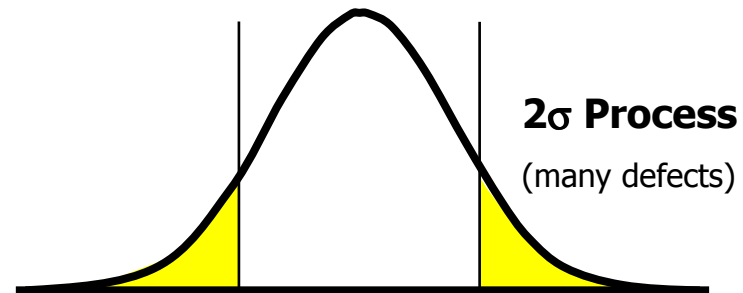
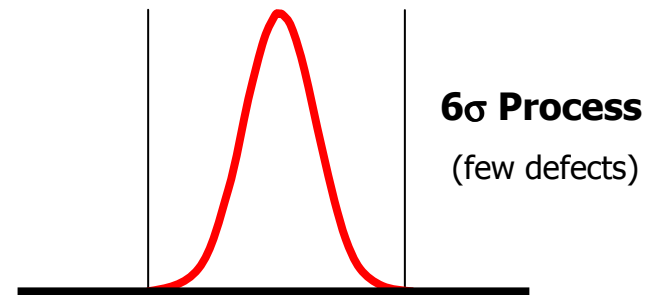


Six Sigma

I concetti fondamentali



Indice



- **Che cosa è Six Sigma**
- **Capire la variabilità e la relazione $Y = f(X)$**
- **La metodologia Six Sigma**
- **Six Sigma e la distribuzione normale**
- **Gli strumenti Six Sigma**
- **Ruoli & Responsabilità**

Che cosa significa Six Sigma?



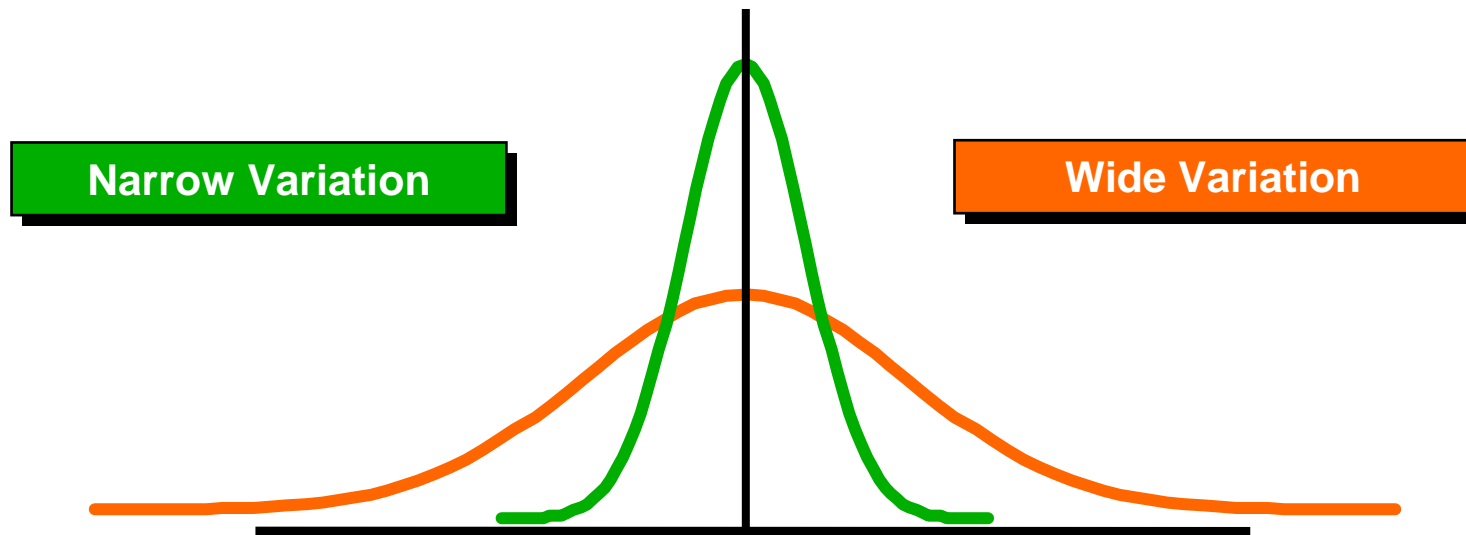
- **Sigma è una lettera dell'alfabeto greco**
- **In statistica Sigma (deviazione standard) è una misura della dispersione dei dati attorno al valore medio (lower is better)**

I molteplici significati di 6 Sigma

- **Visione**
- **Filosofia**
- **Obiettivo**
- **Indicatore**
- **Benchmark**
- **Metodo**
- **Strumento**

σ sigma è una lettera dell'alfabeto greco.

- In statistica si usa questo simbolo per indicare la deviazione standard, una misura della variabilità



La *variabilità in un processo* si riferisce alla distribuzione delle misure attorno al valore medio. Nessun processo è in grado di produrre **ESATTAMENTE** la stessa misura nel tempo.

Visione, Filosofia

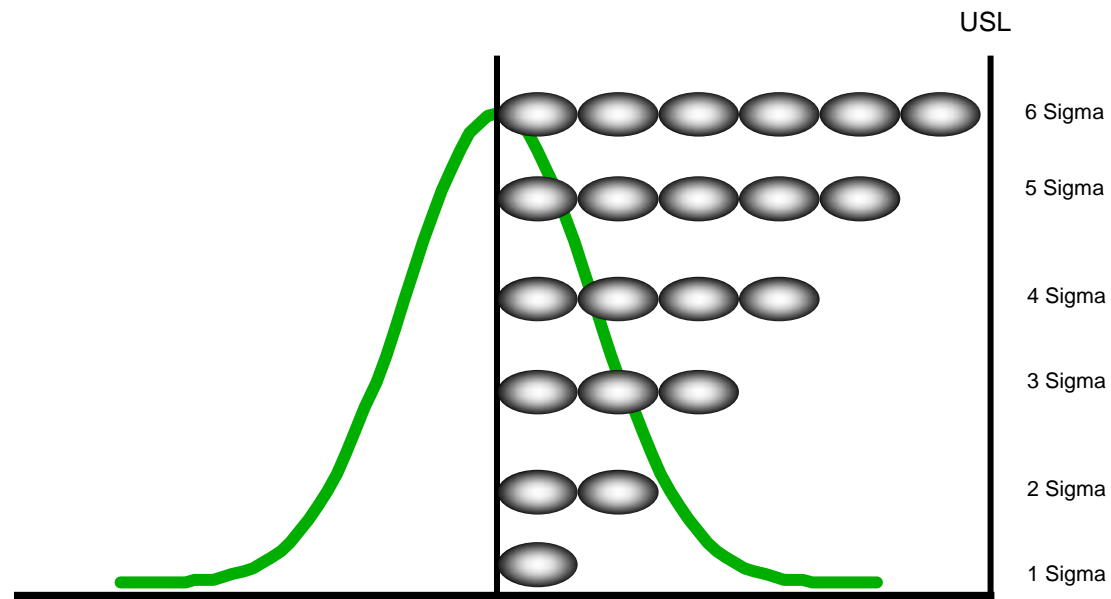
General Electric: First, what it is not. **It is not a secret society, a slogan or a cliché.** Six Sigma is a **highly disciplined process** that helps us focus on developing and delivering near-perfect products and services. The central idea behind Six Sigma is that if you can measure how many "defects" you have in a process, you can systematically figure out how to eliminate them and get as close to "zero defects" as possible. Six Sigma has changed the DNA of GE — **it is now the way we work — in everything we do and in every product we design.**

Honeywell: Six Sigma refers to our **overall strategy to improve growth and productivity** as well as a measurement of quality. As a strategy, Six Sigma is a way for us to achieve performance breakthroughs. It **applies to every function** in our company, not just those on the factory floor. That means Marketing, Finance, Product Development, Business Services, Engineering and all the other functions in our businesses are included.

Lockheed Martin: We've just begun to scratch the surface with the **cost-saving initiative** called Six Sigma and already we've generated \$64 million in savings with just the first 40 projects. Six Sigma uses data gathering and statistical analysis to pinpoint sources of error in the organization or products and determines precise ways to reduce the error.

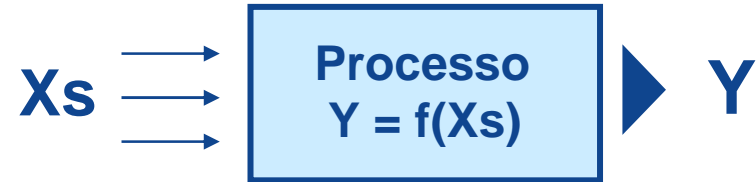
Obiettivo: Sigma Level

Descrive le performance di un processo in relazione ai Limiti di Specifica (USL e LSL)



La probabilità di produrre difetti diminuisce all'aumentare del numero di Deviazioni Standard tra il valore medio e il limite più vicino

La Metodologia 'DMAIC'
vista da 10000 m



Y	Define	→	Che cosa vuole il Cliente?	Problema pratico
	Measure	→	Qual'è la nostra capacità di farlo?	
X	Analyse	→	Cosa disturba la nostra capacità di farlo? (possibili cause)	Problema statistico
	Improve	→	Isoliamo le principali cause (variabili critiche)	Soluzione statistica
X Vital few	Control	→	Controlliamo le variabili critiche	Soluzione pratica

One of the best definition*

What is Six Sigma?

Six Sigma is a customer-centered, systematic, data driven way of doing things better

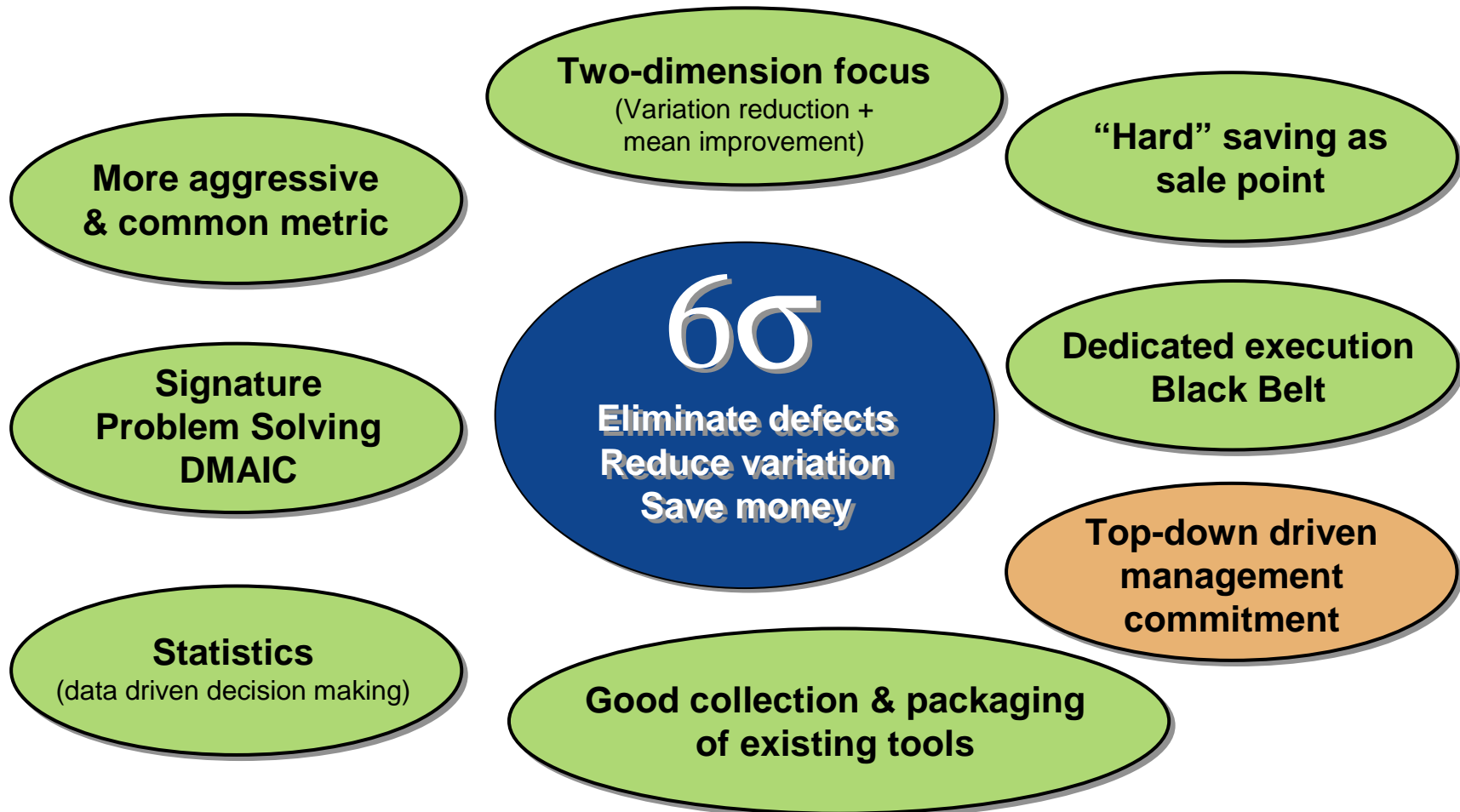
Customer-centered means that Six Sigma projects begin with, and measure themselves by, customer satisfaction

Systematic means that it follows a roadmap that logically links tools in a way that makes them much more powerful than they are by themselves

Data driven means facts and data are used to make decisions and measure progress toward goals

*source: Seagate Technology

I Key Attributes del Six Sigma



Six Sigma – Le origini...

Nata in Motorola alla fine degli anni '80

L'interesse verso il Six Sigma è cresciuto molto quando nel 1988 Motorola ha vinto il Baldrige Quality Award dichiarando pubblicamente l'uso esteso della metodologia.

Alcuni 'key players' nella storia del Six Sigma

- **Mikel Harry** – uno degli architetti del Six Sigma in Motorola
Fondatore della Six Sigma Academy
- **Jack Welch** – CEO di General Electric
- **Larry Bossidy** – CEO di Allied Signal
- **Don Linsenmann** – Six Sigma Corporate Champion - DuPont

La visione classica della performance

Abitualmente 'buono al 99%' viene considerato più che accettabile

Significato pratico di 'buono al 99%'

- 20,000 lettere perse ogni ora dalle poste
- erogazione di acqua potabile inquinata per quasi 15 minuti al giorno
- 5,000 operazioni chirurgiche sbagliate la settimana
- 2 atterraggi corti o lunghi nei maggiori aeroporti ogni giorno
- 200,000 prescrizioni mediche sbagliate ogni anno

Long-Term Yield

3 σ Capability 93.32% Historical Standard

Long-Term Yield

4 σ Capability 99.38% Current Standard

Long-Term Yield

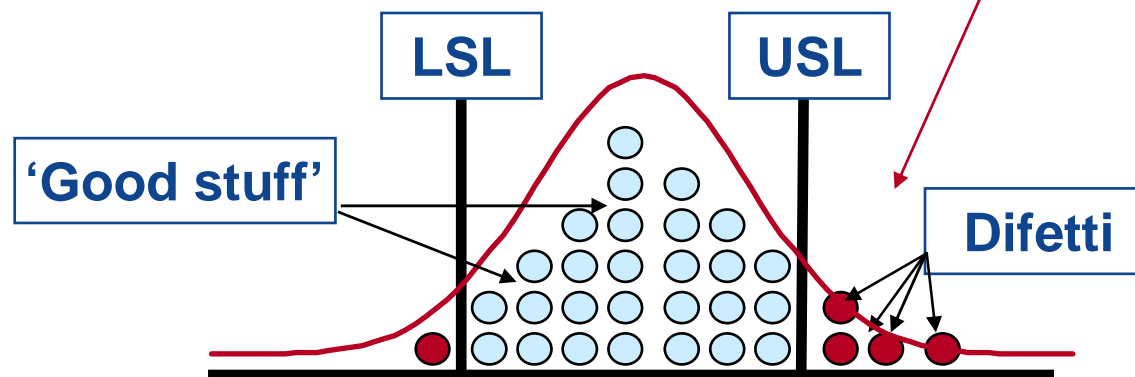
6 σ Capability 99.99966% New Standard

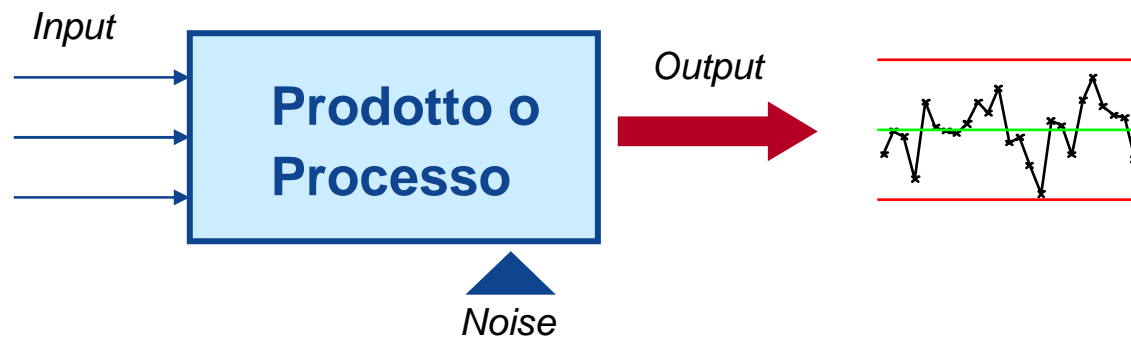
La qualità Six Sigma rappresenta un miglioramento pari a 2941 volte rispetto a un prodotto definito come 'buono al 99%'

1. La Variabilità



- Ogni output presenta **variabilità**
- La **variabilità** è il nemico N° 1 perché causa difetti e quindi insoddisfazione del cliente

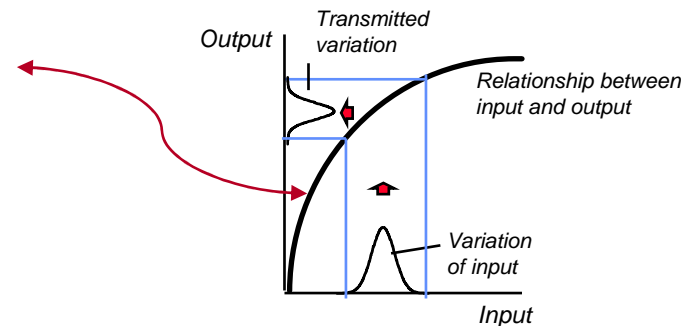




Le cause della variabilità dell'output sono:

- La variabilità del sistema di misura
- La variabilità dell'output è causata dalla variabilità dell'input (5M +E)
- La variabilità dell'output è causata dai fattori di 'noise'

$$\% R \& R = \frac{\sigma_{MS}}{\sigma_{tot}}$$



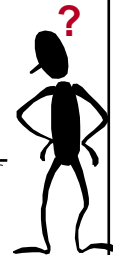
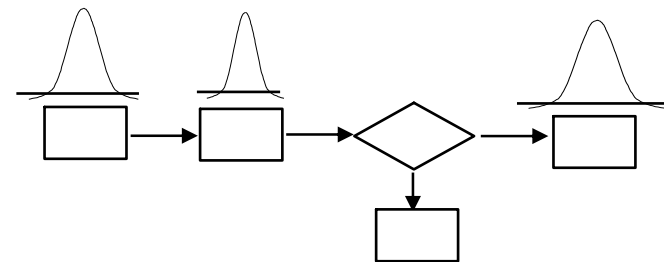
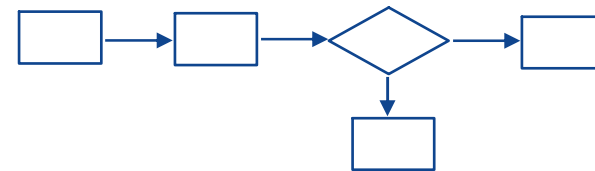
The Power of Statistical Thinking

STATISTICAL THINKING è una filosofia di 'apprendimento' e 'azione' basata sui seguenti principi fondamentali:

- Tutto quello che facciamo è il risultato di una serie di attività interconnesse
- La variabilità è presente in tutte le attività

È possibile quantificare la variabilità dei processi mediante l'analisi statistica dei dati

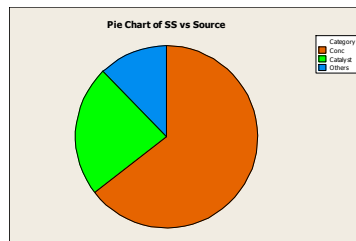
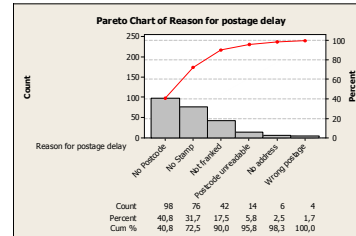
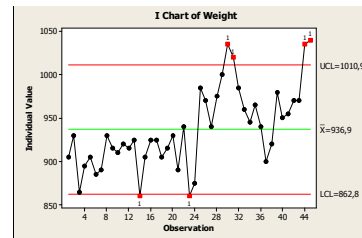
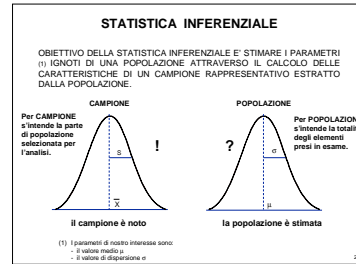
Capire e ridurre tale variabilità è la chiave del successo



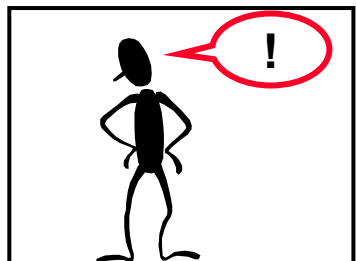
- Poiché la variabilità è presente in tutti i processi, occorre capirne l'influenza sulle performance degli stessi
- Ciò richiede di capire:
 - la natura e grandezza di tale variabilità
 - che tipo di azioni sono necessarie per ridurre tale variabilità

I Dati: L'elemento portante

Livello massimo



Livello minimo



Statistica inferenziale

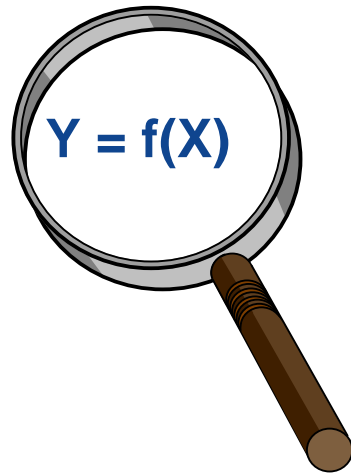
Analisi statistica di base

Diagrammi e grafici di base

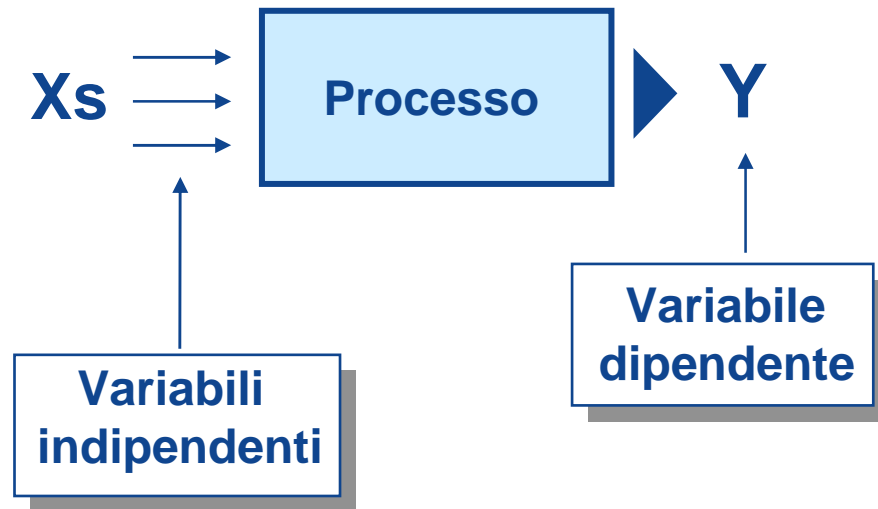
Strumenti quantitativi

Intuito o sensazione

2. Il punto focale di Six Sigma



Conoscendo e controllando le Xs (vital few) possiamo ridurre la variabilità di Y e quindi ridurre il numero di difetti. Controllare le Xs significa **prevenire**, ispezionare le Y significa reagire.



$$20\% + 80\% = 100\%$$

Poche variabili vitali (vital few)

Molte variabili trascurabili (trivial many)

Reazione alla variabilità

How far can **inspection** get us ?

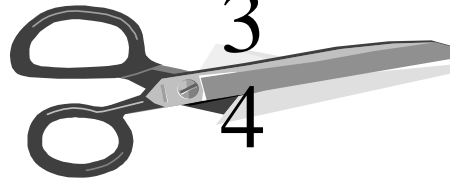


(Distribution Shifted $\pm 1.5\sigma$)

σ

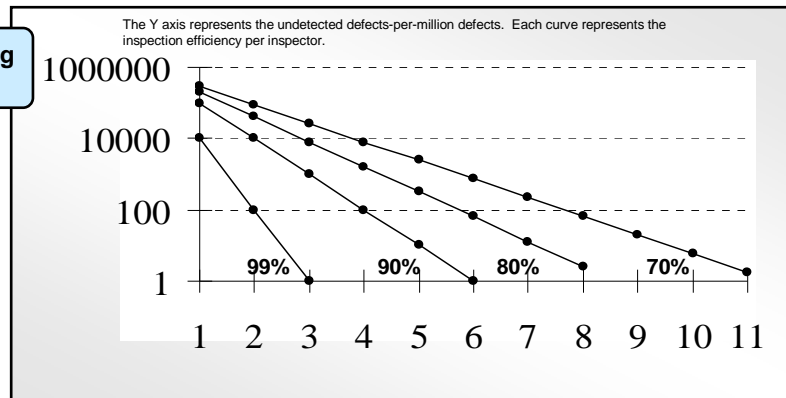
PPM

2	308,537
3	66,807
4	6,210
5	233
6	3.4



Conseguenze di un maggior numero di ispezioni

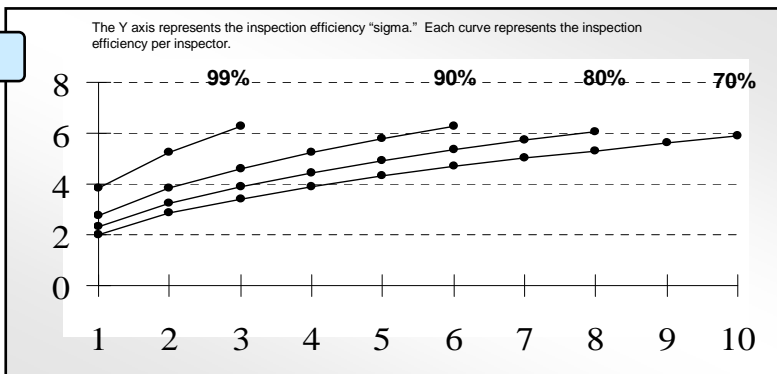
Escaping PPM



Numero di ispettori consecutivi

Esempio: Se la probabilità di rilevare un difetto è del 70% e utilizziamo 10 addetti al controllo qualità consecutivi, con questo livello di capability riusciremo ad individuare circa 6 difetti ogni 1,000,000 di difetti prodotti

Sigma

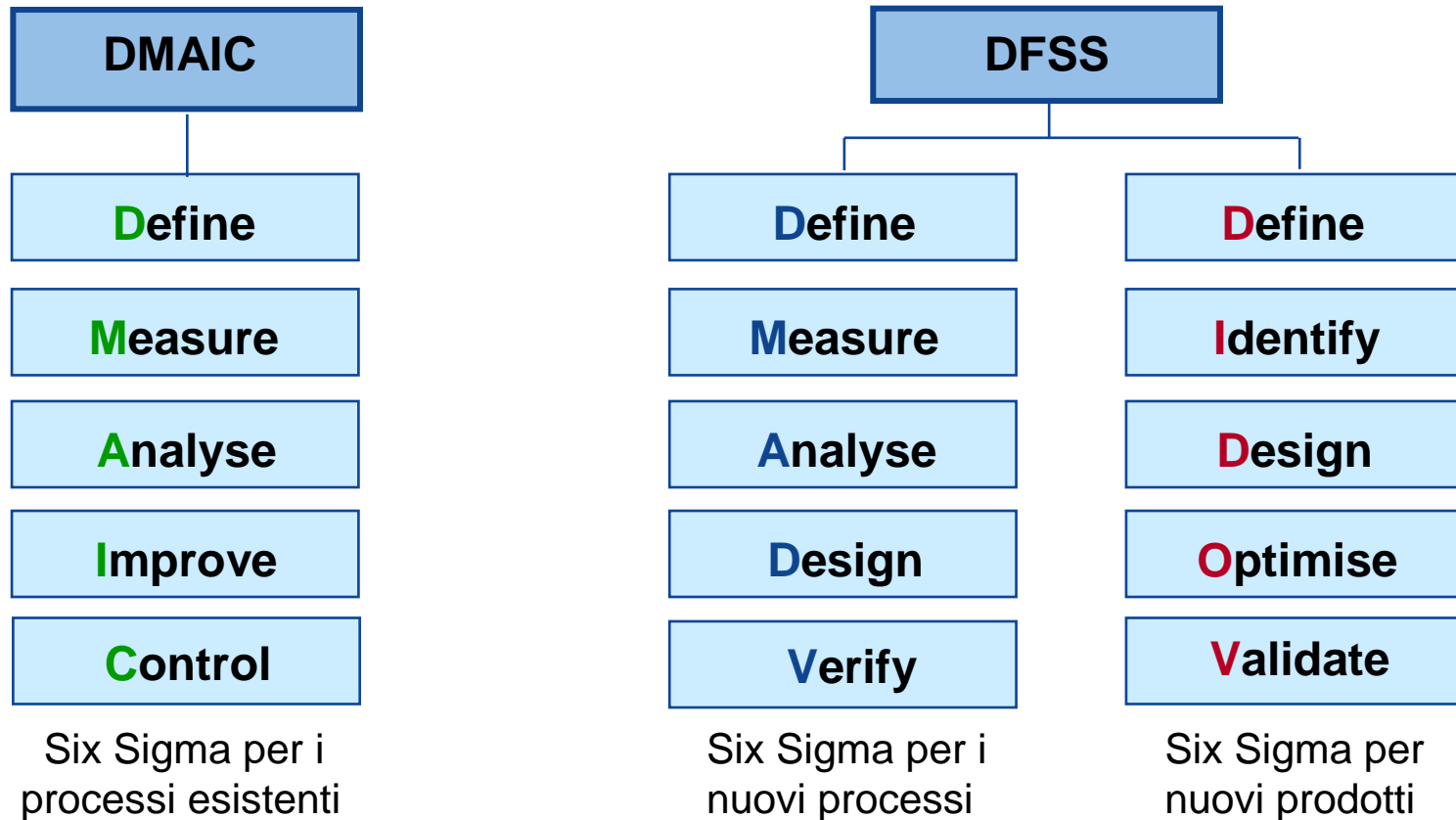


Numero di ispettori consecutivi

Esempio: Se la probabilità di rilevare un difetto è del 70%, ci vorrebbero circa 10 addetti al controllo qualità consecutivi per raggiungere un livello di certezza 6 Sigma che il difetto sarà rilevato.

Metodologia 'Six Sigma'

Il programma completo



La metodologia Six Sigma

Define

- .Definire il problema
- .Chiarire il contesto e il perimetro del progetto
- .Fissare gli obiettivi

- Esigenze del cliente (VOC)
- SIPOC
- Project Charter

Measure

- .Immettere tutte le possibili variabili in ingresso

- Brainstorming
- Mappatura del processo
- Diagramma di Ishikawa

- .e restringere le possibilità utilizzando strumenti filtro

- Matrice Causa & Effetto
- FMEA
- Diagrammi di Pareto

Analyze

- .Utilizzare l'analisi statistica per restringere ulteriormente il campo

- Tecniche grafiche
- Correlazione e regressione
- Test dell'ipotesi
- ANOVA

$X_1 \dots XXXXXXXXXXXX$
 $XXXXXXXXXX \dots X_{50}$

$XXXXXXXXXX$
(8 - 10)

$XXXX$
(2 - 5)

Improve

- .Implementare e convalidare le soluzioni con strumenti quali:

- DOE
- Regressione multipla
- Regressione logistica

Control

- .Implementare sistemi per garantire il mantenimento dei miglioramenti

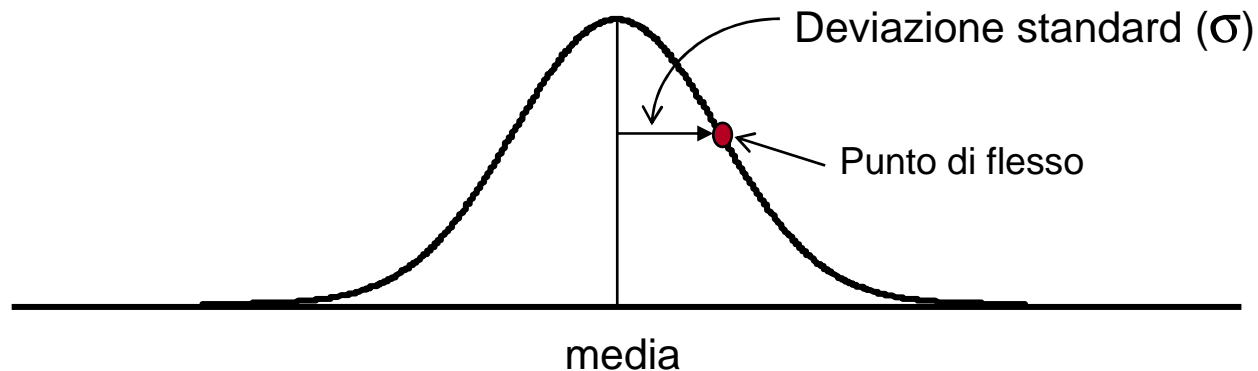
- Piani di controllo
- SPC

4. Six Sigma e la distribuzione normale

Il metodo Six Sigma è basato sul concetto di distribuzione normale

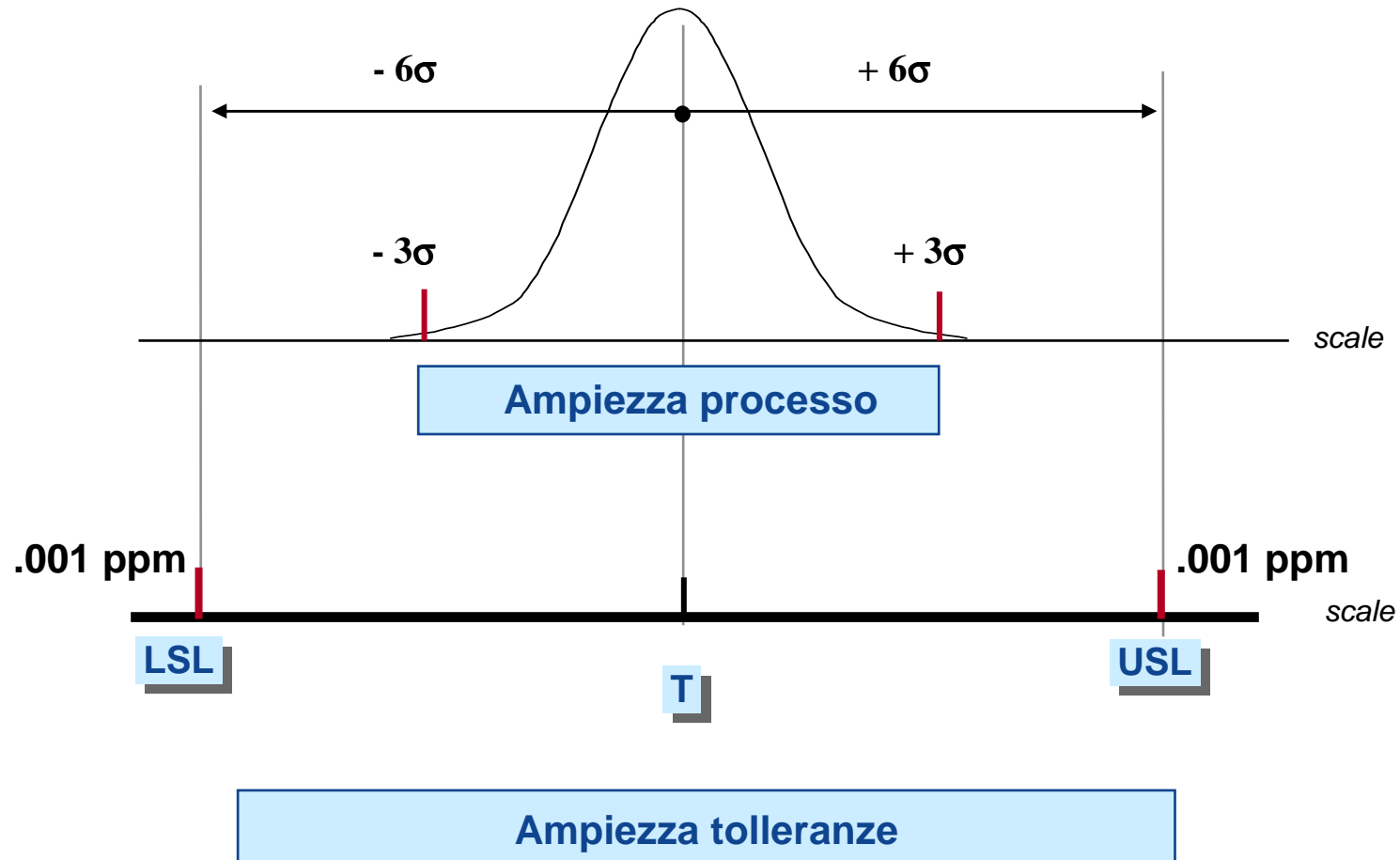
La distribuzione “normale” è tra le più frequenti in natura.

La distribuzione “normale” è descritta matematicamente da soli due parametri: il valore medio (valore centrale della distribuzione) e la deviazione standard (indice di dispersione rappresentato dalla distanza tra la linea centrale ed il punto di flesso della distribuzione).

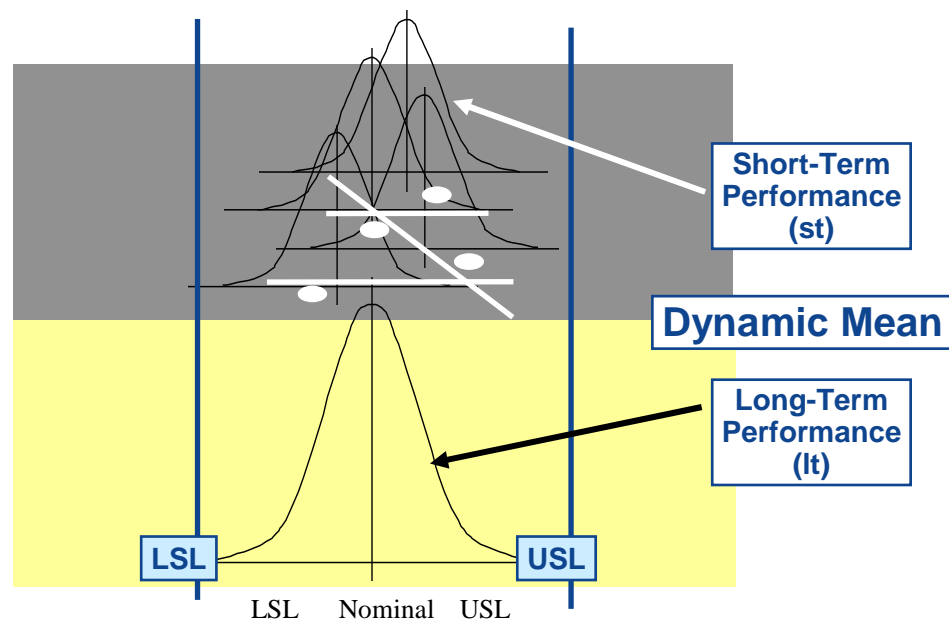


La definizione statistica di Six Sigma

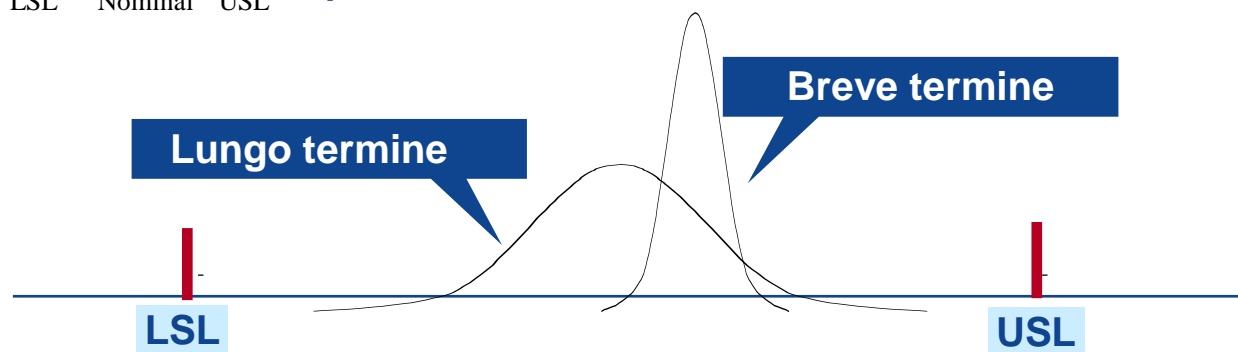
Distribuzione centrata



Distribuzione a lungo termine



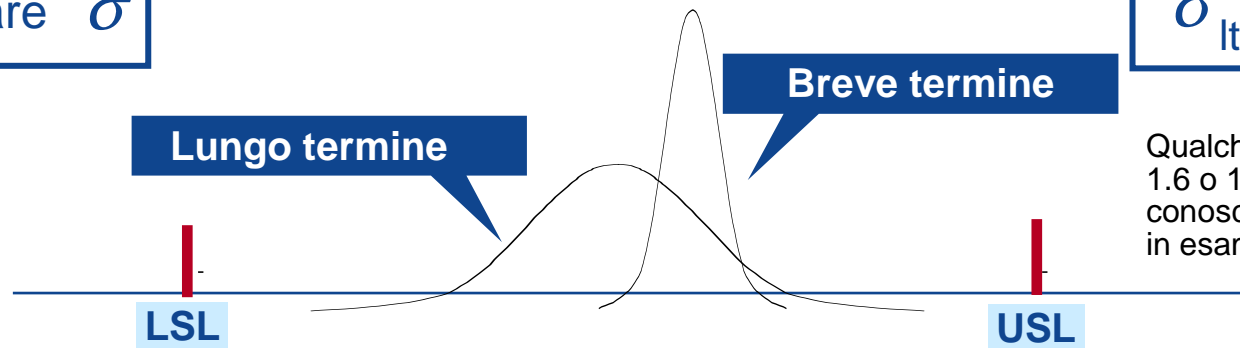
La distribuzione a lungo termine è più larga di quella a breve termine a causa delle variazioni che subisce la media nel tempo.



Come passare da breve a lungo termine

Due approcci:

Aumentare σ



$$\sigma_{lt} = 1.3 \sigma_{st}$$

Qualche fonte consiglia 1.6 o 1.8. Richiede una conoscenza del processo in esame.

Shift Z

Spostare (shift) la curva "short term" di una quantità pari 1.5 sigma

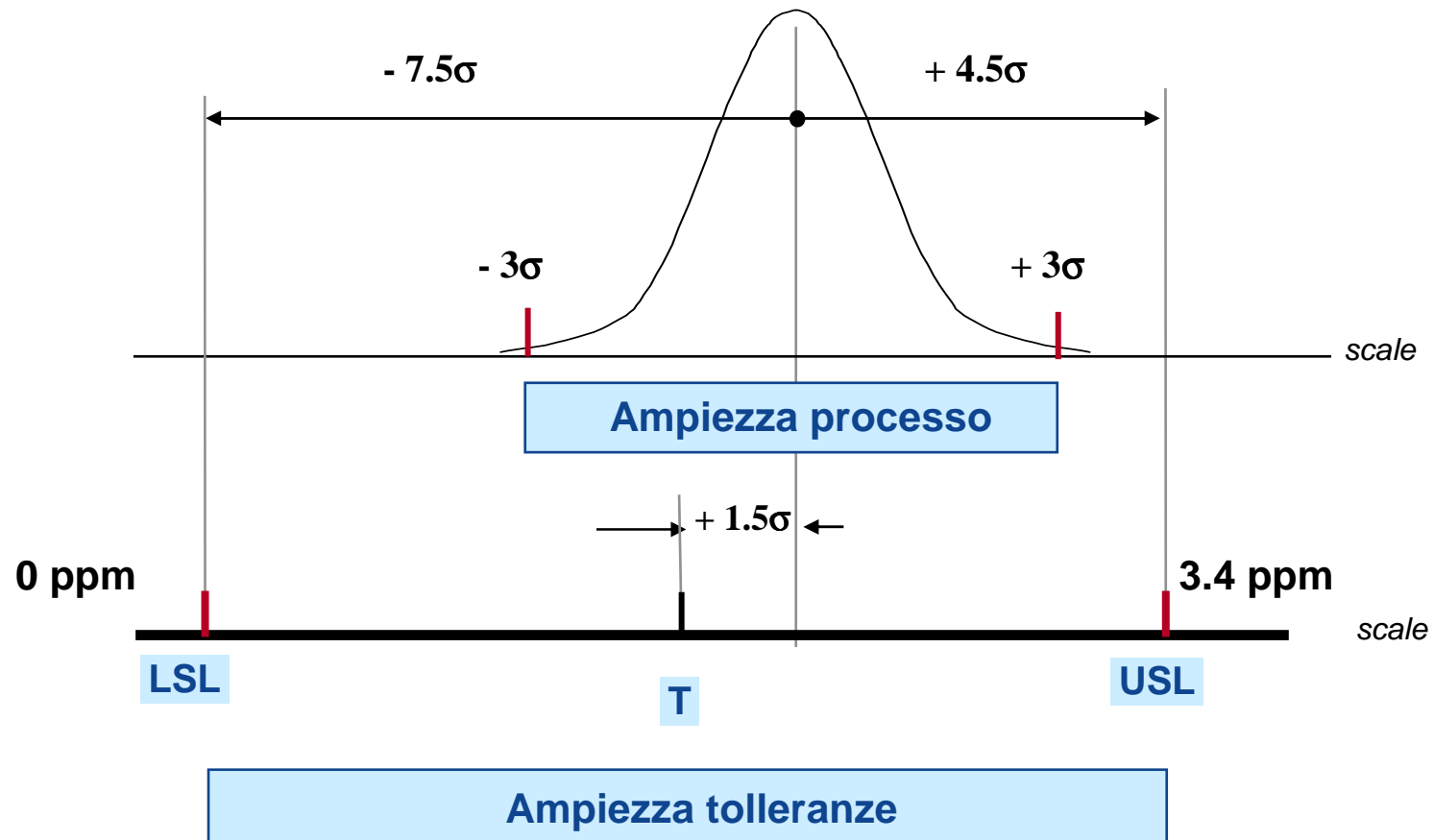
$$Z_{lt} = Z_{st} + Z_{shift}$$

$$Z_{lt} = Z_{st} - Z_{shift} \rightarrow \text{long term dpmo}$$

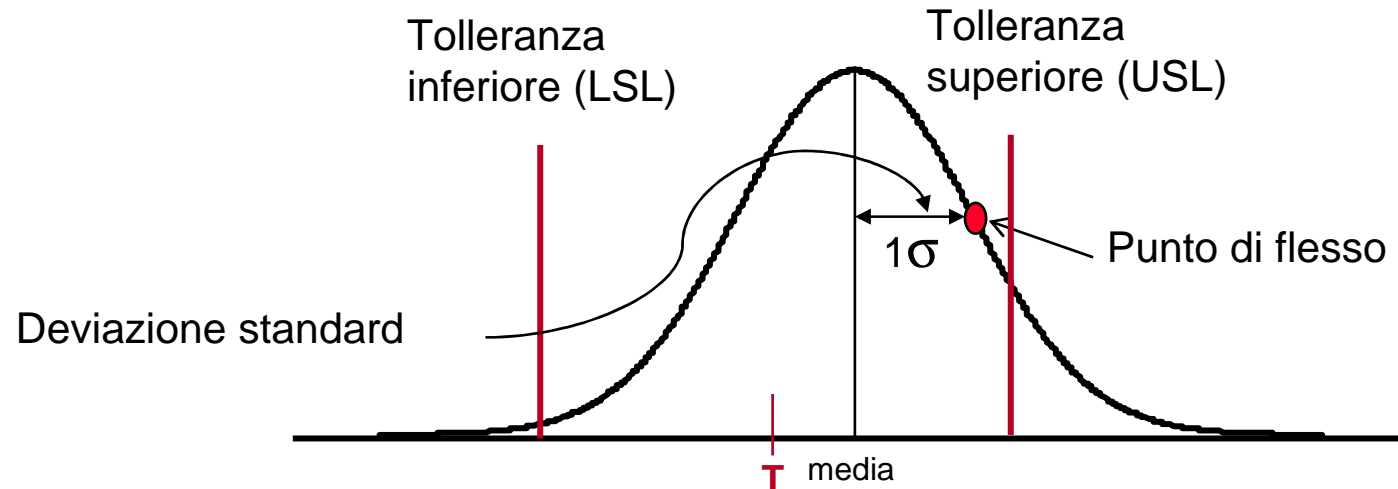
4.5	6	1.5	3.4
3.5	5	1.5	233
2.5	4	1.5	6210
1.5	3	1.5	66807
0.5	2	1.5	308538

La definizione statistica di Six Sigma

Distribuzione con slittamento di 1.5 sigma



Il valore di “Sigma” di un processo (sigma level)



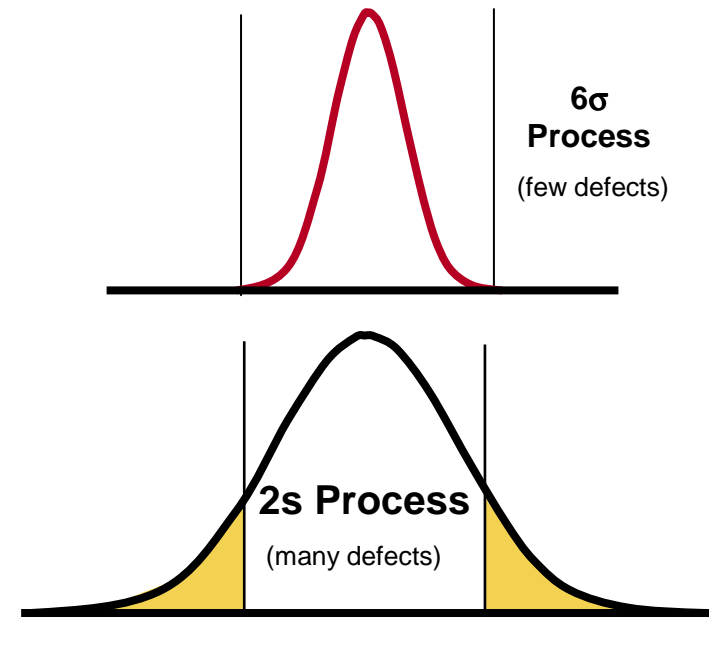
Il numero di deviazioni standard che possiamo misurare tra il valore centrale (media) e il limite di tolleranza più vicino rappresenta il valore di “**sigma**” del processo in esame (higher is better)

Sigma Level e misure di 'Capability': quadro riassuntivo

$Z_{st} = \text{Sigma level}$	Distribuzione centrata (short term)		Distribuzione 'shifted' (1.5 sigma) (long term)			
	Cp = Cpk	PPM	Cp	Cpk	PPM	Z_{lt}
1	0.33	317320	0.33	-	697700	
2	0.67	45500	0.67	0.17	308500	0.5
3	1.0	2700	1.0	0.5	66800	1.5
4	1.33	63.5	1.33	0.83	6200	2.5
5	1.67	0.6	1.67	1.17	233	3.5
6	2.0	0.002	2.0	1.5	3.4	4.5

Il livello di Sigma e la difettosità

<u>Yield</u>	<u>DPMO</u>	<u>COPQ</u>	<u>Sigma</u>
99.9997%	3.4	<10%	6
99.976%	233	10-15%	5
99.4%	6,210	15-20%	4
93,3%	66,807	20-30%	3
69,2%	308,537	30-40%	2
31%	690,000	>40%	1



Distribution shifted of 1.5 sigma

Source: Journal for Quality and Participation, Strategy and Planning Analysis

5. Gli strumenti di Six Sigma

Strumenti basati sulle opinioni

- Brainstorming
- Diagramma causa-effetto
- Matrice causa-effetto
- FMEA
-

FMEA (Failure Mode & Effect Analysis)

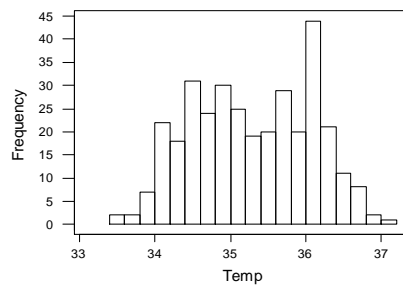
Process Step/Part Number	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current Controls	D E T	RFR	Actions Recommended	Resp
--------------------------	------------------------	---------------------------	-------	------------------	-------	------------------	-------	-----	---------------------	------

COILING MACHINE	DRYFOUR	MIXING BLANK/SFERE	8	DRYFOUR	8	SPINNING	7	48	PREHEATING CONCENTRATION	IF
									MIXING METHOD	IF
									PURIFICATION EFFICIENCY	IF
									RESTORATION PROCEDURE	IF

Strumenti basati su dati

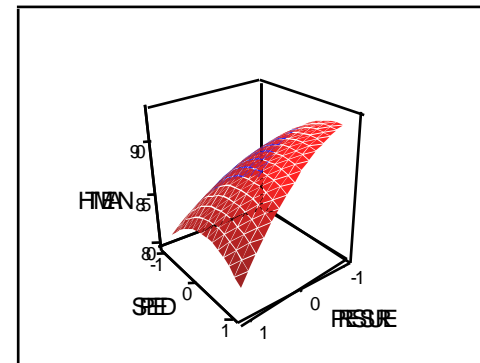
Passivi

- Pareto
- Istogrammi
- Carte di controllo
- Correlazione
- Regressione
-



Attivi

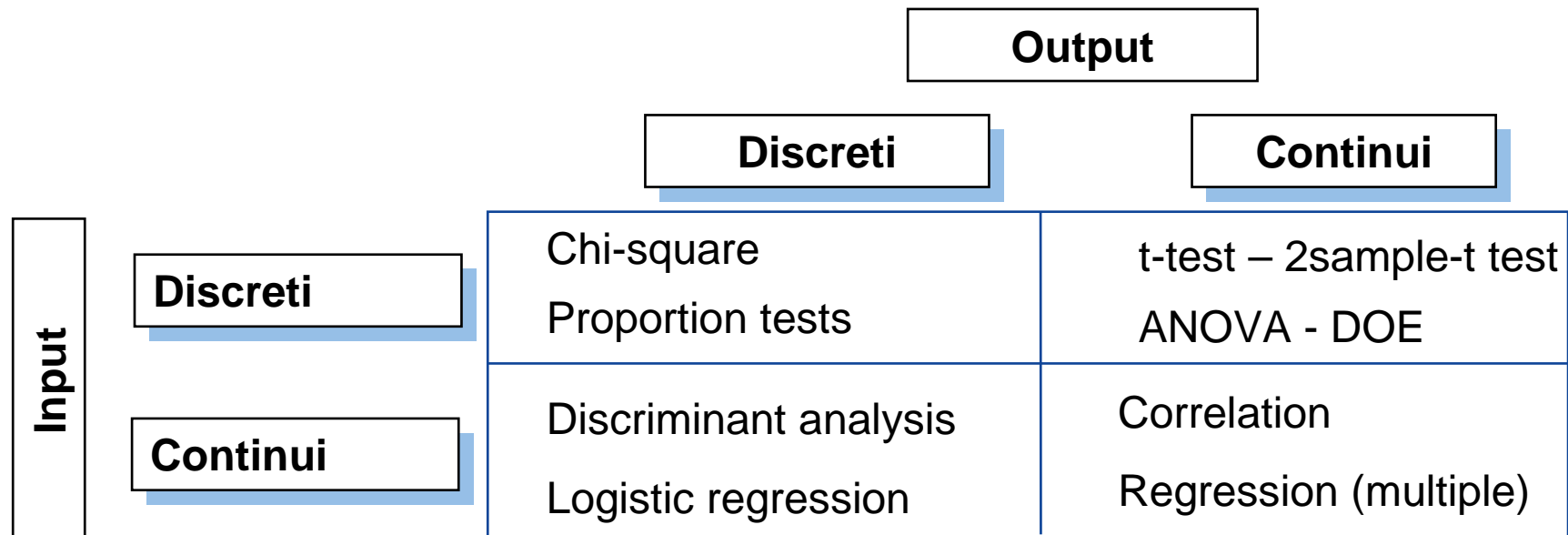
- Design of Experiments
- RSM
- EVOP
-



Six Sigma

Scelta dei “tools” statistici

Ci sono “tools” statistici in grado di coprire tutte le possibili combinazioni tra input e output.



Metriche per Six Sigma

- **DPU** (Defects per Unit) = Numero di difetti per unità prodotta
- **TOP** (Opportunities) = Opportunità totale di errori in una unità
- **DPMO** (Defects per Million Opportunities) = $DPU \times 10^6 / TPO$
- **PPM** = Parti per milione difettose
- **FTY** (First Time Yield) = Resa (in %) prima di rilavorazioni
- **RTY** (Rolled Throughput Yield) = È la probabilità di produrre unità di prodotto prive di difetti (la prima volta)
- **Sigma Value** = Misura la capacità di un processo di produrre unità prive di difetti. Più alto è, meglio è.
- **Cost of Poor Quality** (COPQ) = Il costo come risultato di non produrre il 100% della qualità la prima volta
- **Capacity- Productivity** (C-P) = Il numero di unità che un processo è in grado di produrre in un dato intervallo di tempo

Cp = 2.0
Cpk = 1.5
ppm = 3.4

6σ

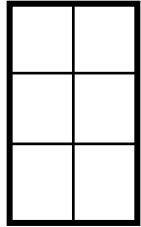
Calcolo di DPU – DPO – DPMO e Sigma Level

Pier Giorgio DELLA ROLE

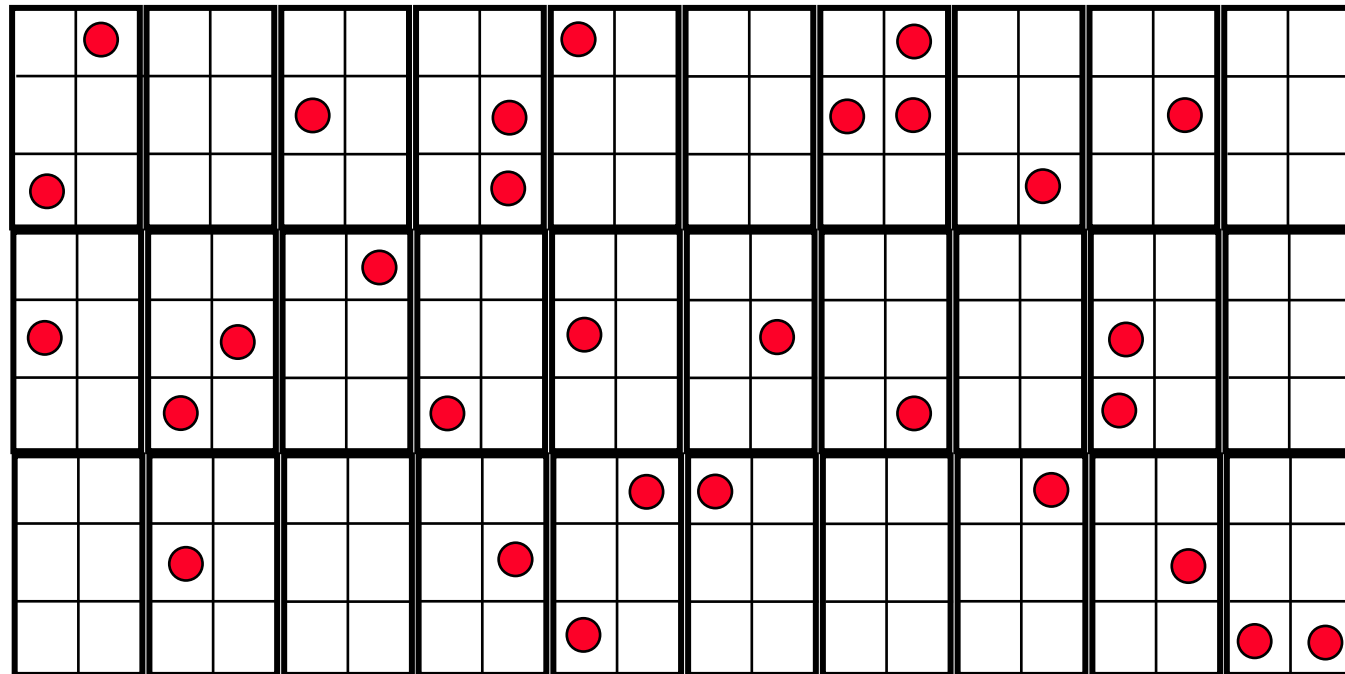
Understanding Key Terms

- . Critical-To-Quality (CTQ) characteristics
Customer Performance Requirements of a product or service
- . Unit
The item produced or processed
- . Defect
Any event that does not meet the specification of a CTQ
- . Defect opportunity
Any event which can be measured that provides a 'chance' of not meeting a customer requirement
- . Defective
A unit with one or more defects

Esempio di calcolo di DPU, DPO, DPMO e 'Sigma Level'



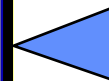
- Unità prodotta
- Ogni unità contiene 6 opportunità di essere difettosa
- difetto



Calcolo

- Numero unità prodotte 30
- Numero di difetti 30
- DPU 1
- DPO (difetti per opportunità) $30/(30 \times 6) = 0.1667$
- DPMO $0.1667 \times 10^6 = 166,700$

σ	DPMO
2	308,537
3	66,807
4	6,210
5	233
6	3.4



Sigma level = 2.47

Calcolo senza considerare le “opportunities”

(in pratica quando il N° opportunità = 1)

- Numero unità prodotte	30
- Numero di unità difettose	22
- Yield (resa del processo)	$1 - 22/30 = 0,27 = 27\%$
- Sigma level	0,8

σ	DPMO
1	690,000
2	308,537
3	66,807
4	6,210
5	233
6	3.4

Sigma level = 0,8
(DPMO = 730,000)

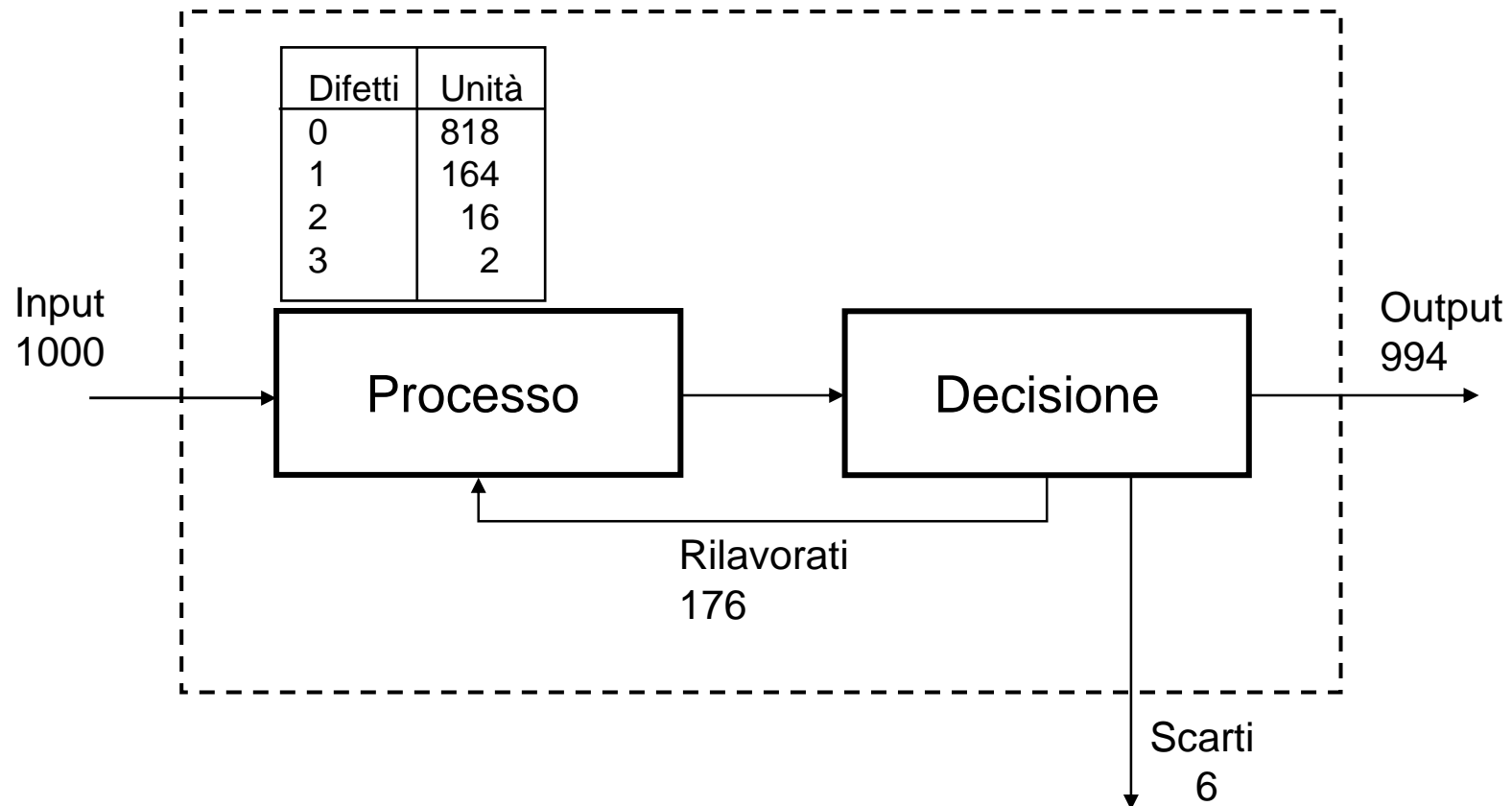
'Sigma level' calculation for a transactional process

Source: Six Sigma Academy

Step	Action	Equation	Your calculation
1	What process do you want to consider?		Billing
2	How many units were put through the process?		1283 invoices
3	Of the units that went into the process, how many came out OK?		1138
4	Compute the yield for the process	$\text{step3}/\text{step2}$	0.8870
5	Compute the defect rate	$1 - \text{step4}$	0.113 or 11.3%
6	Determine the number of potential things that could create a defect	N° of opportunities per unit	24
7	Compute the defect rate per opportunity	$\text{step5}/\text{step6}$	0.0047
8	Compute DPMO	$\text{step7} \times 1000000$	4700
9	Convert the DPMO into a sigma level		4.1 (just above average)

Relazione tra Yield e FTY

Partiamo da un caso reale



Calcoli

Yield

Il calcolo dello Yield (classical Yield) usa solo il rapporto tra Output e Input e ignora i dettagli all'interno del rettangolo tratteggiato.

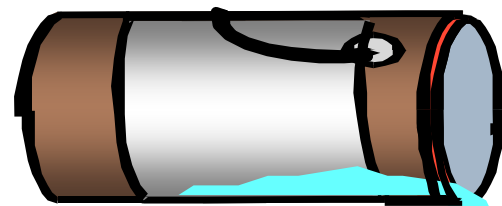
$$\text{Yield} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{994}{1000} = 99,4\%$$

First Time Yield

Il calcolo dello First Time Yield (FTY) prevede di tenere conto solo delle unità che procedono dall'input all'output senza difetti.

$$\text{First Time Yield} = \frac{\text{Unità senza difetti}}{\text{Input}} = \frac{818}{1000} = 81,8\%$$

Resa totale di un processo (RTY)



Parti ricevute dal fornitore

95.5% Resa dopo ispezione
al ricevimento e prima lavorazione

45,000 ppm (difettose)

97% Resa dopo le successive
operazioni di lavorazione meccanica

30,000 ppm (difettose)

94,4% Resa dopo
i tests finali

56,000 ppm (difettose)

$$\text{RTY} = .955 \times .97 \times .944 = 87.4\%$$

**131,000 parti per milione
difettose**



The Benchmarking Chart

(Distribution Shifted $\pm 1.5 \sigma$)

Process Capability

Ruolo della Complessità

Complexity
Part count or process steps

# Opportunities	3 σ	4 σ	5 σ	6 σ
1	93.32%	99.379%	99.9767%	99.99966%
7	61.62	97.733	99.839	99.9976
10	54.00	93.96	99.768	99.9966
20	34.13	88.29	99.536	99.9932
40	20.71	77.94	99.074	99.9864
60	15.87	71.81	98.614	99.9796
80	13.29	67.75	98.156	99.9728
100	11.70	64.32	97.70	99.966
150	9.18	53.64	96.61	99.949
200	7.67	46.09	95.45	99.932
300	5.40	33.39	93.26	99.898
400	4.08	25.45	91.11	99.864
500	3.09	19.54	89.02	99.830
600	2.33	14.71	86.97	99.796
700	1.75	10.98	84.97	99.762
800	1.31	8.22	83.02	99.729
900	1.00	6.14	81.11	99.695
1000	0.77	4.57	79.24	99.661
1200	0.54	3.34	75.88	99.593
3000	0.19	1.22	50.15	98.985
17000	0.03	0.17	0.02	94.384
38000	0.01	0.02	--	87.880
70000	0.00	0.00	--	78.820
150000	0.00	0.00	--	60.000

Rolled Yield

4 σ capability across 100 steps produces a rolled-throughput yield of $.99379^{100} = .5364$, or 53.64%.

Organizational Roles Responsibilities

Executives

- *Own vision, direction, integration, results*
- *Own Communication Plan Lead change*

Green Belts (GB's)

- *Part-time*
- *Use Six Sigma tools for problem solving*
- *Manage small projects within areas of expertise*

Champions

- *Own projects*
- *Manage Black Belts*
- *Eliminate project roadblocks*



Project Team Members

- *Part-time*
- *Project-specific*

All employees understand vision and apply concepts.

Master Black Belts (MBB's)

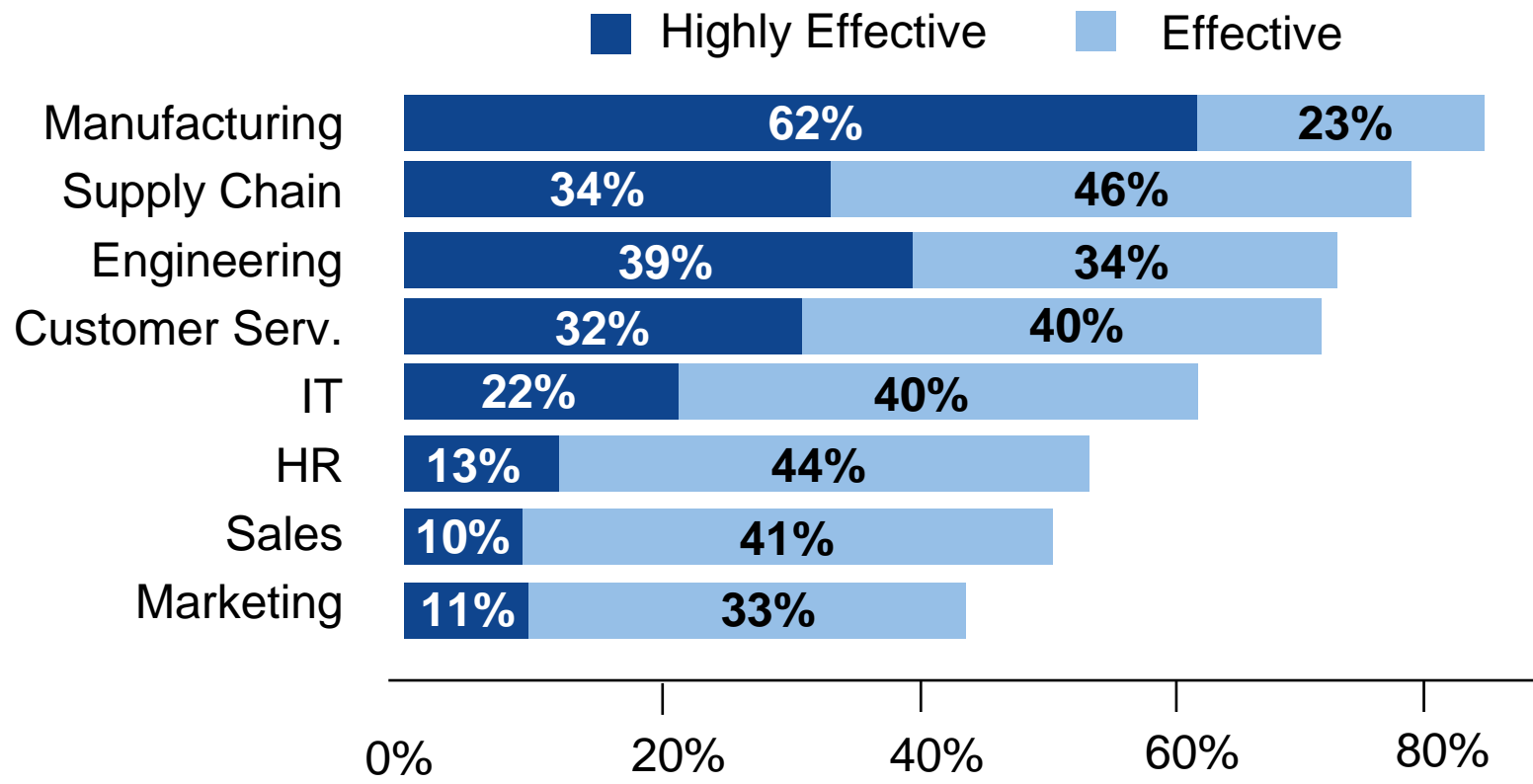
- *Full time*
- *Train/coach BBs and GBs*
- *Provide expert statistical help*

Black Belts (BB's)

- *50% - 100% time spent on BB activities*
- *Lead project teams*
- *Use Six Sigma tools for problem solving*
- *Train/coach GBs & project teams*

Benchmarking Data

Effectiveness in applying Six Sigma



Il successo del Six Sigma

“Six Sigma is a disciplined problem solving methodology for continuous process improvement”

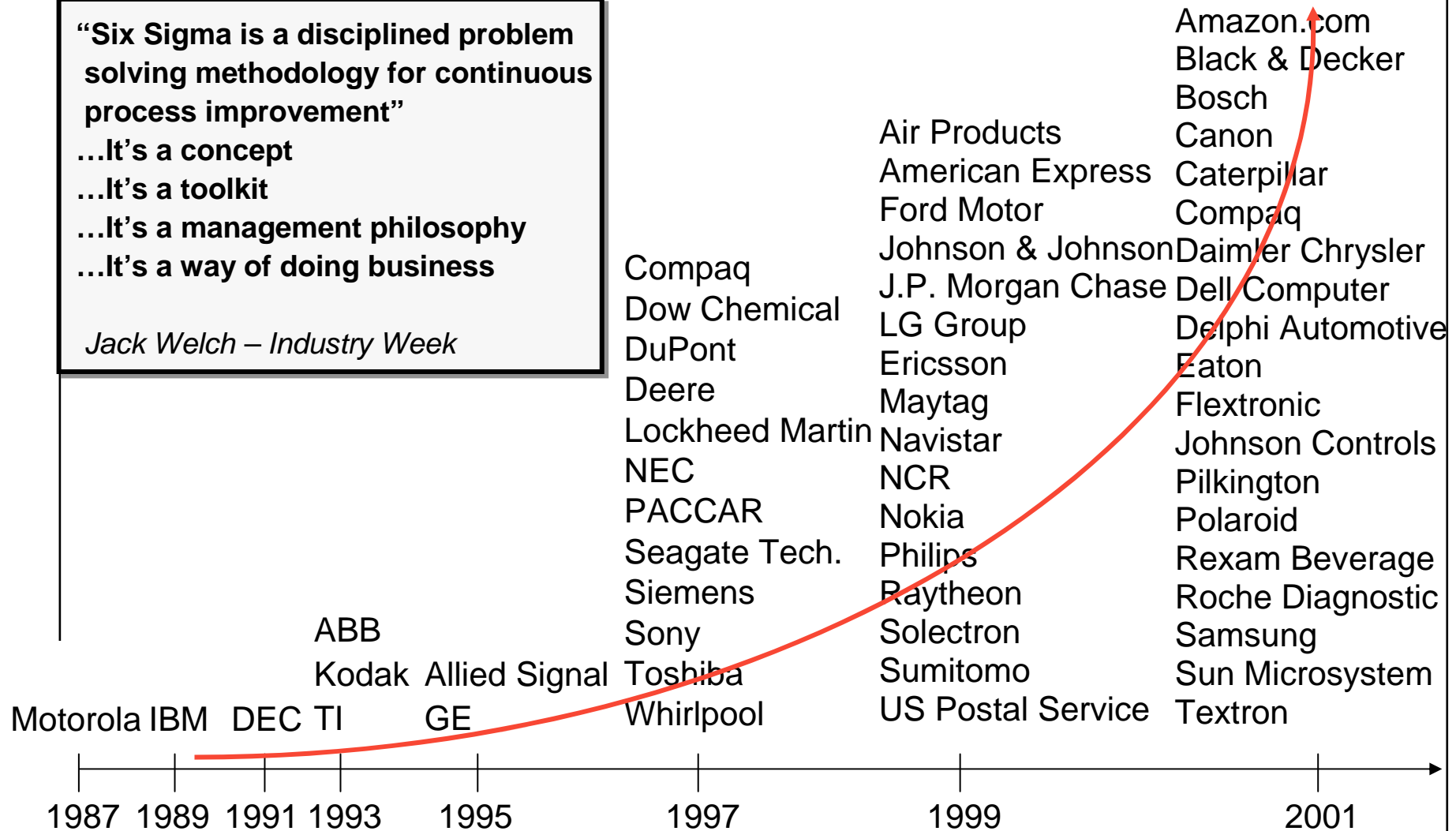
...It's a concept

...It's a toolkit

...It's a management philosophy

...It's a way of doing business

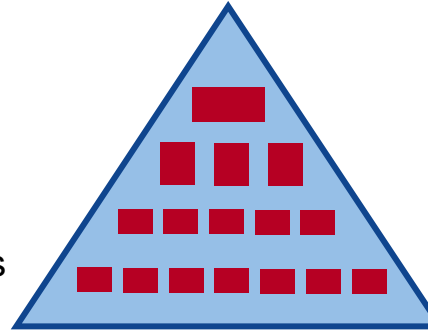
Jack Welch – Industry Week



Six Sigma – Level of Implementation

Business Transformation

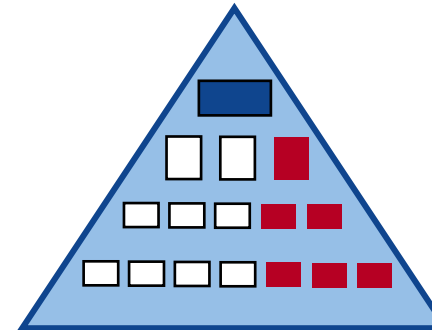
- **Company wide**
- **Cultural change**
- New way of doing business
- Address all business processes
- Customer focused attitude



Motorola
GE
Allied Signal
DuPont

Strategic Improvement

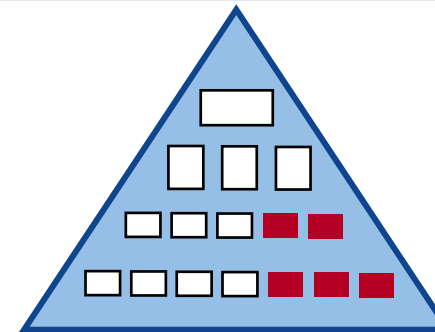
- **Targets key strategic or operational weakness or opportunity**
- Enhance operational efficiency
- Product development process



TRW
Whirlpool
Volvo
SKF

Problem Solving

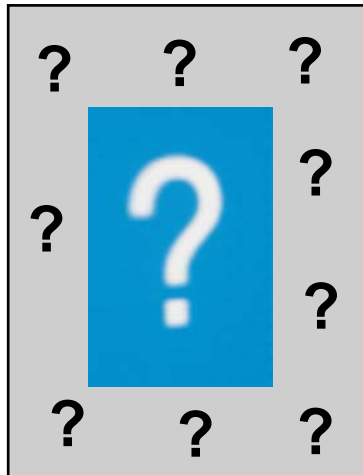
- **Fix specific issue**
- **Urgent needs**
- Improve throughput
- Reduce customer complaints



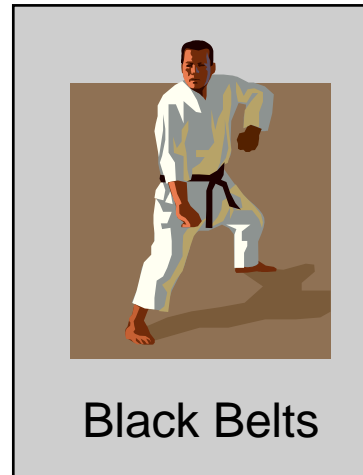
Siemens
Philips
D/C

Conclusion...

Identify your biggest problems



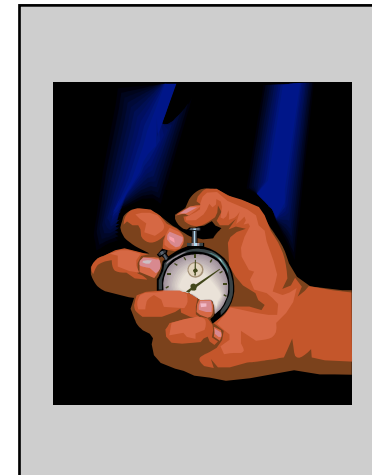
Assign them to your best people



Provide them full resources and Management support



Guarantee uninterrupted time



Six Sigma is about doing all of this things, consistently and doing them well.

Che cosa è Lean Six Sigma ?

Types of Improvement Initiatives

A variety of problem solving approaches

Monitor Data

- . Not a key improvement area or no current problems exist
- . Closely monitor performance to decide where to go next

Just Do It

- . Problem identified and solution is known
- . Implement a fix and establish a dashboard to continuously monitor process

Kaizen

- . Problem identified and solution is unknown
- . Small in scale or urgency needed for process improvement
- . Initiate 2-5 day Kaizen Event to analyze the process and implement improvements

Lean

- . Process is inefficient and contains wasteful activities
- . Initiate a project to identify non value-add activities and remove waste from the process

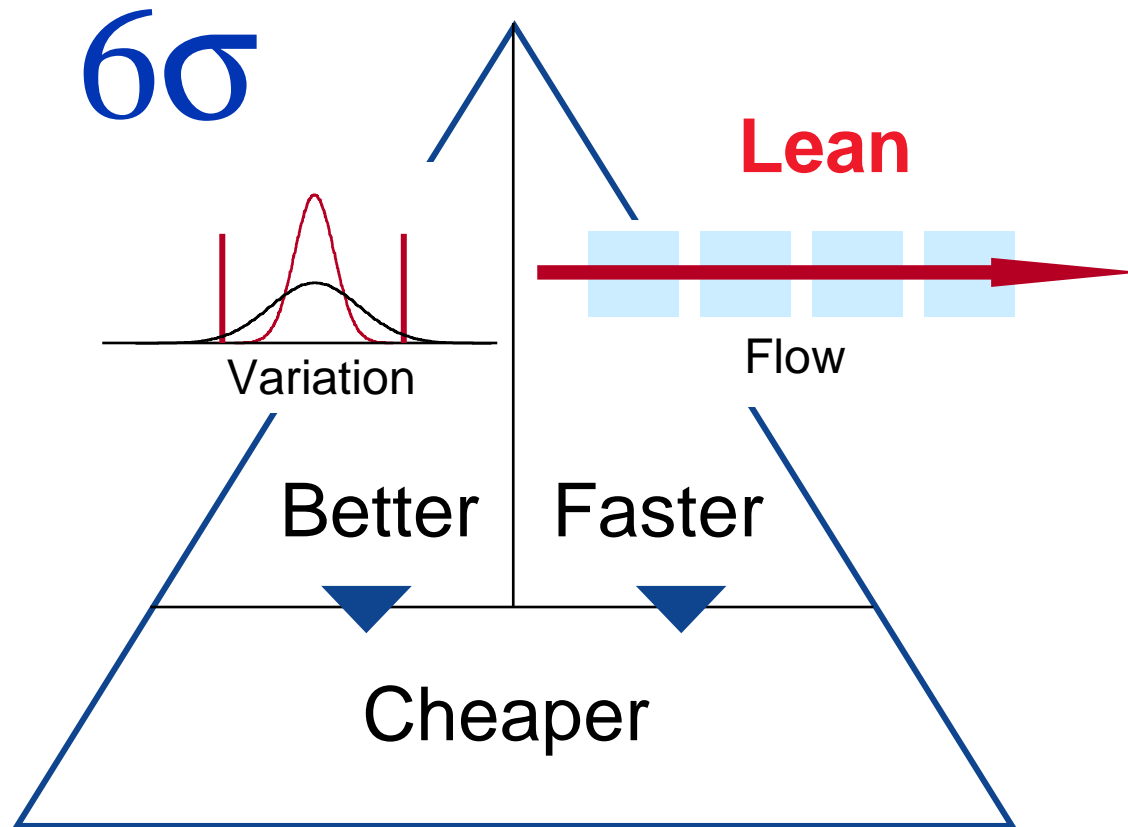
DMAIC

- . Existing process is not meeting customer requirements or business objectives
- . Initiate a project to identify root causes of process and initiate breakthrough improvements

DFSS

- . New product or process needs to be designed or significant problems to existing process exist
- . Initiate project to design product or processes to meet customer requirements

Lean Six Sigma – High Level Framework

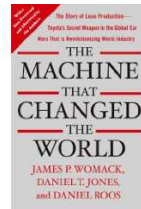


Roots of Lean Six Sigma

Productivity
and Lean
Evolution

Quality and
Six Sigma
Evolution

Lean Six Sigma
1996 – 2000's



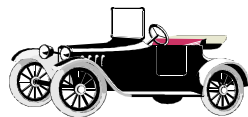
Lean
1990's
Womack

Six Sigma
1990's
Harry



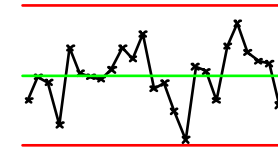
Toyota Production System – 1950's
Ohno, Shingo

TQM – 1950's
Deming, Juran
Feigenbaum, Crosby



Mass Production
1920's
Ford

SPC
1920's
Shewart



Scientific Management
1910
Taylor

Lean & Six Sigma – Basic principles

Lean

- Waste elimination
- Demand through pull
- Flow

Process-based

Reduce cycle-time

Initiative

Tactical objectives

Improvement project characteristics

Goal

Six Sigma

- Variation reduction
- Rework & scrap reduction
- Process control

Product/Process-based

Improve quality

I Cinque Principi del Lean

Italiano

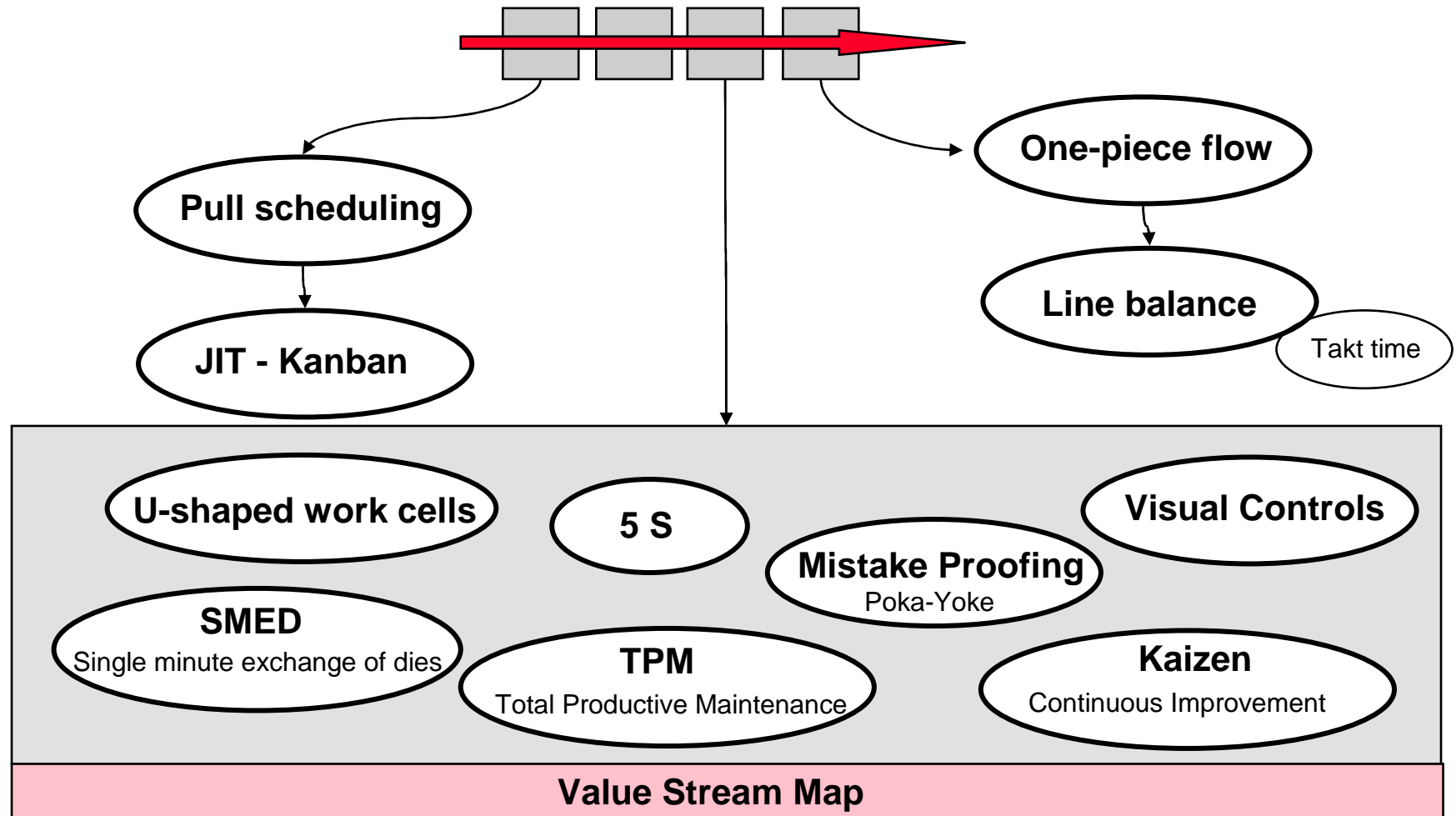
1. Indicare ciò che ha valore per il Cliente
2. Creare il flusso delle attività a valore
3. Farlo scorrere
4. Farlo tirare dal Cliente
5. Migliorare continuamente

Inglese

1. Specify value
2. Identify the value stream
3. Create flow
4. Pull from the Customer
5. Seek perfection

Le tecniche "Lean"

Continuous-Flow Production



Lean & Six Sigma – Key differences

Lean		Six Sigma
	Initiative	
Time	Primary Metric	Defects
Everyone, in their natural work teams	Change Agents	Belt experts, with project teams
Empowerment	Culture	Top down
Industrial Engineering	Underlying Science	Statistics

The Benchmarking Chart

(Distribution Shifted $\pm 1.5 \sigma$)

Process Capability

# Opportunities	3 σ	4 σ	5 σ	6 σ
1	93.32%	99.379%	99.9767%	99.99966%
7	61.68%	97.733	99.839	99.9976
10	54.00%	93.96	99.768	99.9966
20	37.45%	88.29	99.536	99.9932
40	22.39%	77.94	99.074	99.9864
60	16.81%	68.81	98.614	99.9796
80	12.11%	60.75	98.156	99.9728
100	8.33%	53.64	97.70	99.966
150	4.80%	39.38	96.61	99.949
200	3.00%	28.77	95.45	99.932
300	1.92%	15.43	93.26	99.898
400	1.35%	8.28	91.11	99.864
500	1.00%	4.44	89.02	99.830
600	0.77%	2.38	86.97	99.796
700	0.60%	1.28	84.97	99.762
800	0.49%	0.69	83.02	99.729
900	0.41%	0.37	81.11	99.695
1000	0.34%	0.20	79.24	99.661
1200	0.25%	0.06	75.88	99.593
3000	0.08%	--	50.15	98.985
17000	0.00%	--	0.02	94.384
38000	0.00%	--	--	87.880
70000	0.00%	--	--	78.820
150000	0.00%	--	--	60.000

Rolled Yield

Complexity
Part count or process steps

4 σ capability across 100 steps produces a rolled-throughput yield of .99379 = .5364, or 53.64%.

The Benchmarking Chart

(Distribution Shifted $\pm 1.5 \sigma$)

Process Capability

Lean reduces non value-add steps

Complexity
Part count or process steps

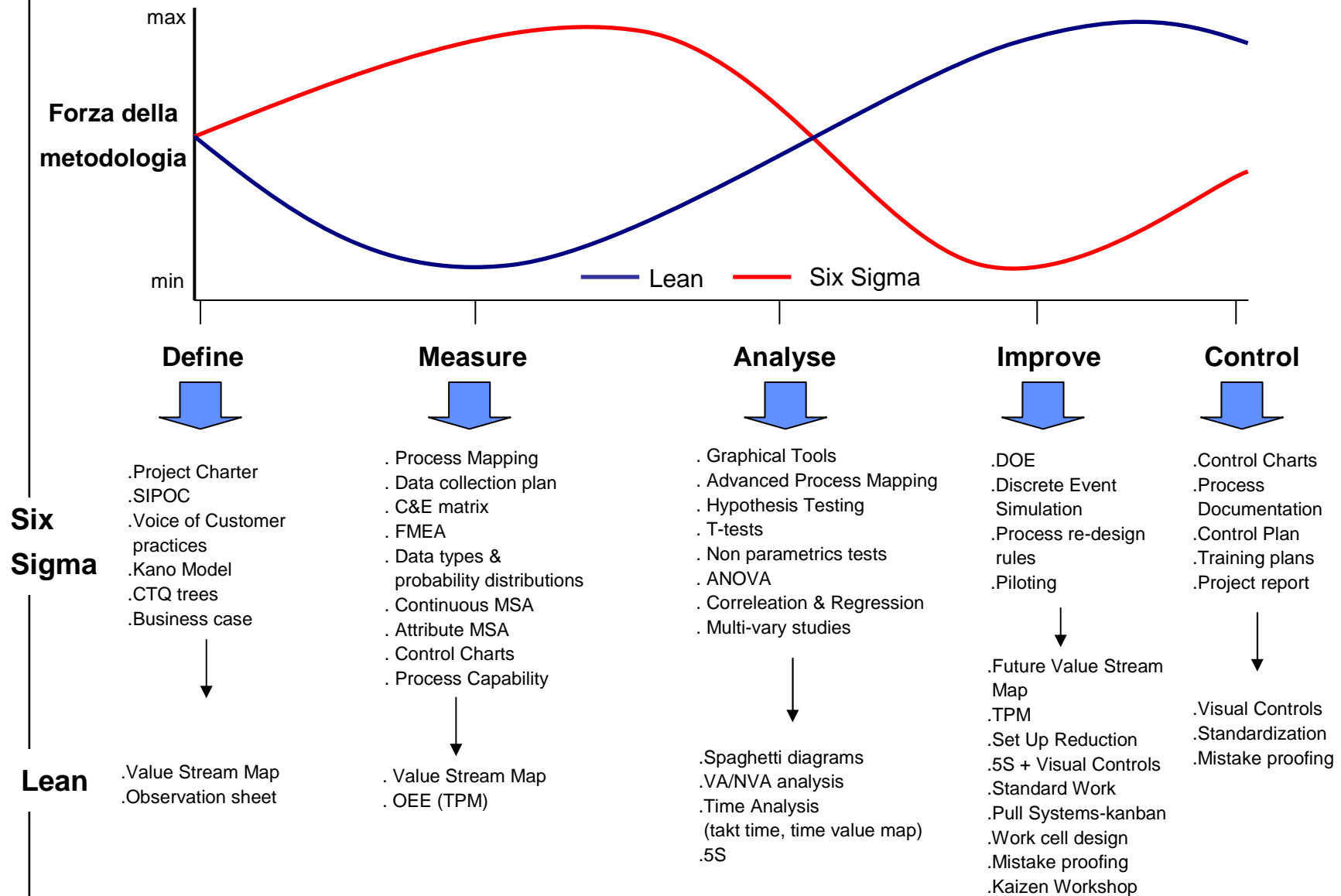
# Opportunities	3 σ	4 σ	5 σ	6 σ
1	93.32%	99.379%	99.9767%	99.99966%
7	61.68%	97.733	99.839	99.9976
10	54.00%	93.96	99.768	99.9966
20	34.13%	88.29	99.536	99.9932
40	17.94%	77.94	99.074	99.9864
60	11.81%	68.81	98.614	99.9796
80	8.11%	60.75	98.156	99.9728
100	5.40%	53.64	97.70	99.966
150	3.44%	39.38	96.61	99.949
200	2.42%	28.77	95.45	99.932
300	1.65%	15.43	93.26	99.898
400	1.19%	8.28	91.11	99.864
500	0.87%	4.44	89.02	99.830
600	0.64%	2.38	86.97	99.796
700	0.47%	1.28	84.97	99.762
800	0.35%	0.69	83.02	99.729
900	0.26%	0.37	81.11	99.695
1000	0.19%	0.20	79.24	99.661
1200	0.14%	0.06	75.88	99.593
3000	0.05%	--	50.15	98.985
17000	0.02%	--	0.02	94.384
38000	--	--	--	87.880
70000	--	--	--	78.820
150000	--	--	--	60.000

Rolled Yield

4 σ capability across 100 steps produces a rolled-throughout yield of .99379 or 99.379%.

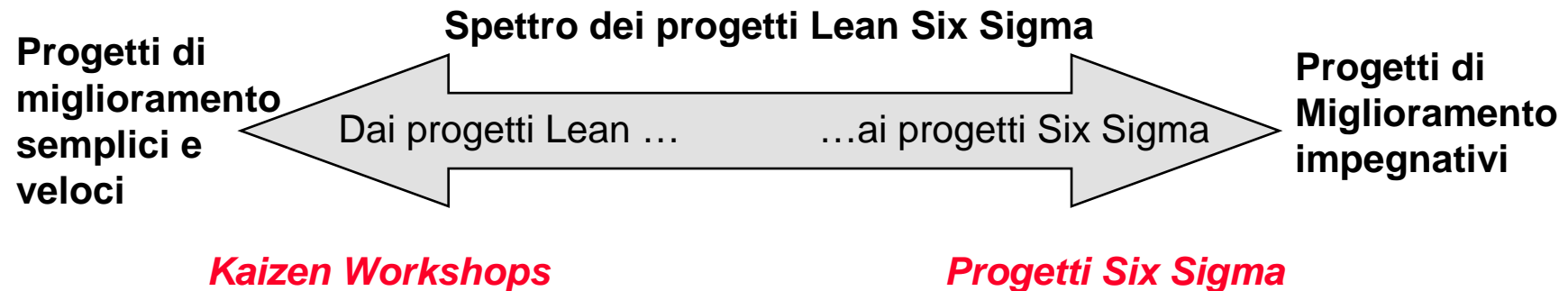
Six Sigma improve quality of value-add steps

Quando devo usare Lean e quando Six Sigma ?



I differenti tipi di progetti Lean Six Sigma

Non esiste una chiara distinzione tra progetti Lean e progetti Six Sigma nella vita reale. Piuttosto ogni progetto tende ad essere unico in base agli strumenti da utilizzare e il diagramma sotto riportato mostra i due estremi.



- . Molti miglioramenti incrementali e veloci
- . Un “just Do It” tipo di approccio
- . Team con pochi membri
- . Perimetro limitato
- . Benefici economici minori
- . Guidati da personale locale
- . Soluzioni pratiche e poco costose

- . Miglioramenti rari e sostanziali
- . Analisi approfondite, tempi più lunghi
- . Team numerosi con senior leadership
- . Perimetro più ampio
- . Benefici economici maggiori
- . Sviluppo su base aziendale (più funzioni)
- . Mix di soluzioni pratiche e sofisticate

**Lean
DMAIC**

DEFINE

Definire il problema – Chiarire il contesto e fissare gli obiettivi del progetto

Steps

Tools

Outputs

Iniziare il progetto

- . Project Charter
- . Meeting Effectiveness

Definire il processo

- . SIPOC Map
- . Value Stream Map

Determinare le richieste dei Clienti

- . Brainstorming
- . Affinity Diagram
- . Interviste
- . Analisi di mercato
- . CTQ trees

Definire i Key Process Output Variables

- . Project Charter
- . KPOVs

- . Project Charter
- . Team di progetto definito
- . Critical To Quality (CTQ) definiti

**Lean
DMAIC**

MEASURE

Raccogliere i dati e misurare le attuali performance del processo

Steps

Tools

Outputs

Capire il processo

- . SIPOC/VSM
- . Input/Output Analysis
- . Detailed Process Map
- . C&E Matrix

Valutare i rischi sugli
Input del processo

- . FMEA

Sviluppare e valutare
i sistemi di misura
(MSA)

- . Data collection Plan
- . Data types & Probability distributions
- . Continuous MSA (gage R&R)
- . Attribute MSA (Kappa studies)

Misurare le attuali
performance del processo

- . Process Capability
- . OEE

- . Mappa del processo attuale
- . Identificate e misurate le Xs (KPIVs)
- . Verificato il sistema di misura
- . Valutata la capability per le Ys (KPOVs)

**Lean
DMAIC**

ANALYZE

- . Identificare le cause di variabilità e ridurre il numero (vital few Xs)
- . Identificare gli sprechi (waste)

Steps

Tools

Outputs

Analizzare i dati per
Trovare le “vital few” Xs

- . Basic Statistics
- . Graphical Tools
- . Statistical Process Control (basic)
- . T- tests/Proportion tests
- . ANOVA
- . Non parametrics
- . Chi-square
- . Regression
- . Multi-vary Studies

Identificare gli sprechi
(waste)

- . Spaghetti Diagrams
- . VA/NVA Analysis
- . Time analysis (takt time, time value map)
- . 5S

- . Le cause principali dei difetti identificate e ridotte alle “vital few”
- . Stabilire una priorità per le “vital few” Xs
- . Sprechi identificati

**Lean
DMAIC**

IMPROVE

Sviluppare, scegliere e implementare la miglior soluzione per il processo in esame – Lanciare un progetto pilota

Steps

Tools

Outputs

Confermare i “vital few”
Xs

. Design Of Experiments

Progettare i miglioramenti

. Process re-design principles & rules
. Mistake Proofing
. Kanban/Pull
. Quick Changeover (SMED)
. 5S
. Workplace organization (work cell design)
. Process documentation

. Lista dei KPIVs congelata
. Piano di azione per il miglioramento
. Mappa del futuro processo, FMEA, Piano di Controllo
. Documentazione del nuovo processo modificato
. Piano per il progetto pilota

Lanciare un progetto pilota per il nuovo processo

. Training Plans
. SPC
. FMEA
. Control Plans

**Lean
DMAIC**

CONTROL

Standardizzare la soluzione per mantenere nel tempo i vantaggi raggiunti e definire un piano di controllo

Steps

Tools

Outputs

Definito il Sistema di Controllo

- . Control Plans
- . Process Documentation
- . Training Plans
- . Communication Plans
- . Statistical Process Control (detailed SPC)
- . Documentation

- . Sistema di controllo installato
- . Verificati i miglioramenti sul lungo termine
- . Identificate le opportunità per futuri miglioramenti
- . Passare le consegne per il nuovo processo al process owner
- . Team recognition & celebration

Verificare la Capability di lungo termine

- . Process Capability
- . Statistical Process Control
- . Standardization
- . Key learning report