

### Sezione 1 - Introduzione al vapore

- Che cos'è il vapore
- A che cosa serve il vapore e perché si utilizza
- Quali possono essere alcuni accorgimenti del vapore e come possono essere risolti
- Produzione del vapore
- I generatori di vapore
- Schemi applicativi, equipaggiamento base per generatori di vapore

### Sezione 2 – Principi base per la distribuzione del vapore

- Nozioni fondamentali per gli impianti vapore
- Pressione di esercizio e dimensionamenti linee
- Distribuzione vapore
- Accessori e accorgimenti utili per la realizzazione di linee di distribuzione
- Scaricatori di condensa
- Breve guida alla selezione degli scaricatori di condensa
- Prospetto schematico di un gruppo tipico per il drenaggio della condensa
- Monitoraggio degli scaricatori - STEAM TRAP SURVEY

### Sezione 3 – Dilatazione delle tubazioni

- Nozioni fondamentali per la realizzazione di linee di distribuzione
- Avvertenze e note generali, valide per tutte le tipologie di compensatori
- Coefficienti di dilatazione per i diversi materiali
- Accorgimenti
- Simboli grafici e abbreviazioni internazionali
- Schemi applicativi

### Sezione 4 - Direttiva PED 2014/68/UE

- Cos'è la PED
- Cosa fa la PED
- Tipologie di attrezzature a pressione
- Classificazione delle attrezzature
- Fluidi e gruppi
- Requisiti essenziali di sicurezza (RES) in sede di progettazione
- Requisiti essenziali di sicurezza (RES) in sede di fabbricazione
- Definizione degli insiemi PED
- Conclusioni

### Sezione 5 – Schemi applicativi

- Sistema di distribuzione vapore e drenaggio condensa
- Sistema di drenaggio condensa in continuo di una stazione di regolazione vapore
- Sistema di distribuzione vapore e drenaggio condensa a servizio di scambiatori di calore
- Sistema di drenaggio condensa con serbatoio di smorzamento del colpo d'ariete
- Colpo d'ariete sulle utenze di scambio termico
- Sistema di recupero con rievaporatore "flash-steam recovery system"
- Gruppo di riduzione pressione vapore
- Gruppo di regolazione temperatura
- Gruppo di regolazione temperatura/umidità
- Esempio di Unità Periferica (Skid Unit Package)

### Sezione 6 – Scambio termico

- Teoria sul trasferimento del calore
- Principi di trasmissione del calore
- Scambiatore di calore
- Scambiatori di calore a piastre
- Scambiatori di calore a tubi

**Sezione 7 – Controllo dei processi**

- Teoria semplificata sul controllo dei processi
- Azioni tipiche dei regolatori
- Circuiti tipici di regolazione

**Sezione 8 – Simboli grafici e abbreviazioni internazionali**

- Esempio di applicazione simboli per sistemi e processi industriali
- Simboli e abbreviazioni internazionali - linee di processo e strumentali
- Simboli grafici e abbreviazioni internazionali - P&ID
- Composizione simboli strumenti
- Identificazione (tabella colori) dei fluidi convogliati nelle tubazioni

**Sezione 9 - Tabelle**

- Caratteristiche fisiche vapore acqueo: entalpia
- Unità di misura e fattori di conversione
- Dimensionamento delle tubazioni e velocità dei fluidi
- Dimensionamento tubazioni vapore saturo
- Dimensionamento linee trasporto condensa
- Simboli e abbreviazioni internazionali
- Identificazione (tabella colori) dei fluidi convogliati nelle tubazioni
- Tabella tubo in acciaio al carbonio per alte temperature ASTM A106 B
- Tabella tubo SS ASTM A312/A213/A269 inox TP304L e TP316L
- Tabella tubo elettrounito inox EN 10217-7 AISI304/304L e AISI316L
- Tabella indicativa delle pressioni massime di esercizio

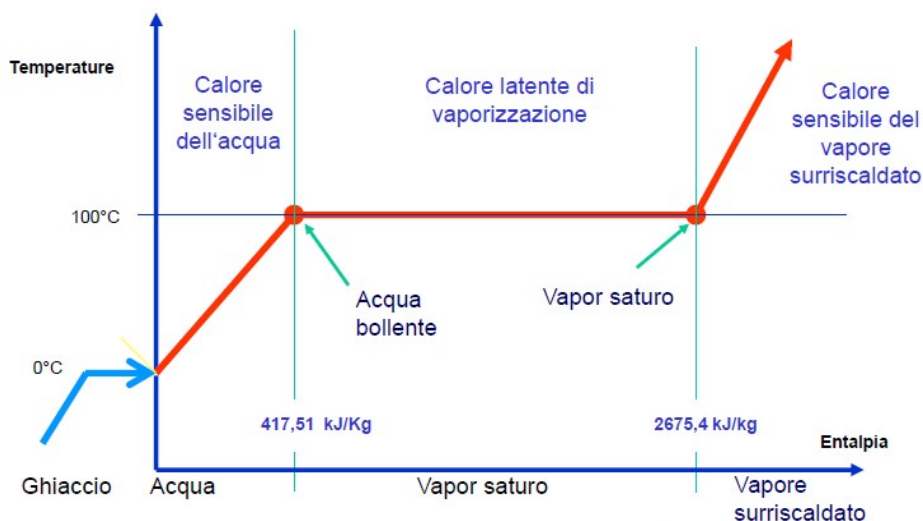
## Sezione 9 – Tabelle

## Caratteristiche fisiche vapore acqueo: entalpia

Pressione				Temperatura		Volume specifico m <sup>3</sup> /Kg	Calore sensibile		Calore latente		Calore totale	
Relativa bar	Kg/cm <sup>2</sup>	Assoluta bar	Kg/cm <sup>2</sup>	K	°C		KJ/Kg	Kcal/Kg	KJ/Kg	Kcal/Kg	KJ/Kg	Kcal/Kg
		0,050	0,051	306,0	32,9	28,192	137,8	32,9	2423,7	579,2	2561,5	612,2
		0,100	0,102	318,9	45,8	16,474	191,8	45,8	2392,8	571,9	2584,6	617,7
		0,150	0,153	327,1	54,0	10,022	225,9	54,0	2373,1	567,2	2599,1	621,2
		0,200	0,204	333,2	60,0	7,649	251,4	60,1	2358,3	563,6	2609,7	623,7
		0,250	0,255	338,1	65,0	6,204	271,9	65,0	2346,3	560,7	2618,2	625,7
		0,300	0,306	342,2	69,1	5,229	289,2	69,1	2336,1	558,3	2625,3	627,4
		0,350	0,357	345,8	72,7	4,530	304,3	72,7	2327,2	556,2	2631,5	628,9
		0,400	0,408	349,0	75,9	3,993	317,6	75,9	2319,2	554,3	2636,8	630,2
		0,450	0,459	351,8	78,7	3,580	329,7	78,8	2312,0	552,6	2641,7	631,3
		0,500	0,510	354,5	81,3	3,240	340,5	81,4	2305,4	551,0	2645,9	632,4
		0,600	0,611	359,1	85,9	2,732	359,8	86,0	2293,6	548,2	2653,5	634,2
		0,700	0,713	363,1	89,9	2,365	376,7	90,0	2283,3	545,6	2660,0	635,7
		0,800	0,815	366,6	93,5	2,087	391,6	93,6	2274,1	543,5	2665,8	637,1
		0,900	0,917	359,8	86,7	1,869	405,1	96,8	2265,7	541,5	2670,9	638,3
		1,000	1,019	372,8	99,6	1,964	417,4	99,8	2258,0	539,6	2675,5	639,4
0	0	1,013	1,032	373,1	100,0	1,673	419,0	100,1	2257,0	539,4	2676,0	639,6
0,05	0,051	1,063	1,083	374,5	101,4	1,601	424,9	101,5	2253,3	538,4	2678,2	640,0
0,10	0,102	1,113	1,134	375,8	102,6	1,553	430,2	102,8	2250,2	537,7	2680,4	640,6
0,15	0,153	1,163	1,185	378,2	105,1	1,471	435,6	104,1	2246,7	536,9	2682,3	641,1
0,20	0,204	1,213	1,236	379,4	106,2	1,414	440,8	105,3	2243,4	536,2	2684,2	641,5
0,30	0,306	1,313	1,338	380,5	107,4	1,312	450,4	107,6	2237,2	534,7	2687,6	642,3
0,40	0,408	1,413	1,440	382,7	109,5	1,225	459,7	109,8	2231,3	533,3	2691,0	643,1
0,50	0,510	1,513	1,542	384,7	111,6	1,149	468,3	111,9	2225,6	531,9	2693,9	643,8
0,60	0,611	1,613	1,664	386,7	113,5	1,038	476,4	113,8	2220,4	530,6	2696,8	644,5
0,70	0,713	1,713	1,746	388,5	115,4	1,024	484,1	115,7	2215,4	529,5	2699,5	644,9
0,80	0,815	1,813	1,848	390,3	117,1	0,971	491,6	117,5	2210,5	528,3	2702,1	645,4
0,90	0,917	1,913	1,950	391,9	118,8	0,923	498,9	119,2	2205,6	527,1	2704,5	645,9
1,00	1,019	2,013	2,052	393,6	120,4	0,881	505,6	120,8	2201,1	526,0	2706,7	646,4
1,10	1,121	2,113	2,154	395,1	121,9	0,841	512,2	122,4	2197,0	525,1	2709,2	647,0
1,20	1,223	2,213	2,256	396,6	123,4	0,806	518,7	124,0	2192,8	524,1	2711,5	647,5
1,30	1,325	2,313	2,358	398,0	124,9	0,773	524,7	125,4	2188,7	523,1	2713,3	648,0
1,40	1,427	2,413	2,460	399,4	126,3	0,743	530,5	126,8	2184,8	522,2	2715,3	648,5
1,50	1,529	2,513	2,562	400,8	127,6	0,714	536,1	128,1	2181,0	521,2	2717,1	648,8
1,60	1,631	2,613	2,663	402,0	128,9	0,689	544,6	130,1	2177,3	520,4	2718,9	649,3
1,70	1,733	2,713	2,765	403,3	130,1	0,665	547,1	130,7	2173,7	519,5	2720,8	649,6
1,80	1,835	2,813	2,867	404,5	131,4	0,643	552,3	132,0	2170,1	518,6	2722,4	650,0
1,90	1,937	2,913	2,969	405,7	132,5	0,622	557,3	133,2	2166,7	517,8	2724,0	650,3
2,00	2,039	3,013	3,071	406,8	133,7	0,603	562,2	134,4	2163,3	517,0	2725,5	650,7
2,20	2,242	3,213	3,275	409,0	135,9	0,568	571,7	136,6	2156,9	515,5	2728,6	652,1
2,40	2,446	3,413	3,479	411,1	138,0	0,536	580,7	138,8	2150,7	514,0	2731,4	652,8
2,60	2,650	3,613	3,683	413,1	140,0	0,509	589,2	140,8	2144,7	512,6	2733,9	653,4
2,80	2,854	3,813	3,887	415,1	141,9	0,483	597,4	142,8	2139,0	511,2	2736,4	654,0
3,00	3,058	4,013	4,091	416,9	143,7	0,461	605,3	144,7	2133,4	509,9	2738,7	654,6
3,20	3,262	4,213	4,294	418,6	145,4	0,440	612,9	146,5	2128,1	508,6	2741,0	655,1
3,40	3,466	4,413	4,498	420,3	147,2	0,442	620,0	148,2	2122,9	507,4	2742,9	655,6
3,60	3,670	4,613	4,702	422,0	148,8	0,405	627,1	149,9	2117,8	506,1	2744,9	656,0
3,80	3,873	4,813	4,906	423,6	150,4	0,389	634,0	151,5	2112,9	505,0	2746,9	656,5
4,00	4,077	5,013	5,110	425,1	152,0	0,374	640,7	153,1	2108,1	503,8	2748,8	656,9
4,20	4,281	5,213	5,314	426,5	153,4	0,361	647,1	154,6	2103,5	502,7	2750,6	657,4
4,40	4,485	5,413	5,518	428,0	154,8	0,348	653,3	156,1	2098,9	501,6	2752,2	657,8

&gt;&gt;&gt; continua

Pressione				Temperatura		Volume specifico m <sup>3</sup> /Kg	Calore sensibile		Calore latente		Calore totale	
Relativa		Assoluta		K	°C		KJ/Kg	Kcal/Kg	KJ/Kg	Kcal/Kg	KJ/Kg	Kcal/Kg
bar	Kg/cm <sup>2</sup>	bar	Kg/cm <sup>2</sup>									
4,60	4,689	5,613	5,772	429,4	156,2	0,336	659,3	157,6	2094,5	500,6	2753,8	658,1
4,80	4,893	5,813	5,926	430,8	157,6	0,325	665,2	159,0	2090,2	499,5	2755,4	658,5
5,00	5,097	6,013	6,129	432,1	158,9	0,315	670,9	160,3	2086,0	498,5	2756,9	658,9
5,50	5,607	6,513	6,639	435,2	162,1	0,292	684,6	163,6	2075,7	496,1	2760,3	659,7
6,00	6,116	7,013	7,149	438,2	165,0	0,272	697,5	166,7	2066,0	493,8	2763,5	660,5
6,50	6,626	7,513	7,659	441,0	167,8	0,255	709,7	169,6	2056,8	491,6	2766,5	661,2
7,00	7,136	8,013	8,168	443,6	170,5	0,240	721,4	172,4	2047,7	489,4	2769,1	661,8
7,50	7,645	8,513	8,678	446,2	173,0	0,227	732,5	175,1	2039,2	487,4	2771,7	662,5
8,00	8,155	9,013	9,188	448,6	175,4	0,215	743,1	177,6	2030,9	485,4	2774,0	663,0
8,50	8,665	9,513	9,697	450,9	177,7	0,204	753,3	180,0	2022,9	483,5	2776,2	663,5
9,00	9,174	10,013	10,207	453,1	180,0	0,194	763,0	182,3	2015,1	481,6	2778,1	663,9
9,50	9,684	10,513	10,717	455,2	182,1	0,185	772,5	184,6	2007,5	479,8	2780,0	664,4
10,00	10,194	11,013	11,226	457,2	184,1	0,177	781,6	186,8	2000,1	478,0	2781,7	664,8
11,00	11,213	12,013	12,246	461,1	188,0	0,163	798,8	190,9	1986,0	474,6	2784,8	665,6
12,00	12,232	13,013	13,265	464,8	191,7	0,151	815,1	194,8	1972,5	471,4	2787,6	666,2
13,00	13,252	14,013	14,284	468,2	195,1	0,141	830,4	198,5	1959,6	468,3	2790,0	666,8
14,00	14,271	15,013	15,304	471,5	198,3	0,132	845,1	202,0	1947,1	465,3	2792,2	667,3
15,00	15,291	16,013	16,323	474,6	201,4	0,124	859,0	205,3	1935,0	462,5	2794,0	667,8
16,00	16,310	17,013	17,343	477,5	204,4	0,117	872,3	208,5	1923,4	459,7	2795,7	668,2
17,00	17,329	18,013	18,362	480,3	207,2	0,110	885,0	211,5	1912,1	457,0	2797,1	668,5
18,00	18,349	19,013	19,381	483,0	209,9	0,105	897,2	214,4	1901,3	454,4	2798,5	668,8
19,00	19,368	20,013	20,401	485,6	212,5	0,100	909,9	217,2	1890,5	451,8	2799,5	669,5
20,00	20,387	21,013	21,420	488,1	215,0	0,095	920,3	220,0	1880,2	449,4	2800,5	669,4
21,00	21,407	22,013	22,439	490,5	217,3	0,090	931,3	222,6	1870,1	447,0	2801,4	669,6
22,00	22,426	23,013	23,459	492,8	219,6	0,087	941,9	225,1	1860,1	444,6	2802,0	669,7
23,00	23,445	24,013	24,478	495,0	221,8	0,083	952,2	227,6	1850,4	442,2	2802,6	669,8
24,00	24,465	25,013	25,497	497,2	224,0	0,080	962,2	230,0	1840,9	440,0	2803,1	670,0
25,00	25,484	26,013	26,517	499,3	226,1	0,077	972,1	232,3	1831,4	437,7	2803,5	670,0



## Unità di misura e fattori di conversione

### Pressione (pressure)

Unità di misura	Conversione	Conversione scientifica
<b>BAR</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Pa</b>	100000	1e+5
<b>kPa</b>	100	1e+2
<b>MPa</b>	0.1	1e-1
<b>PSI</b>	14.505	1.45e+1
<b>Atm</b>	0.987	9.87e-1
<b>Kgf/cm2</b>	1.0197	1.02e+0
<b>m H2O</b>	10.197	1.02e+1
<b>mm H2O</b>	10197	1.02e+4
<b>mbar</b>	1000	1.00e+3
<b>mm Hg</b>	750	7.50e+2

### Lavoro (energy work)

Unità di misura	Conversione	Conversione scientifica
<b>kcal</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>cal</b>	1000	1.00e+3
<b>J</b>	4186.80	4.19e+3
<b>kJ</b>	4.19	4.19e+0
<b>kW.h</b>	0.00116	1.16e-3
<b>Hp.h</b>	0.00156	1.56e-3

### Portata in volume (volumetric flow rate)

Unità di misura	Conversione	Conversione scientifica
<b>m3/h</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>lt/h</b>	1000	1.00e+3
<b>lt/min</b>	16.667	1.67e+1
<b>lt/sec</b>	0.278	2.78e-1

È possibile la conversione tra portata in volume e in massa, conoscendo densità/peso specifico (Y) del fluido, verificando che siano conformi le unità di misura.

### Temperatura (temperature)

Unità di misura	Conversione	Conversione scientifica
<b>°C celsius</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>°F fahrenheit</b>	33.80	3.38e+1
<b>°K kelvin</b>	-273.15	

### Potenza elettrica, termica (power)

Unità di misura	Conversione	Conversione scientifica
<b>kcal/h</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>W (=J/s)</b>	1.163	1.16e+0
<b>kW</b>	0.00116	1.16e-3
<b>MW</b>	0	1.16e-6
<b>Btu/h</b>	3.968	3.97e+0
<b>KJ/h</b>	4.187	4.19e+0
<b>HP (british BHP)</b>	0.00156	1.56e-3

### Portata in massa (mass flow rate)

Unità di misura	Conversione	Conversione scientifica
<b>t/h</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>kg/h</b>	1000	1.00e+3
<b>kg/min</b>	16.667	1.67e+1
<b>kg/sec</b>	0.278	2.78e-1

$$Q(\text{m}^3/\text{h}) * Y (\text{kg}/\text{m}^3) = Q (\text{kg}/\text{h})$$



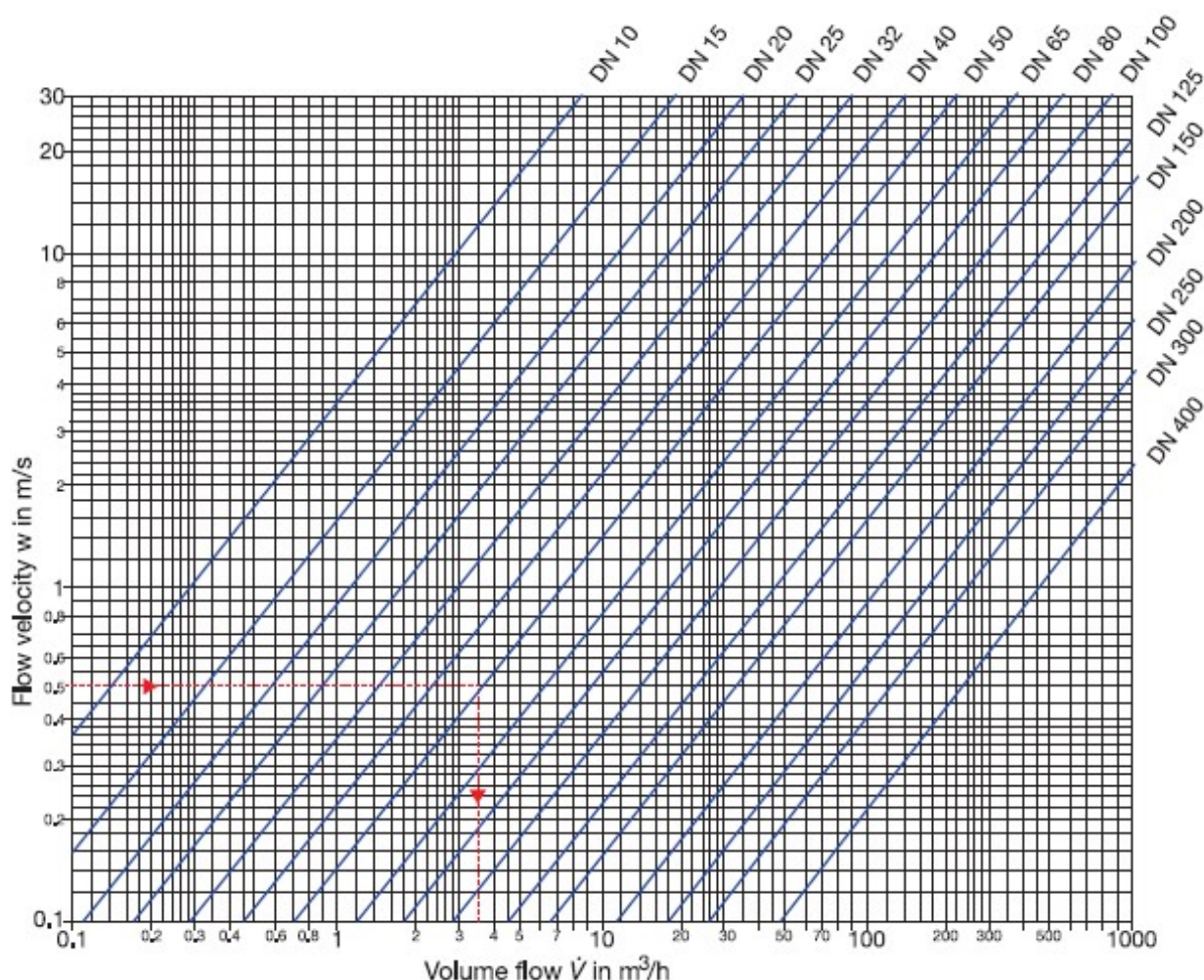
## Dimensionamento

### Valori orientativi velocità dei fluidi - Determinazione del diametro nominale delle tubazioni

Considerazioni generali. Nella maggior parte dei casi, vengono dati solo i valori della portata e della perdita di carico ammessa, per la selezione del diametro nominale della tubazione. Nel calcolo, di solito, si procede inversamente: si stabilisce un diametro e in base a questo si calcolano la perdita di carico e la portata, eventualmente si ripete con un DN superiore. Il DN della tubazione può venire determinato anche in base ad una determinata velocità scelta in relazione della portata e del fluido.

### Valori orientativi della velocità dei fluidi nelle tubazioni

Fluido	Velocità consigliata
Vapore saturo 1 @ 2 bar	10 – 15 m/s
Vapore saturo 2 @ 5 bar	15 – 25 m/s
Vapore saturo 5 @ 10 bar	25 – 35 m/s
Vapore saturo 10 @ 40 bar	35 – 40 m/s
Vapore saturo > 40 bar	< 60 m/s
Condotte d'acqua in pressione	1.5 – 3.5 m/s
Condotte d'acqua in aspirazione	0.5 – 1.0 m/s
Condotte acqua potabile e servizi	1.0 – 2.0 m/s
Linee di aria compressa	15 m/s



Per un dimensionamento di **massima**, considerando una tubazione in pressione con acqua a  $t^\circ$  ambiente, si può applicare la seguente formula.

$$v = 1273.24 \cdot Q / DN^2$$

$$v = 353.68 \cdot Q / DN^2$$

oppure

$$v : [m/s], Q : [l/s], DN : [mm]$$

$$v : [m/s], Q : [m^3/h], DN : [mm]$$

### Dimensionamento tubazioni vapore.

Il giusto dimensionamento delle tubazioni, in relazione a fattori quali velocità del fluido e caduta di pressione, risulta essere un passaggio fondamentale per non incappare in problemi di sovra o sottodimensionamento. Evitando così problemi ed effetti distruttivi, fluttuazioni, rumorosità e rapido deterioramento degli organi dell'impianto.

Pressione bar	Velocità m/s	Diametro nominale (mm)													
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
0,4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917	1606	2590	3678
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1457	2806	4101	5936
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670	2303	4318	6909	9500
0,7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1006	1708	2791	3852
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145	1575	2816	4629	6204
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1108	1712	2417	4532	7251	10323
1,0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1020	1864	2814	4045
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160	1660	3099	4869	6751
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800	2500	4815	7333	10370
2,0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125	1580	2814	4545	6277
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755	2520	4815	7425	10575
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2925	4175	7678	11997	16796
3,0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505	2040	3983	6217	8743
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1580	2480	3440	6779	10269	14316
	40	41	87	157	250	357	595	1025	1460	2540	4050	5940	10476	16470	22950
4,0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1166	1685	2460	4618	7121	10358
	25	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925	4225	7866	12225	17304
	40	49	116	197	295	456	796	1247	1825	3120	4940	7050	12661	19663	27816
5,0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105	2835	5548	8586	11947
	25	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540	5150	8865	14268	20051
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400	7870	13761	23205	32244
6,0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525	3400	6654	10297	14328
	25	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250	6175	10629	17108	24042
	40	71	157	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475	9445	16515	27849	38697
7,0	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1815	2765	3990	7390	12015	16096
	25	49	114	190	288	450	785	1205	1750	3025	4815	6900	12288	19377	27080
	40	76	177	303	455	690	1210	1865	2520	4585	7560	10880	19141	30978	43470
8,0	15	32	70	126	190	285	475	800	1125	1990	3025	4540	8042	12625	17728
	25	54	122	205	320	465	810	1260	1870	3240	5220	7120	13140	21600	33210
	40	84	192	327	510	730	1370	2065	3120	5135	8395	12470	21247	33669	46858
10,0	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	3995	5860	9994	16172	22713
	25	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3825	6295	8995	18966	25860	35890
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880	14390	26621	41011	57560
14,0	15	50	121	205	310	465	810	1270	1870	3220	5215	7390	12921	20538	29016
	25	85	195	331	520	740	1375	2080	3120	5200	8500	12560	21720	34139	47218
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13050	18630	35548	54883	76534
16,0	15	108	180	294	501	673	1076	1791	2466	4156	6284	9194	15450	24567	34751
	25	181	300	491	835	1122	1794	2985	4110	6926	10474	15324	25749	40945	57918
	40	289	480	785	1337	1794	2870	4775	6576	11082	16758	24518	41199	65513	92668
18,0	15	121	201	328	559	750	1199	1995	2748	4631	7003	10245	17215	27375	38722
	25	201	334	547	931	1250	1999	3326	4580	7718	11671	17075	28692	45625	64537
	40	322	535	875	1489	2000	3198	5321	7328	12348	18673	27320	45907	73000	103259
20,0	15	134	222	363	617	829	1326	2205	3037	5118	7740	11324	19027	30256	42798
	25	223	369	604	1029	1381	2209	3676	5026	8530	12899	18873	31712	50427	71330
	40	356	591	967	1646	2210	3535	5881	8099	13648	20639	30196	50740	80684	114128

Lo spessore delle tubazioni comunemente usate è basato su quelli formulati dall'**American Petroleum Institute** (API), secondo il quale allo spessore è associato un numero di "schedula".

**Queste "schedule" corrispondono alle pressioni nominali delle tubazioni; esempio: 5, 10, 20, 40, 80 ... 160.**

La "schedula" più comunemente usata nelle installazioni di tubazioni di vapore è la "schedula 40".

Sarà poi a cura del progettista, calcolare in modo dettagliato lo spessore in millimetri delle tubazioni, applicando l'equazione e il valore di carico di sicurezza di progetto ( $S = N/mm^2$ ).

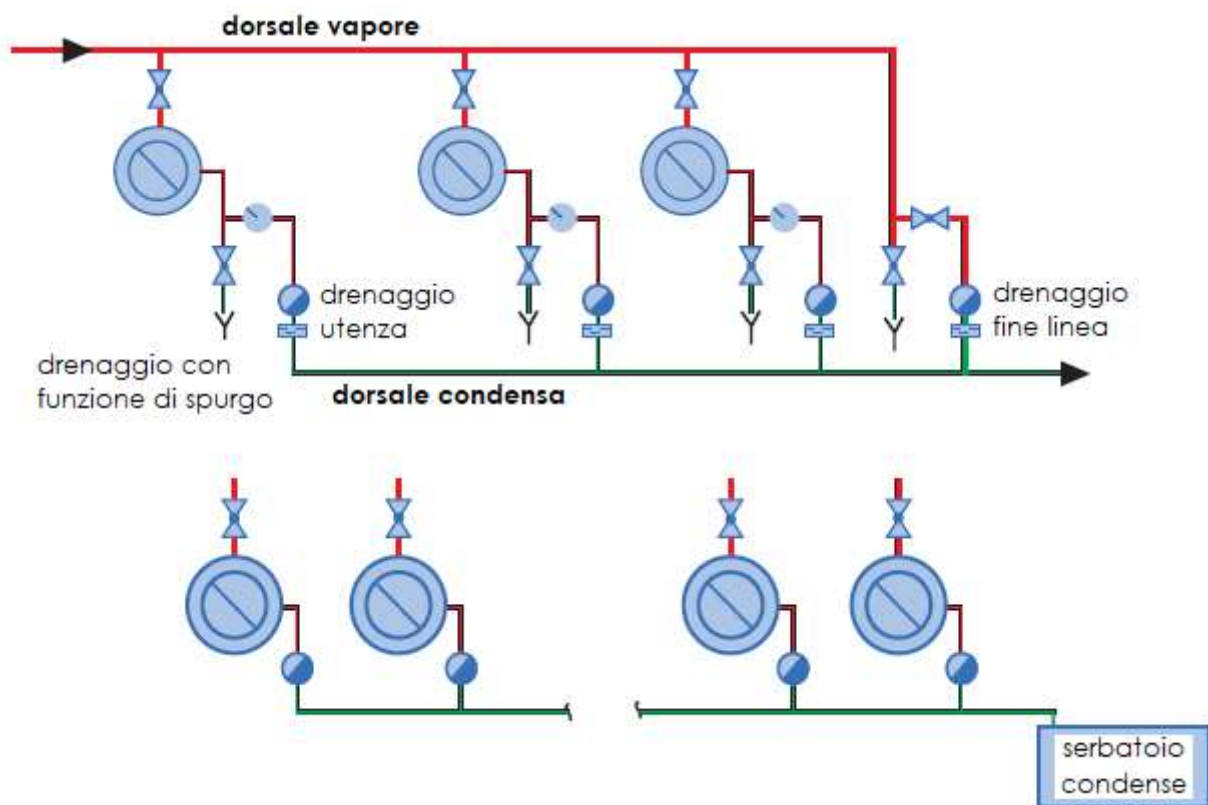


### Dimensionamento linee trasporto condensa

perdite di carico in mbar/mt di tubazione e portate espresse in Kg/h

DN	0,3 (bar/m)	0,5 (mbar/m)	0,6 (mbar/m)	<b>0,8 (mbar/m)</b>	1,0 (mbar/m)	1,4 (mbar/m)
<b>15</b>	95	130	140	<b>160</b>	180	220
<b>20</b>	220	290	320	<b>370</b>	420	500
<b>25</b>	410	540	600	<b>690</b>	790	940
<b>32</b>	890	1180	1300	<b>1500</b>	1700	2040
<b>40</b>	1360	1790	2000	<b>2290</b>	2590	3100
<b>50</b>	2630	3450	3810	<b>4390</b>	4990	6000
<b>65</b>	5350	6950	7730	<b>8900</b>	10150	12100
<b>80</b>	8320	10900	12000	<b>13800</b>	15650	18700
<b>100</b>	17000	22200	24500	<b>28200</b>	31900	38000
<b>125</b>	32600	42600	47000	<b>54100</b>	61200	73000
<b>150</b>	62700	81800	90300	<b>104000</b>	117600	140000

Esempio di drenaggio condensa a servizio di scambiatori di calore



### Tabella tubo in acciaio al carbonio per alte temperature ASTM A106 B

ASTM A106 grado B (ASME SA106) esecuzione SS senza saldatura viene utilizzato nelle applicazioni gravose, dove le tubazioni devono trasportare liquidi e gas che presentano alte pressioni e temperature.



DIAMETRO	Ø ESTERNO	SPESSORE (mm)	PESO (Kg/m)	SCHEDULA	TIPO identificativo
1/2"	21.3	<b>2,77</b>	<b>1,27</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		3,73	1,62	80	XS
		4,78	1,95	160	
3/4"	26.7	<b>2,87</b>	<b>1,69</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		3,91	2,20	80	XS
		5,56	2,90	160	
1"	33.4	<b>3,38</b>	<b>2,50</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		4,55	3,24	80	XS
		6,35	4,24	160	
1"1/4	42.2	<b>3,56</b>	<b>3,38</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		4,85	4,47	80	XS
		6,35	5,60	160	
1"1/2	48.3	<b>3,68</b>	<b>4,05</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		5,08	5,41	80	XS
		7,14	7,24	160	
2"	60.3	2,77	3,93		
		3,18	4,47		
		3,58	5,00		
		<b>3,91</b>	<b>5,44</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		5,54	7,48	80	XS
2"1/2	73.0	8,74	11,11	160	
		2,77	4,80		
		3,18	5,48		
		3,58	6,14		
		3,96	6,74		
3"	88.9	<b>5,16</b>	<b>8,63</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		7,01	11,41	80	XS
		9,53	14,92	160	
		14,02	20,41		XXS
		3,18	6,72		
3"1/2	101.6	3,96	8,30		
		4,37	9,11		
		4,78	9,91		
		<b>5,49</b>	<b>11,29</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		6,35	12,93		
4"	114.3	7,14	14,39		
		7,62	15,27	80	XS
		11,13	21,35	160	
		3,18	7,70		
		3,96	9,53		
3"1/2	101.6	4,78	11,39		
		<b>5,74</b>	<b>13,57</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		6,35	14,91		
		8,08	18,63	80	XS
		3,18	8,70		
4"	114.3	3,58	9,77		
		3,96	10,78		
		4,37	11,84		
		4,78	12,91		
		5,16	13,88		
		5,56	14,91		
		<b>6,02</b>	<b>16,07</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		8,56	22,32	80	XS
		11,13	28,32	120	
		13,49	33,54	160	

DIAMETRO	Ø ESTERNO	SPESSORE (mm)	PESO (Kg/m)	SCHEDULA	TIPO identificativo
5"	141.3	3,96	13,42		
		4,78	16,07		
		<b>6,55</b>	<b>21,77</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		9,52	30,95	80	XS
		12,70	40,28	120	
		15,88	49,09	160	
6"	168.3	4,78	19,27		
		5,56	22,31		
		6,35	25,36		
		<b>7,11</b>	<b>28,26</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		7,92	31,34		
		8,74	34,38		
		9,52	37,28		
		10,97	42,56	80	XS
		14,27	54,20	120	
18,25	67,55	160			
8"	219.1	5,16	27,20		
		5,56	29,28		
		6,35	33,31	20	
		7,04	36,79	30	
		<b>8,18</b>	<b>42,53</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		10,31	53,08	60	
		12,70	64,64	80	XS
		15,09	75,92	100	
22,22	107,92		XXS		
10"	273.0	5,16	34,06		
		5,56	36,69		
		6,35	41,77	20	
		7,09	46,47		
		7,80	51,00	30	
		8,74	54,94		
		<b>9,27</b>	<b>60,31</b>	<b>40</b>	<b>STD</b>
		12,70	81,55	60	XS
		15,09	96,01	80	
		18,26	114,75	100	
21,44	133,00	120			
12"	323.8	5,56	43,66		
		6,35	49,72	20	
		8,38	65,20	30	
		<b>9,52</b>	<b>73,82</b>		<b>STD</b>
		<b>10,31</b>	<b>79,73</b>	<b>40</b>	
		11,13	85,78		
		12,70	97,46		XS
		14,27	108,96	60	
		17,48	132,08	80	
		21,44	159,91	100	
25,40	186,97	120	XXS		

**Tabella tubo SS ASTM A312/A213/A269 inox TP304L e TP316L**

tubi in acciaio inossidabile austenitico senza saldatura  
destinati agli impieghi gravosi prodotti in conformità alla  
norma **EN 10216-5**



DIAMETRO	Ø ESTERNO	SPESSORE (mm)	PESO (Kg/m)	SCHEDULA	TIPO identificativo
1/2"	21.34	2,11	1.00	10S	
		2,77	1.26	40S	STD
		3,73	1.62	80S	
3/4"	26.67	2,11	1.28	10S	
		2,87	1.68	40S	STD
		3,91	2.19	80S	
1"	33.40	2,77	2.08	10S	
		3,38	2.50	40S	STD
		4,55	3.23	80S	
1"1/4	42.16	2,77	2.69	10S	
		3,56	3.38	40S	STD
		4,85	4.46	80S	
1"1/2	48.26	2,77	3.11	10S	
		3,68	4.05	40S	STD
		5,08	5.40	80S	
2"	60.30	2,77	3.93	10S	
		3,91	5.43	40S	STD
		5,54	7.47	80S	
2"1/2	73.03	3,05	5.25	10S	
		5,16	8.62	40S	STD
		7,01	11.40	80S	
3"	88.90	3,05	6.44	10S	
		5,49	11.28	40S	STD
		7,62	15.25	80S	
3"1/2	101.60	3,05	7.39	10S	
		5,74	13.56	40S	STD
		8,08	18.62	80S	
4"	114.30	3,05	8.35	10S	
		6,02	10.06	40S	STD
		8,56	22.29	80S	
5"	141.30	3,40	11.56	10S	
		6,55	21.76	40S	STD
6"	168.30	3,40	13.82	10S	
		7,11	23.23	40S	STD
8"	219.10	3,76	19.94	10S	
		8,18	42.49	40S	STD
10"	273.05	4,19	28.21	10S	
		9,27	60.24	40S	STD
12"	323.85	4,57	36.54	10S	
		9,52	73.76	40S	STD

**Tabella tubo elettrounito inox EN 10217-7 AISI304/304L e AISI316L**

 tubi in acciaio inossidabile conformi alla norma **EN 10217-7**

 la norma specifica le condizioni tecniche di **tubi saldati TIG/LASER**, di sezione circolare, in acciaio inossidabile utilizzati per impieghi a pressione e resistenza alla corrosione a temperatura bassa o elevata

*EN 10217-7 Tubi saldati in acciaio per impieghi a pressione*
*EN 10217-7 Welded steel tubes for pressure purposes*

**Tabella peso kg/mt**

Ø ESTERNO	SPESSORE (mm)					
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
13.7(14)	0.326	0.470	0.601			
17.2	0.406	0.590	0.761			
21.3	0.508	0.744	0.967	1.177	1.375	
26.9	0.649	0.954	1.247	1.527	1.795	
33.7			1.588	1.953	2.306	2.444
42.4			2.023	2.498	2.960	3.846
48.3			2.319	2.867	3.403	4.437
60.3			2.920	3.618	4.304	5.639
76.1			3.711	4.607	5.491	7.222
88.9			4.352	5.409	6.453	8.504
101.6			4.988	6.204	7.407	9.776
114.3			5.624	6.999	8.361	11.048
139.7			6.896	8.589	10.269	13.592
168.3			8.328	10.379	12.417	16.456
219.1			10.872	13.559	16.233	21.544
273.0			13.572	16.933	20.282	26.943
323.9			16.121	20.120	24.106	32.041
355.6			17.708	22.104	26.487	35.216
406.4			20.252	25.284	30.303	40.304
508.0				31.644	37.936	50.481

Spessori di fornitura standard

**Tabella tubo elettrounito per l'industria alimentare EN 10357 ex DIN 11850 e FOOD/PHARMA INCH**
**Tabella peso kg/mt**

Ø ESTERNO	SPESSORE (mm)					
	1.0	1.5	2.0			
12	0.275	0.394				
18	0.426	0.620				
22	0.526	0.770				
28	0.676	0.995				
34	0.826	1.221				
40	0.977	1.446				
52	1.277	1.897				
70			3.405			
85			4.157			
104			5.108			
12.7	0.293	0.421				
19.05	0.452	0.659				
25.4	0.611	0.898				
38.1	0.711	1.138				
50.8		1.852	2.444			
63.5		2.329	3.080			
76.2			3.711			
101.6			4.988			

 Standard DIN 11850  
 Standard INCH

### Tabella indicativa delle pressioni massime di esercizio

(valori espressi in BAR a temperatura di 20°C)

tubi saldati TIG/LASER, di sezione circolare, in acciaio inossidabile secondo le normative DIN 17457 (EN 10217-7) - 11850; NFA 49147 - 49247 - 49249; ASTM A 249 - A269 - A 270



#### Materiali AISI 304L / 316L

Ø ESTERNO	SPESSORE (mm)					
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
12	80	96				
17.2 3/8"		139	168			
18	80	120				
21.3 1/2"		112	136	176		
22	66	99				
26.9 3/4"		89	107	140		
28	52	77				
33.7 1"			86	124	137	
34	43	64				
40	36	54				
42.4 1 1/4"			68	89	99	
48.3 1 1/2"			60	78	87	
52		41	50			
60.3 2"			48	62	69	
70		31	41			
76.1 2 1/2"			38	49	55	
85		25	34			
88.9 3"			33	42	47	
101.6/104		23	28			
114.3 4"			25	33	37	51
139.7 5"			21	27	31	41
168.3 6"			17	22	26	34
219.1 8"			13	17	20	26
273.0 10"			11	14	16	21
323.9 12"			10	12	14	19

Standard DIN 11850  
Standard ISO

La selezione corretta di un tubo, ma in modo particolare dello spessore minimo necessario alla pressione, è definita da una formula dove si dice che la sollecitazione a cui viene assoggettata la parte di un tubo a sezione circolare con pressione interna è pari al prodotto della pressione per il diametro interno, diviso lo spessore. Dove un fattore di correzione tiene conto delle particolari unità di misura utilizzate

Si può così riscrivere la formula in due modi e ricavarne:

- 🔴 la **pressione ammissibile Formula 1**
- 🔴 lo **spessore minimo Formula 2**

per eseguire questi calcoli manca un dato, cioè il **valore della sollecitazione ammissibile  $\sigma$  (sigma)**.

Esso varia con il materiale, con il tipo di semilavorato, il trattamento termico con la temperatura di impiego ed è definito nei codici di calcolo ammessi dalle vigenti norme per la progettazione degli apparecchi a pressione. A seguire è riportata una tabella del "Boilers and Pressure Vessel Code" dell'ASME. Sono riportati i valori della sollecitazione ammissibile in funzione della temperatura di impiego, per gli acciai di uso più frequente.

**Formula 1** (pressione)

$$p = \frac{\sigma * t}{d} * 100$$

**Formula 2** (spessore)

$$t = \frac{p * d}{100 * \sigma}$$

dove:

$\sigma$  = sollecitazione ammissibile in Kg/mm<sup>2</sup>

$p$  = pressione in Kg/cm<sup>2</sup>

$d$  = diametro interno in mm

$t$  = spessore tubo in mm

TABELLA DEI VALORI DI CARICO AMMISSIBILE  $\sigma$  (rif. ASME)

MATERIALE	Temperature in °C										
	<38	93	149	204	260	316	343	371	399	427	454
TP 321/321H	14.06	14.06	14.06	13.08	12.16	11.53	11.32	11.11	11.04	10.90	10.76
TP 304L	11.74	11.74	11.74	11.11	10.40	9.84	9.63	9.49	9.35	9.14	9.00
TP 316L	11.74	11.74	11.74	10.90	10.12	9.49	9.28	9.07	8.86	8.72	8.51

Nota: per alcuni acciai i carichi ammissibili possono essere più elevati in funzione del tenore di carbonio e/o del trattamento termico subito. Gli acciai austenitici possono essere usati a temperature criogeniche, mentre i tipi ferritici e austenoferritici hanno una temperatura di impiego generalmente non inferiore a circa -10°C