Wprowadzenie do chłodnictwa, część 1

informacje ogólne, wprowadzające

17.10.2024r.

mgr inż. Grzegorz Toczek

SZKOŁY PARTNERSKIE
VIESMANN

- Witam serdecznie w **najciekawszej dziedzinie techniki**, która łączy w sobie wszystkie znane dziedziny techniczne. Główne dziedziny techniki, z którymi będziemy mieli do czynienia to termodynamika (przepływ ciepła, przemiany fazowe), fizyka, elektrotechnika (praktycznie elektryka), automatyka (sterowanie), mechanika techniczna i mechanika płynów), technologia materiałowa i żywności, technika pomiarowa (pomiary wielkości elektrycznych i nieelektrycznych), prawo (regulacja prawne w tym środowiskowe, bhp, sanitarno-epidemiologiczne, budowlane), chemia, sieci komunikacyjne (przesyłanie danych), inne.
- Wszystkie te dziedziny będą w bezpośrednim odniesieniu do produktów spożywczych i/lub komfortu cieplnego człowieka lub procesów technologicznych.

mgr inż. Grzegorz Toczek – energetyk, rzeczoznawca z dziedzin chłodnictwo, klimatyzacja przemysłowe i komercyjne, sprężarkowe, absorpcyjne, pompy ciepła, nauczyciel, przedsiębiorca, inspektor nadzoru, instruktor praktycznej nauki zawodu, biegły sądowy. W branży chłodniczej pracuje bez przerwy od 1998 roku.

Kilka uwag wprowadzających

- Uczenie się polega na kilkukrotnym powtórzeniu treści lub czynności w celu ich zapamiętania.
- Nauczenie się określonych treści wymaga czasu – przede wszystkim uczącego się, nie nauczającego.
- Technikum nie jest jednodniowym kursem zakończonym egzaminem z niskimi wymaganiami. To szkoła średnia zakończona egzaminami państwowymi.
- W ramach szkoły partnerskiej Akademii Viessmann otrzymujecie Państwo bardzo dużo informacji w stosunkowo krótkim czasie. Od Państwa zależy ile z tych informacji jesteście w stanie zapamiętać. Nie zostawiamy tych treści do nauczenia się na potem.

- W każdej dziedzinie są pewne fundamentalne wiadomości i umiejętności, które należy posiąść.
- Czekają Państwa dwa egzaminy. Każdy składa się z części teoretycznej i części praktycznej. Egzamin pierwszy (na pierwszą kwalifikację) to egzamin z teorii i z wykonania pewnych prac. Egzamin drugi (na drugą kwalifikację) to egzamin z teorii i z wykonania dokumentacji – obliczeń. **Egzamin z wykonania dokumentacji (obliczeń) jest najbardziej wymagający.**
- Przygotowanie się do egzaminu (egzaminy z poprzednich lat): Arkusze.pl → egzamin zawodowy elektryczno-elektroniczny →
  - Technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnych
    - Kwalifikacja ELE10 Montaż i uruchamianie urządzeń i systemów energetyki odnawialnej
    - Kwalifikacja ELE11 Eksploatacja urządzeń i systemów energetyki odnawialnej
  - Technik chłodnictwa i klimatyzacji
    - Kwalifikacja ELE03 Wykonywanie robót związanych z montażem instalacji i urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych oraz pomp ciepła
    - Kwalifikacja ELE04 Eksploatacja i organizacja robót związanych z montażem instalacji i urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych oraz pomp ciepła

- Kwalifikacje związane z technikiem chłodnictwa i klimatyzacji w poprzednich latach były oznaczone E30, E31, EE15 i EE16 z tych arkuszy egzaminacyjnych można również korzystać przygotowując się do egzaminu w zawodzie Technik chłodnictwa i klimatyzacji.
- Każdy słuchacz Akademii Viessmann powinien indywidualnie i samodzielnie zaangażować się w naukę poprzez odsłuchiwanie wykładów, udział w zajęciach praktycznych (zjazdy w oddziałach) i odbycie indywidualnych praktyk zawodowych.

ZATEM OD DZISIAJ KAŻDY Z PAŃSTWA PODEJMUJE STARANIA, ABY NAUCZYĆ SIĘ I ZDAĆ EGZAMINY PAŃSTWOWE.

Polecane książki

Marian Rubik „Chłodnictwo i pompy ciepła”
Tadeusz Fodemski „Domowe i handlowe urządzenia chłodnicze”
Ullrich Hans-Jurgen, „Technika chłodnicza. Poradnik.” Tom 1 i 2.
Ullrich Hans-Jurgen, „Technika klimatyzacyjna”
Andrzej Wesołowski „Automatyzacja urządzeń chłodniczych”
S. A. Andersen „Automatyczne urządzenia chłodnicze”
Zygmunt Starowicz „Poradnik montera chłodniczego”
Wojciech Zalewski „Pompy ciepła”
Wydawnictwo WNT „Pomiary cieplne, część 1 i 2”
Aleksander Pełech „Wentylacja i klimatyzacja”
Wytyczne projektowania i stosowania instalacji z rur miedzianych, Wymagania techniczne COBRTI INSTAL, Zeszyt 10
Recknagel, Sprenger, Schramek „Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda, chłodnictwo”
Haynes „Auto Poradnik Klimatyzacja”
Konrad Kalinowski „Amoniakalne urządzenia chłodnicze” tom 1 i 2
Anna Charkowska „Zanieczyszczenia w instalacjach klimatyzacyjnych i metody ich usuwania”
Bolesław Gaziński „Przechowalnictwo żywności”
Kazimierz Gutkowski, Dariusz Butrymowicz „Chłodnictwo i klimatyzacja”
i wiele innych

Wielkości fizyczne

Zjawiska fizyczne opisywane są przy pomocy wielkości fizycznych. Wielkości fizyczne posiadają swoje oznaczenia, jednostki oraz wartość. Wielkość fizyczna to właściwość materiału lub układu, którą można określić ilościowo za pomocą pomiaru.

Przykłady:

nazwa	oznaczenie	przykładowa wartość	jednostka	zapis
masa	m	90	kg	m=5kg
temperatura	t	-86	°C	t=-86°C
ciśnienie	p	25	bar	p=25bar

- Znajomość liter greckich jest niezbędna, gdyż będą one pojawiać się we wzorach, na wykresach itp.

$A\ \alpha$ alfa	$H\ \eta$ eta	$N\ \nu$ ni	$T\ \tau$ tau
$B\ \beta$ beta	$\Theta\ \vartheta$ teta	$\Xi\ \xi$ ksi	$Y\ \upsilon$ ypsilon
$\Gamma\ \gamma$ gamma	$I\ \iota$ jota	$O\ o$ omikron	$\Phi\ \varphi$ fi
$\Delta\ \delta$ delta	$K\ \kappa$ kappa	$\Pi\ \pi$ pi	$X\ \chi$ chi
$E\ \varepsilon$ epsilon	$\Lambda\ \lambda$ lambda	$P\ \rho$ ro	$\Psi\ \psi$ psi
$Z\ \zeta$ zeta	$M\ \mu$ mi	$\Sigma\ \sigma$ sigma	$\Omega\ \omega$ omega

- Znajomość przedrostów wielokrotności i podwielokrotności jest niezbędna gdyż będziemy mieli do czynienia z różnymi wartościami wielkości fizycznych a te przedrostki będą dopisane do jednostek.

Wielokrotności			Podwielokrotności		
Mnożnik	**Nazwa**	**Symbol**	**Mnożnik**	**Nazwa**	**Symbol**
10^{1}	deka	da	10^{-1}	decy	d
10^{2}	hekto	h	10^{-2}	centy	c
10^{3}	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^{6}	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^{9}	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	eksa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Przykłady:
$10^{2}Pa=hPa$
$10^{6}bar=Mbar$
$10^{-12}=pF$
$10^{-3}=mA$

To jest $^{\text{indeks górny}}$.

To jest $_{\text{indeks dolny}}$.

Indeks górny najczęściej jest potęgą.
Indeks dolny jest opisem punktu w przemianie termodynamicznej

t^2_B

temperatura w punkcie B do kwadratu

PODSTAWOWE JEDNOSTKI UKŁADU SI							
nazwa	**metr**	**kilogram**	**sekunda**	**amper**	**kelwin**	**mol**	**kandela**
symbol	m	kg	s	A	K	mol	cd
wielkość	długość	masa	czas	natężenie prądu	temperatura	liczność materii	światłość

Jednostka	MPa	bar	mbar	PSI	Pa	kPa
1 MPa =	1	10	10 000	145,04	1 000 000	1000
1 bar =	0,1	1	1000	14,504	100 000	100
1 mbar =	0,0001	0,001	1	0,0145	100	0,1
1 PSI =	0,0069	0,06895	68,9476	1	6894,76	6,89476
1 Pa =	0,000001	0,00001	0,01	0,000145	1	0,001
1 kPa =	0,001	0,01	10	0,145	1000	1

micron	mbar	bar	Pa
1	0,00133	0,00000133	0,133
15	0,01995	0,00001995	1,995
25	0,03325	0,00003325	3,325
75	0,1		10
100	0,133	0,000133	13,3
200	0,266	0,000266	26,6
400	0,532	0,000532	53,2
600	0,798	0,000798	79,8
1000	1,33	0,00133	133
2000	2,66	0,00266	266
8000	10,64	0,01064	1064
503,759	**0,67**	0,00067	67
2030,08	2,7	0,0027	**270**
		1	

- Aby zrozumieć treść wykładu wymagana jest znajomość wielkości fizycznych, oznaczeń i ich jednostek.

Nazwa wielkości	Oznaczenie	Jednostka	Nazwa jednostki	Wzór
ciepło	Q	J	dżul	
temperatura bezwzględna	T	K	kelwin	
temperatura (względna)	t	°C	stopnie celsjusza	
różnica temperatur	ΔT	K	stopnie kelwina	
entalpia właściwa	h, i	J/kg	dżul na kilogram	
entropia właściwa	s	J/(kg·K)	dżul na kilogram kelwin	
ciśnienie	p	bar, Pa	bar, paskal	
objętość właściwa	v	m^3/kg	metr sześcienny na kilogram	
gęstość właściwa	ϱ	kg/m^3	kilogram na metr sześcienny	
masa	m	kg	kilogram	
pole powierzchni	A	m^2	metry kwadratowe	
długość, grubość	l, d, δ	m	metry	
wysokość	h	m	metry	
czas	t	s, h	sekunda	
liczba obrotów na minutę	n	rpm, min^{-1}	rotate per minute, 1/minuta	
strumień masy	$\dot{m}$	kg/s	kilogram na sekundę	
strumień ciepła	Q (z kropką)	J/s; W	dżul na sekundę, wat	
moc elektryczna	P_{el}	W	wat	
wydajność chłodnicza	Q_0 (z kropką)	W	wat	
wydajność grzewcza	Q_g (z kropką)	W	wat	
ciepło właściwe	c	J/(kgK)	dżul na kilogram kelwin	
współczynnik przewodzenia	λ	W/(mK)	wat na metr kelwin	
współczynnik wnikania	α	$W/(m^2K)$	wat na metr kwadrat kelwin	
współczynnik przenikania	k	$W/(m^2K)$	wat na metr kwadrat kelwin	
strumień objętości	V (z kropką)	(m^3/s)	metry sześcienne na sekundę	
siła	F	N	niuton	
stopień nasycenia	x	bez jednostki		

Wielkości fizyczne „cieplne”

Nazwa wielkości	Oznaczenie	Jednostka	Nazwa jednostki	Wzór
Napięcie elektryczne	U	V	wolt	$U=R\cdot I$
Natężenie prądu elektrycznego	I	A	amper	$I=U/R$
Rezystancja, opór elektryczny	R	Ω	om	$R=U/I$
Moc czynna	P	W	wat	$P=U\cdot I$
Moc bierna	Q	VAr	war	$Q=UI\sin\varphi$
Moc pozorna	S	VA	woltoamper	$S^2=P^2+Q^2$
Współczynnik mocy	cos φ	bez jednostki		$\cos\varphi=P/S$
Napięcie źródłowe, siła elektromotoryczna, sem	E	V	wolt	$E=Q/(4\pi\varepsilon r^2)$
Pojemność elektryczna	C	F	farad	
Indukcja elektryczna	D	C/m^2	kulomb na metr kwadratowy	
ładunek elektryczny	Q	C	kulomb	
spadek napięcia	ΔU	V	wolt	
natężenie pola elektrycznego	E	V/m^2	wolt na metr kwadratowy	
rezystywność (opór właściwy)	ϱ	Ωm	omometr	
współczynnik temperaturowy rezystancji	α	$1/K, K^{-1}$	odwrotność kelwina	
okres	T	s	sekunda	
częstotliwość	f	Hz	herc	
pulsacja	ω	rad/s	radian na sekundę	
temperatura użytkowa	θ (mała teta), t	°C	stopień celsjusza	
Indukcja magnetyczna	B	T	tesla	
Strumień magnetyczny	Φ	Wb	weber	
reluktancja	R_m	1/H	odwrotność henra	

Wielkości fizyczne „elektryczne”

Pojęcia podstawowe

Chłodnictwo - dziedzina techniki zajmująca się obniżaniem temperatury. Jest to realizowane przy użyciu różnych obiegów termodynamicznych. Są one opisywane temperaturą dolnego i górnego źródła. Ilość energii przenoszona w czasie jest opisywana parametrem nazwanym wydajnością chłodniczą.

Ciepło samorzutnie przepływa z wyższej temperatury do niższej. Aby przenieść je z niższej do wyższej potrzebny jest obieg termodynamiczny z energią napędową.

Wykorzystanie chłodnictwa: priorytet główny to obniżanie temperatury, priorytet niższy to grzanie.

Obieg termodynamiczny jest to cykl powtarzających przemian termodynamicznych.

Przemiana termodynamiczna jest to zmiana stanu termodynamicznego (opisanego przez temperaturę, ciśnienie, gęstość) substancji chemicznej. Przykłady: parowanie (wrzenie), skraplanie (kondensacja), sprężanie, rozprężanie (dławienie).

Ze względu na zakresy uzyskiwanych temperatur dzielimy je na:

- wysokotemperaturowe (od +8°C do +15°C),
- średniotemperaturowe (od -1°C do +6°C),
- niskotemperaturowe (od -35°C do -16°C),
- ultra-niskotemperaturowe (od -90°C do -50°C).

Od temperatury -90°C w dół do zera bezwzględnego to dział techniki zwany kriogeniką.

Ze względu na wielkość wydajności chłodniczej w odniesieniu do realizowanego procesu chłodnictwo dzielimy na:

- komercyjne,
- przemysłowe.

Ze względu na rodzaj sprężarki chłodnictwo dzielimy na:

- sprężarkowe - tłokowe, rotacyjne (spiralne, łopatkowe), śrubowe, odśrodkowe (np. z łożyskami magnetycznymi),
- absorpcyjne („sprężarka termiczna" – warnik, absorber, pompa cieczy).

Ze względu na miejsce montażu chłodnictwo dzielimy na:

- stacjonarne,

- w transporcie.

Chłodnictwo obejmuje swoim zakresem klimatyzację i pompy ciepła.

Klimatyzacja – dziedzina techniki zajmująca się obniżaniem temperatury w zakresie temperatur dodatnich, w wąskim przedziale temperatur. Obowiązuje w niej teoria i zasady z chłodnictwa.

Pompy ciepła – dziedzina techniki zajmująca się ogrzewaniem. Z tego względu rozwiązania pomp ciepła są łączone z systemami grzewczymi. Głównym priorytetem działania pompy ciepła jest ogrzewanie. Pompy ciepła wykorzystują te same zasady i tą samą teorię obowiązujące w chłodnictwie.

Wszystkie ww dziedziny wykorzystują do swoich obiegów termodynamicznych czynniki chłodnicze (naturalne i syntetyczne) i chłodziwa (płyny i instalacyjne).

- Chłodnictwo, klimatyzacja i pompy ciepła związane są często z przepływem powietrza, zatem ww dziedziny powiązane są z wentylacją. **Wentylacja** to dziedzina techniki zajmująca się systemami dystrybucji powietrza, teorią i praktyką związaną z przepływem powietrza.
- Wentylacja to dziedzina wykorzystująca dodatkowe urządzenia, narzędzia, technologie.
- Pompy ciepła powiązane są z systemami dystrybucji ciepłej wody użytkowej oraz ciepła do ogrzewania. To dziedzina wykorzystująca dodatkowe urządzenia, narzędzia i technologie.

Refrigeration Power Packs:

MaxiCO$_2$OL® compact

PowerCO$_2$OL™ (Chiller)

Air-cooled condensers & Gas Coolers:

Tenor®

Air Coolers:

SoloCO$_2$OL® & Duo™

SMC 116 single-beam reciprocating compressor unit with UniSAB systems controller

- **Chłodzeniem** nazywamy proces fizyczny polegający na odbieraniu energii termicznej z ciała lub ośrodka w celu obniżenia lub utrzymania jego temperatury.
- Proces chłodzenia może być realizowany na dwa sposoby:
  - **Naturalny** – przez wykorzystywanie chłodziwa o temperaturze niższej od temperatury otoczenia. Chłodziwem może być wód ze studni głębinowych, naturalny lód wodny lub wodny roztwór soli.
  - **Sztuczny** – polega na wykorzystaniu czynnika chłodniczego podlegającego procesom termodynamicznym zamkniętym dzięki którym możliwe jest uzyskania niskich temperatur. Sztuczny proces chłodzenia był dawniej nazywany ziębieniem a czynnik uczestniczący w tym procesie ziębnikiem.
- **Czynnik chłodniczy** jest to substancja chemiczna (jednorodna lub wieloskładnikowa, naturalna lub syntetyczna) zmieniająca swój stan skupienia (najczęściej pomiędzy cieczą a gazem) w obiegu termodynamicznym. Zmienia swoje ciśnienie, temperaturę. Transportuje ciepło w zamkniętym, powtarzającym się układzie chłodniczym.
- **Chłodziwo** jest to płyn instalacyjny (np. glikol etylenowy, propylenowy itp). Nie zmienia stanu skupienia a jedynie swoją temperaturę. Transportuje ciepło.

- Podstawę działania urządzeń chłodniczych i pomp ciepła stanowią dwie pierwsze zasady termodynamiki. Zasady te mogą mieć różne sformułowania.

Pierwsza zasada termodynamiki (sformułowanie zasady zachowania energii)

Suma mocy doprowadzonych do układu jest równa sumie energii odprowadzonych z tego układu.

$$Q_o + P = Q_k$$

- Q_o – wydajność chłodnicza, [kW]
- P – moc elektryczna napędowa sprężarki chłodniczej, [kW]
- Q_k – wydajność skraplania (wydajność grzewcza w pompach ciepła), [kW]

Druga zasada termodynamiki

Przekazanie energii cieplnej źródła o temperaturze niższej do źródła o temperaturze wyższej wymaga doprowadzenie pewnej ilości energii napędowej.

W urządzeniach chłodniczych sprężarkowych jest dostarczana praca zewnętrzna.

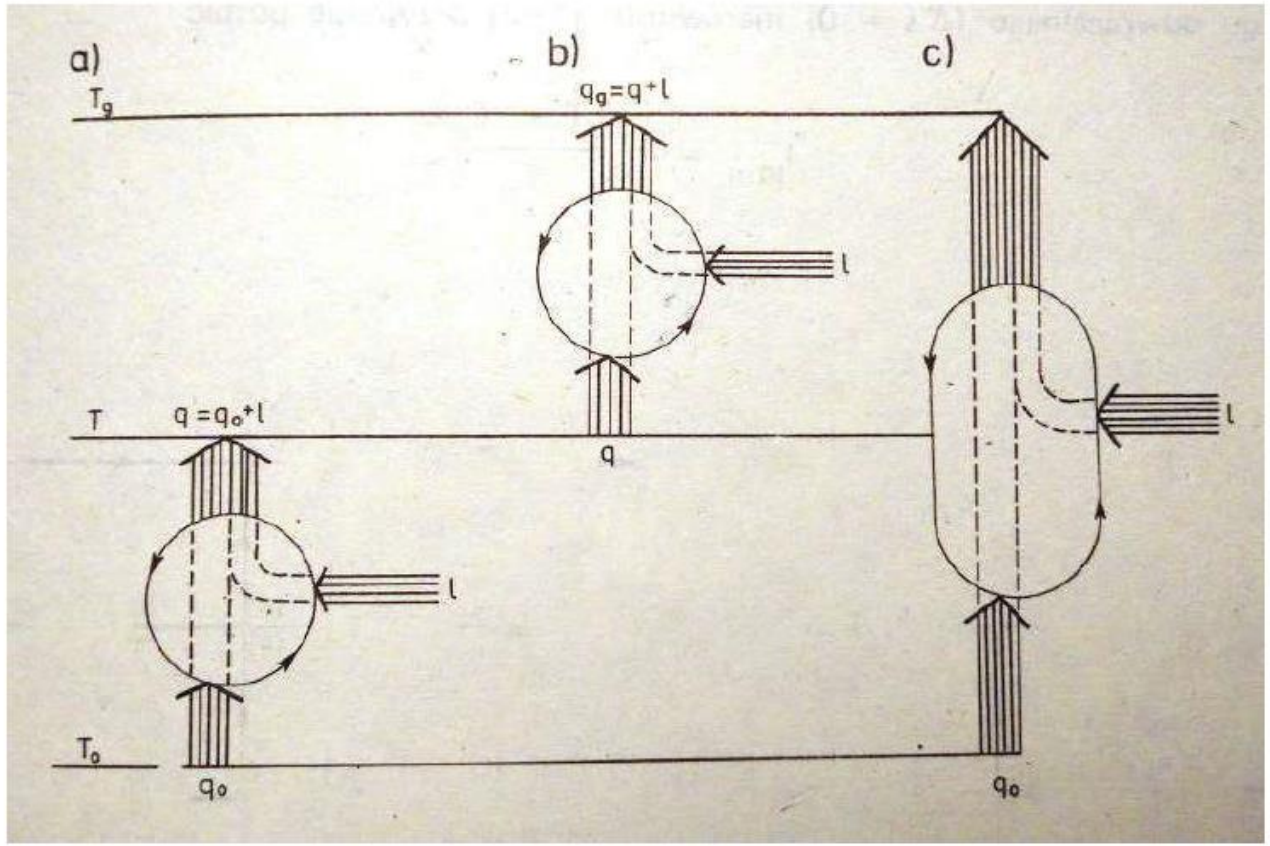
W urządzeniach chłodniczych absorpcyjnych jest dostarczane ciepło napędowe.

Proces podnoszenia potencjału cieplnego klasyfikuje się w zależności od wartości temperatur:

T_o - temperatura źródła dolnego

T - temperatura otoczenia

T_g - temperatura źródła górnego



a) obieg chłodniczy

b) obieg grzejny (pompa ciepła)

c) skojarzony obieg grzajno-chłodzący

- Dla urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła zachodzi zależność

$$T_d<T<T_g$$

gdzie:

T_d – temperatura dolnego źródła ciepła, w urządzeniu chłodniczym, klimatyzacji jest to temperatura przestrzeni chłodzonej (może wynosić +15^{o}C, +5^{o}C, 0^{o}C, -1^{o}C, -20^{o}C, -35^{o}C, -86^{o}C itd. aż w okolice -273,15^{o}C (0K) – przy czym temperatura 0K nie jest osiągalna.)

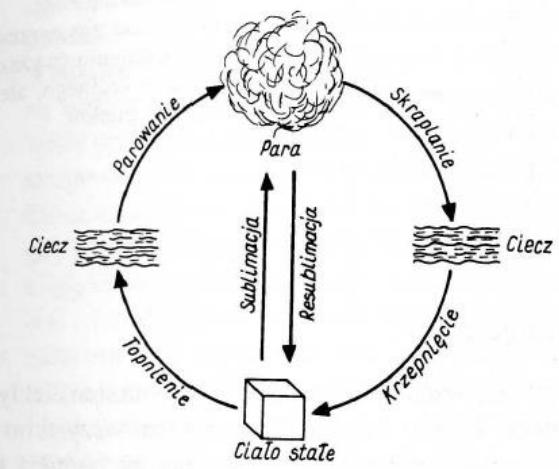
T – temperatura otoczenia, temperatura środowiska naturalnego, zmienia się zgodnie z porami roku. Zatem dla wszystkich urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła jest ona zmienna w ciągu roku kalendarzowego.

T_g – temperatura górnego źródła ciepła, w pompie ciepła jest to temperatura przestrzeni lub medium ogrzewanego (może wynosić +30^{o}C, +55^{o}C, +70^{o}C itd. - przy czym przy pewnej temperaturze kończy się ekonomiczna opłacalność uzyskiwania tej temperatury)

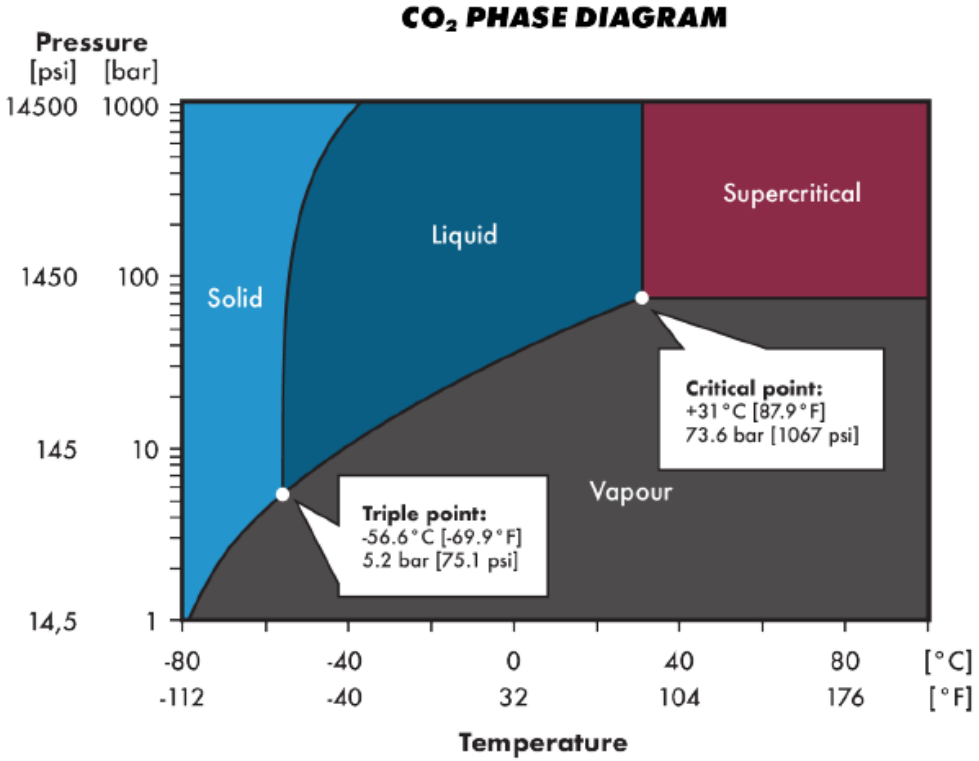
- Im dalej (w dół i w górę) jesteśmy od warunków otoczenia (temperatury otoczenia i ciśnienia otoczenia) tym jest to bardziej kosztowne. **Zatem rozsądne rozwiązania techniczne (o ile nie są wymagane przez technologię) powinny dążyć do jak najmniejszej „odległości” od warunków otoczenia.**

Stany skupienia

- Każda substancja może występować w 3 stanach skupienia
- Każda substancja posiada wykres równowagi trójfazowej.
- Wyróżniamy: ciecz, ciało stałe, gaz
- Pomiędzy tymi stanami skupienia zachodzą przemiany termodynamiczne: parowanie, skraplanie, krzepniecie, topnienie, (sublimacja i resublimacja)
- Ww stany skupienia można zobrazować na wykresie równowagi fazowej. Przykład zobrazowano np. CO2
- Wymienione przemiany są realizowane w obiegu chłodniczym



Rysunek 1.8
Schematyczny obraz zmian stanów skupienia

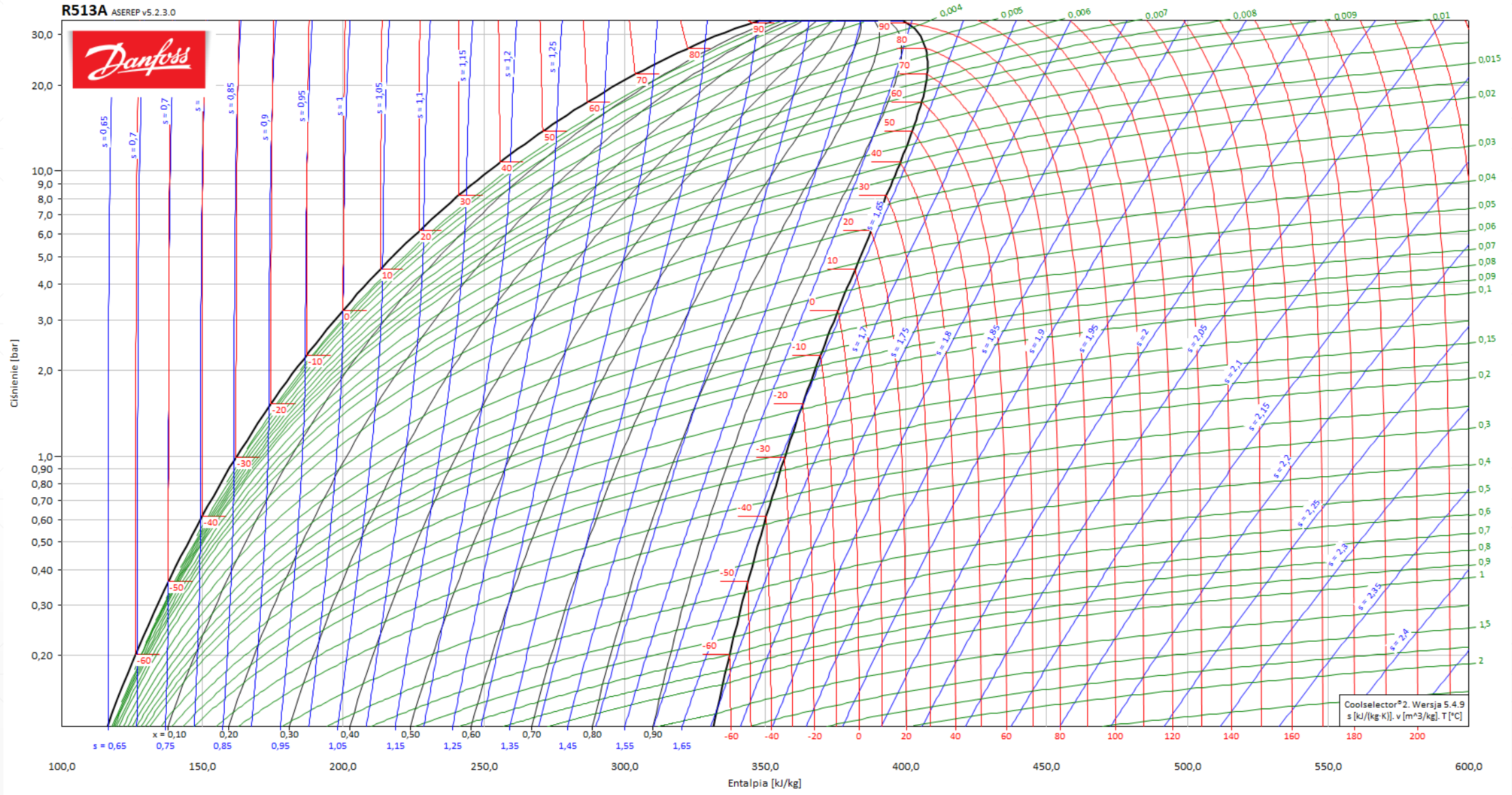


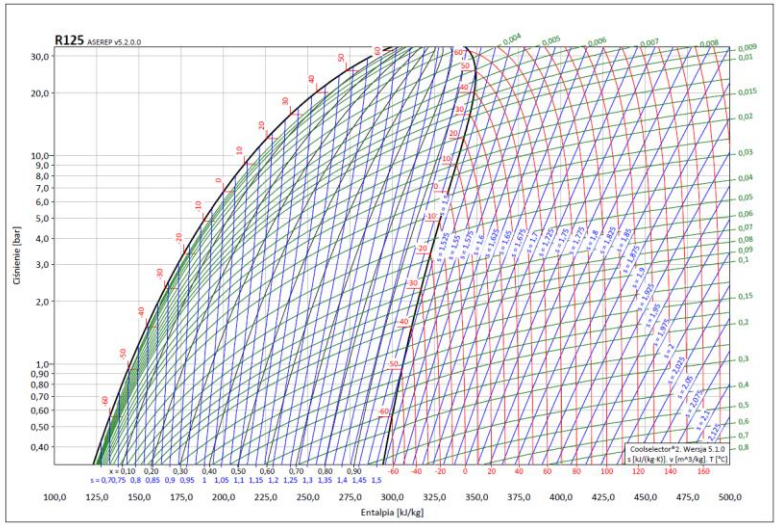
Wykres ciśnienie - entalpia

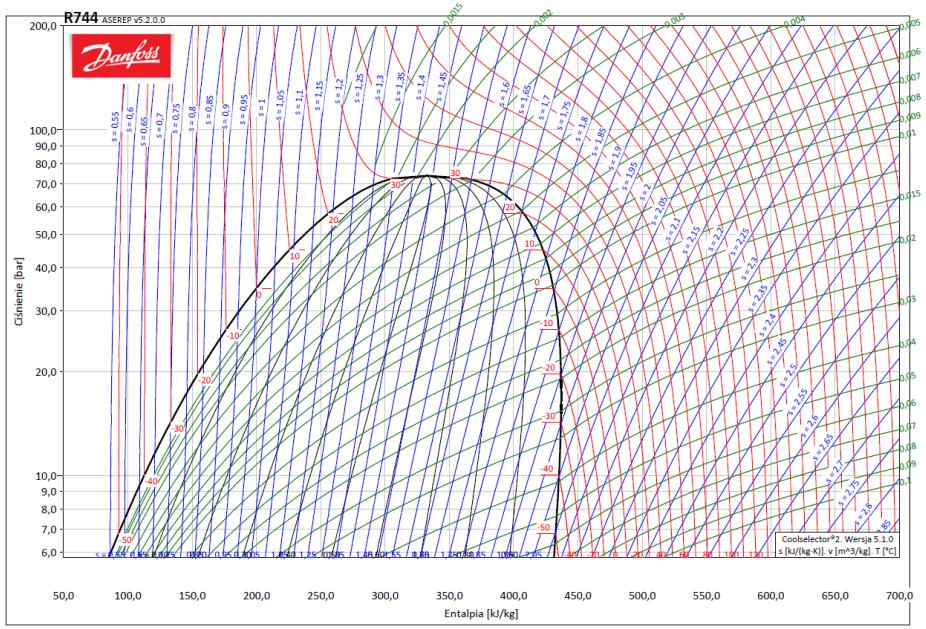
- Jest to najważniejszy wykres w chłodnictwie. Występuje dla każdego czynnika chłodniczego.
- Obrazuje zależności parametrów czynnika pomiędzy sobą. Tymi parametrami są:

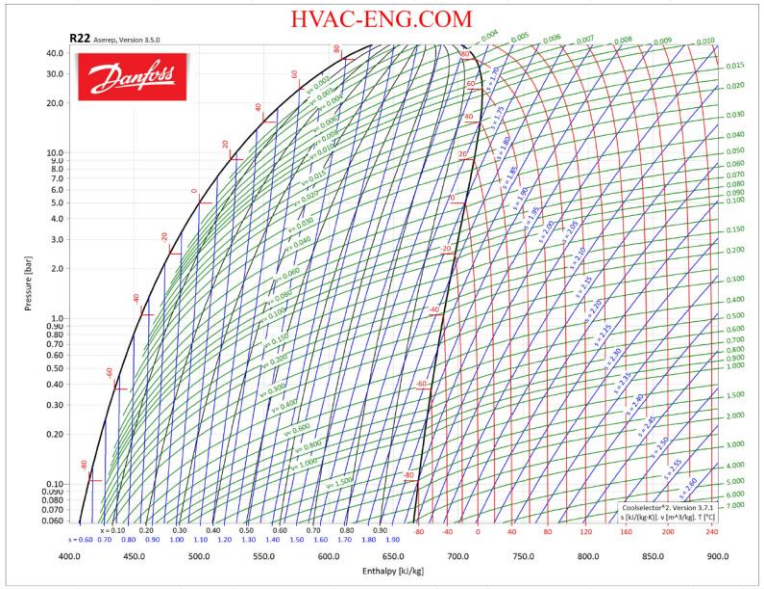
Ciśnienie p [bar], temperatura t [^{o}C] , objętość właściwa v [m^{3}/kg], entalpia i [kJ/kg], entropia s [kJ/(kgK)], stopień nasycenia x [-]

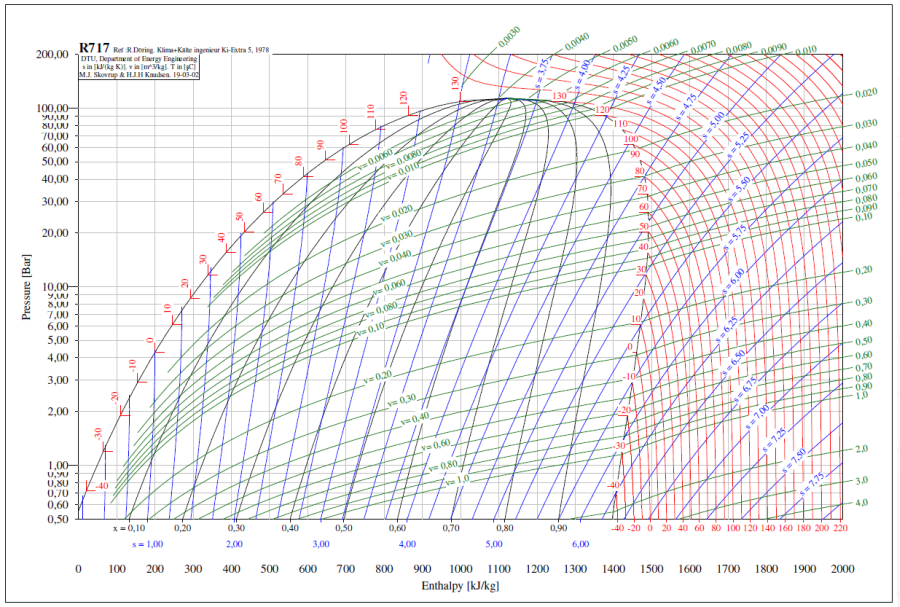
- Na tym wykresie można narysować każdy sprężarkowy obieg chłodniczy, odczytać parametry nas interesujące.
- Wykres ten służy do projektowania, analizowania i oceny układów chłodniczych.
- Przykładowy wykres czynnika chłodniczego R513A na następnej stronie.


R513A ASEREP v5.2.3.0
Ciśnienie [bar]
Entalpia [kJ/kg]
Coolselector®2. Wersja 5.4.9
s [kJ/(kg·K)]. v [m^3/kg]. T [°C]









Przykładowe wykresy ciśnienie entalpia różnych czynników chłodniczych

- Wykres ciśnienie entalpia można przedstawić w postaci tabelarycznej

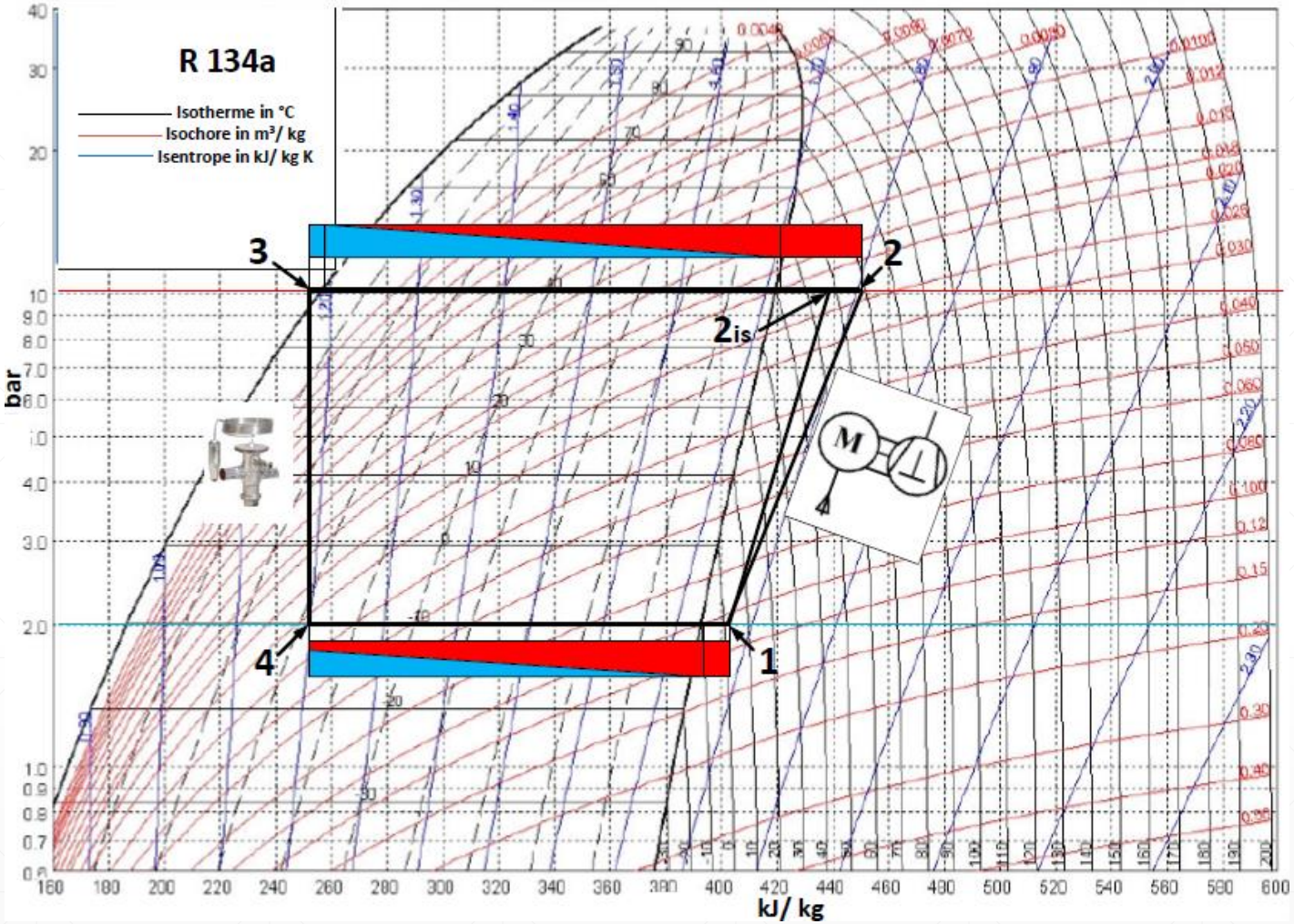
Dampftafel R134a

Temperatur	Druck	Spez. Volumen		Enthalpie		Verdamp-
		Flüssigkeit	Dampf	Flüssigkeit	Dampf	fungswärme
ϑ [°C]	p [bar]	v' [dm^3/kg]	v'' [m^3/kg]	h' [kJ/kg]	h'' [kJ/kg]	r [kJ/kg]
-50	0.30	0.692	0.596	138.4	366.5	228.1
-45	0.40	0.699	0.458	144.2	369.7	225.6
-40	0.52	0.706	0.357	150.0	372.9	222.9
-35	0.67	0.713	0.281	155.9	376.0	220.1
-30	0.85	0.720	0.224	161.9	379.1	217.2
-25	1.07	0.728	0.180	168.0	382.2	214.2
-20	1.33	0.736	0.146	174.2	385.3	211.0
-15	1.64	0.745	0.120	180.5	388.3	207.8
-10	2.01	0.753	0.099	186.9	391.3	204.4
-5	2.43	0.763	0.082	193.4	394.3	200.9
0	**2.93**	**0.772**	**0.069**	**200.0**	**397.2**	**197.2**
5	3.50	0.782	0.058	206.7	400.1	193.4
10	4.15	0.793	0.049	213.4	402.9	189.5
15	4.88	0.804	0.042	220.3	405.6	185.3
20	5.72	0.816	0.036	227.2	408.3	181.1
25	6.65	0.828	0.031	234.3	410.9	176.7
30	7.70	0.842	0.026	241.5	413.5	172.0
35	8.87	0.856	0.023	248.8	415.9	167.2
40	10.16	0.871	0.020	256.2	418.2	162.1
45	11.60	0.888	0.017	263.7	420.4	156.7
50	13.18	0.906	0.015	271.4	422.4	151.0
55	14.91	0.927	0.013	279.3	424.3	145.0
60	16.81	0.949	0.011	287.4	426.0	138.6
65	18.89	0.974	0.010	295.7	427.3	131.6
70	21.16	1.003	0.009	304.3	428.4	124.1
75	23.63	1.036	0.007	313.3	429.0	115.8
80	26.32	1.077	0.006	322.7	429.1	106.4
85	29.25	1.127	0.006	332.7	428.3	95.6
90	32.44	1.195	0.005	343.7	426.3	82.6
95	35.91	1.298	0.004	356.3	421.8	65.5
100	39.74	1.544	0.003	374.7	409.1	34.4
101.1	40.67	1.952	0.002	391.2	391.2	0.0

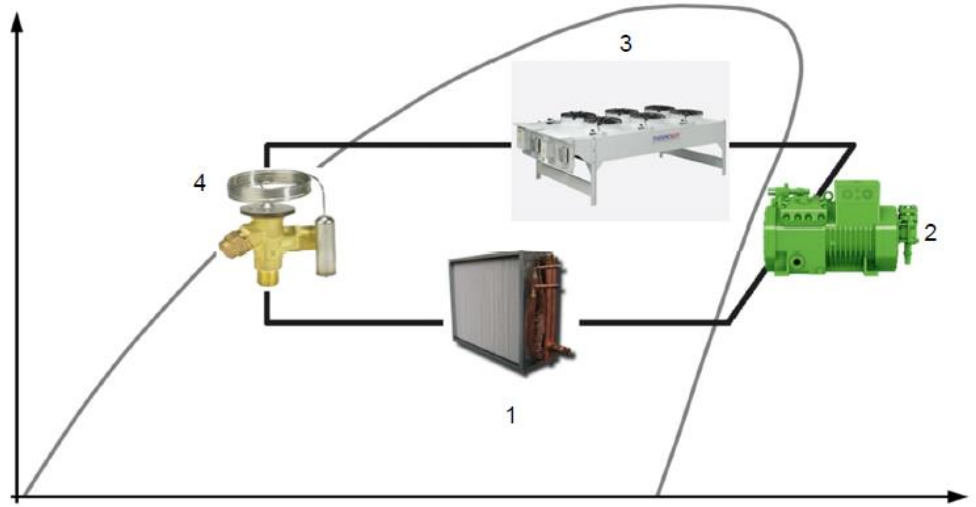
Tabelle 2-3 Dampftafel von R134a

Obieg chłodniczy

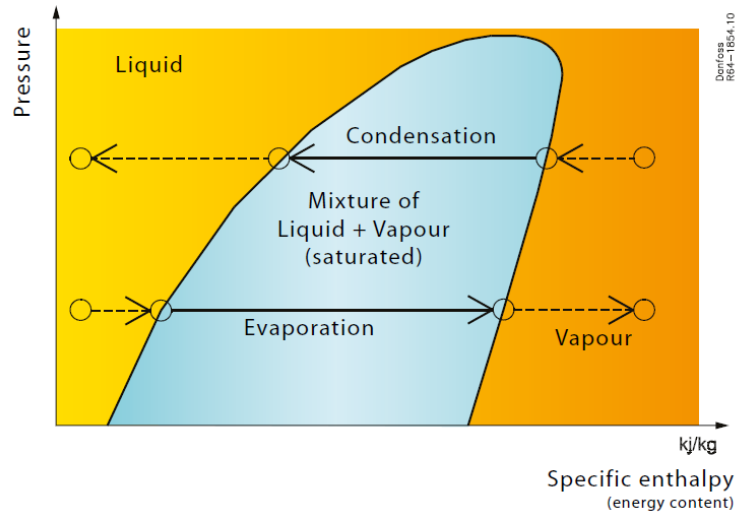
- Obieg chłodniczy będzie przedstawiany na wykresie ciśnienie-entalpia
- Ciśnienie jest to siła działająca na powierzchnię $1m^2$. Jednostką jest Pa jednak na wykresie będzie przedstawiony bar lub Mbar. Skala ciśnienia jest logarytmiczna.
- Entalpia jest to ilość energii w 1 kg danej substancji chemicznej w konkretnej temperaturze i ciśnieniu. Jednostką jest [kJ/kg]. Skala entalpii jest liniowa.
- Termodynamiczny obieg chłodniczy – to zespół cyklicznie po sobie następujących przemian stanu czynnika chłodniczego, podczas którego ciepło przenoszone jest od źródła o niższej temperaturze do źródła o wyższej temperaturze kosztem energii sprężania (pracy zewnętrznej w przypadku układów sprężarkowych) lub energii cieplnej (w przypadku układów absorpcyjnych) .
- Stan czynnika chłodniczego po zakończeniu ostatniej przemiany pokrywa się ze stanem z początku cyklu.



1-2 – sprężanie czynnika chłodniczego, 2-3 skraplanie czynnika chłodniczego, 3-4 – rozprężanie czynnika chłodniczego, 4-1 – odparowanie czynnika chłodniczego

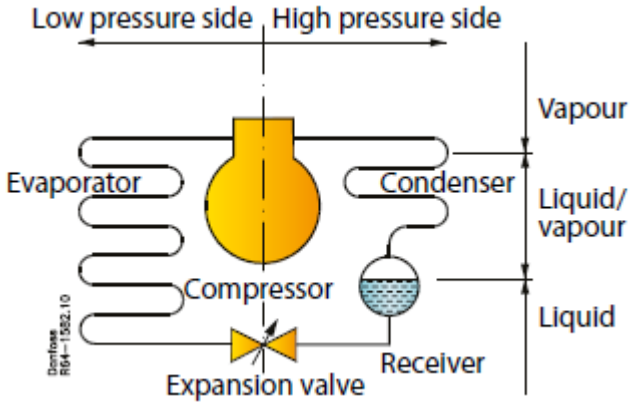


1 – parownik, 2- sprężarka, 3- skraplacz, 4 – element dławiący



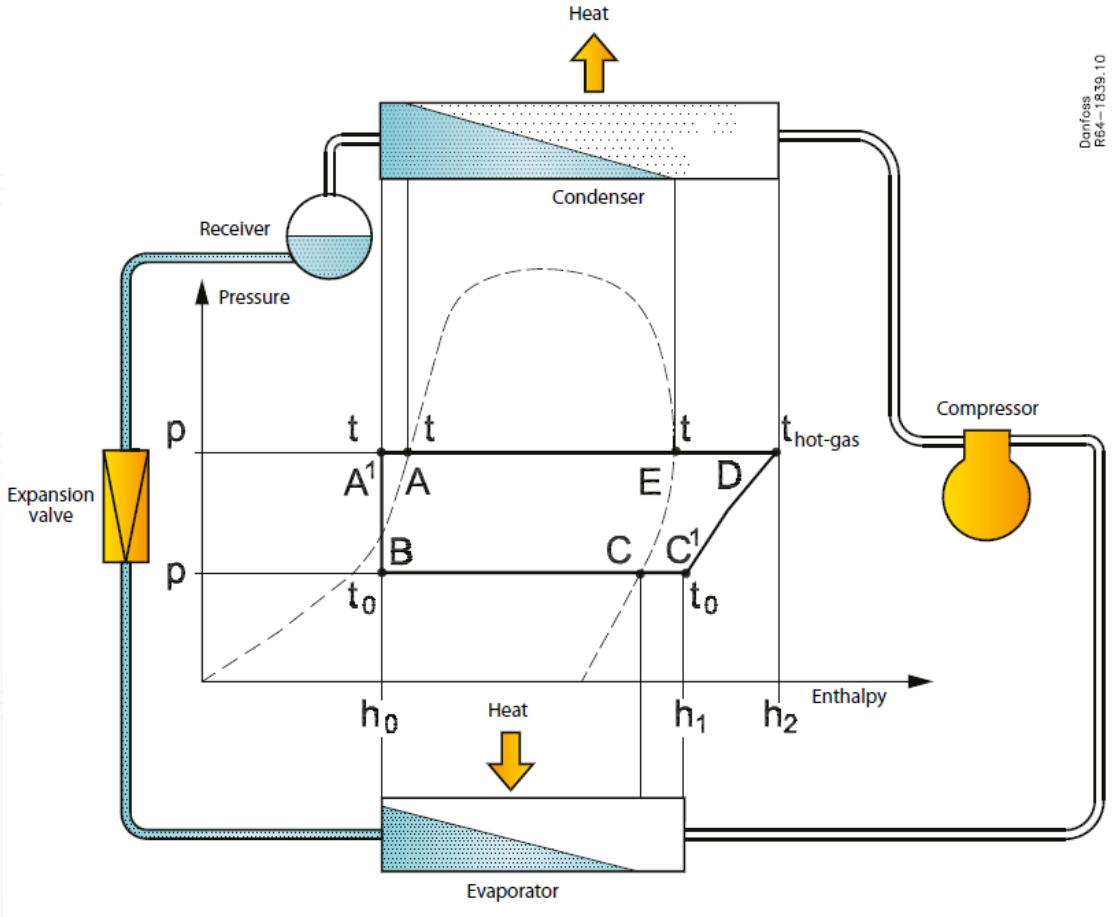
Elementy podstawowe obiegu chłodniczego

- Sprężarka (serce układu), spręża czynnik chłodniczy od niskiego ciśnienia do wysokiego ciśnienia
- Skraplacz – skrapla czynnik chłodniczy (zmiana stanu skupienia z pary przegrzanej w ciecz)
- Zawór rozprężny - obniża ciśnienia z wysokiego do niskiego ciśnienia
- Parownik – odparowuje czynnik chłodniczy (zmiana stanu skupienia z zimnej cieczy w zimną parę)

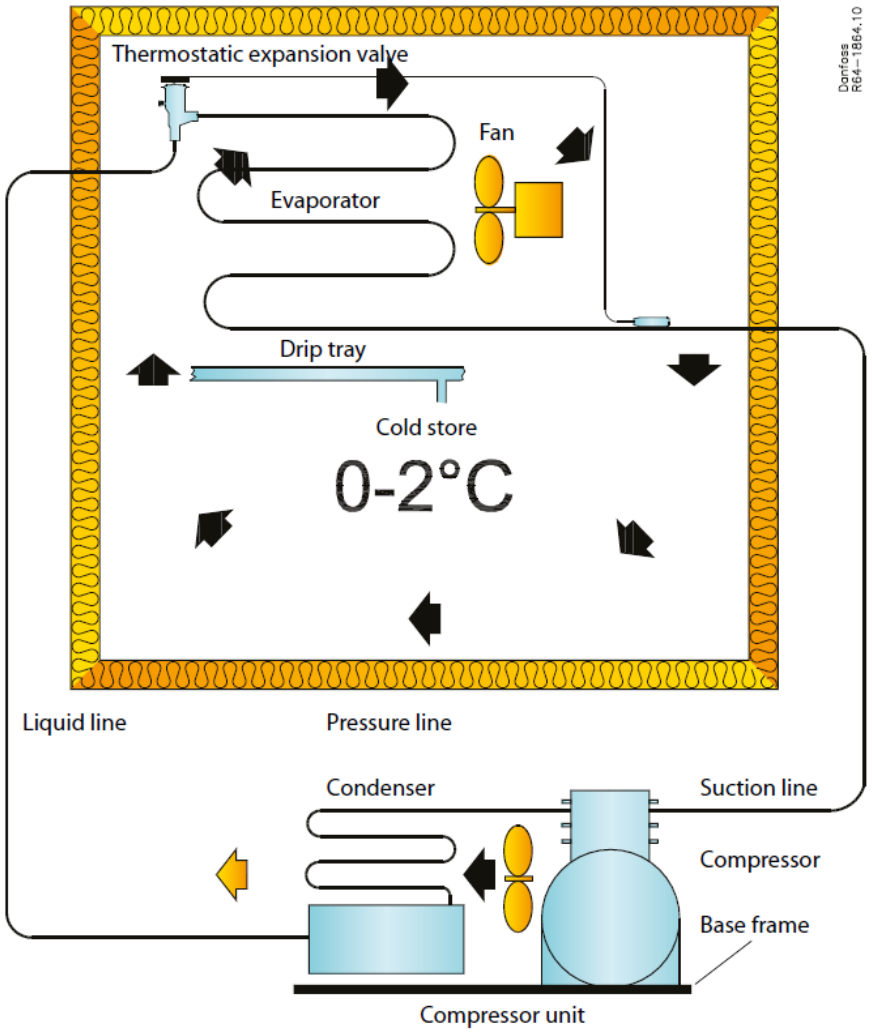


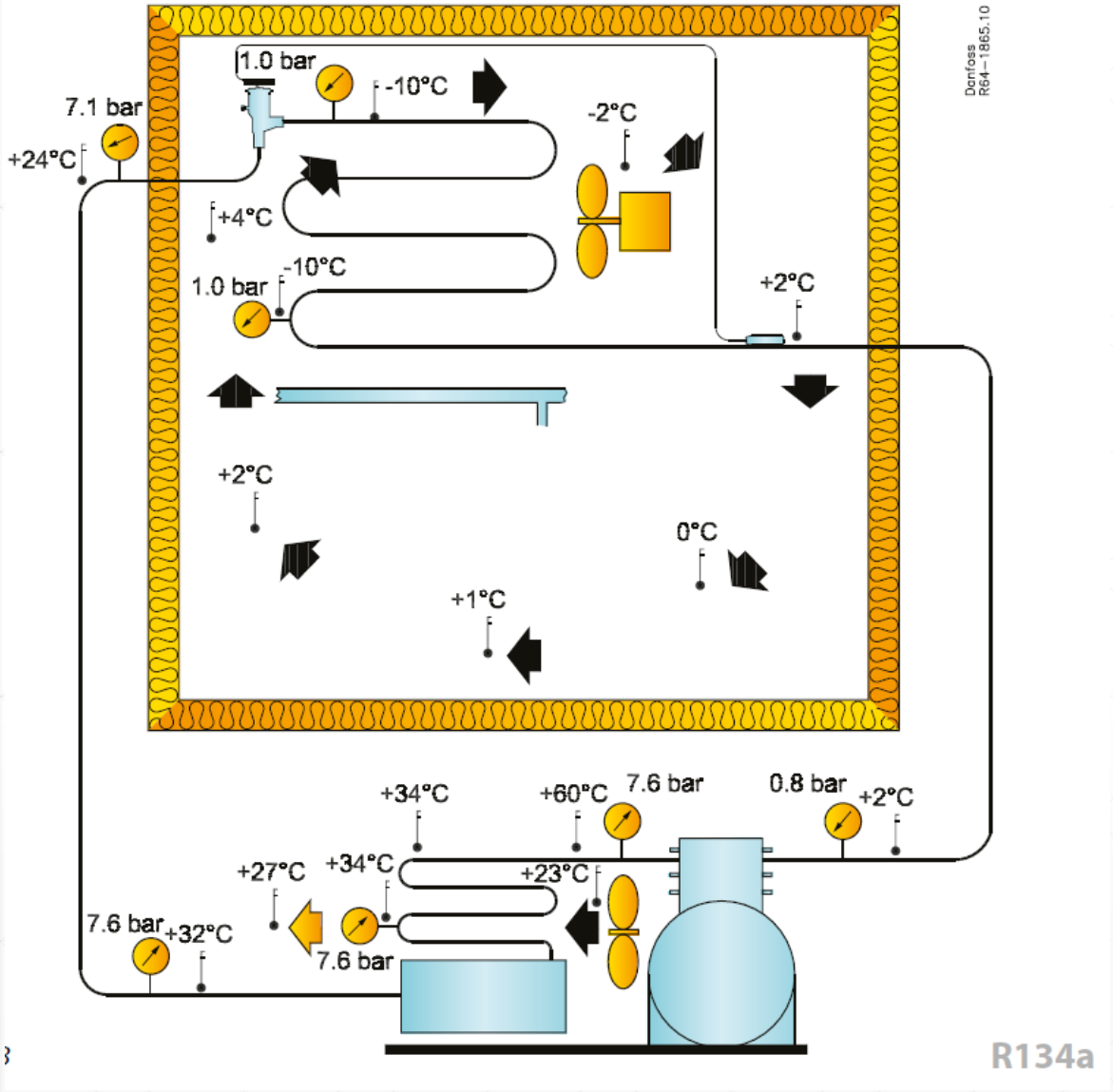
Instalacja chłodnicza jest to zespół wzajemnie ze sobą połączonych części składowych, napełnionych czynnikiem chłodniczym, tworzących jeden zamknięty obieg. W tym obiegu czynnik chłodniczy krąży w celu przejmowania i oddawania ciepła (ochładzania i ogrzewania)

Obieg chłodniczy a podstawowe elementy układu chłodniczego



- Układ chłodniczy w praktyce (z izolowaną przestrzenią chłodzoną)





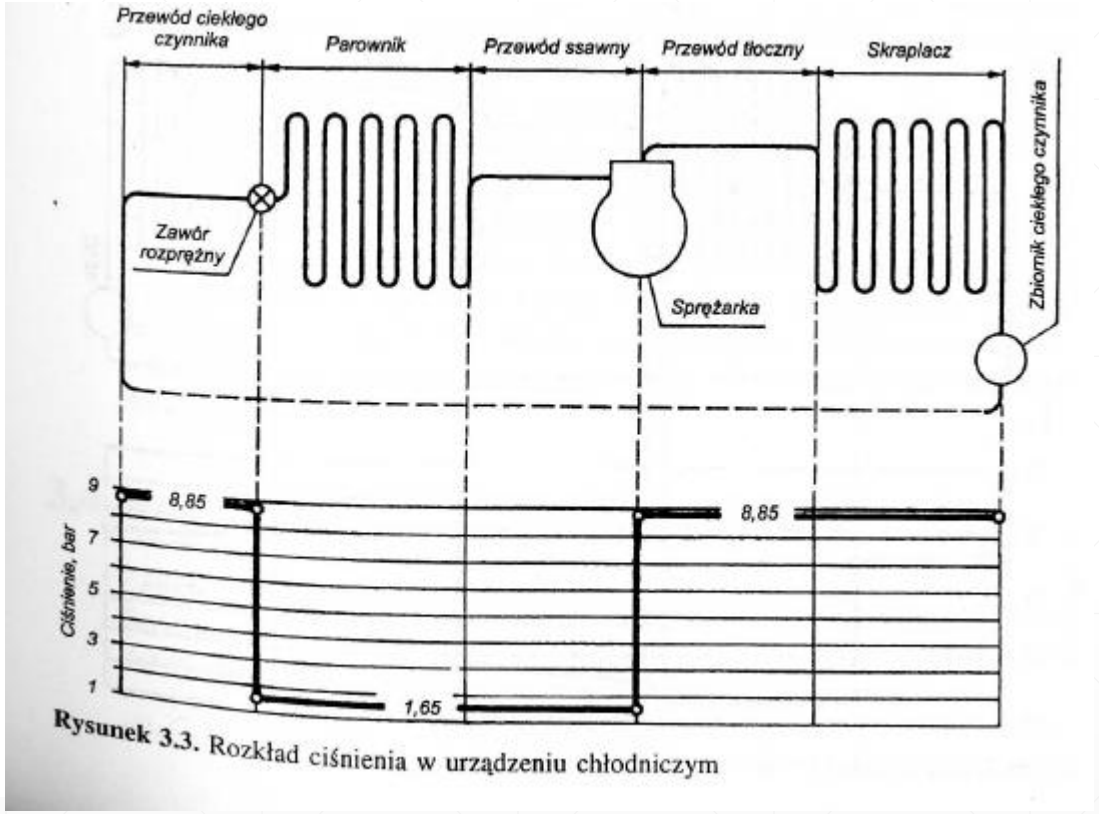
Przewód cieczowy wysokiego ciśnienia
Przewód łączący skraplacz z zaworem rozprężnym

Przewód cieczowy niskiego ciśnienia
Przewód łączący zawór rozprężny z parownikiem

Przewód parowy wysokiego ciśnienia – przewód tłoczny
Przewód łączący sprężarkę ze skraplaczem

Przewód parowy niskiego ciśnienia – przewód ssawny
Przewód łączący parownik ze sprężarką

Przewód pomocniczy – przewody impulsowy
Przewód łączący aparaturę kontrolno - zabezpieczającą



Rysunek 3.3. Rozkład ciśnienia w urządzeniu chłodniczym

Izolowany będzie zawsze przewód ssawny (rurociąg ssawny, zimny, o największej średnicy) – ma on temperaturę niższą od temperatury otoczenia. Bez izolacji następowałoby szronienie rury i znaczne straty energii.

To tyle informacji na pierwszy wykład. Zapraszam do zadawania pytań..

- Materiały: Danfoss, Siemens, Handlowe i domowe urządzenia chłodnicze Fodemski, R744.com, Roth, Carrier, Bitzer, materiały własne (w tym YouTube PL Grzegorz Toczek)

Polecam zainstalować na telefonach komórkowych **Ref Tools**, Troubleshooter, oraz na komputerach Coolselector 2, **Psychrometrics 4.1.0**. Zapraszam do korzystania z programów online, np.: https://www.bitzer.de/websoftware/ , https://cieplo.app/

BITZER SOFTWARE