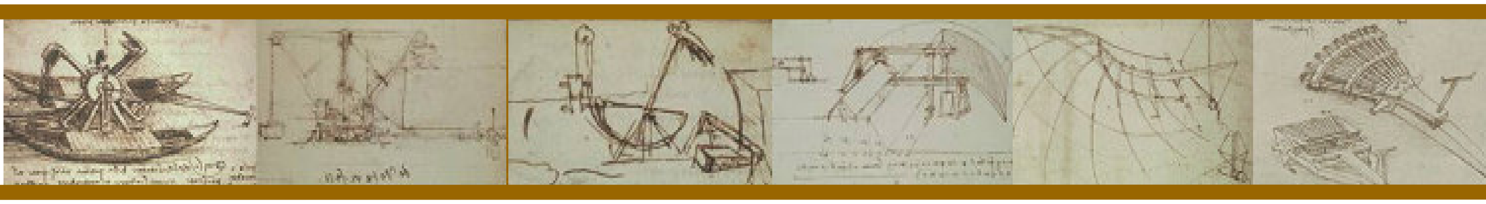


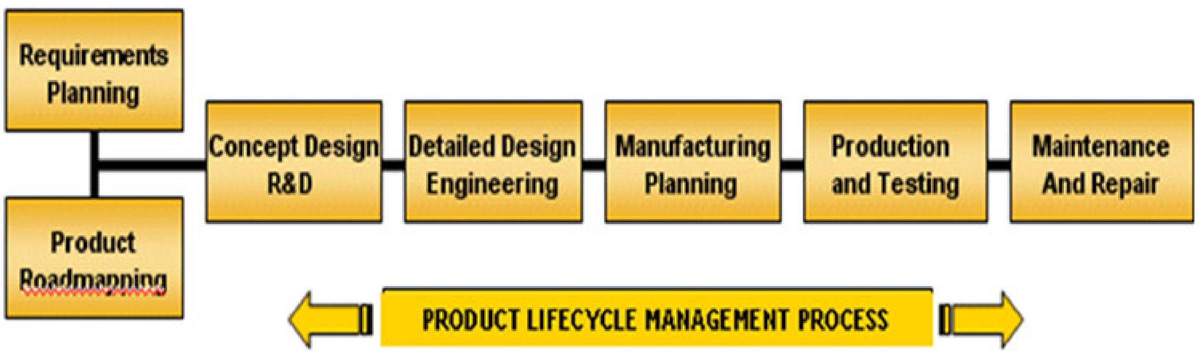
La Qualità in azienda,
ovvero la base per un progetto PLM (Product LifeCycle Management) di Gestione del Ciclo di Sviluppo e Vita del Prodotto

Premessa

Riferiti all'ambiente CAD/CAM/CAE/PDM, il Product Lifecycle Management (PLM) fornisce soluzioni di tipo collaborativo per generare, definire e gestire informazioni e processi attraverso l'azienda, intesa in senso esteso, ed attraverso l'intero ciclo di vita del prodotto, dall'idea al mercato.

Il PLM aiuta ad organizzare le informazioni legate al prodotto ed al processo produttivo, fornendo un accesso protetto ed indirizzato ad ogni utente che ne ha bisogno effettivo, a coloro che hanno avviato lo studio e lo sviluppo del progetto, a coloro che devono produrlo in officina o promuoverlo all'esterno (MKTG e vendite), a coloro che devono mantenerlo, alla logistica e a tutti i partners esterni e contoterzisti (Supply Chain Program).

Premessa ad un progetto PLM è che in azienda sia ben presente un processo generale di qualità, che non comprenda solo il prodotto, ma anche le risorse disponibili, persone ed impianti, accompagnate da regole e procedure di sostegno.



Parte 4 – Introduzione al concetto di analisi statistica

Abbiamo già visto, nei capitoli precedenti , alcuni termini quali la distribuzione e la sua variabilità, nonché alcuni strumenti che si utilizzano per il controllo della loro azione e che stanno all'interno dell'analisi di tipo statistico/probabilistico (analisi stocastica).
Vediamo quindi di fare un altro passo verso i concetti che stanno alla base della teoria e pratica statistica.
Supponiamo, per esempio, che si debba produrre un cilindro di metallo del diametro di 2,500 cm lavorando delle barre tramite un tornio. In questo caso il diametro è la "variabile", cioè la caratteristica del prodotto alla quale è interessato l'operatore.
Se l'operatore produce un certo numero "N" di pezzi, sarà facile verificare che, con ogni buona volontà, questi differiscono tra loro rispetto alla misura del diametro.
Variazioni incontrollabili delle condizioni operative della macchina, della qualità del materiale impiegato e delle prestazioni dell'operatore, generano della variazioni casuali tra elemento ed elemento, dando luogo ad un insieme di diametri diversi tra loro.
Questo insieme di elementi prende il nome di "**popolazione**" dei prodotti.

RANDIT srl. - Via Pasubio 5, POINT Center , 24044 Dalmine - Bergamo
Tel. 035 622 4541/2/3 fax 035 622 4540
www.randit.com

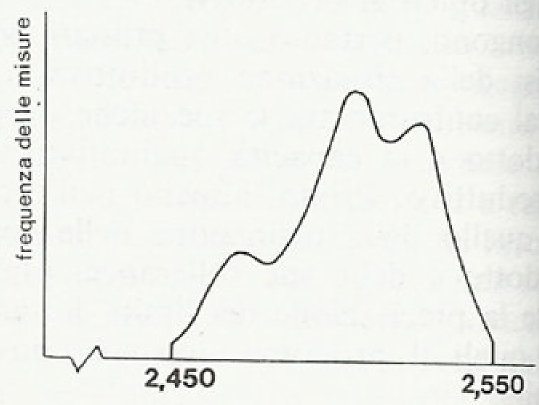


Fig. 1–7. Distribuzione dei diametri.

Come facciamo a descrivere la caratteristica qualitativa, diametro circa pari a 2,500 cm nella popolazione considerata? Sarà sufficiente misurare tutti i diametri dei cilindri prodotti e rappresentare tali misure in un grafico o in una tabella, nel quale, accanto a ciascuna possibile misura compaia la frequenza con cui si è rilevata. L'insieme delle coppie **(x;y),** dove **x** è il valore della variabile e **y=f(x)** indica la **frequenza** prende il nome di **distribuzione**, perché descrive in che modo le diverse misure del diametro sono distribuite nella popolazione dei cilindri oggetto della nostra misurazione.

Esiste un metodo migliore? La metodologia statistica propone due tipi di strumenti con obiettivi complementari: il primo è il concetto di media, come strumento di misura della tendenza centrale della distribuzione, mentre il secondo individua la **dispersione**, ovvero la **variabilità**, o attitudine a differenziarsi che la popolazione possiede.

Misurare la **Tendenza Centrale**

Per dati numerici di misure non raggruppate in classi, la **Media Aritmetica** è definita come:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i$$

dove x1, x2, …, xn sono le N misure prese.

Nel caso di dati raggruppati in classi la media aritmetica può essere espressa come:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i f(x_i).$$

Es.: dati non raggruppati in classi, ovvero misure tipo:

4,6,6,5,2,2,3,5,5,5,

la media risulta:

$$\bar{x} = \frac{1}{10} (4 + 6 + 6 \ldots + 5) = 4{,}3.$$

per i dati precedenti, se raggruppati in classi, si ha, ad es.:

RANDIT srl. - Via Pasubio 5, POINT Center , 24044 Dalmine - Bergamo
Tel. 035 622 4541/2/3 fax 035 622 4540
www.randit.com

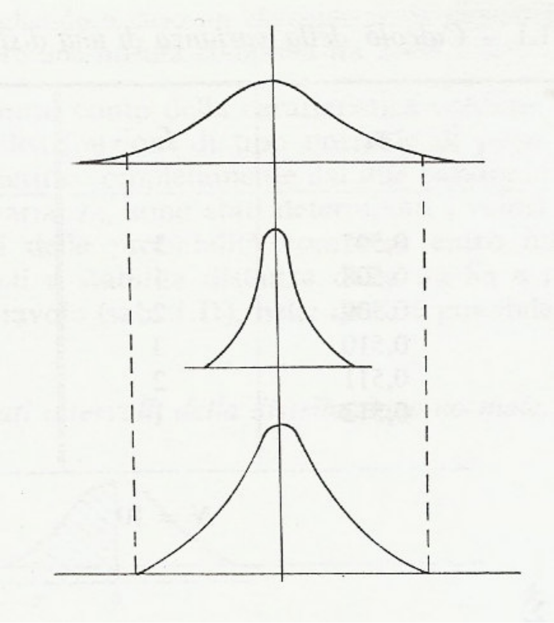
x_i	$f(x_i)$	$x_i f(x_i)$
2	2	4
3	1	3
4	1	4
5	4	20
6	2	12
$\sum$	10	43

dai quali risulta che la media è

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i f(x_i)}{N} = \frac{43}{10} = 4{,}3 .$$

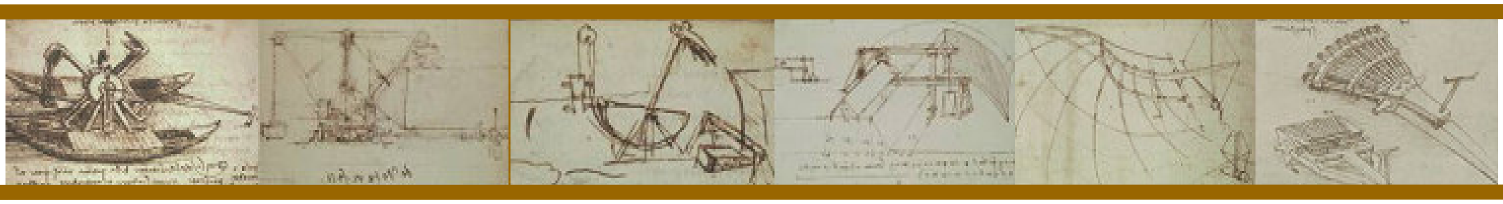
Misure della Dispersione

Sebbene la media aritmetica fornisca un'importante informazione sulla natura di una distribuzione offrendo una misura che sintetizza il valore di tutti i suoi elementi, indicando quale sia la Locazione, o tendenza centrale, della distribuzione stessa; se considerata da sola risulta inadeguata a rappresentare la distribuzione stessa.
Infatti, due distribuzioni possono avere la media uguale, ma distribuzione, o variabilità, profondamente diverse.



Risulta necessario avere delle informazioni relative alla dispersione.
Le misure descrittive della dispersione, o variabilità, più utilizzate, sono il **Range**, o **Escursione**, o campo di variazione e la **Varianza**.
La più semplice delle due misure è il **Range**, ovvero il valore differenza tra il valore massimo e il valore minimo assunto dalla variabile nella distribuzione considerata:

$$R = x_{\max} - x_{\min} .$$



Per es.:, date le seguenti misure: x1=2,499, x2=2,499, x3=2,503, x4=2,504, x5=2,505, il range risulta R= 2,505- 2,499= 0,006

L'altra misura della variabilità σ^2, nota come **Varianza**, è definita dalla espressione:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2$$

nel caso di dati non raggruppati in classi, mentre fra quelli raggruppati in K classi è espressa come:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{k} (x_i - \bar{x})^2 f(k_i).$$

Viene visualizzata inoltre nella pratica statistica anche un'altra misura σ, detta **Deviazione Standard**, che è la **radice quadrata della Varianza**.

Risulta quindi che la varianza, essendo funzione della somma dei quadrati degli scarti della media di ciascun elemento dalla media della distribuzione, è in valore numerico positivo sempre più grande all'aumentare della dispersione è pari a Zero, quando tutte le misure sono uguali tra loro, cioè quando non esiste dispersione.

In tabella si riportano, ad es., i calcoli della varianza per dati di una distribuzione raggruppata in classi.

Tab. 1.I – *Calcolo della varianza di una distribuzione raggruppata in classi.*

	x_i	f_i	$f_i x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$f_i(x_i - \bar{x})^2$
	0,507	1	0,507	− 0,0027	0,00000729	0,00000729
	0,508	1	0,508	− 0,0017	0,00000289	0,00000289
	0,509	2	1,018	− 0,0007	0,00000049	0,00000098
	0,510	3	1,530	+ 0,0003	0,00000009	0,00000027
	0,511	2	1,022	+ 0,0013	0,00000169	0,00000338
	0,512	1	0,512	+ 0,0023	0,00000529	0,00000529
$\sum_{i=1}^{k}$		$N = 10$	5,097			0,00002010
$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{k}$			0,5097			0,00000201

$\bar{x} = 0,5097$ $\sigma^2 = 0,00000201$ $\sigma = 0,001418$

I Modelli Probabilistici

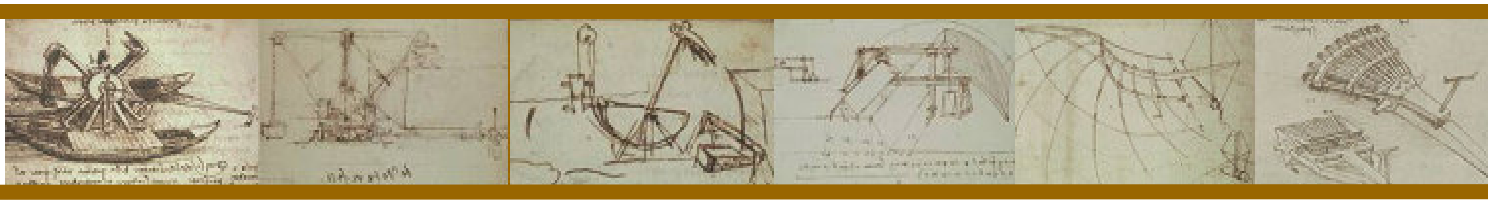
Le distribuzioni reali rappresentano insiemi di misure che descrivono determinati fenomeni e possiedono pertanto valori delle misure descrittive diversi tra loro.

Nonostante questo, si è riscontrato nella realtà, che molte distribuzioni si rassomigliano tra loro per forma, pur differenziandosi per i valori reali delle misure che le rappresentano.

Questa somiglianza ha spinto a formulare l'esistenza di leggi, che regolano il manifestarsi dei fenomeni in modo analogo, quando lo stesso sistema logico/fisico agisce ne causare le espressioni del fenomeno, e ricavare quindi delle espressioni che possano descrivere tali leggi.

Queste leggi rappresentano i modelli teorici delle distribuzioni statistiche empiriche, ovvero rilevate dalla pratica, e vengono denominati Modelli probabilistici, in quanto esprimono in qualche modo la probabilità che hanno di manifestarsi determinati valori di una variabile in una distribuzione di tipo conosciuto.

Una delle più note distribuzioni di probabilità è la cosiddetta **Distribuzione Normale**, frequentemente riscontrabile nella realtà empirica, quando un fenomeno sia regolato da un meccanismo che induce le singole misure ad addensarsi intorno ad un valore centrale, la **Media**, con la tendenza a disperdersi simmetricamente ai due lati di quest'ultima, con frequenze sempre più piccole dei valori maggiormente distanti dalla media.



La distribuzione di probabilità del **Modello Normale** è descritta dall'espressione:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp - \left[\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right]$$

e assume la forma simmetrica campanulare del tipo descritto in figura.

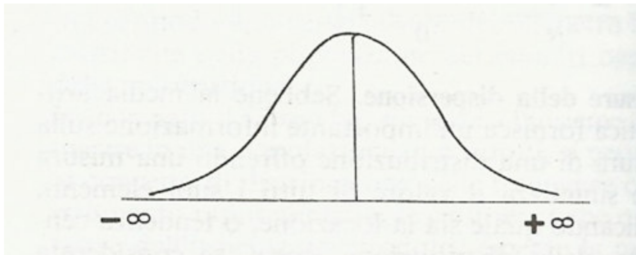


Fig. 1–9. Forma tipica della distribuzione normale.

La distribuzione normale assume tutti i valori in una serie continua di numeri reali tra $-\infty$ e $+\infty$ e rappresenta l'insieme dei valori di una popolazione di dimensione idealmente infinita.
Come si può notare dalla sua espressione formale, il modello normale è descritto completamente dal valore dei suoi due parametri: la **Media** e la **Varianza**.

Il modello normale è di assoluta importanza in statistica, perché rappresenta la distribuzione probabilistica di notevoli parametri statistici quale, per esempio, la media campionaria, e particolarmente nei confronti del controllo di qualità, in quanto, in una grande generalità dei casi, è utile nel rappresentare la distribuzione di misure fisiche caratteristiche di una popolazione di prodotti.

Una rilevante caratteristica della distribuzione normale è la circostanza che entro determinati intervalli, misurati come distanze dalla media in unità di deviazione standard, sono comprese stabilite percentuali di misure della distribuzione, a prescindere dal particolare valore della media e della varianza della distribuzione stessa.
Con questo si vuol dire, ad es., che entro l'intervallo determinato da distanze dalla media pari ad una volta la **deviazione standard σ** è compreso circa il 68,3% dei casi: cioè il 68,3% dei casi di una popolazione distribuita normalmente ha valore non superiore a $\bar{x} + \sigma$ e non inferiore a $\bar{x} - \sigma$.
Analoghe affermazioni si possono fare per altri intervalli esprimibili come distanze dalla media multipli della deviazione standard **σ.**

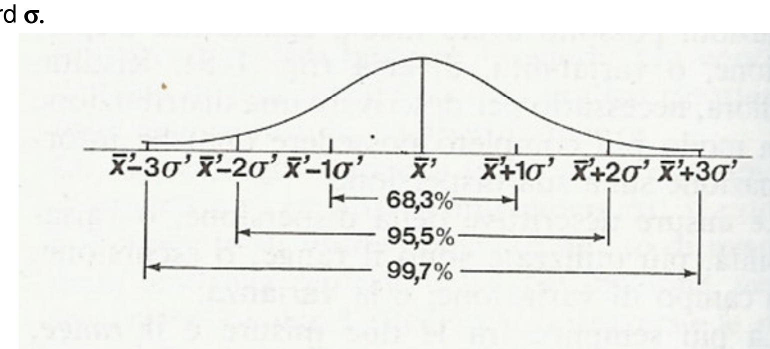


Fig. 1–10. Percentuali dei casi compresi entro determi nati intervalli delle distribuzioni normali.

Detto questo, si è quindi in grado di definire un tabella in cui descrivere i valori numerici delle probabilità comprese entro intervalli posti a stabilita distanza dalla media; tabella nella quale è possibile determinare tale

probabilità in funzione di una variabile Z (detta **Variabile Normale Standardizzata**), trasformazione della x in termini di scarto espresso in unità di misura della deviazione standard σ, definibile come:
Mediante la tabella è possibile determinare quale percentuale dei casi in una popolazione normale è compresa entro determinati intervalli.

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}.$$

Mediante la tab. 1.II è possibile determinare quale percentuale dei casi in una popolazione normale è compresa entro determinati intervalli.

Si voglia, per esempio, conoscere per la popolazione con media $\bar{x} = 2{,}502$ e $\sigma = 0{,}004$ quale percentuale della misura è compresa entro l'intervallo

$2{,}492 \mapsto 2{,}508$.

Esprimendo gli estremi dell'intervallo come distanze dal valore medio in unità di deviazione standard, si ha:

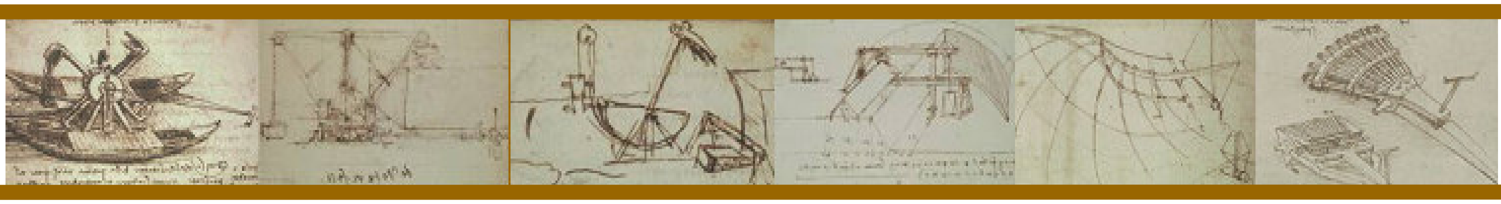
$$Z_1 = \frac{2{,}508 - 2{,}502}{0{,}004} = +1{,}5$$

$$Z_2 = \frac{2{,}492 - 2{,}502}{0{,}004} = -2{,}5$$

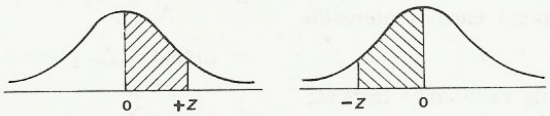
Dalla tab. 1.II è possibile determinare che il 43,32% della popolazione è compresa entro $\bar{x} \mapsto \bar{x} + 1{,}5\sigma$ mentre il 49,8% è compreso entro l'intervallo $\bar{x} \mapsto \bar{x} - 2{,}5\sigma$, pertanto risulta dalla somma delle due percentuali che la percentuale dei casi compresi entro i due valori prodotti è pari al 92,7%.

Si è visto fin qui che una popolazione di misure può essere descritta da un qualche modello probabilistico e che uno di questi, particolarmente noto, è il **modello o distribuzione normale**.

La metodologia statistica, nonché il controllo della qualità per gli strumenti che mutua da tale metodologia, soni interessati anche alla nozione di campione statistico o alle sue funzioni quali i parametri (media, varianza, range) campionari, nonché alle distribuzioni probabilistiche di questi parametri campionari.



Tab. 1.II – *Probabilità dei casi compresi entro determinati intervalli della distribuzione normale.*



Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4758	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4986	0,4987	0,4987	0,4988	0,4989	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990

Giorgio Nava - RANDIT

(Bibl. rif. 9.1 vol.XII, Dott. PierLuigi Beccari . Enc. dell'Ingegneria)

Per qualunque delucidazione telefona al numero **035 622.4541/2/3**, o manda un fax allo **035 622.4540**, o un email **INFO@RANDIT.COM**. (a cura della direzione Marketing, tel. **348 270 2011**)

RANDIT srl. - Via Pasubio 5, POINT Center , 24044 Dalmine - Bergamo
Tel. 035 622 4541/2/3 fax 035 622 4540
www.randit.com