

**Proprietà termodinamiche dell'acqua: liquido compresso\***

Unità: T[°C], v[m<sup>3</sup>/kg], h[kJ/kg], s[kJ/(kgK)]

(Temperatura di saturazione tra parentesi)

T	v	h	s	v	H	s	v	h	s
	p = 5 MPa (263,99°C)			p = 10 MPa (311,06°C)			p = 15 MPa (342,24°C)		
Sat.	0,0012859	1154,2	2,9202	0,0014524	1407,6	3,3596	0,0016581	1610,5	3,6848
0	0,0009977	5,04	0,0001	0,0009952	10,04	0,0002	0,0009928	15,05	0,0004
20	0,0009995	88,65	0,2956	0,0009972	93,33	0,2945	0,0009950	97,99	0,2934
40	0,0010056	171,97	0,5705	0,0010034	176,38	0,5686	0,0010013	180,78	0,5666
60	0,0010149	255,30	0,8285	0,0010127	259,49	0,8258	0,0010105	263,67	0,8232
80	0,0010268	338,85	1,0720	0,0010245	342,83	1,0688	0,0010222	346,81	1,0656
100	0,0010410	422,72	1,3030	0,0010385	426,50	1,2992	0,0010361	430,28	1,2955
120	0,0010576	507,09	1,5233	0,0010549	510,64	1,5189	0,010522	514,19	1,5145
140	0,0010768	592,15	1,7343	0,0010737	595,42	1,7292	0,0010707	598,72	1,7242
160	0,0010988	678,12	1,9375	0,0010953	681,08	1,9317	0,0010918	684,09	1,9260
180	0,0011240	765,25	2,1341	0,0011199	767,84	2,1275	0,0011159	770,50	2,1210
200	0,0011530	853,9	2,3255	0,0011480	856,0	2,3178	0,0011433	858,2	2,3104
220	0,0011866	944,4	2,5128	0,0011805	945,9	2,5039	0,0011748	947,5	2,4953
240	0,0012264	1037,5	2,6979	0,0012187	1038,1	2,6872	0,0012114	1039,0	2,6771
260	0,0012749	1134,3	2,8830	0,0012645	1133,7	2,8699	0,0012550	1133,4	2,8576
280				0,0013216	1234,1	3,0548	0,0013084	1232,1	3,0393
300				0,0013972	1342,3	3,2469	0,0013770	1337,3	3,2260
320							0,0014724	1453,2	3,4247
340							0,0016311	1591,9	3,6546
	p = 20 MPa (365,81°C)			p = 30 MPa			p = 50 MPa		
Sat.	0,002036	1826,3	4,0139						
0	0,0009904	20,01	0,0004	0,0009856	29,82	0,0001	0,0009766	49,03	-0,0014
20	0,0009928	102,62	0,2923	0,0009886	111,84	0,2899	0,0009804	130,02	0,2848
40	0,0009992	185,16	0,5646	0,0009951	193,89	0,5607	0,0009872	211,21	0,5527
60	0,0010084	267,85	0,8206	0,0010042	276,19	0,8154	0,0009962	292,79	0,8052
80	0,0010199	350,80	1,0624	0,0010156	358,77	1,0561	0,0010073	374,70	1,0440
100	0,0010337	434,06	1,2917	0,0010290	441,66	1,2844	0,0010201	456,89	1,2703
120	0,0010496	517,76	1,5102	0,0010445	524,93	1,5018	0,0010348	539,39	1,4857
140	0,0010678	602,04	1,7193	0,0010621	608,75	1,7098	0,0010515	622,35	1,6915
160	0,0010885	687,12	1,9204	0,0010821	693,28	1,9096	0,0010703	705,92	1,8891
180	0,0011120	773,20	2,1147	0,0011047	778,73	2,1024	0,0010912	790,25	2,0794
200	0,0011388	860,5	2,3031	0,0011302	865,3	2,2893	0,0011146	875,5	2,2634
220	0,0011693	949,3	2,4870	0,0011590	953,1	2,4711	0,0011408	961,7	2,4419
240	0,0012046	1040,0	2,6674	0,0011920	1042,6	2,6490	0,0011702	1049,2	2,6158
260	0,0012462	1133,5	2,8459	0,0012303	1134,3	2,8243	0,0012034	1138,2	2,7860
280	0,0012965	1230,6	3,0248	0,0012755	1229,0	2,9986	0,0012415	1229,3	2,9537
300	0,0013596	1333,3	3,2071	0,0013340	1327,8	3,1741	0,0012860	1323,0	3,1200
320	0,0014437	1444,6	3,3979	0,0013997	1432,7	3,3539	0,0013388	1420,2	3,2868
340	0,0015684	1571,0	3,6075	0,0014920	1546,5	3,5426	0,0014032	1522,1	3,4557
360	0,0018226	1739,3	3,8772	0,0016265	1675,4	3,7494	0,0014838	1630,2	3,6291
380				0,0018691	1837,5	4,0012	0,0015884	1746,6	3,8101

\* Le proprietà mancanti nella regione del liquido compresso si possono dedurre da quelle del liquido saturo valutate alla stessa temperatura del liquido compresso.

**Proprietà termodinamiche del Freon-12 (diclorodifluorometano): liquido saturo – vapore saturo in funzione della temperatura di saturazione.**

		Volume massico [dm <sup>3</sup> /kg]		Entalpia [kJ/kg]			Entropia [kJ/(kgK)]	
Temp. T [°C]	Pressione assoluta p [MPa]	Liquido saturo $v_f$	Vapore saturo $v_g$	Liquido saturo $h_f$	Vaporizz. $h_{fg}$	Vapore saturo $h_g$	Liquido saturo $s_f$	Vapore saturo $s_g$
-90	0,00284	0,60779	4415,55	120,665	189,746	310,410	0,64942	1,68534
-85	0,00424	0,61230	3037,32	124,944	187734	312,678	0,67247	1,67017
-80	0,00617	0,61694	2138,35	129,228	185,737	314,965	0,69493	1,65647
-75	0,00879	0,62171	1537,65	133,519	183,748	317,268	0,71685	1,64410
-70	0,01227	0,62662	1127,28	137,821	181,762	319,583	0,73828	1,63293
-65	0,01680	0,63167	841,166	142,135	179,771	321,907	0,75925	1,62284
-60	0,02262	0,63689	637,911	146,463	177,771	324,236	0,77977	1,61373
-55	0,02998	0,64226	491,000	150,808	175,759	326,567	0,79990	1,60552
-50	0,03915	0,64782	383,105	155,169	173,728	328,897	0,81964	1,59810
-45	0,05044	0,65355	302,683	159,549	171,674	331,226	0,83901	1,59142
-40	0,06417	0,65949	241,910	163,948	169,593	333,541	0,85805	1,58539
-35	0,08071	0,66563	195,398	168,369	167,480	335,849	0,87676	1,57996
-30	0,10041	0,67200	159,375	172,810	165,333	338,143	0,89516	1,57507
-25	0,12368	0,67860	131,166	177,275	163,147	340,422	0,91327	1,57068
-20	0,15093	0,68547	108,847	181,764	160,918	342,682	0,93110	1,56672
-15	0,18260	0,69261	91,0182	186,279	158,641	344,920	0,94868	1,56317
-10	0,21912	0,70004	76,6464	190,822	156,312	347,134	0,96601	1,55997
-5	0,26096	0,70780	64,9629	195,395	153,926	349,321	0,98311	1,55710
0	0,30861	0,71590	55,3892	200,000	151,477	351,477	1,00000	1,55452
5	0,36255	0,72438	47,4853	204,642	148,959	353,600	1,01670	1,55220
10	0,42330	0,73327	40,9137	209,323	146,363	355,686	1,03322	1,55010
15	0,49137	0,74262	35,4133	214,048	143,683	357,730	1,04958	1,54819
20	0,56729	0,75246	30,7802	218,821	140,907	359,729	1,06581	1,54645
25	0,65162	0,76286	26,8542	223,650	138,026	361,676	1,08193	1,54484
30	0,74490	0,77386	23,5082	228,540	135,026	363,566	1,09795	1,54334
35	0,84772	0,78556	20,6408	233,498	131,894	365,392	1,11391	1,54191
40	0,96065	0,79802	18,1706	238,535	128,611	367,146	1,12984	1,54051
45	1,0843	0,81137	16,0316	243,659	125,158	368,818	1,14575	1,53913
50	1,2193	0,82573	14,1701	248,884	121,512	370,396	1,16170	1,53770
55	1,3663	0,84125	12,5421	254,222	117,644	371,865	1,17772	1,53620
60	1,5259	0,85814	11,1113	259,690	113,519	373,210	1,19384	1,53457
65	1,6988	0,87667	9,84740	265,309	109,097	374,406	1,21013	1,53275
70	1,8858	0,89716	8,72502	271,102	104,325	375,427	1,22665	1,53066
75	2,0875	0,92009	7,72258	277,100	99,134	376,234	1,24347	1,52821
80	2,3046	0,94612	6,82143	283,341	93,436	376,777	1,26069	1,52526
85	2,5380	0,97621	6,00494	289,879	87,106	376,985	1,27845	1,52164
90	2,7885	1,01190	5,25759	296,788	79,960	376,748	1,29691	1,51708
95	3,0569	1,05581	4,56341	304,181	71,706	375,887	1,31637	1,51113
100	3,3441	1,11311	3,90280	312,261	61,809	374,070	1,33732	1,50296
105	3,6509	1,19670	3,24216	321,467	49,048	370,515	1,36089	1,49058
110	4,0180	1,36431	2,46186	333,496	28,445	361,941	1,39138	1,46562

**Proprietà termodinamiche del Freon-12 (diclorodifluorometano): vapore surriscaldato\***

Unità: T[°C], v[dm<sup>3</sup>/kg], h[kJ/kg], s[kJ/(kgK)]

(Temperatura di saturazione tra parentesi)

T	v	h	s	v	h	s	v	h	s
	0,05 MPa (-45,18°C)			p = 0,10 MPa (-30,10°C)			p = 0,15 MPa (-20,17°C)		
-20,00	342,39	345,47	1,6514	168,24	344,50	1,6011	110,13	343,50	1,5705
-10,00	356,64	351,16	1,6735	175,62	350,27	1,6235	115,24	349,37	1,5932
0,00	370,82	356,95	1,6951	182,95	356,14	1,6454	120,28	355,31	1,6153
10,00	384,96	362,84	1,7163	190,22	362,09	1,6668	125,27	361,34	1,6370
20,00	399,05	368,82	1,7370	197,44	368,14	1,6877	130,22	367,44	1,6582
30,00	413,11	374,90	1,7574	204,63	374,27	1,7083	135,12	373,63	1,6790
40,00	427,14	381,08	1,7775	211,79	380,49	1,7285	139,99	379,90	1,6993
50,00	441,13	387,34	1,7971	218,91	386,79	1,7483	144,82	386,24	1,7192
60,00	455,11	393,68	1,8165	226,01	393,18	1,7678	149,64	392,67	1,7388
70,00	469,06	400,12	1,8355	233,09	399,64	1,7869	154,43	399,17	1,7580
80,00	483,00	406,63	1,8542	240,15	406,19	1,8057	159,20	405,74	1,7769
90,00	496,91	413,22	1,8726	247,20	412,80	1,8242	163,95	412,39	1,7955
	0,20 MPa (-12,54°C)			0,25 MPa (-6,26°C)			0,30 MPa (-0,88°C)		
0,00	88,92	354,47	1,5934	70,08	353,60	1,5758	57,49	352,70	1,5609
10,00	92,78	360,56	1,6153	73,26	359,77	1,5980	60,23	358,96	1,5834
20,00	96,58	366,73	1,6367	76,39	366,01	1,6196	62,91	365,27	1,6053
30,00	100,35	372,98	1,6577	79,47	372,31	1,6408	65,54	371,64	1,6266
40,00	104,07	379,29	1,6782	82,52	378,68	1,6614	68,14	378,06	1,6475
50,00	107,77	385,68	1,6982	85,53	385,12	1,6817	70,70	384,55	1,6679
60,00	111,44	392,15	1,7179	88,52	391,62	1,7015	73,23	391,09	1,6878
70,00	115,09	398,68	1,7373	91,48	398,20	1,7209	75,73	397,70	1,7074
80,00	118,71	405,29	1,7562	94,42	404,84	1,7400	78,22	404,38	1,7265
90,00	122,32	411,96	1,7749	97,34	411,54	1,7587	80,69	411,11	1,7454
100,00	125,92	418,71	1,7932	100,25	418,31	1,7771	83,14	417,91	1,7638
110,00	129,50	425,52	1,8112	103,14	425,14	1,7952	85,57	424,77	1,7820
	0,40 MPa (8,11°C)			0,50 MPa (15,54°C)			0,60 MPa (21,93°C)		
20,00	46,03	363,75	1,5818	35,85	362,15	1,5625			
30,00	48,10	370,25	1,6036	37,61	368,80	1,5848	30,58	367,29	1,5687
40,00	50,14	376,79	1,6248	39,31	375,47	1,6065	32,07	374,10	1,5908
50,00	52,13	383,37	1,6455	40,98	382,17	1,6275	33,52	380,92	1,6122
60,00	54,10	390,01	1,6657	42,61	388,90	1,6480	34,93	387,76	1,6330
70,00	56,04	396,70	1,6855	44,21	395,67	1,6681	36,32	394,62	1,6533
80,00	57,96	403,44	1,7049	45,79	402,49	1,6876	37,67	401,52	1,6731
90,00	59,86	410,24	1,7239	47,35	409,36	1,7068	39,01	408,46	1,6925
100,00	61,74	417,10	1,7425	48,89	416,28	1,7256	40,32	415,44	1,7115
110,00	63,61	424,01	1,7608	50,42	423,24	1,7440	41,62	422,46	1,7300
120,00	65,46	430,98	1,7787	51,93	430,26	1,7621	42,91	429,52	1,7482
130,00	67,30	438,00	1,7964	53,43	437,32	1,7798	44,18	436,63	1,7661
	0,70 MPa (27,57°C)			0,80 MPa (32,64°C)			0,90 MPa (37,26°C)		
40,00	26,88	372,68	1,5768	22,96	371,19	1,5642	19,89	369,63	1,5524
50,00	28,18	379,63	1,5987	24,15	378,29	1,5865	21,01	376,90	1,5752
60,00	29,44	386,58	1,6199	25,30	385,37	1,6080	22,07	384,12	1,5972
70,00	30,66	393,55	1,6405	26,41	392,44	1,6290	23,10	391,30	1,6184
80,00	31,86	400,53	1,6605	27,50	399,51	1,6493	24,10	398,47	1,6390
90,00	33,04	407,54	1,6801	28,56	406,60	1,6691	25,06	405,64	1,6591
100,00	34,20	414,58	1,6992	29,59	413,71	1,6884	26,01	412,83	1,6786
110,00	35,33	421,66	1,7180	30,61	420,96	1,7073	26,94	420,03	1,6978
120,00	36,46	428,78	1,7363	31,62	428,03	1,7258	27,85	427,26	1,7183
130,00	37,57	435,94	1,7543	32,61	435,24	1,7439	28,75	434,52	1,7345
140,00	38,67	443,14	1,7719	33,59	442,48	1,7616	29,63	441,81	1,7524
150,00	39,76	450,38	1,7892	34,56	449,76	1,7790	30,51	449,13	1,7698

T	v	h	s	v	h	s	v	h	s
	1,00 MPa (41,51°C)			p = 1,20 MPa (49,16°C)			p = 1,40 MPa (55,91°C)		
50,00	18,47	375,45	1,5646	14,62	372,32	1,5448			
60,00	19,48	382,82	1,5871	15,55	380,05	1,5683	12,69	377,03	1,5508
70,00	20,44	390,12	1,6087	16,42	387,65	1,5908	13,51	384,99	1,5744
80,00	21,37	397,40	1,6296	17,25	395,17	1,6124	14,29	392,79	1,5968
90,00	22,27	404,66	1,6499	18,05	402,63	1,6332	15,02	400,49	1,6183
100,00	23,14	411,92	1,6696	18,82	410,06	1,6534	15,72	408,11	1,6390
110,00	24,00	419,20	1,6888	19,57	417,48	1,6730	16,40	415,69	1,6590
120,00	24,83	426,49	1,7076	20,30	424,90	1,6921	17,06	423,25	1,6785
130,00	25,66	433,80	1,7260	21,02	432,32	1,7108	17,69	430,80	1,6975
140,00	26,47	441,14	1,7439	21,72	439,76	1,7290	18,32	438,34	1,7159
150,00	27,27	448,50	1,7616	22,41	447,21	1,7468	18,93	445,89	1,7340
160,00	28,06	455,90	1,7788	23,09	454,69	1,7643	19,53	453,45	1,7517
	1,60 MPa (61,98°C)			1,80 MPa (67,51°C)			2,00 MPa (72,60°C)		
70,00	11,29	382,09	1,5587	9,51	378,86	1,5433			
80,00	12,03	390,25	1,5821	10,25	387,49	1,5680	8,79	384,45	1,5541
90,00	12,73	398,22	1,6044	10,92	395,80	1,5912	9,45	393,19	1,5785
100,00	13,38	406,06	1,6257	11,55	403,91	1,6133	10,06	401,62	1,6014
110,00	14,01	413,83	1,6463	12,14	411,88	1,6344	10,63	409,84	1,6231
120,00	14,61	421,54	1,6661	12,70	419,77	1,6547	11,17	417,92	1,6439
130,00	15,20	429,22	1,6854	13,24	427,60	1,6744	11,68	425,92	1,6640
140,00	15,76	436,88	1,7042	13,77	435,39	1,6934	12,17	433,84	1,6834
150,00	16,32	444,54	1,7225	14,28	443,15	1,7120	12,65	441,72	1,7023
160,00	16,86	452,19	1,7404	14,78	450,90	1,7301	13,11	449,58	1,7206
170,00	17,39	459,85	1,7578	15,27	458,64	1,7478	13,56	457,41	1,7385
180,00	17,91	467,52	1,7750	15,74	466,39	1,7651	14,00	465,24	1,7560
	2,50 MPa (83,85°C)			3,00 MPa (93,54°C)			4,00 MPa (109,73°C)		
90,00	6,69	385,47	1,5462						
100,00	7,31	395,12	1,5724	5,32	386,75	1,5416			
110,00	7,86	404,20	1,5964	5,93	397,44	1,5699	2,76	370,44	1,4879
120,00	8,36	412,92	1,6189	6,44	407,18	1,5950	3,79	391,18	1,5415
130,00	8,83	421,42	1,6403	6,90	416,39	1,6181	4,35	403,79	1,5732
140,00	9,28	429,75	1,6607	7,32	425,28	1,6399	4,79	414,66	1,5998
150,00	9,70	437,98	1,6804	7,71	433,94	1,6606	5,17	424,69	1,6238
160,00	10,10	446,13	1,6994	8,08	442,44	1,6805	5,52	434,22	1,6460
170,00	10,49	454,22	1,7179	8,44	450,84	1,6996	5,84	443,42	1,6670
180,00	10,87	462,27	1,7358	8,78	459,14	1,7182	6,14	452,39	1,6871
190,00	11,24	470,29	1,7533	9,11	467,39	1,7362	6,43	461,19	1,7063
200,00	11,60	478,29	1,7704	9,43	475,59	1,7537	6,70	469,87	1,7348

## Proprietà termodinamiche dell'aria a bassa pressione

T [K]	h [kJ/kg]	u [kJ/kg]	s° [kJ/(kgK)]
100	99,76	71,06	1,4143
200	199,96	142,56	2,1088
300	300,19	214,09	2,5153
400	400,98	286,19	2,8052
500	503,02	359,53	3,0328
600	607,02	434,80	3,2223
700	713,27	512,37	3,3861
800	821,94	592,34	3,5312
900	932,94	674,63	3,6619
1000	1046,03	759,02	3,7810
1100	1161,07	845,34	3,8906
1200	1277,79	933,40	3,9922
1300	1395,97	1022,88	4,0868
1400	1515,41	1113,62	4,1753
1500	1635,99	1205,47	4,2585

**Poteri calorifici vari.**

Sostanza	Umidità	Ceneri	Carbonio	Idrogeno	Ossigeno	Azoto	Zolfo	Potere calorifico inferiore [MJ/kg]
	Valori medi [% in massa]							
Legno secco	20	1	39,5	4	35	0,5		15,0
Torba secca	30	5	36,0	3,6	23,1	1,6	0,7	13,0
Lignite	10	6	48,9	4,3	27,8	1,7	1,3	22,0
Carboni secchi	8	3	55,7	5,5	25,4	1,1	1,3	24,0
Carboni grassi	2,2	5	76,8	5,3	8,4	1,3	1,0	31,3
Carboni magri	2,1	5,2	80,9	4,7	4,8	1,3	1,0	32,4
Antraciti	1,3	5	83,1	3,9	4,4	1,5	0,8	33,5
Coke metallurgico	0,4	9	87,5	0,7	0,1	1,3	1,0	30,0
Coke di petrolio	1,1	1,2	90,4	3,0	2,8	0,7	0,8	34,2

**Proprietà di alcuni gas perfetti**

(La capacità termica massica a pressione costante, la capacità termica massica a volume costante e il loro rapporto  $\gamma$  sono dati alla temperatura di 300K)

Gas	Formula chimica	Massa molecolare [kg/kmole]	R [kJ/(kgK)]	$c_p$ [kJ/(kgK)]	$c_v$ [kJ/(kgK)]	$\gamma$
Aria		28,97	0,28700	1,0035	0,7165	1,400
Argon	Ar	39,948	0,20813	0,5203	0,3122	1,667
Butano	$C_4H_{10}$	58,124	0,14304	1,7164	1,5734	1,091
Anidride carbonica	$CO_2$	44,01	0,18892	0,8418	0,6529	1,289
Monossido di carbonio	CO	28,01	0,29683	1,0413	0,7445	1,400
Etano	$C_2H_6$	30,07	0,27650	1,7662	1,4897	1,186
Etilene	$C_2H_4$	28,054	0,29637	1,5482	1,2518	1,237
Elio	He	4,003	2,07703	5,1926	3,1156	1,667
Idrogeno	$H_2$	2,016	4,12418	14,2091	10,0849	1,409
Metano	$CH_4$	16,04	0,51835	2,2537	1,7354	1,299
Neon	Ne	20,183	0,41195	1,0299	0,6179	1,667
Azoto	$N_2$	28,013	0,29680	1,0416	0,7448	1,400
Ottano	$C_8H_{18}$	114,23	0,07279	1,7113	1,6385	1,044
Ossigeno	$O_2$	31,999	0,25983	0,9216	0,6618	1,393
Propano	$C_3H_8$	44,097	0,18855	1,6794	1,4909	1,126
Vapor d'acqua	$H_2O$	18,015	0,46152	1,8723	1,4108	1,327