAGRAMMA DI ISHIKAWA

Il Diagramma di Ishikawa è uno strumento grafico in grado di individuare tutte le possibili cause che hanno generato un determinato effetto. Solitamente il diagramma prende una forma "a lisca di pesce".



La costruzione del Diagramma Causa-Effetto si basa sulla individuazione delle cause con metodi differenti:

- Metodo di individuazione delle cause;
- Metodo di classificazione delle cause;
- Metodo per fasi di lavoro.



# IL DIAGRAMMA DI ISHIKAWA

---

## METODO DI ELENCAZIONE DELLE CAUSE

Si parte da una semplice elencazione di tutte le possibili cause. L'elenco deve essere il più ampio possibile e completo, e viene compilato raccogliendo le idee di diverse figure aziendali (brainstorming).

In una seconda fase le cause devono essere strutturate mettendo in evidenza le relazioni reciproche fra di loro, fra di loro e rispetto all'effetto, sotto forma di diagramma.

Il vantaggio di questo metodo sta nella mera elencazione della cause.

---

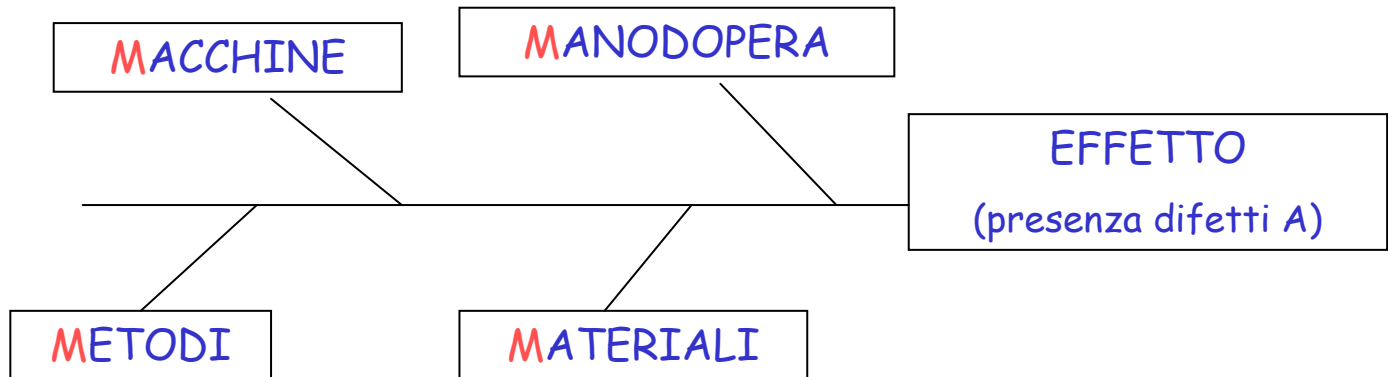




# IL DIAGRAMMA DI ISHIKAWA

## METODO DI CLASSIFICAZIONE DELLE CAUSE

Il metodo consiste nell'individuazione di quattro categorie di cause (o quattro macrocategorie). QUATTRO M



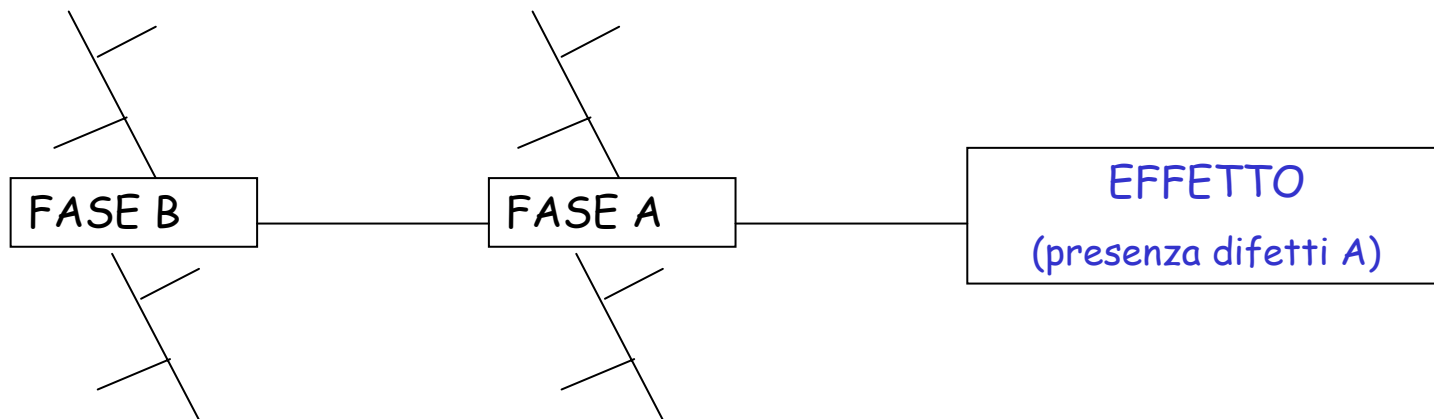
*Le QUATTRO M vengono successivamente tradotte esplose con analisi di dettagli a secondo del problema affrontato*



# IL DIAGRAMMA DI ISHIKAWA

## METODO PER FASI PROCESSO

Risulta particolarmente utile quando il fenomeno in studio, ad esempio un ciclo produttivo o una procedura amministrativa, avviene attraverso fasi ben distinte e separate. Ogni fase del processo viene inserita in un riquadro ed il problema o l'effetto esploso.



*Successivamente per ogni fase del processo si può esplodere un diagramma di causa-effetto. Con uno dei metodi precedentemente illustrati. Il vantaggio del metodo per fasi di processo è quello di poter esaminare singolarmente ogni fase*



## IL DIAGRAMMA DI ISHIKAWA

---

Scopo dell'analisi è di esaminare criticamente le cause individuate al fine di:

-individuare le cause più probabili: sono facilmente riconoscibili.

Brainstorming e votazione;

-individuare le cause più importanti: valutazione del peso che ciascuna delle cause probabili può avere nei confronti dell'effetto. Elenco ordinato delle cause più probabili indicate precedentemente e successivamente pesata per la scala d'importanza;

-verificare se le cause più importanti individuate sono realmente quelle che influenzano l'effetto:

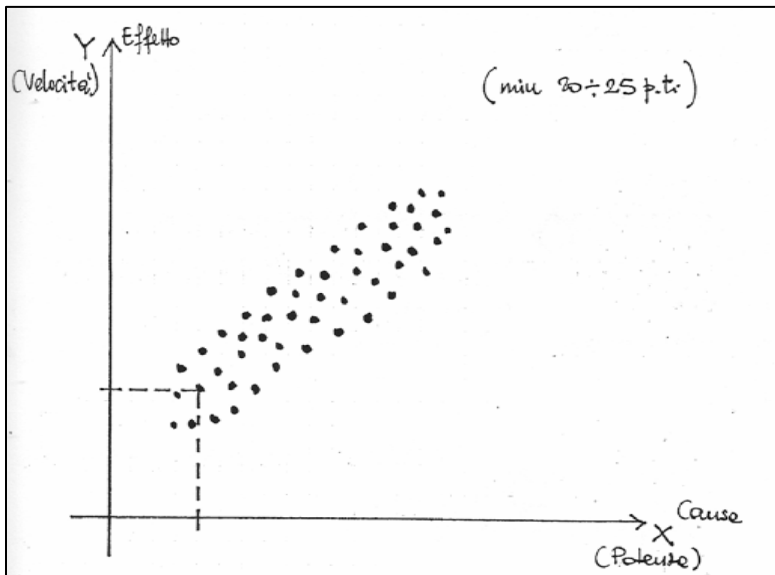
## EFFETTO DI CORRELAZIONE e DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

---

# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

Il Diagramma di Correlazione è uno strumento grafico che ci permette di individuare se esiste una relazione tra due grandezze che intervengono nel fenomeno analizzato. Esso consiste in un diagramma bidimensionale (X.Y), dove sulle ascisse vengono riportate le cause e sulle ordinate l'effetto.

Per costruire il diagramma di correlazione sono necessarie almeno 20-25 coppie di dati:



1. Positiva
2. Negativa
3. Leggermente Positiva (3° fattore)
4. Leggermente Negativa (3° fattore)
5. Assenza di correlazione



# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

## Metodo analitico: Coefficiente Correlazione

Si definisce **coefficiente di correlazione** il rapporto:

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) * S(yy)}}$$

ove:

$x$  rappresenta la *causa*

$y = f(x)$  rappresenta l'*effetto*

Il coefficiente di correlazione  $r$  varia nell'intervallo :

$-1 \leq r \leq 1$ ;  
 $-0,3 \leq r \leq 0,3$ : assenza correlazione;  
 $-1 \leq r < -0,6$ : fortemente negativa;  $-0,6 \leq r < -0,3$ : debolmente negativa;  
 $0,6 \leq r < 0,3$ : debolmente positiva;  $1 \leq r < 0,6$ : fortemente positiva;

I termini  $S(xx)$  e  $S(yy)$  sono le *varianze* delle due variabili; il termine  $S(xy)$  è la **covarianza** tra le due variabili così definite.



# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

## Metodo analitico: Coefficiente Correlazione

$$\text{varianza} \left\{ \begin{aligned} S(xx) &= \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n} \\ S(yy) &= \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{n} \end{aligned} \right.$$

$$\text{covarianza} \quad S(xy) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\left( \sum_{i=1}^n x_i \right) * \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n}$$

Nel caso di forte correlazione positiva si ottiene un valore prossimo a 1; nel caso di correlazione negativa si ottiene un valore di  $r$  prossimo a -1. Pertanto quando il valore assoluto di  $r$  è prossimo a  $\pm 1$  si ha forte correlazione tra  $x$  e  $y$ ; invece quando  $r$  è prossimo a 0 si ha debole correlazione.



# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

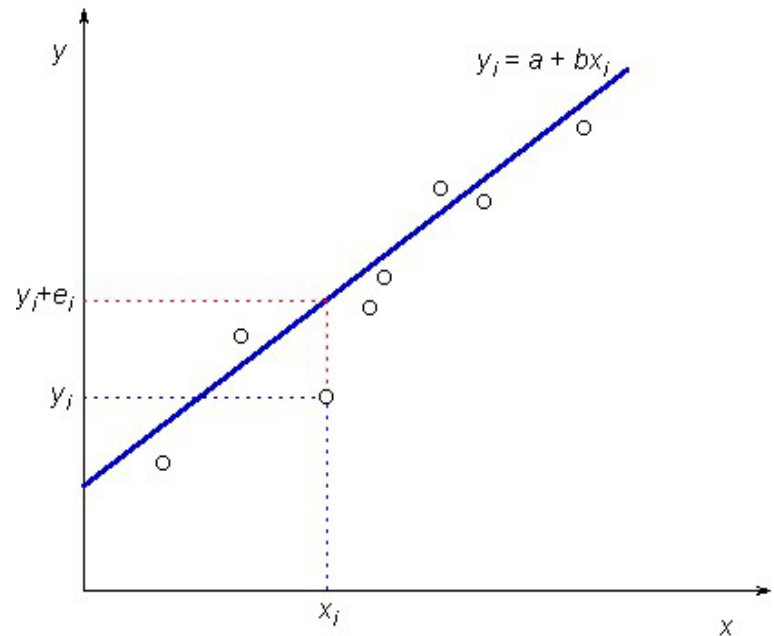
## Metodo analitico: Minimi Quadrati

Al fine di tradurre analiticamente il legame causa-effetto, si determina l'andamento della componente tendenziale che i dati manifestano (retta di regressione), attraverso l'impiego del metodo dei **Minimi Quadrati**

**Ipotesi lineare:**

$$y = a + b \cdot x$$

Il problema si riduce alla determinazione dei coefficienti **a** e **b** della retta.





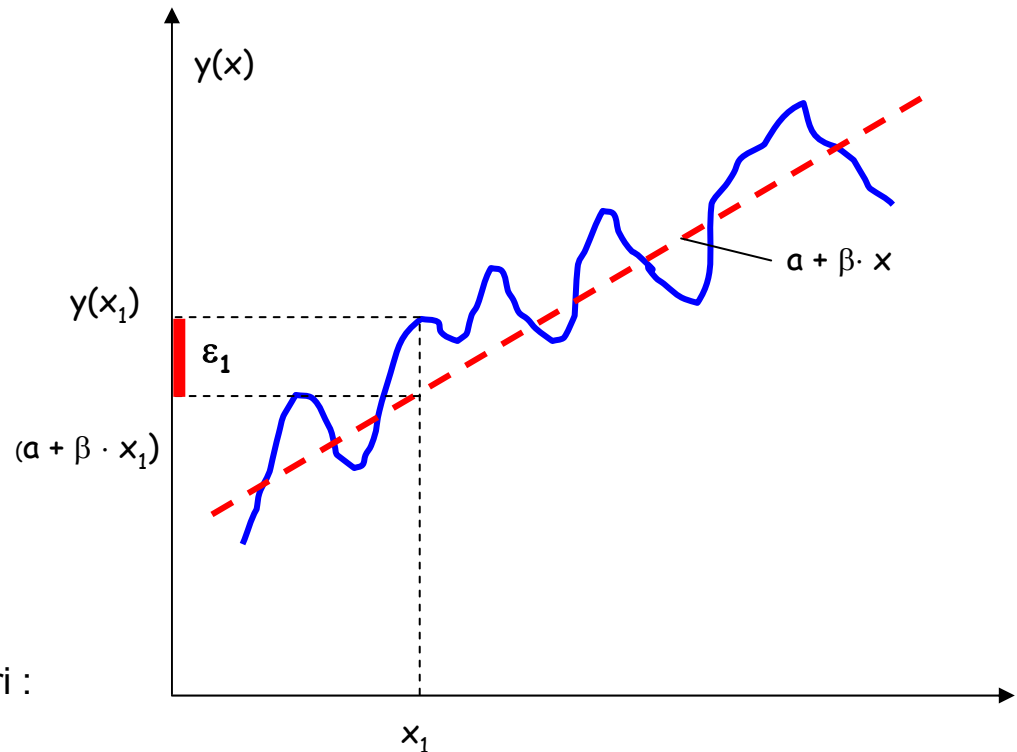
# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

## Metodo analitico: Minimi Quadrati

Se si approssima l'andamento della domanda  $D(t)$  con la retta di equazione  $y=(a + b \cdot x)$ :

In tali ipotesi, l'errore risulta essere:

$$\varepsilon = y(x) - (a + b \cdot x)$$



Occorre minimizzare la somma degli errori :

$$\sum_{i=1}^N \varepsilon_i = \sum_{x=1}^N [y(x) - (a + \beta \cdot x)] = MINIMO$$





# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

## Metodo analitico: Minimi Quadrati

Minimo Somma Quadrati

$$\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \sum_{x=1}^N [y(x) - (a + \beta \cdot x)]^2 = \text{MINIMO}$$

Derivate parziali = 0

Alternativamente

$$\frac{\partial \sum_{x=1}^N [y(x) - (a + \beta \cdot x)]^2}{\partial a} = 0$$

$$\frac{\partial \sum_{x=1}^N [y(x) - (a + \beta \cdot x)]^2}{\partial \beta} = 0$$

$$a = \frac{[\sum y(x) \cdot \sum x^2] - [\sum x \cdot (\sum x \cdot y(x))]}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\beta = \frac{N \cdot (\sum x \cdot y(x)) - [\sum x \cdot (\sum x \cdot y(x))]}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\hat{\alpha} = \bar{y} - \hat{\beta} \cdot \bar{x}$$

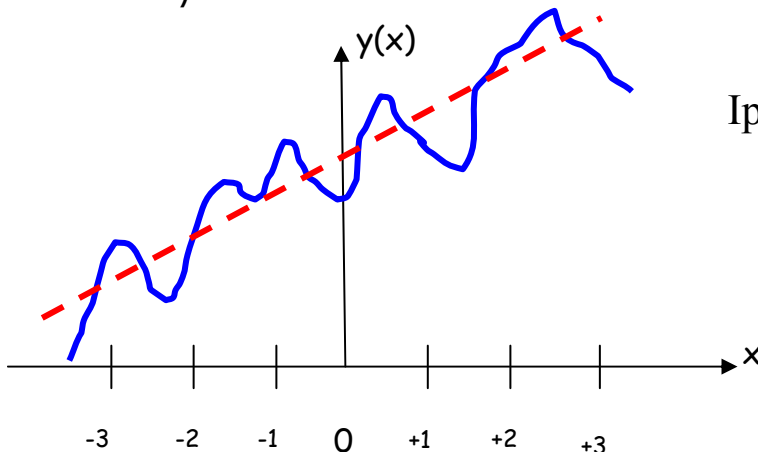
$$\hat{\beta} = \frac{S(xy)}{S(xx)}$$

Ipotesi semplificativa

$$\sum_{i=1}^N x_i = 0$$

$$a = \frac{\sum_{x=1}^N y(x)}{N}$$

$$\beta = \frac{\sum_{x=1}^N x \cdot y(x)}{\sum_{x=1}^N x^2}$$





# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

## Metodo grafico: Sign Test

È un metodo per costruire il diagramma di correlazione:

1. Tracciamento dei punti (n.b.: punti doppi e tripli);
2. Tracciamento dell'asse mediano verticale;
3. Tracciamento dell'asse mediano orizzontale;
4. Individuazione dei quattro quadranti: I, II, III, IV;
5. Si individuano i due quadranti opposti al vertice con minore densità di punti;
6. Si indica con  $M$  la sommatoria di tali punti (esclusi quelli appartenenti agli assi mediani);
7. Si stima il parametro  $N = N_T - N_A$

dove  $N_T$  = totalità di punti appartenenti alla nuvola di dati

$N_A$  = totalità dei punti appartenenti agli assi mediani



# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

8. Stimato il parametro  $N$ , si entra in tabella in corrispondenza del quale si individua un numero massimo ( $NL$ ) di punti ammessi, affinché esista o meno correlazione. Se

$M < NL$  ed  $NL < N$

**ESISTE CORRELAZIONE**

Pr n	Limite Infer.		Limite Super.		Pr n	Limite Infer.		Limite Super.		Pr n	Limite Infer.		Limite Super.	
	1%	5%	1%	5%		1%	5%	1%	5%		1%	5%	1%	5%
1					31	7	9	22	24	61	20	22	39	41
2					32	8	9	23	24	62	20	22	40	42
3				3	33	8	10	23	25	63	20	23	40	43
4				4	34	9	10	24	25	64	21	23	41	43
5			5	5	35	9	11	24	26	65	21	24	41	44
6		0	6	6	36	9	11	25	27	66	22	24	42	44
7		0	7	7	37	10	12	25	27	67	22	25	42	45
8	0	0	8	8	38	10	12	26	28	68	22	25	43	46
9	0	1	8	9	39	11	12	27	28	69	23	25	44	46
10	0	1	9	10	40	11	13	27	29	70	23	26	44	47
11	0	1	10	11	41	11	13	28	30	71	24	26	45	47
12	1	2	10	11	42	12	14	28	30	72	24	27	45	48
13	1	2	11	12	43	12	14	29	31	73	25	27	46	48
14	1	2	12	13	44	13	15	29	31	74	25	28	46	49
15	2	3	12	13	45	13	15	30	32	75	25	28	47	50
16	2	3	13	14	46	13	15	31	33	76	26	28	48	50
17	2	4	13	15	47	14	16	31	33	77	26	29	48	51
18	3	4	14	15	48	14	16	32	34	78	27	29	49	51
19	3	4	15	16	49	15	17	32	34	79	27	30	49	52
20	3	5	15	17	50	15	17	33	35	80	28	30	50	52
21	4	5	16	17	51	15	18	33	36	81	28	31	50	53
22	4	5	17	18	52	16	18	34	36	82	28	31	51	54
23	4	6	17	19	53	16	18	35	37	83	29	32	51	54
24	5	6	18	19	54	17	19	35	37	84	29	32	52	55
25	5	7	18	20	55	17	19	36	38	85	30	32	53	55
26	6	7	19	20	56	17	20	36	39	86	30	33	53	56
27	6	7	20	21	57	18	20	37	39	87	31	33	54	56
28	6	8	20	22	58	18	21	37	40	88	31	34	54	57
29	7	8	21	22	59	19	21	38	40	89	31	34	55	58
30	7	9	21	23	60	19	21	39	41	90	32	35	55	58



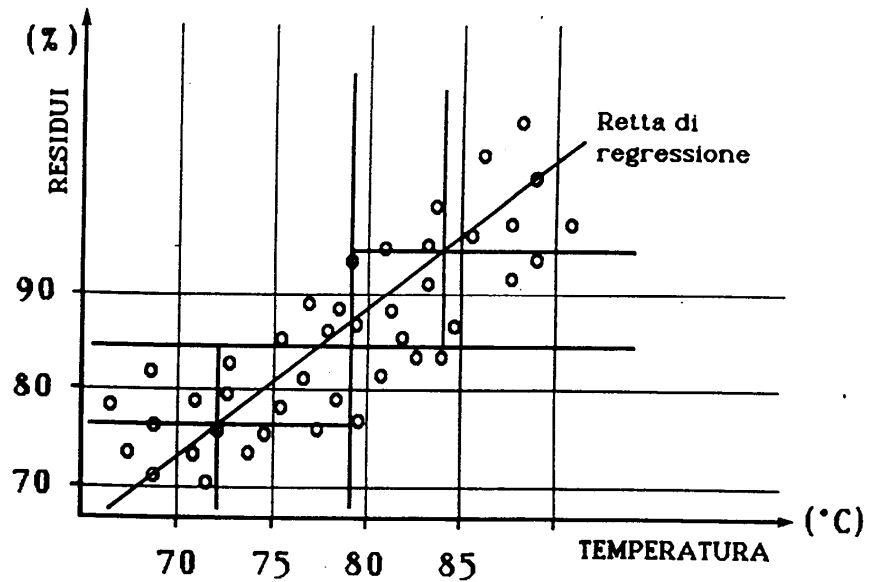
# IL DIAGRAMMA DI CORRELAZIONE

## Metodo grafico: Retta Regressione

### RETТА REGRESSIONE

- a. Quadranti a max densità
- b. Mediane vert e orizz. (O e O'')
- c. Congiungere O e O''
- d. Retta Regressione

$$y=mx+q$$





## CARTE DI CONTROLLO

Per accorgerci se il nostro processo è influenzato da una causa speciale lo strumento più potente che abbiamo sono le « Carte di Controllo »

É lo strumento statistico utilizzato per controllare la stabilità di un fenomeno e per verificare il miglioramento nel tempo dei risultati di azioni KAIZEN e KAIRYO.

CAUSE COMUNI  PROCESSO SOTTO CONTROLLO

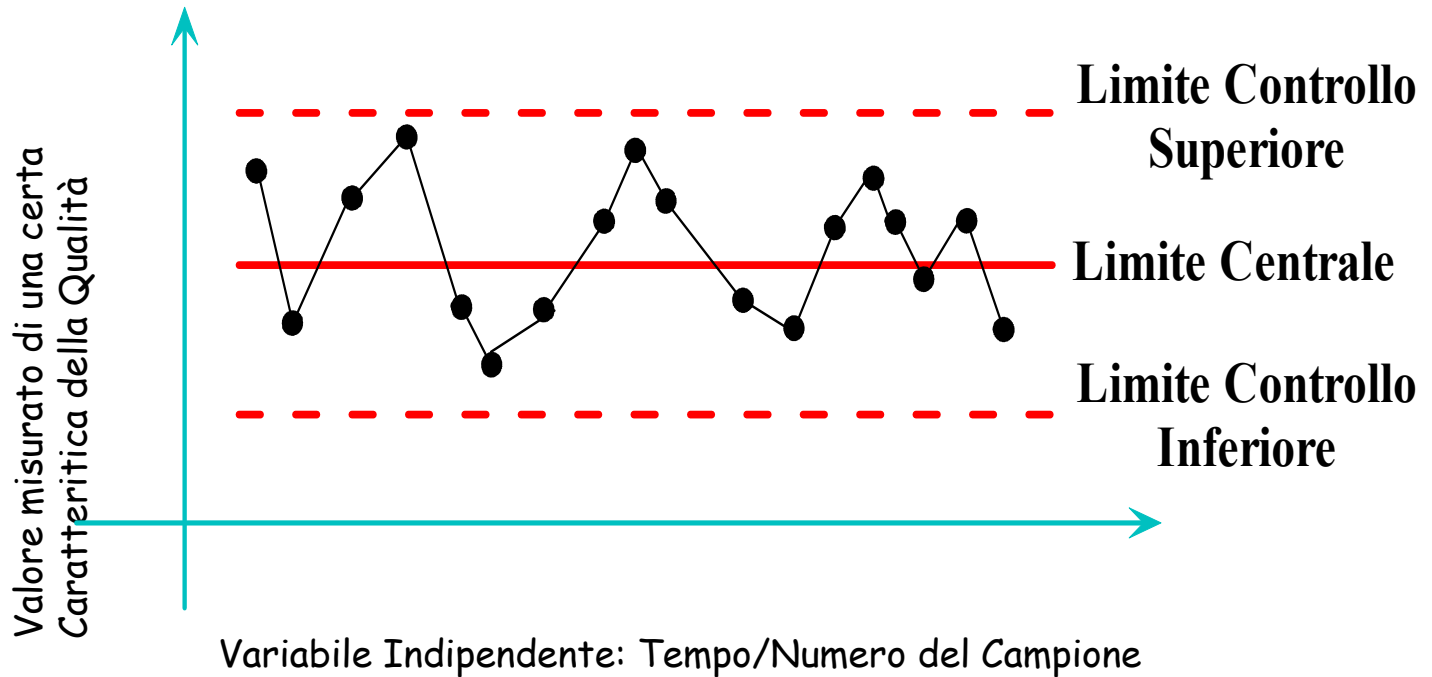
CAUSE SPECIALI  PROCESSO FUORI CONTROLLO

CARTE DI CONTROLLO: - per dati continui (XR)  
- per attributi (P,PN,U,C)



# CARTE DI CONTROLLO

Le carte di controllo...un esempio





## CARTE DI CONTROLLO

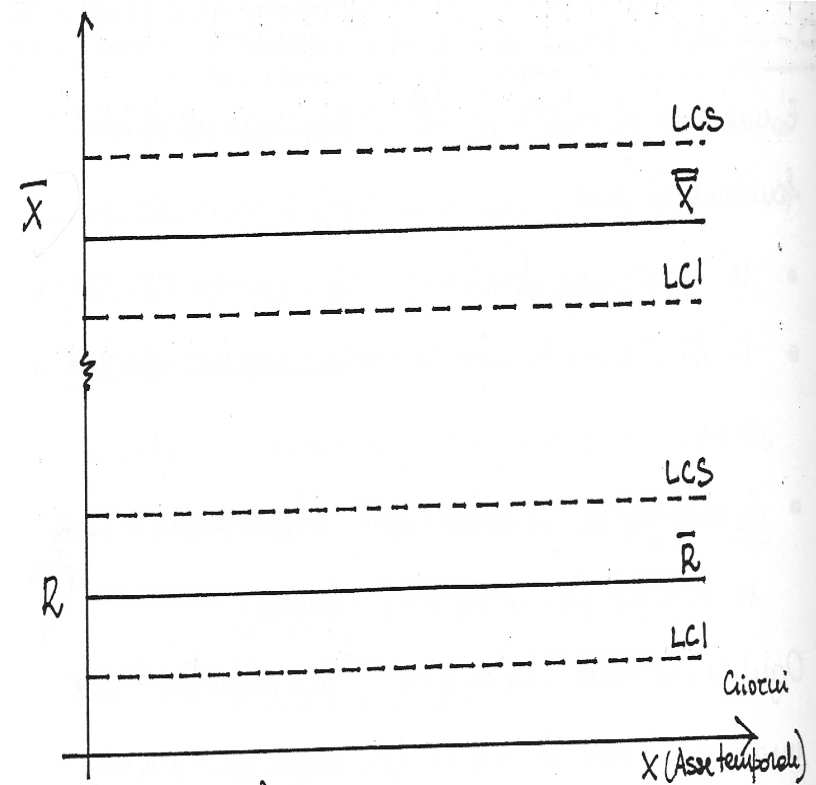
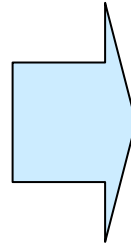
---

- ✓ Come costruire nella realtà una carta di controllo...
  - ✓ Cominciamo con il rispondere a qualche domanda.
    - Come evitare di concludere che un processo non é sotto controllo quando in realtà lo è?
    - Come evitare di concludere che un processo é sotto controllo quando in realtà non lo é?
    - É noto il valor medio dei nostri dati?
    - É nota la deviazione standard?
-

## CARTE DI CONTROLLO

La risposta alla prime due domande viene dall'esperienza che ci aiuta a scegliere il limite di controllo superiore e quello inferiore. La regola d'oro ci dice che il limite superiore deve essere pari a  $+3\sigma$  e quello inferiore, ovviamente, pari a  $-3\sigma$

Sottogruppi	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\bar{X}$	$R$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
...							
25							
TOTALE						$\bar{\bar{X}}$	$\bar{R}$







## CARTE DI CONTROLLO

Supponiamo che una qualità caratteristica sia normalmente distribuita con un valore medio  $\mu$  ed un deviazione standard  $\sigma$ , non noti, allora se

è un campione di dimensione  $n$  allora la media del campione è

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Supponiamo di avere  $m$  campioni ciascuno con  $n$  elementi



## CARTE DI CONTROLLO

Allora possiamo dire che la stima di  $\mu$  é:

$$\bar{X} = \frac{\bar{\chi}_1 + \bar{\chi}_2 + \dots + \bar{\chi}_m}{m}$$

Ora per continuare nella nostra costruzione della carta di controllo dobbiamo stimare  $\sigma$  per questa ragione introduciamo un parametro  $R$  definito come segue:

$$R = \chi_{\max} - \chi_{\min}$$

Siano  $R_1, R_2, \dots, R_m$  range dei campioni. Il range medio sarà ovviamente

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$$

A questo punto dopo aver definito  $R$  ed  $R$  medio possiamo dare la formula per costruire la carta di controllo per  $\bar{X}$  medio



## CARTE DI CONTROLLO

### LIMITI CARTE CONTROLLO X-R

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

$$\text{Center Line} = \bar{\bar{x}}$$

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

inoltre

$$A_2 = \frac{3 \cdot \bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \text{ e sapendo che}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \text{ é facile concludere che i limiti}$$

delle nostre nostre carte di controllo sono  
coerenti con quanto detto prima

Alcuni valori di

Sample size n	Valori di $A_2$
4	.729
5	.577
6	.483

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$\text{Center Line} = \bar{R}$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R}$$



## CARTE DI CONTROLLO

### COEFFICIENTI CARTE CONTROLLO X-R

Numerosità del campione $n$	Carta $\bar{x}$	Carta R				
	$A_2$	$d_2$	$1/d_2$	$d_3$	$D_3$	$D_4$
2	1.880	1.128	0.8862	0.853	—	3.267
3	1.023	1.693	0.5908	0.888	—	2.575
4	0.729	2.059	0.4857	0.880	—	2.282
5	0.577	2.326	0.4299	0.864	—	2.115
6	0.483	2.534	0.3946	0.848	—	2.004
7	0.419	2.704	0.3698	0.833	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.3512	0.820	0.136	1.864
9	337	2.970	0.3367	0.808	0.184	1.816
10	308	3.078	0.3249	0.797	0.223	1.777

Nota: Il simbolo "—" nella colonna  $D_3$  significa che il LIC non viene considerato.



# CARTE DI CONTROLLO

## Esempio Carte X-R

Sott.	Valori		
n.1	144	80	72
n.2	150	101	97
n.3	180	106	112
n.4	193	95	126
n.5	210	90	132
n.6	225	107	144
n.7	235	127	156
n.8	233	142	163
n.9	228	159	170
n.10	198	167	181
n.11	190	178	180
n.12	178	199	202
n.13	168	181	250
n.14	137	173	205
n.15	121	163	175
n.16	116	158	157
n.17	85	147	148
n.18	65	134	140
n.19	88	128	157
n.20	111	113	139
n.21	120	104	121
n.22	138	113	131
n.23	160	122	125
n.24	179	108	111
n.25	200	135	118
n.26	245	145	115
n.27	248	158	92
n.28	211	133	99
n.29	201	125	79
n.30	155	112	111
n.31	145	105	127
n.32	102	95	135
n.33	83	63	130

I dati riportati in tabella si riferiscono a 99 misure del contenuto di silicio nel metallo fuso prelevato da un altoforno.

1) Verificare se il sistema è sotto controllo.

Per analizzare e controllare il processo in esame è stata utilizzata una carta di controllo per valori continui, in particolare si è fatto riferimento alla carta X-R.

I dati, suddivisi in 33 sottogruppi ciascuno costituito da 3 misure, sono stati ordinati sotto forma di tabella per facilitarne l'elaborazione. Di ciascun sottogruppo è stato calcolato il valore medio  $\bar{X}$  delle misure e l'escursione  $R = X_{\max} - X_{\min}$ . Al fine di tracciare il diagramma della carta di controllo è stato inoltre calcolata la media delle medie, l'escursione media e i limiti di controllo; in particolare si è ottenuto:



# CARTE DI CONTROLLO

Sott.	Valori	Media	Range
n.1	144 80 72	98,667	72
n.2	150 101 97	116,000	53
n.3	180 106 112	132,667	74
n.4	193 95 126	138,000	98
n.5	210 90 132	144,000	120
n.6	225 107 144	158,667	118
n.7	235 127 156	172,667	108
n.8	233 142 163	179,333	91
n.9	228 159 170	185,667	69
n.10	198 167 181	182,000	31
n.11	190 178 180	182,667	12
n.12	178 199 202	193,000	24
n.13	168 181 250	199,667	82
n.14	137 173 205	171,667	68
n.15	121 163 175	153,000	54
n.16	116 158 157	143,667	42
n.17	85 147 148	126,667	63
n.18	65 134 140	113,000	75
n.19	88 128 157	124,333	69
n.20	111 113 139	121,000	28
n.21	120 104 121	115,000	17
n.22	138 113 131	127,333	25
n.23	160 122 125	135,667	38
n.24	179 108 111	132,667	71
n.25	200 135 118	151,000	82
n.26	245 145 115	168,333	130
n.27	248 158 92	166,000	156
n.28	211 133 99	147,667	112
n.29	201 125 79	135,000	122
n.30	155 112 111	126,000	44
n.31	145 105 127	125,667	40
n.32	102 95 135	110,667	40
n.33	83 63 130	92,000	67
		144,525	69,545

	Numero di elementi n di ogni campione	Coefficienti per il diagramma X	Coefficienti per il diagramma R	
		A2	D3	D4
	1	2,660	0,000	3,267
	2	1,880	0,000	3,267
	3	1,023	0,000	2,575
	4	0,729	0,000	2,282
	5	0,577	0,000	2,115
	6	0,483	0,000	2,004
	7	0,419	0,076	1,924
	8	0,373	0,136	1,864
	9	0,337	0,180	1,816
	10	0,308	0,223	1,777
n= 3		A2	D3	D4
		1,023	0	2,575

Per la carta di controllo relativa alla X:

$$LC = \bar{X} = 144.52$$

$$LCS = \bar{X} + A_2 \times \bar{R} = 144.52 + 1.023 \times 69.54$$

$$LCI = \bar{X} - A_2 \times \bar{R} = 144.52 - 1.023 \times 69.54$$

Per la carta di controllo relativa alla R:

$$LC =$$

$$LCS = \bar{R} = 69.54$$

$$LCI = \bar{R} \times D_4 = 69.54 \times 2.57$$

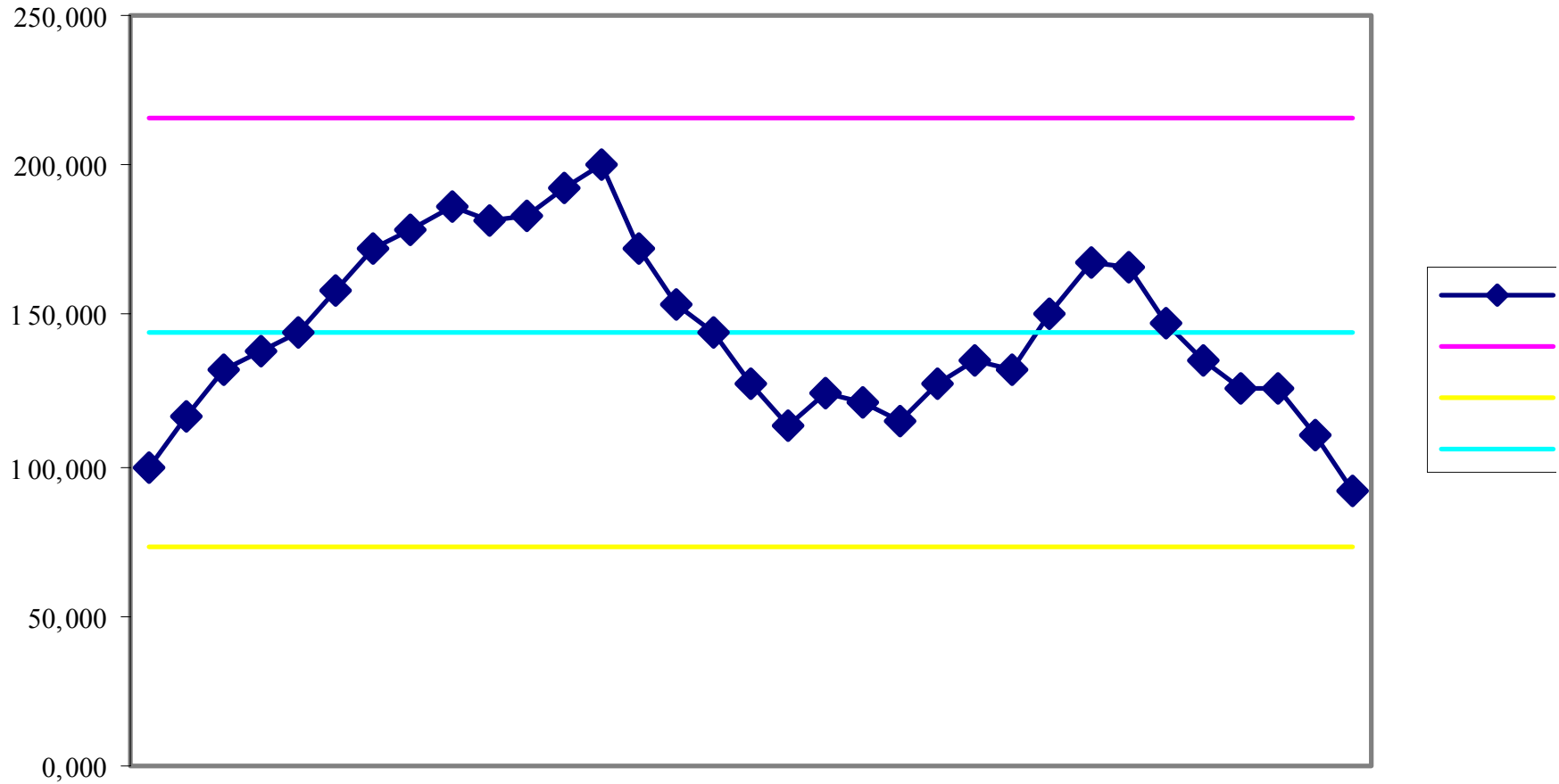
$$\bar{R} \times D_3 = 69.54 \times 0$$

LCS	215,670
LCI	73,380
LCSr	179,080
LCIr	0,000



# CARTE DI CONTROLLO

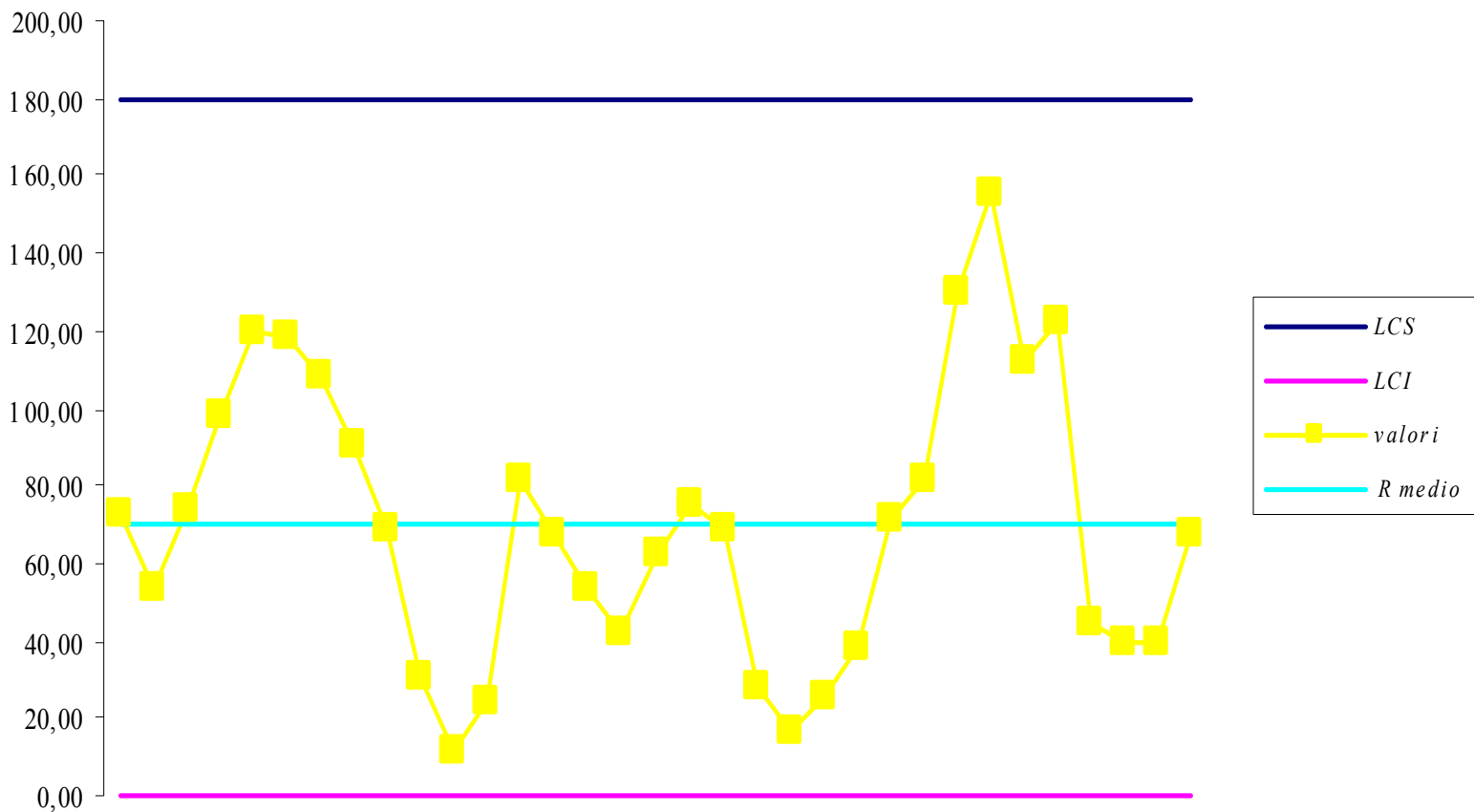
*Carta X*





# CARTE DI CONTROLLO

*Carta R*





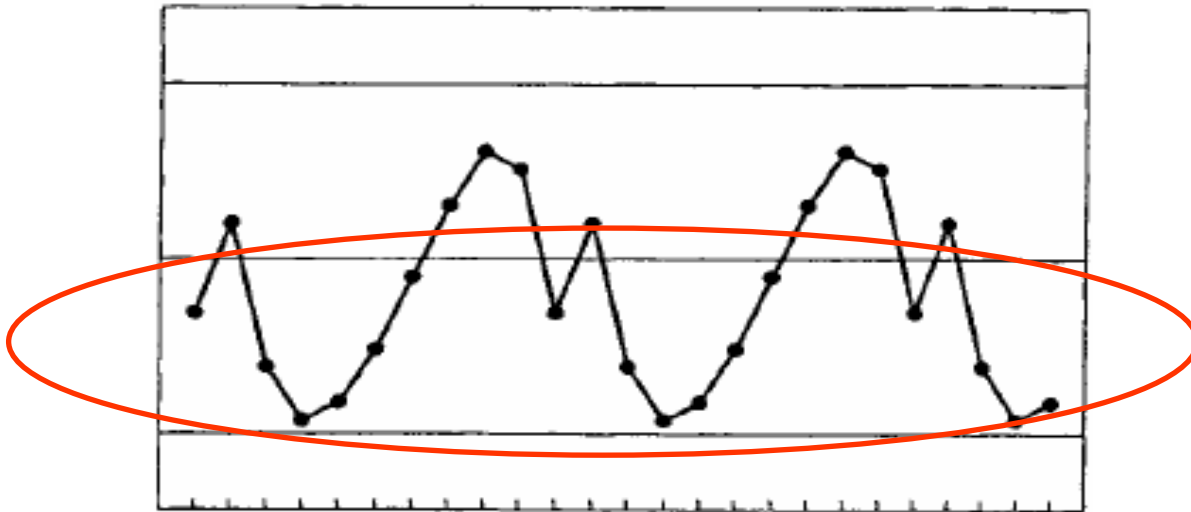


## CARTE DI CONTROLLO

---

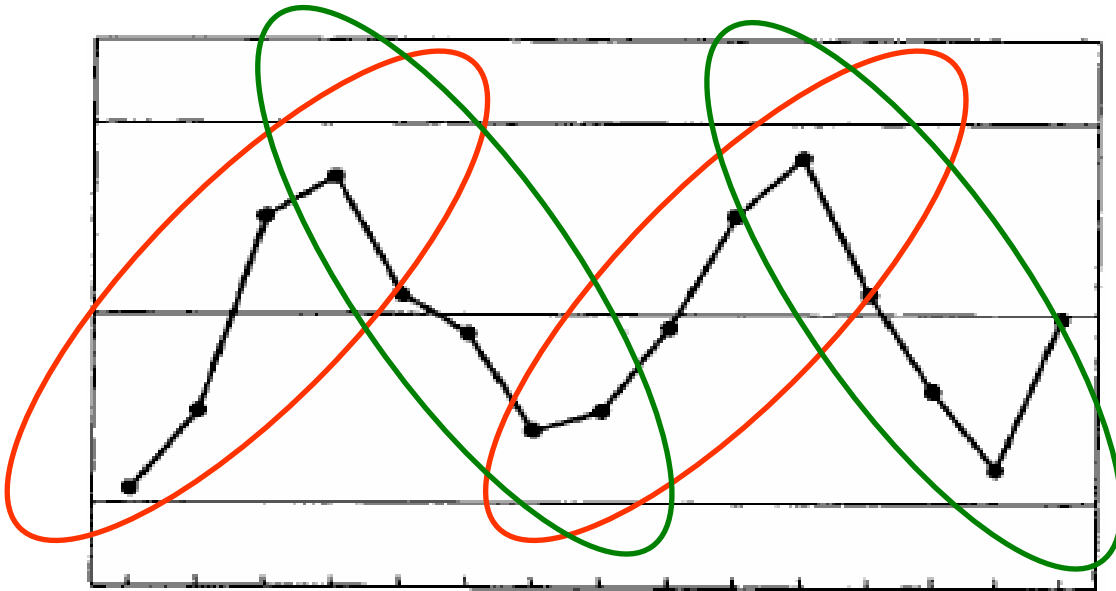
Essere dentro i limiti della carta di controllo é solo una condizione necessaria ma non sufficiente per poter dire che un processo é sotto controllo, infatti ecco alcuni esempi

## CARTE DI CONTROLLO



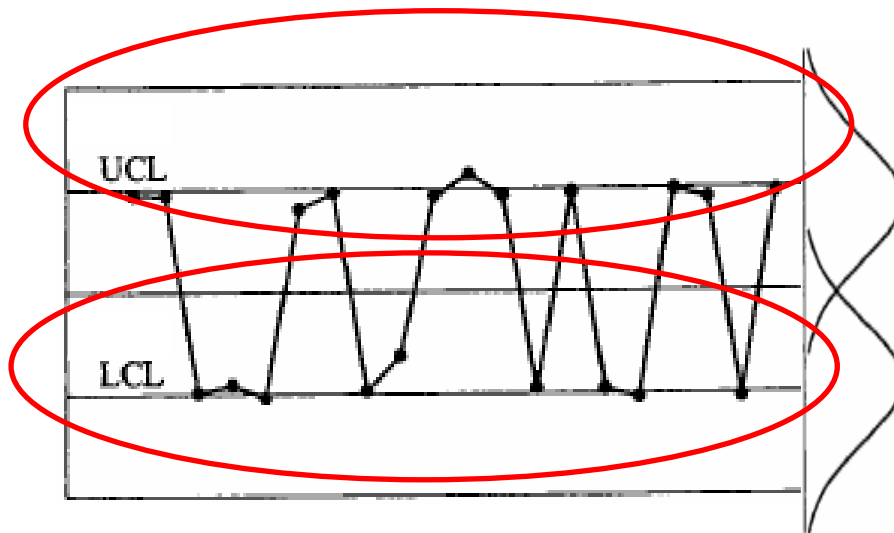
La maggioranza dei punti si trova al di sotto della linea centrale

## CARTE DI CONTROLLO



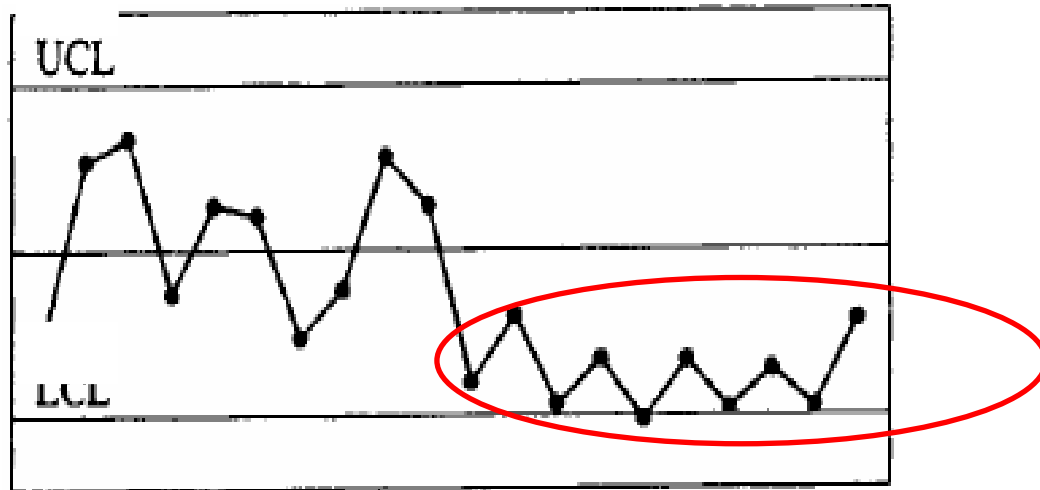
Si evidenzia un andamento ciclico dei dati dovuto sicuramente a delle cause ricorrenti, un ambiente climaticamente non controllato durante le stagioni estreme può essere un esempio di causa

## CARTE DI CONTROLLO



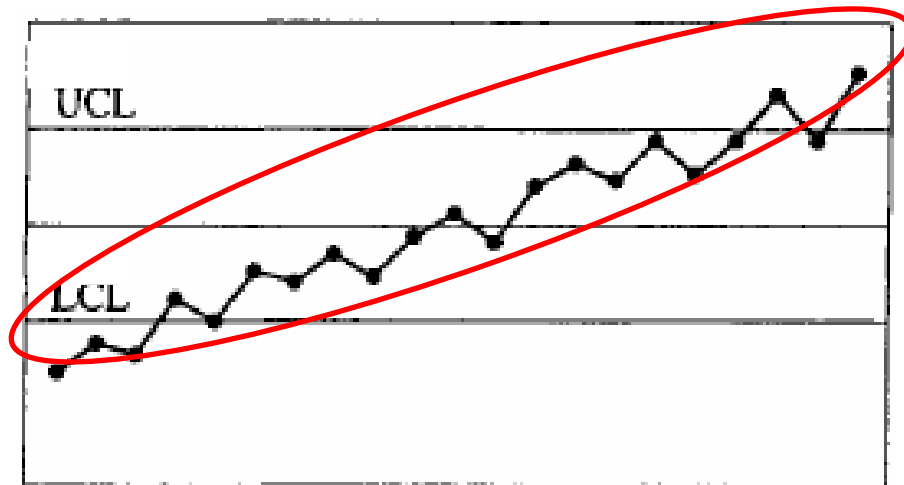
Qui siamo in presenza di due popolazioni distinte che possono essere il risultato di due operatori che settano la macchina in modo diverso all'inizio dei turni

## CARTE DI CONTROLLO



Qui si evidenzia un brusco cambiamento della media che può  
Essere spiegato con il cambio della materia prima o di un utensile in corso di  
produzione

## CARTE DI CONTROLLO



Qui si evidenzia un trend con dei valori fuori specifica. Il processo è evidentemente fuori controllo a causa di un settaggio dell'utensile che si degrada con il tempo



# CARTE DI CONTROLLO

Qualche consiglio pratico partendo dallo schema in basso....

