

PARA NASYCONA I PRZEGRZANA

WODA CIEKŁA (dla $T < \sim 450$ K)

$$\text{entalpia właściwa: } i = c_w (T - T_{tr}) \approx c_w \cdot t \quad \text{entropia właściwa: } s = c_w \ln \frac{T}{T_{tr}}$$

gdzie: $T_{tr} = 273,16$ K – temperatura punktu potrójnego przyjęta jako temperatura odniesienia w tablicach parowych

PARA NASYCONA

- ciecz w **punkcie pęcherzyków ($x=0$)** – oznaczenia wielkości właściwych: v', i', u', s'
- para będąca w równowadze termodynamicznej z cieczą to **para nasycona**
- para nasycona bez kropel cieczy (w punkcie rosy) – **para nasycona sucha ($x=1$)** – oznaczenia wielkości właściwych: v'', i'', u'', s''
- układ dwufazowy złożony z pary nasyconej suchej i cieczy w punkcie pęcherzyków – **para nasycona mokra**
- stopień suchości pary nasyconej: $x = \frac{G''}{G} = \frac{G''}{G' + G''}$; gdzie: G' / G'' ilość cieczy/pary nasyconej suchej

$$\text{entalpia parowania: } r = i'' - i' = T_s \cdot (s'' - s')$$

$$\text{entalpia właściwa: } i_x = i' + x \cdot (i'' - i') = i' + x \cdot r$$

$$\text{objętość właściwa: } v_x = v' + x \cdot (v'' - v')$$

$$\text{entropia właściwa: } s_x = s' + x \cdot (s'' - s') = s' + \frac{x \cdot r}{T_s}$$

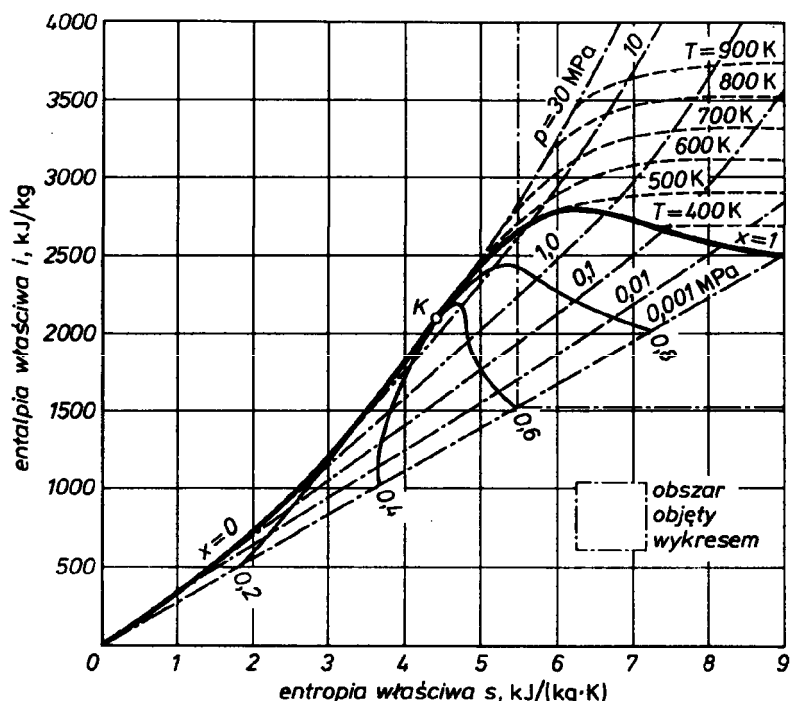
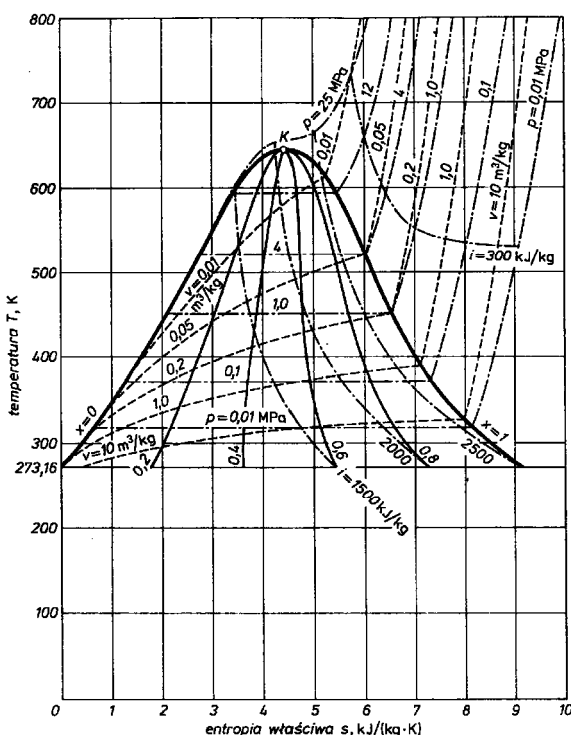
$$\text{energia wewnętrzna właściwa: } u_x = u' + x \cdot (u'' - u') = i_x - p \cdot v_x$$

➤ parametry w punkcie pęcherzyków (') i punkcie rosy (") należy znaleźć w tablicach dla odpowiedniej temperatury nasycenia (T_s) lub ciśnienia nasycenia (p_s)

PARA PRZEGRZANA

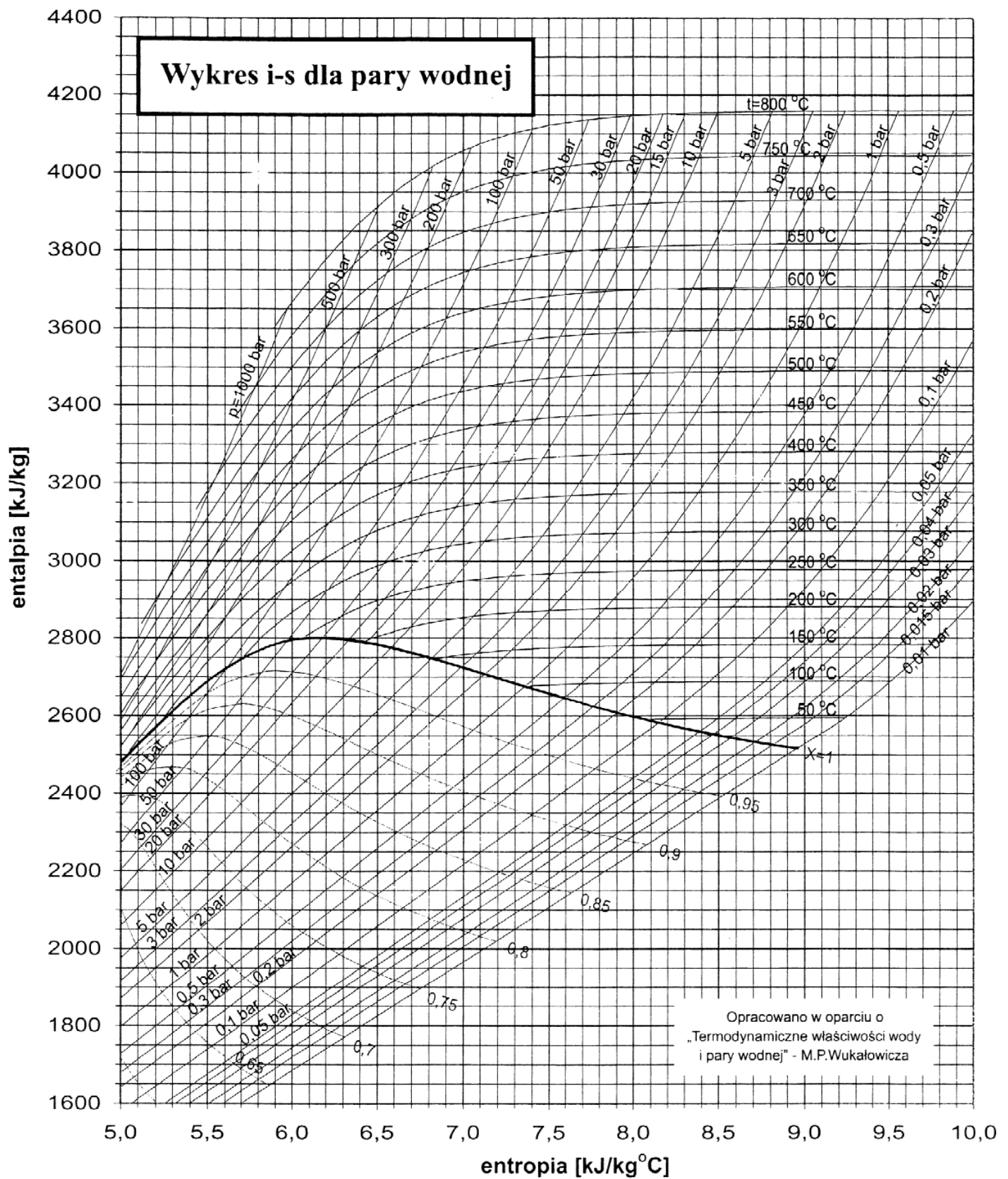
- entalpię, entropię i objętość właściwą pary przegrzanej odczytuje się z **wykresu i, s** na podstawie temperatury i ciśnienia
- energię wewnętrzną właściwą wyznacza się ze wzoru Gibbsa: **$i = u + p \cdot v$**
- dla małych temperatur ($T < 370$ K) entalpię właściwą można wyznaczyć ze wzoru:

$$i = 1978 + 1,88 \cdot T = 2501 + 1,88 \cdot t \quad \text{kJ/kg}$$



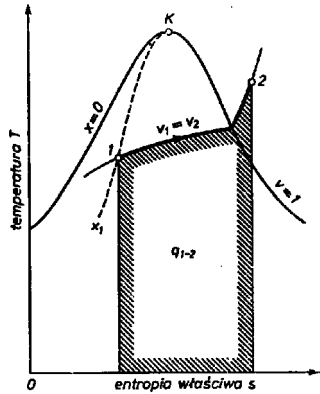
Parametry określające stan wody na linii granicznej $x = 0$ i $x = 1$

a. Uszeregowane według ciśnienia							b. Uszeregowane według temperatury						
Ciśnienie	Temperatura	Objętość właściwa		Entalpia właściwa		Entalpia parowania	Temperatura	Ciśnienie	Objętość właściwa		Entalpia właściwa		Entalpia parowania
		cieczy	parę	cieczy	parę				cieczy	parę	cieczy	parę	
p	t	v'	v''	i'	i''	r	t	p	v'	v''	i'	i''	r
MPa	°C	m ³ /kg		kJ/kg			°C	MPa	m ³ /kg		kJ/kg		
0,001	7	0,001000	129,3	29	2511	2482	0	0,0006112	0,001000	206,2	0	2500	2500
0,002	17,5	0,001001	67,02	73	2533	2460	2	0,000704	0,001000	180,4	9	2500	2491
0,003	24,0	0,001003	45,67	101	2546	2445	5	0,000872	0,001000	147,3	21	2507	2486
0,004	28,9	0,001004	34,79	121	2556	2435	10	0,001229	0,001000	106,3	42	2518	2476
0,005	32,8	0,001005	28,18	137	2563	2426	15	0,001710	0,001001	77,76	63	2528	2465
0,006	36,1	0,001006	23,73	151	2569	2418	20	0,002346	0,001002	57,62	84	2538	2454
0,008	41,5	0,001008	18,09	174	2579	2405	25	0,003180	0,001003	43,21	105	2548	2443
0,010	45,8	0,001010	14,67	192	2587	2395	30	0,004261	0,001004	32,78	126	2558	2432
0,012	49,4	0,001012	12,35	207	2594	2387	35	0,005646	0,001006	25,13	147	2567	2420
0,015	54,0	0,001014	10,02	226	2602	2376	40	0,007404	0,001008	19,46	167	2577	2410
0,020	60,1	0,001017	7,645	251	2612	2361	45	0,009615	0,001010	15,22	198	2586	2388
0,025	65,0	0,001020	6,201	272	2620	2348	50	0,01237	0,001012	12,01	209	2595	2386
0,030	69,1	0,001022	5,226	289	2627	2338	55	0,01577	0,001015	9,554	230	2603	2373
0,040	75,9	0,001026	3,991	318	2638	2320	60	0,01995	0,001017	7,664	251	2612	2361
0,05	81,4	0,001030	3,239	341	2647	2306	65	0,02502	0,001020	6,195	272	2620	2348
0,06	86,0	0,001033	2,731	360	2654	2294	70	0,03116	0,001023	5,044	293	2629	2336
0,07	90,0	0,001036	2,364	377	2660	2283	75	0,03852	0,001026	4,135	314	2637	2323
0,08	93,6	0,001039	2,087	392	2666	2274	80	0,04729	0,001029	3,412	335	2645	2310
0,09	96,8	0,001041	1,869	406	2671	2265	85	0,05769	0,001033	2,833	356	2653	2297
0,10	99,7	0,001044	1,694	418	2675	2257	90	0,06993	0,001036	2,366	377	2660	2283
0,11	102,4	0,001046	1,549	429	2679	2250	95	0,08428	0,001040	1,988	398	2668	2270
0,12	104,9	0,001048	1,428	440	2683	2243	100	0,1010	0,001044	1,678	419	2676	2257
0,13	107,2	0,001050	1,325	450	2686	2236	105	0,1204	0,001048	1,424	440	2683	2243
0,14	109,4	0,001051	1,237	459	2689	2230	110	0,1427	0,001052	1,214	461	2690	2229
0,15	111,5	0,001053	1,159	468	2692	2224	115	0,1684	0,001056	1,040	482	2697	2215
0,16	113,4	0,001055	1,092	478	2695	2217	120	0,1978	0,001061	0,8952	504	2704	2200
0,18	117,0	0,001059	0,9777	491	2700	2209	125	0,2313	0,001065	0,7734	525	2711	2186
0,20	120,3	0,001061	0,8860	505	2705	2200	130	0,2692	0,001070	0,6709	546	2718	2172
0,22	123,4	0,001064	0,8104	518	2709	2191	135	0,3120	0,001075	0,5842	568	2725	2157
0,24	126,2	0,001066	0,7470	530	2713	2183	140	0,3603	0,001080	0,5105	589	2731	2142
0,26	128,8	0,001069	0,6931	541	2717	2176	145	0,4144	0,001085	0,4476	611	2738	2127
0,28	131,3	0,001071	0,6466	552	2720	2168	150	0,4749	0,001091	0,3938	632	2744	2112
0,30	133,7	0,001074	0,6061	562	2723	2161	155	0,5423	0,001096	0,3475	654	2750	2096
0,32	135,9	0,001076	0,5705	571	2726	2155	160	0,6171	0,001102	0,3076	675	2756	2081
0,34	138,0	0,001079	0,5390	580	2729	2149	165	0,7000	0,001108	0,2730	697	2761	2064
0,36	140,0	0,001080	0,5109	589	2731	2142	170	0,7916	0,001114	0,2430	719	2767	2048
0,38	141,9	0,001082	0,4856	597	2734	2137	175	0,8924	0,001121	0,2169	741	2772	2031
0,40	143,7	0,001084	0,4627	605	2736	2131	180	1,003	0,001127	0,1940	763	2776	2013
0,45	148,0	0,001089	0,4142	624	2741	2117	185	1,124	0,001134	0,1740	785	2781	1996
0,50	151,9	0,001093	0,3751	640	2746	2106	190	1,257	0,001142	0,1563	808	2785	1977
0,60	158,9	0,001101	0,3159	671	2754	2083	195	1,401	0,001149	0,1408	830	2789	1959
0,70	165,0	0,001108	0,2731	697	2761	2064	200	1,558	0,001157	0,1271	852	2793	1941
0,80	170,4	0,001115	0,2406	721	2767	2046	205	1,729	0,001165	0,1149	875	2796	1921
0,90	175,4	0,001121	0,2151	743	2772	2029	210	1,914	0,001173	0,1049	898	2799	1901
1,00	179,9	0,001127	0,1946	763	2776	2013	215	2,113	0,001181	0,094420	921	2801	1880
1,1	184,0	0,001133	0,1776	781	2780	1999	220	2,329	0,001190	0,085820	944	2803	1859
1,2	187,9	0,001139	0,1634	798	2784	1986	225	2,560	0,001199	0,078120	967	2805	1838
1,3	191,5	0,001144	0,1513	814	2787	1973	230	2,809	0,001209	0,071220	990	2806	1816
1,4	195,0	0,001149	0,1409	830	2789	1959	235	3,076	0,001219	0,065020	1014	2806	1792
1,5	198,2	0,001154	0,1318	844	2792	1948	240	3,362	0,001229	0,0594300	1038	2806	1768
1,6	201,3	0,001159	0,1239	858	2794	1936	245	3,668	0,001240	0,054390	1062	2805	1743
1,7	204,2	0,001163	0,1168	871	2796	1925	250	3,994	0,001251	0,049840	1086	2804	1718
1,8	207,0	0,001168	0,1105	884	2797	1913	255	4,341	0,001263	0,045710	1110	2802	1692
1,9	209,6	0,001172	0,1048	896	2799	1903	260	4,711	0,001275	0,041960	1135	2799	1664
2,0	212,2	0,001176	0,099660	908	2800	1892	265	5,104	0,001289	0,038560	1160	2796	1636
2,2	217,1	0,001185	0,09076	930	2802	1872	270	5,521	0,001302	0,035460	1185	2792	1607
2,4	221,6	0,001193	0,08329	951	2804	1853	275	5,962	0,001317	0,032630	1211	2787	1576
2,6	225,8	0,001201	0,07693	971	2805	1834	280	6,429	0,001332	0,030040	1237	2781	1544
2,8	229,8	0,001208	0,07145	989	2806	1817	285	6,923	0,001349	0,027670	1263	2774	1511
3,0	233,6	0,001216	0,06668	1007	2806	1799	290	7,444	0,001366	0,025500	1290	2767	1477
3,2	237,2	0,001223	0,06248	1024	2806	1782	295	7,993	0,001385	0,023510	1317	2758	1441
3,4	240,6	0,001230	0,05876	1041	2806	1765	300	8,571	0,001404	0,021670	1345	2748	1403
3,6	243,9	0,001237	0,05544	1056	2806	1750	305	9,179	0,001425	0,019980	1377	2738	1361
3,8	247,1	0,001244	0,05245	1072	2805	1733	310	9,817	0,001448	0,019410	1402	2726	1324
4,0	250,1	0,001251	0,04976	1086	2804	1718	315	10,490	0,001473	0,016970	1432	2713	1281
4,2	253,0	0,001258	0,04731	1100	2803	1703	320	11,190	0,001499	0,015620	1463	2699	1236
4,4	255,8	0,001265	0,04507	1114	2802	1688	325	11,920	0,001529	0,014380	1494	2683	1189
4,6	258,5	0,001272	0,04303	1128	2800	1672	330	12,840	0,001561	0,013000	1526	2664	1138
4,8	261,2	0,											

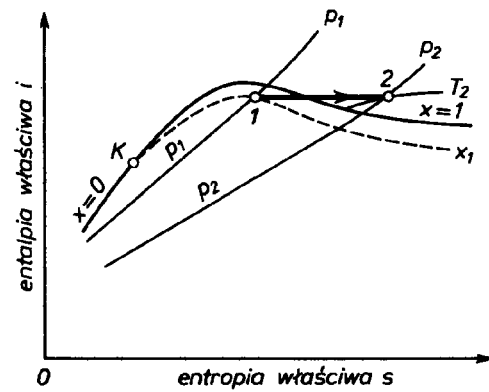


PRZEMIANY CHARAKTERYSTYCZNE PARY WODNEJ:

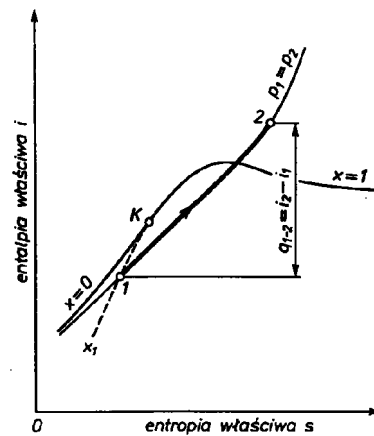
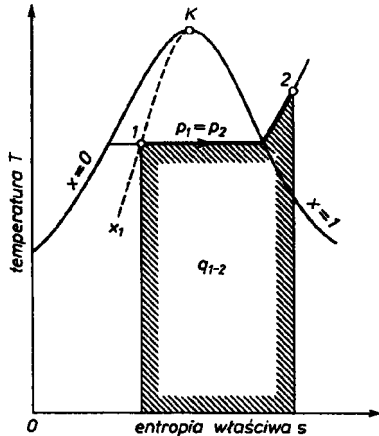
izochora:



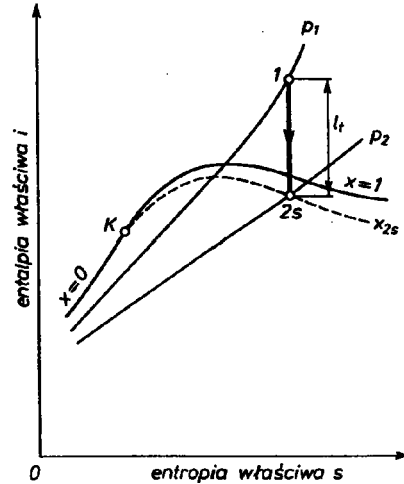
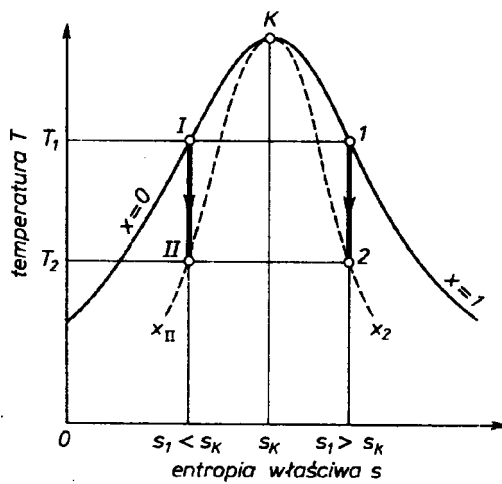
dławienie izentalpowe (i=idem):



izobara:



izentropa:



adiabatą nieodwracalną:

