



Svaz chladicí a klimatizační techniky

Ing. Václav Růžek

Šroubový nebo Pístový? – dilema volby kompresoru v průmyslovém chlazení

ODBORNÁ KONFERENCE SCHKT- 26. LEDNA 2016, HOTEL STEP, PRAHA

Předsudky při výběru šroubového nebo pístového kompresoru

Pístový kompresor

- ▶ Zastaralá technologie
- ▶ Limitované chladicí výkony
- ▶ Limitovaný tlakový poměr a minimální sací teplota
- ▶ Drahý a častý servis
- ▶ Mnoho válců a pohyblivých částí
- ▶ Náchylnější k poškození při nasátí kapaliny
- ▶ Problémy s vibracemi, potřeba pevného základu

Šroubový kompresor

- ▶ Moderní technologie
- ▶ Možnost větších chladících výkonů
- ▶ Velký tlakový poměr
- ▶ Levný a pouze občasný servis
- ▶ Potřeba specialisty pro opravy
- ▶ Větší výkony na zastavěnou plochu (menší strojovna)
- ▶ Méně pohyblivých částí
- ▶ Vyšší odolnost & spolehlivost

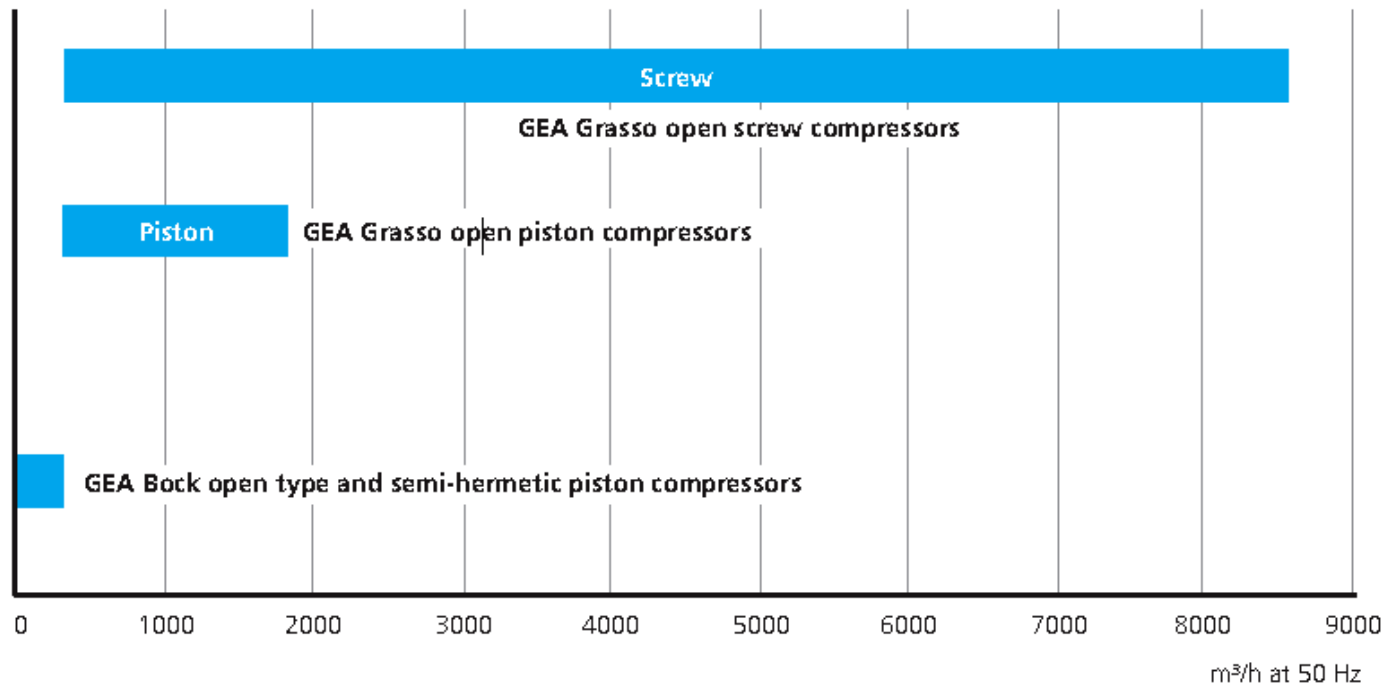


Kritéria výběru kompresoru?

- ▶ Výkon – zdvihový objem
- ▶ Spotřeba energie – Chladicí faktor COP (s/ bez FI)
- ▶ Investiční náklady
- ▶ Náklady na údržbu
- ▶ Ostatní
 - Úlet (spotřeba) oleje
 - Možnost získávání odpadního tepla
 - Provozní limity – tlakový poměr, výkonový profil (provoz při částečném výkonu), provozní hodiny za rok
 - Snadná instalace
 - Spolehlivost & Životnost

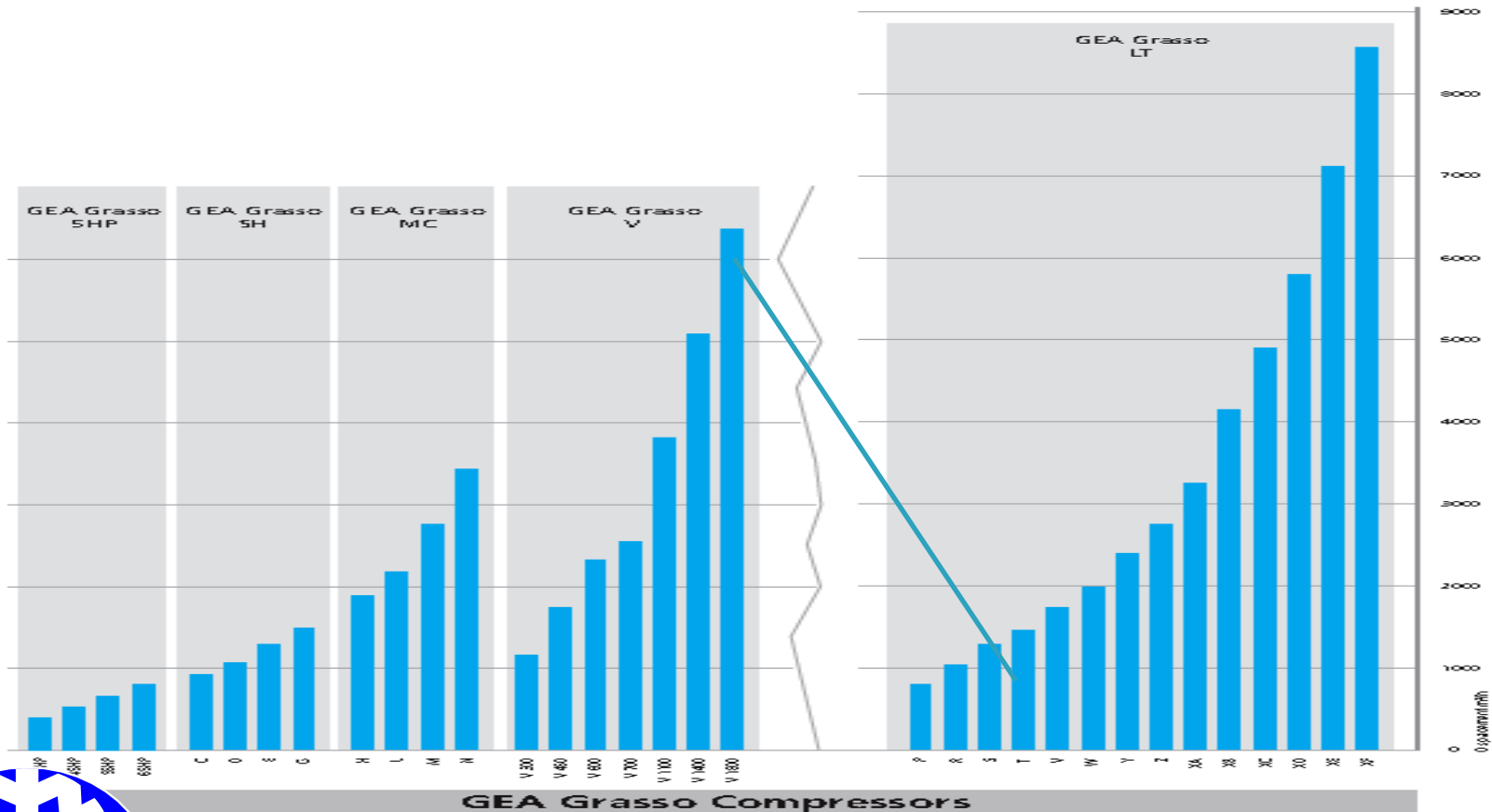


Srovnání zdvihových objemů (průmyslové kompresory)

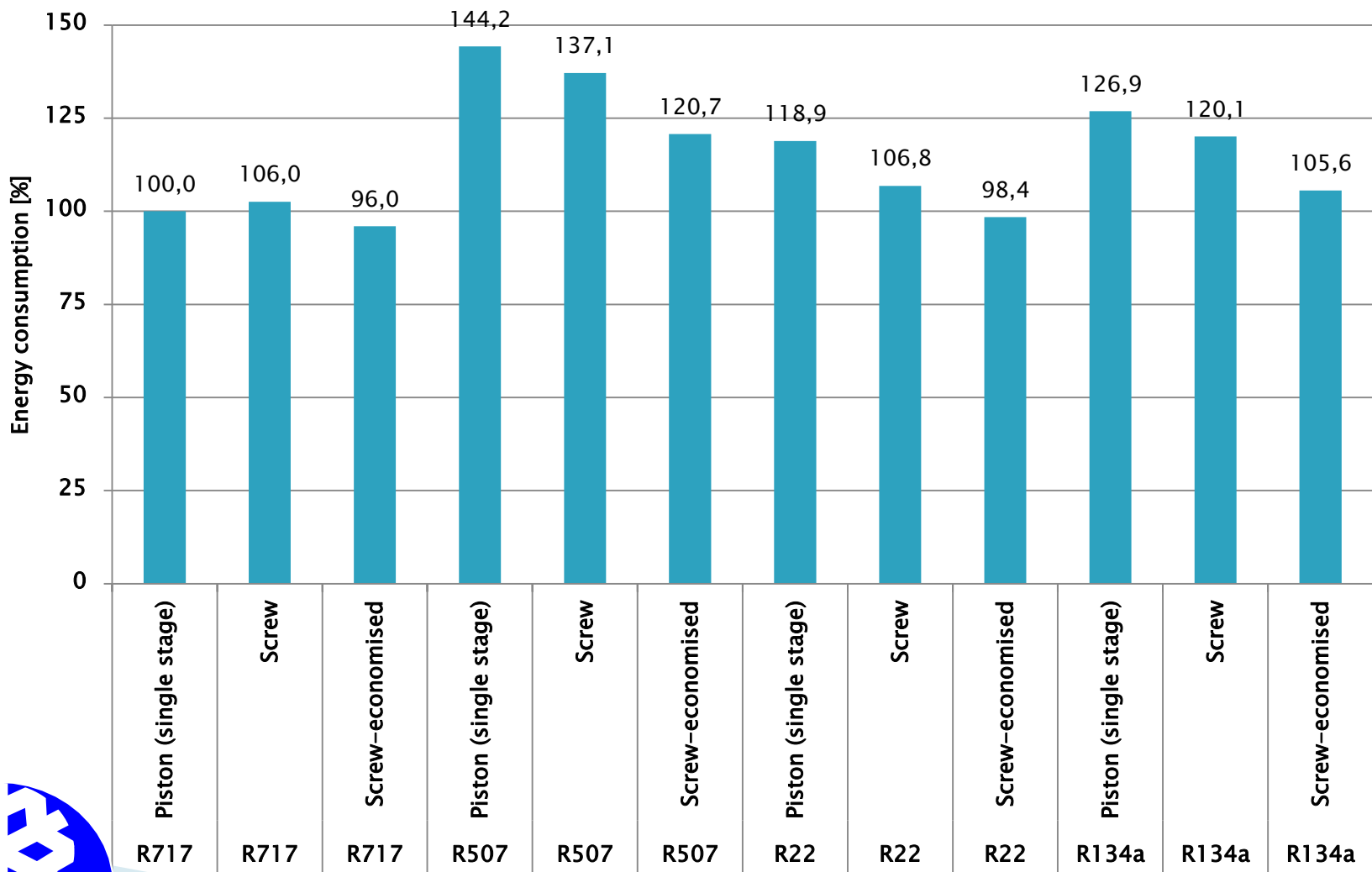


Srovnání nasávaných objemů

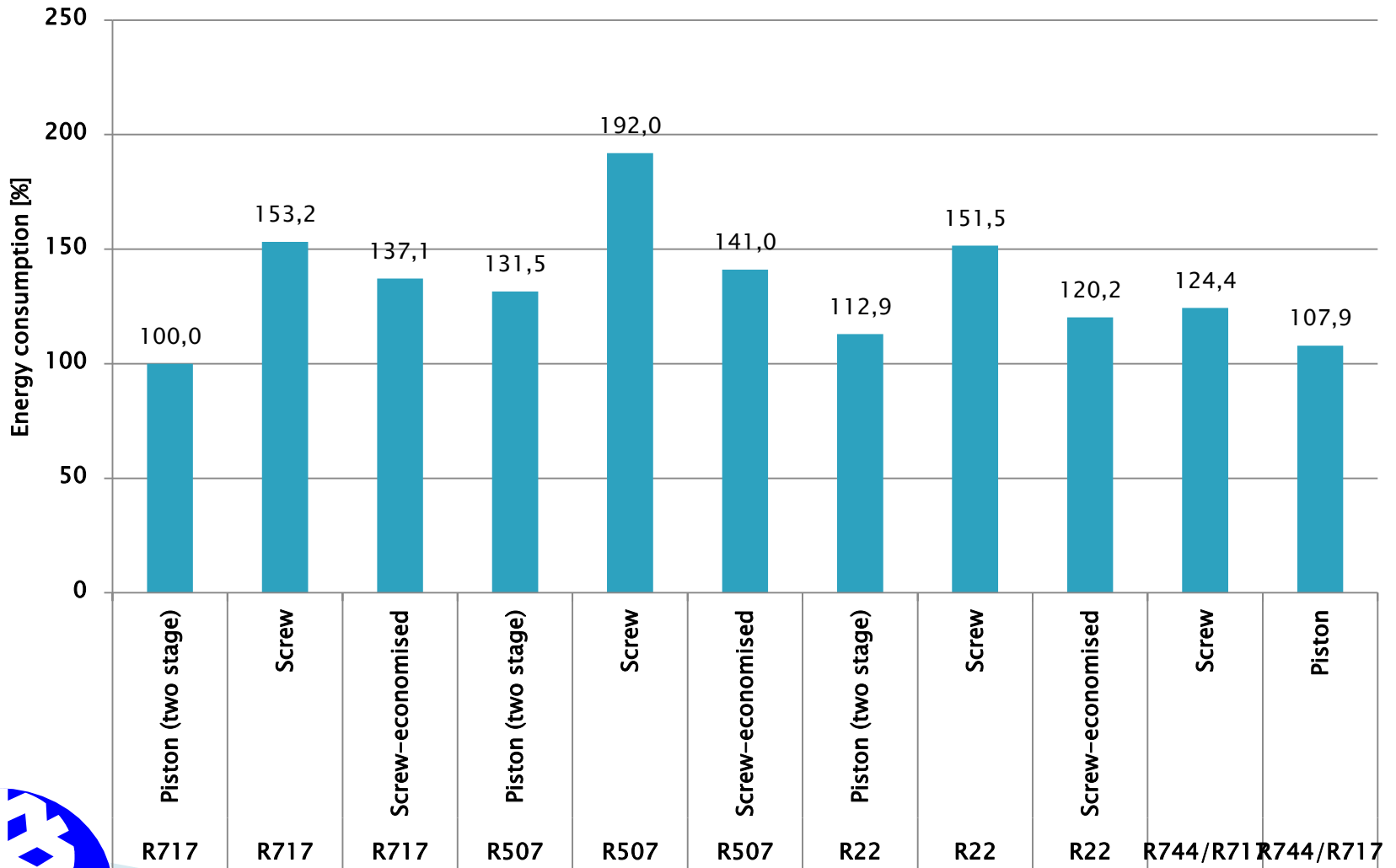
Do cca 1500–2000 m³/h, tj. 900kW/pc při -10/35°C existují obě možnosti (to pokrývá většinu běžných aplikací v chlazení)



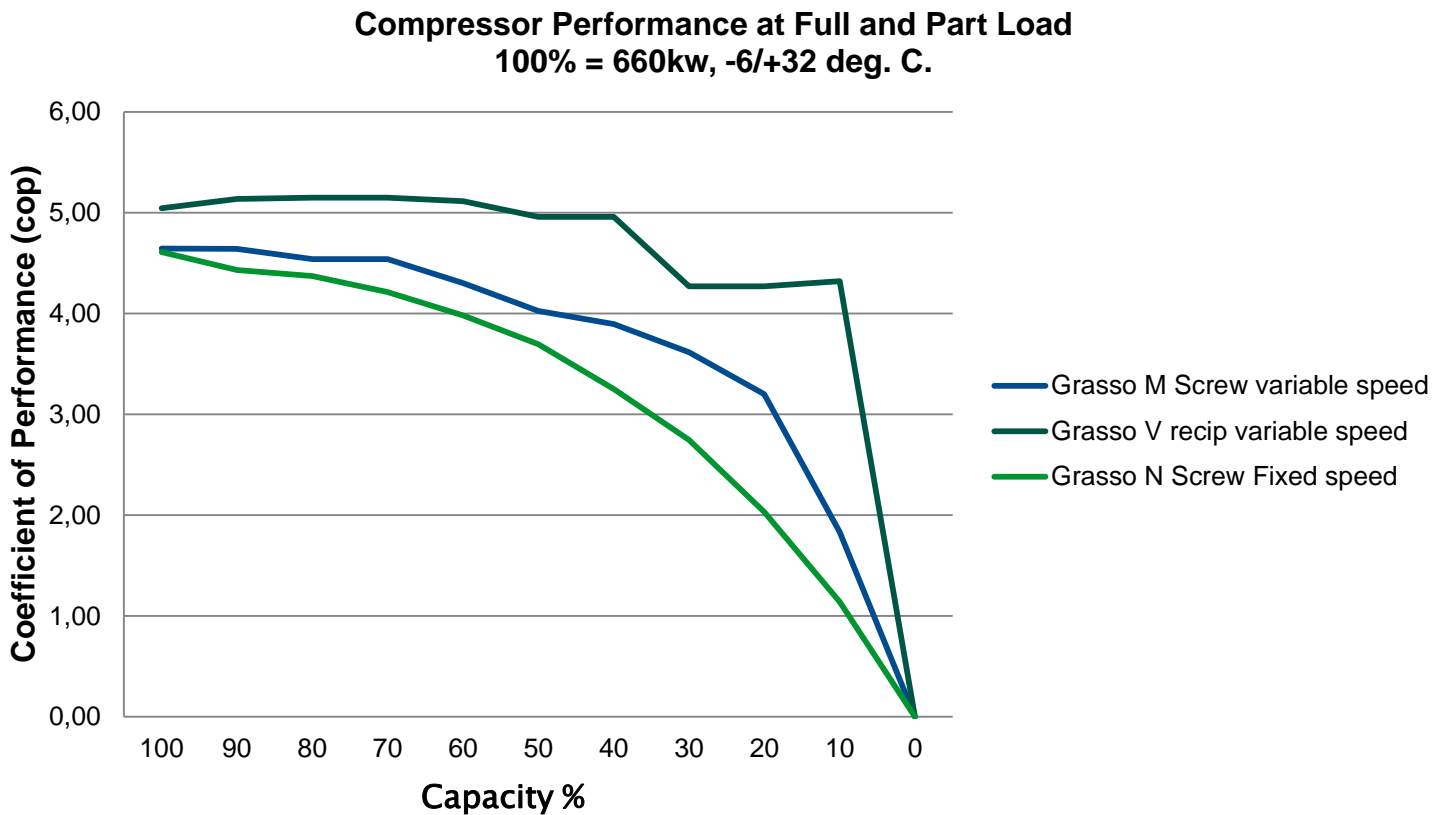
Spotřeba energie – relativní COP při -10/35°C



Spotřeba energie – relativní COP při -40/35°C

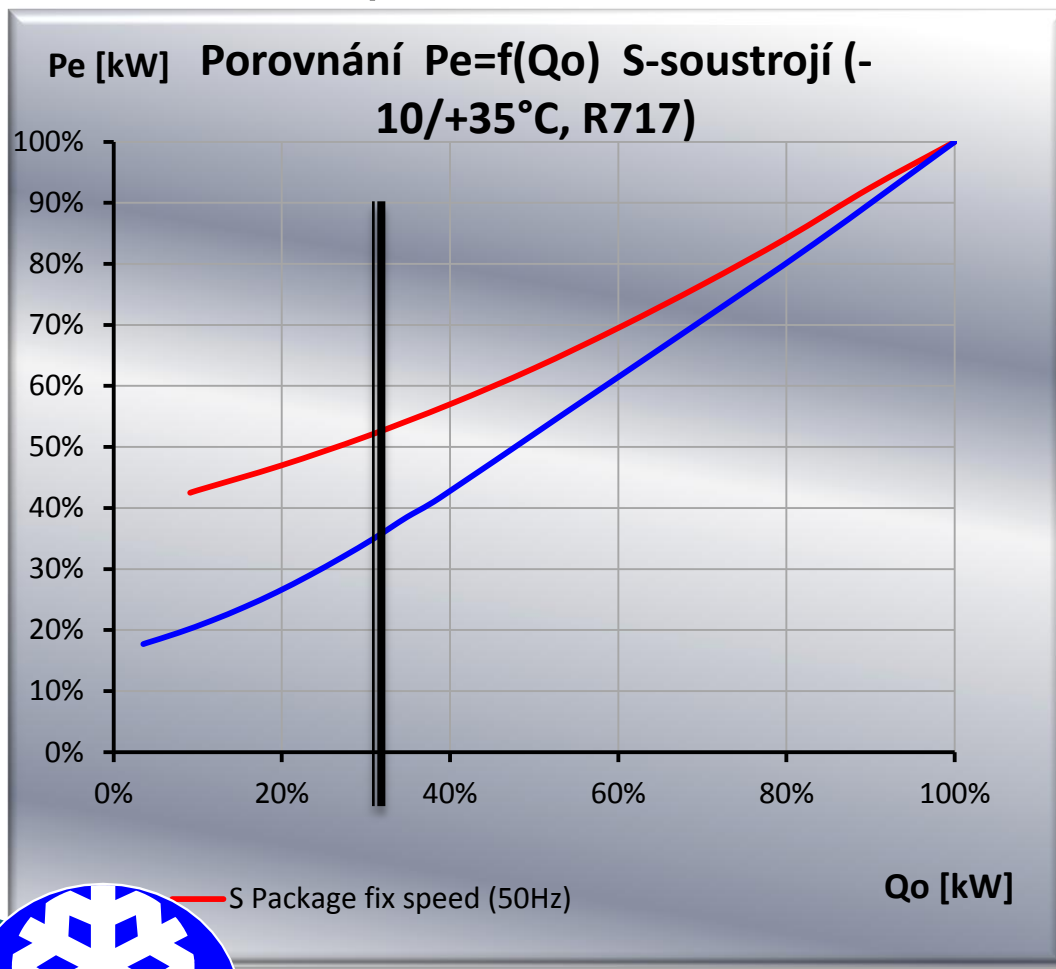


Spotřeba energie – COP – vliv FI

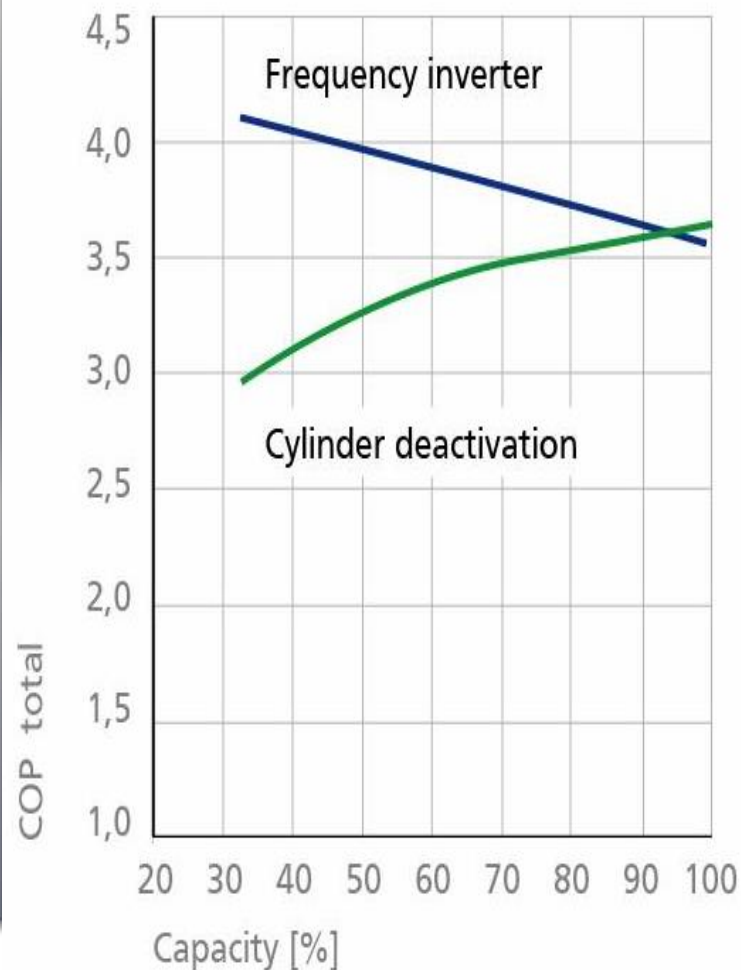


"Inverter effect" při částečném výkonu

Šroubový



Pístový



Spotřeba energie/ Výkon/ Cena

Porovnání 1

- ▶ Chladivo :NH₃
- ▶ Režim chlazení :To/Tc -10/+35 °C
- ▶ Regulace otáček pomocí měniče (až do 60Hz u šroubových kompresorů)

- ▶ Porovnávané typy:

Pístový:	zdvihový objem: (m ³ /h)	Šroubový:
V 300	290 = 283	C-screw
V 450	435 = 456	G-screw
V 600	580 = 577	H-screw
V 700	637 = 666	L-screw
V 1100	955 = 986	P-screw
V 1400	1274 = 1273	R-screw
V 1800	1592 = 1580	S-screw



Relativní Spotřeba energie/ Výkon/ Cena

Porovnání 1 – aplikace např. chlazený sklad

- ▶ Vztaženo k :
 - Chladicímu faktoru COP (koeficient výkonnosti) soustrojí
 - Chladicímu výkon
 - Ceny (pro dodavatele)

Piston Packs With Oil Separ		
Swept volume m3/h	Type	COP
290	V 300	3,66
435	V 450	3,72
580	V 600	3,75
637	V 700	3,99
955	V 1100	4,03
1274	V 1400	4,05
1592	V 1800	4,06

Screw packs with thermosyphon oi		
Swept volume m3/h at 60Hz	Type	COP
283	C	3,3
456	G	3,51
577	H	3,52
666	L	3,59
986	P	3,82
1273	R	3,82
1580	S	3,82

Capacity Diference	Price Difference	Efficiency Difference
2,5%	54%	10,9%
-4,6%	44%	6,0%
0,5%	43%	6,5%
-4,4%	36%	11,1%
-3,1%	29%	5,5%
0,1%	26%	6,0%
0,8%	14%	6,3%



Spotřeba energie/ Výkon/ Cena

Porovnání 2

- ▶ Chladivo: NH_3
- ▶ Režim mrazící: $T_o/T_c -40/+35 \text{ }^\circ\text{C}$
- ▶ Regulace otáček pomocí měniče (až do 60Hz u šroubových kompresorů)
- ▶ Ekonomizér (trubkový výměník – v případě potřeby srovnat výkon)
- ▶ Srovnání modelů:

Pístový model:	Zdvihový objem (m^3/h)	Šroubový model:
V 300T	217 = 283	C-screw
V 600T	435 = 456	G-screw
V 700T	478 = 456	G-screw
V 1400T	955 = 986	P-screw
V 1800T	1114 = 1273	R-screw



Spotřeba energie/ Výkon/ Cena

Porovnání 2

▶ Srovnání modelů:

Pístový model:	Chladicí výkon. (kW)	Šroubový model:
V 300T	33.4 = 47.1	C econ.
V 600T	67.0 = 67.7	E econ.
V 700T	78.5 = 80.2	G econ.
V 1400T	156.0 = 150.7	M econ.
V 1800T	192.2 = 185.7	N econ.



Relativní Spotřeba energie/ Výkon/ Cena

Porovnání 2 – výsledky

- ▶ Vztaženo k :
 - Chladicímu faktoru COP (koeficient výkonnosti) soustrojí
 - Chladicí Výkon
 - Ceny (pro dodavatele)

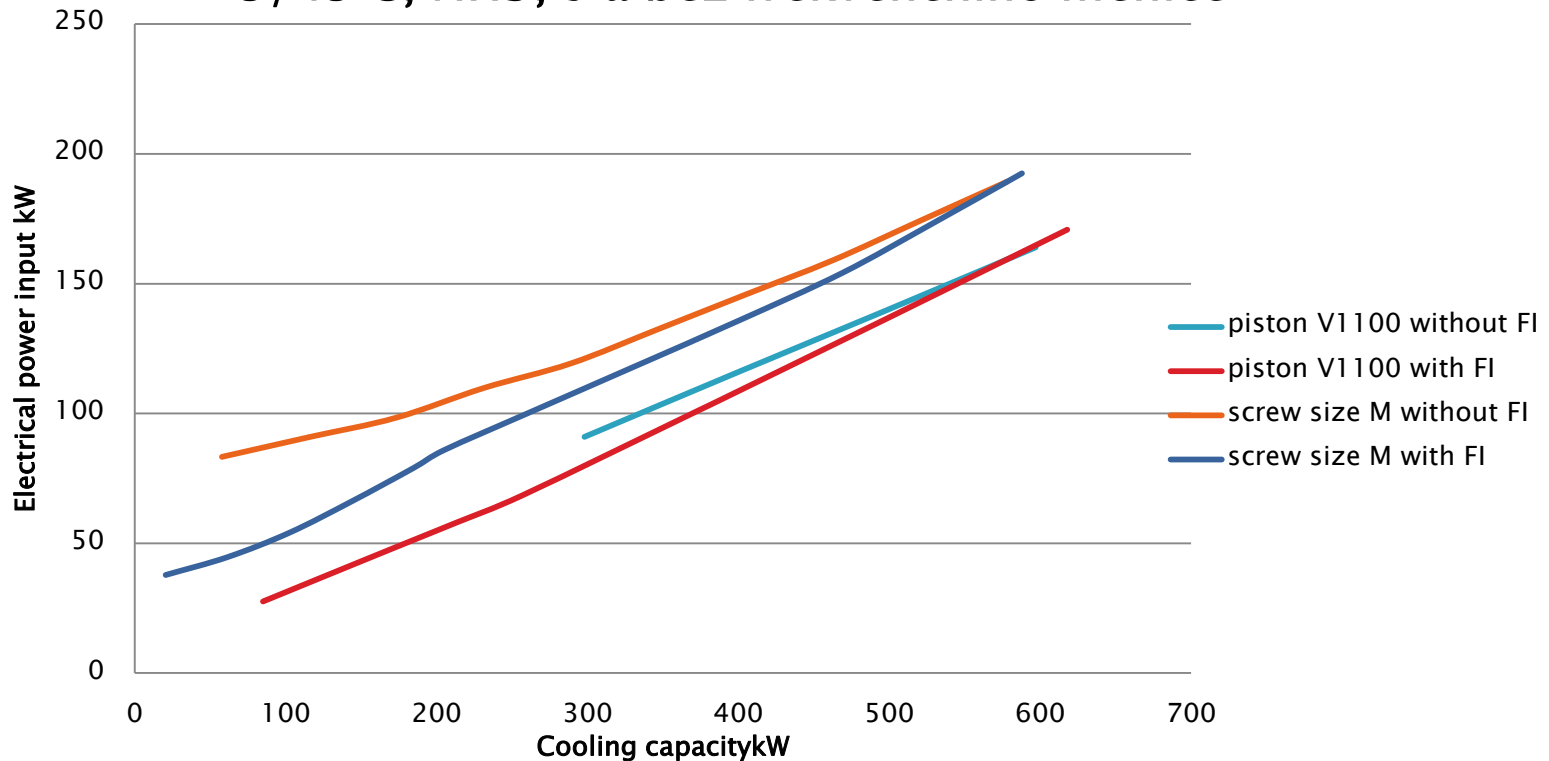
Piston Packs with oil separator & system B cooler			Screw packs with shell & tube economiser			Capacity Diference	Price Difference	Efficiency Difference
Capacity kW	Type	COP	Capacity kW	Type	COP			
33,7	V 300T	1,6	47,5	C	1,3	-29,1%	49%	23,1%
67,6	V 600T	1,69	68,3	E	1,31	-1,0%	25%	29,0%
79,2	V 700T	1,84	80,9	G	1,35	-2,1%	19%	36,3%
156,9	V 1400T	1,89	156,2	M	1,43	0,4%	13%	32,2%
193,6	V 1800T	1,9	194,7	N	1,42	-0,6%	11%	33,8%



Spotřeba energie – absolutní příkon

Příklad mlékárna

Porovnání šroubového a pístového komp, te/tc
-5/45°C, NH3, s a bez frekvenčního měniče



Rozdíl průměrné spotřeby energie mezi šroubovým a pístovým, kde jsou oba s FI, lze předpokládat o cca 25 – 30 kW ve prospěch pístového, pro příklad 5000 hodin/rok, 125 000 – 150 000 kWh/rok = 312 500,- to 375 000,- CZK/rok... Uvažováno 1 kWh=2,5 CZK



Servis& Údržba

Pístový

- ▶ Více pohyblivých částí
- ▶ I přes delší servisní intervaly u nových kompresorů, stále potřeba častějšího servisu
- ▶ Menší náplň a úlet oleje (výrazně)
- ▶ Delší čas odstávky potřebný k provedení preventivní údržby
- ▶ Obezřetnost při návrhu a instalaci (eliminace rizika nasátí kapaliny, vibrací apod.)

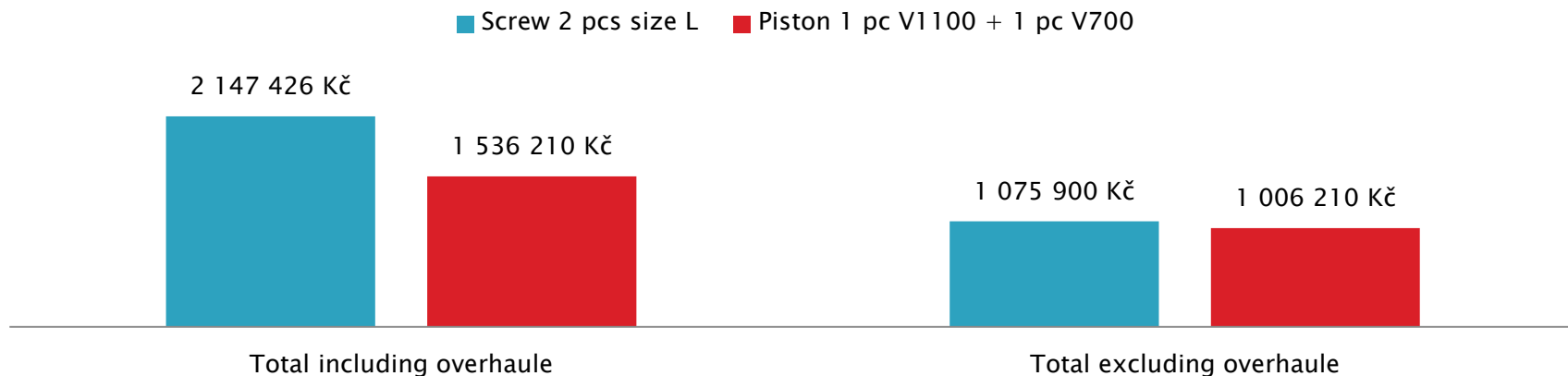
Šroubový

- ▶ Dlouhé intervaly velkého servisu
- ▶ Větší náplň a úlet oleje & stejné intervaly výměny oleje
- ▶ Méně pohyblivých a rotačních částí
- ▶ Menší citlivost na kapalinu
- ▶ Potřeba údržby odlučovače oleje (drahé)
- ▶ Generální oprava, obvykle požadována v manuálu po 50 000 hodinách, není často ani potřeba
- ▶ Mnoho částí má nekonečnou životnost
- ▶ Potřeba speciálního nářadí a vyškolených techniků

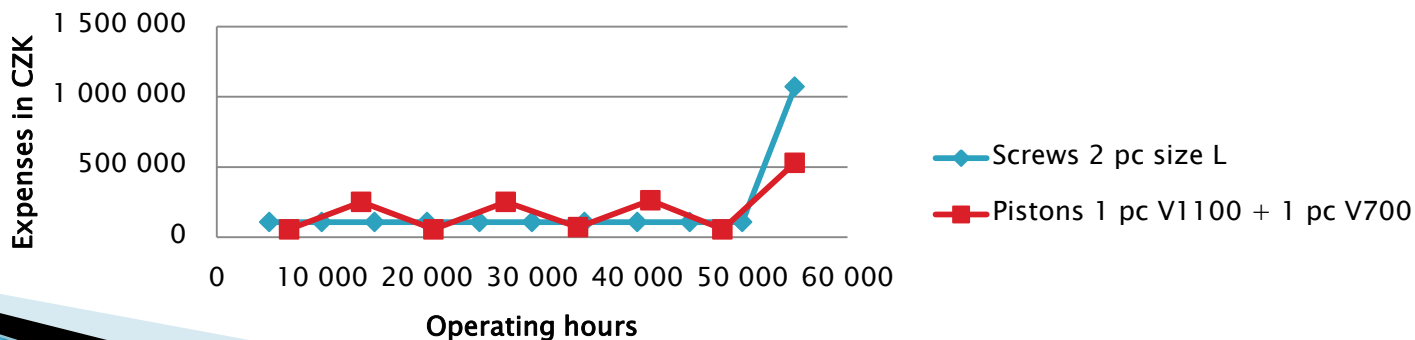


Náklady na údržbu

Celkové náklady na preventivní údržbu na 55 000 provozních hodin pro řešení nabízené pro mlékárnu



Celkové náklady spojené s preventivní údržbou šroubových a pístových kompresorů



Případová studie TCO (total cost of ownership) – Mrazírenský sklad

Řešení pístového kompresoru

- **CO2 LP, $T_e/T_c = -34/-5^\circ\text{C}$**
 - 3 pcs type 55HP, 311 kW/pc, $P_e = 64,5$ kW, COP=4,82
 - 1 pc type 65HP 376,6 kW/pc, $P_{el} = 77$ kW, COP=4,89
 - All 1500 rpms
- **NH3 HP, $T_e/T_c = -10/-45^\circ\text{C}$**
 - 3 pcs type V1400, 652 kW/pc, $P_e = 206$ kW
 - 1200 rpms
 - COP $-10/45^\circ\text{C} = 3,16$
 - COP $-10/25^\circ\text{C} = 5,26$

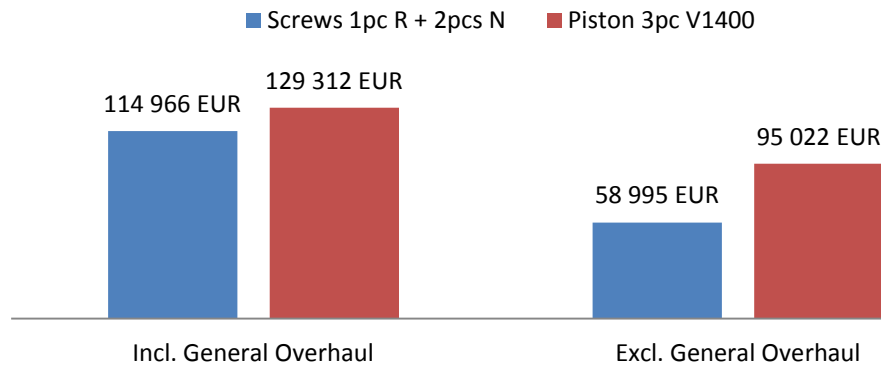
Řešení šroubového kompresoru

- **CO2 LP, $T_e/T_c = -34/-5^\circ\text{C}$**
 - 3 pcs type EO-1B
 - 2 pcs 496 kW/pc at 3600 rpms, $P_e = 132$ kW
 - 1 pc 413 kW/pc at 3000 rpms, $P_{el} = 110$ kW
 - COP= 3,75
- **NH3 HP, $T_e/T_c = -10/-45^\circ\text{C}$**
 - 2 pcs type NB-5B
 - 2 pcs 562 kW/pc at 3300 rpms, $P_e = 210$ kW, COP=2,68
 - 1 pc RB-5B at 3600, 782 kW/pc at 3600 rpms, $P_{el} = 277$ kW,
 - COP $-10/45^\circ\text{C} = 2,82$
 - COP $-10/25^\circ\text{C} = 5,03$

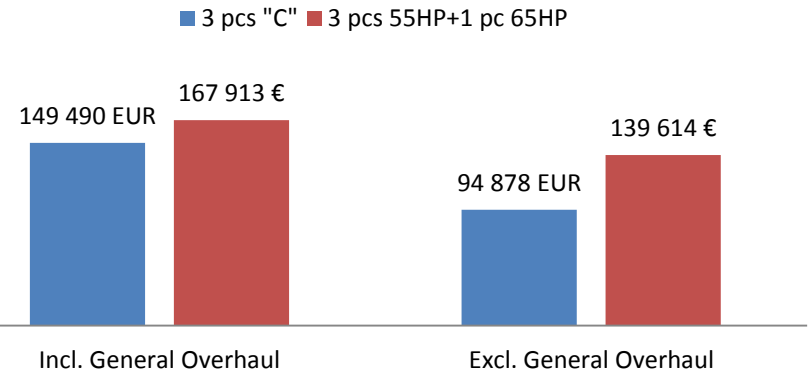


TCO – servisní náklady

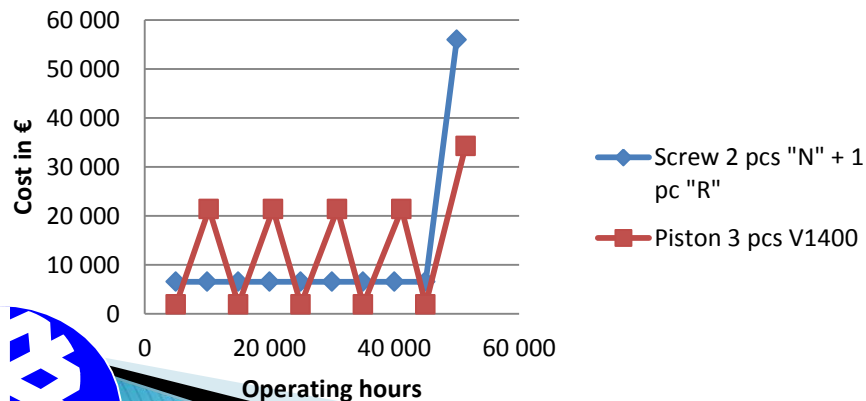
Celkové náklady na servis NH3 kompresorů cca 50 000 hodin (10 let), -10/45°C



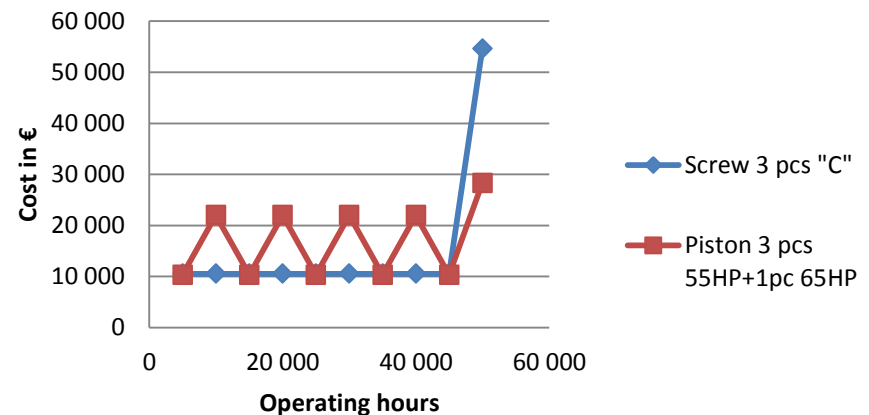
Celkové náklady na servis NH3 kompresorů cca 50 000 hodin (10 let), -34/-5°C



Náklady na preventivní servis pístových a šroubových NH3 kompresorů

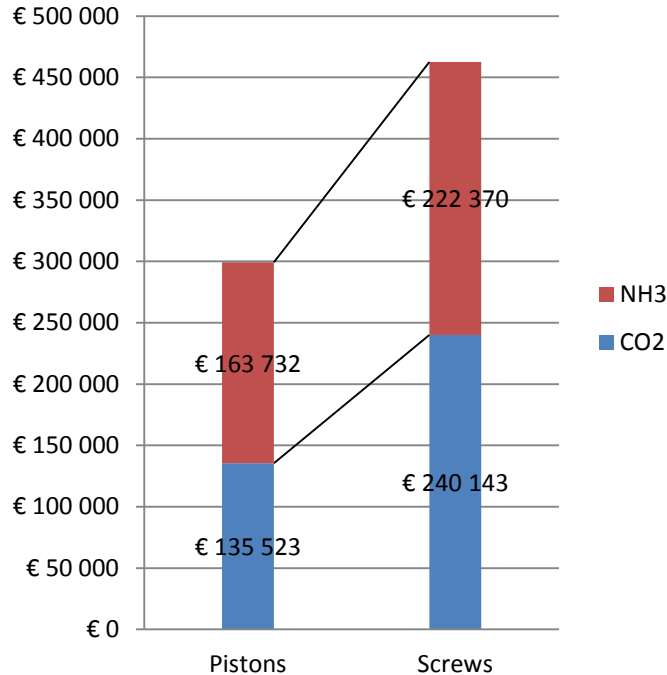


Náklady na preventivní servis pístových a šroubových CO2 kompresorů

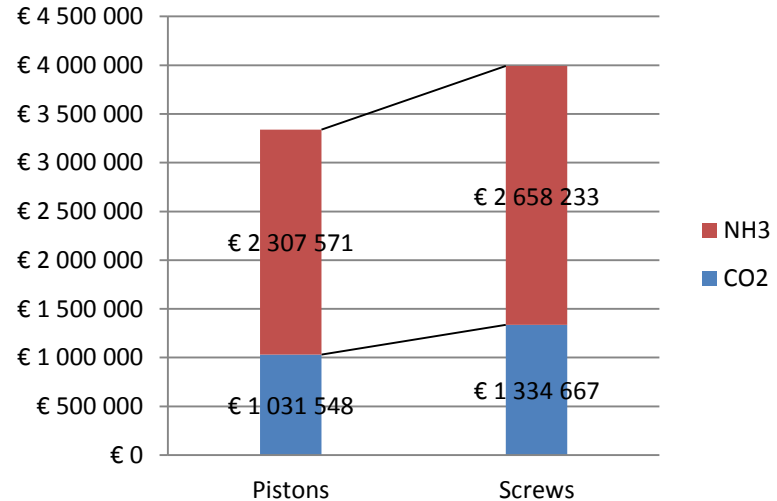


TCO - náklady investiční a za spotřebu energie

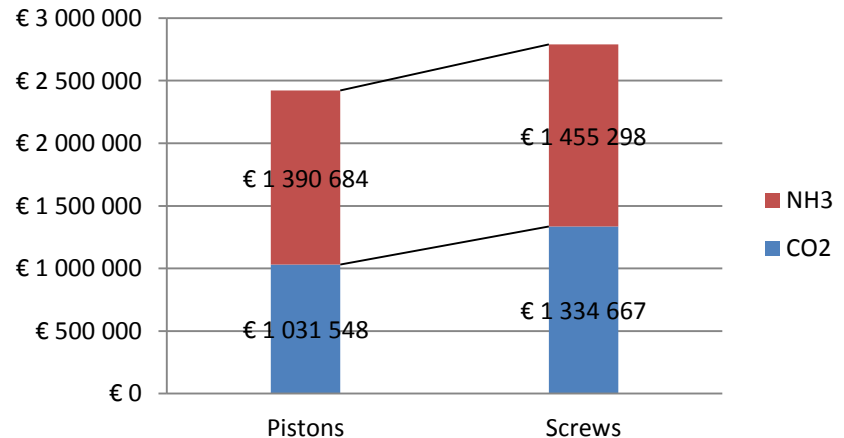
Investiční náklady kompresorů



Elektrická spotřeba za 10 let, -34/45°



Elektrická spotřeba za 10 let, -34/25°



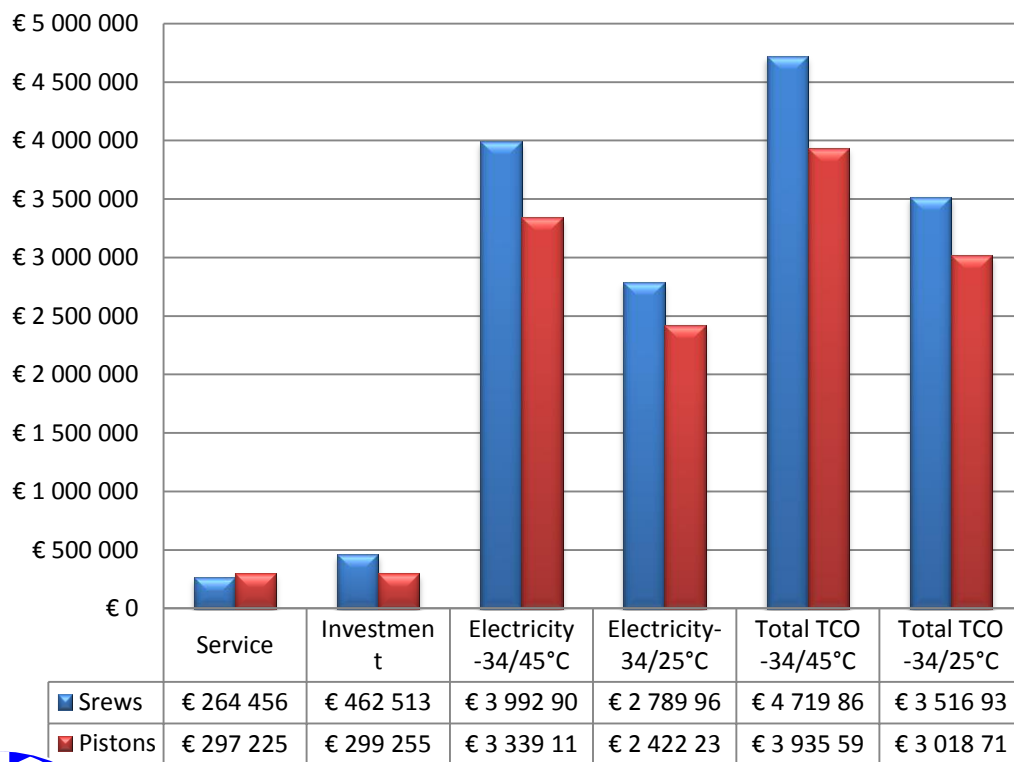
Spotřeba elektrické energie pro předpoklady:

- 50 000 hodin provozu/10 let, cena elektřiny 0,11 €/kWh, 70% průměrné zatížení

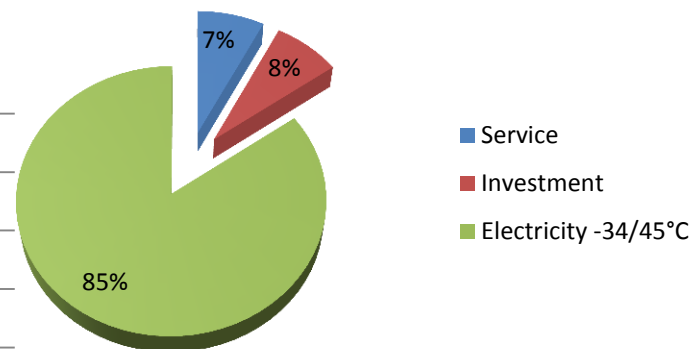


Porovnání celkových nákladů na provoz šroubových a pístových kompresorů

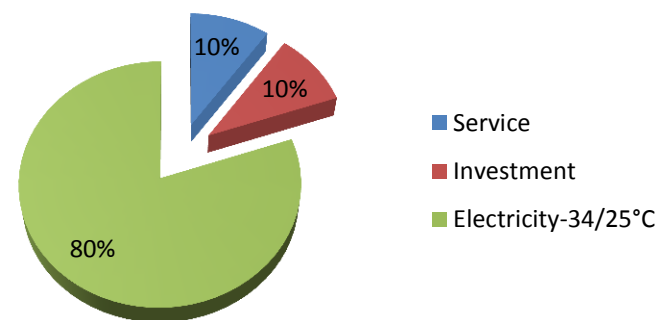
Celkové provozní náklady pro pístové a šroubové kompresory za 10 let CO2/NH3 kaskáda, -34/45°



TCO -34/45°



TCO -34/25°



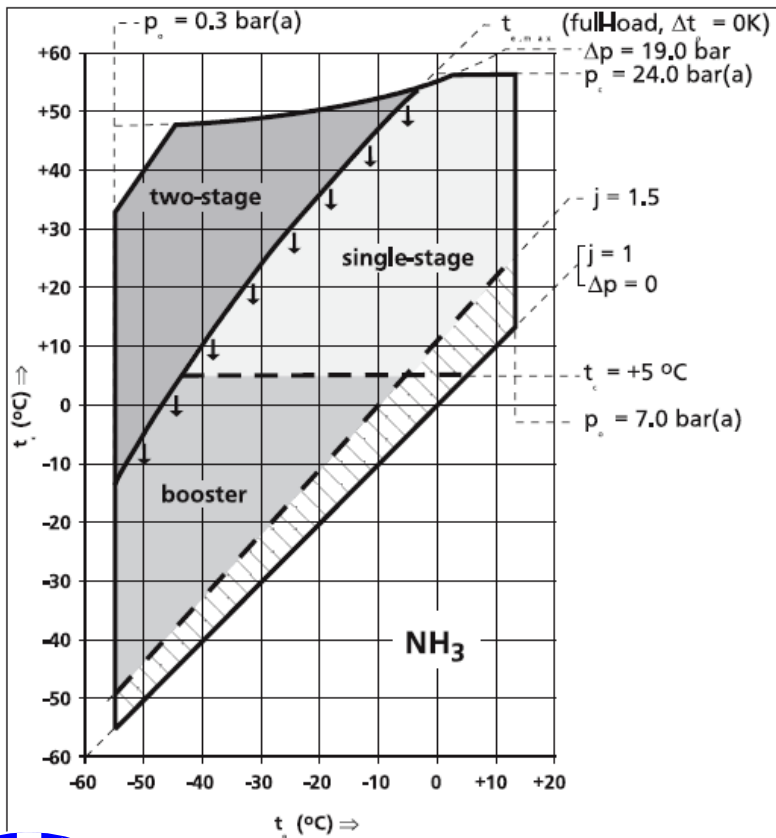
Další kritéria pro výběr

1. U pístového kompresoru je nižší unášení oleje než u šroubového
 - Často je opomíjeno zanesení systému (výměníků) olejem, tím může dojít ke zvýšení provozních nákladů v důsledku zhoršením přenosu tepla
2. Hluk – obecně dB(A) čísla jsou srovnatelná, ale:
 - Šroubový kompresor má dominantnější hluk ve vyšších frekvencích
 - Pístový kompresor má dominantnější v nižších frekvencích
3. Vibrace
 - Šroubový kompresor nepotřebuje velký základ a může být umístěn pouze přes vibrační podložky k běžné podlaze
 - Pístový kompresor, v závislosti na návrhu soustrojí, potřebuje těžký betonový základ, a/nebo specifické řešení (rámu, uchycení potrubí apod.)
4. Rekuperace tepla
 - Pístový kompresor má vyšší výtlačné teploty a možnost plného využití tepla přehřátých par.
 - Šroubový kompresor má možnost jen částečné přímé rekuperace z přehřátých par (zbytek přes chlazení oleje).
5. Provozní doba za rok
 - V tzv. provozu 24/7 (+ 8400h) je u pístových kompresorů velmi omezený čas na provedení preventivní údržby, nelze vždy splnit požadované delší servisní intervaly (6000–8000 h), a proto jsou pak vybírány šroubové kompresory.
 - Nejnovější generace některých pístových kompresorů s prodlouženou dobou servisu, tento problém částečně eliminuje.



Další kritéria pro výběr

6. Oblast použití pístových kompresorů – pečlivě zvážit při výběru



Grasso V 700(T) .. 1800(T)

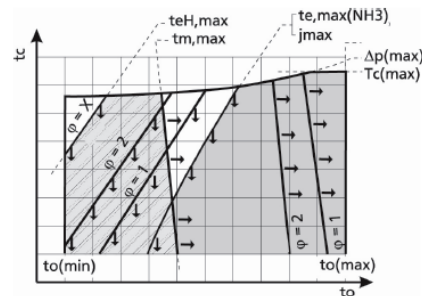


fig.9: Dummy diagram

Dummy Diagram; Explanation two stage field of application	
$j_{max} / t_{e,max}$	Area on the right side of this line indicates the single stage field of operation (starting up). This line shifts down in case of continuous part-load operation and/or (intermediate) superheat. Superheat also results in limited part-load operation.
$t_{eH,max} / t_{e,max}$	Maximum HP-discharge temperature. This line shifts down in case of continuous part-load operation and/or (intermediate) superheat. Superheat also results in limited part-load operation.
ϕ	Each ϕ (phi) has its own field of application. The higher this value, the lower possible evaporating temperature. For each capacity control step field of application must be verified in relation with ϕ .
$P_{o,min}$	Minimum suction pressure (evaporating)
$t_{m,max}$	Maximum intermediate pressure.

3. Maximum intermediate pressure
4. Maximum suction pressure
5. Maximum pressure difference LP cylinders
6. Maximum pressure difference HP cylinders
7. Maximum pressure ratio LP cylinders
8. Maximum pressure ratio HP cylinders



Hint!

All these values are taken into account by the GSC controller

1.3.7 FIELDS OF APPLICATION DIAGRAMS

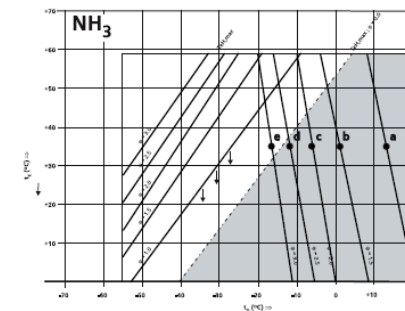
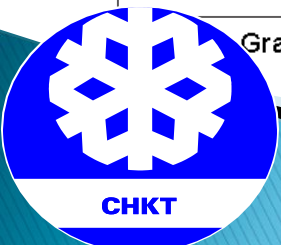
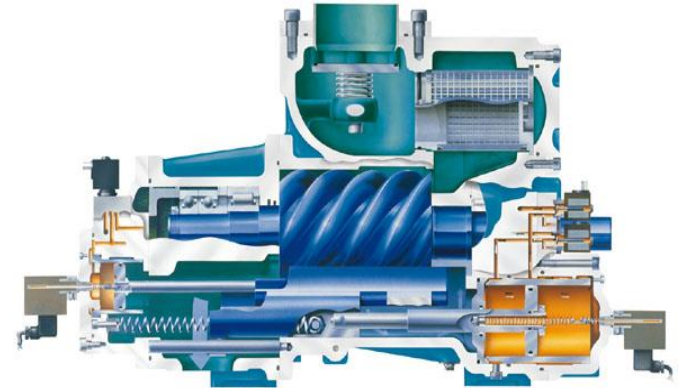
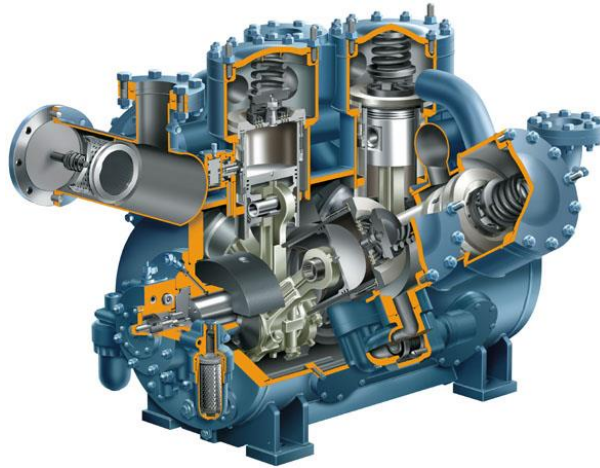


fig.10: Field of application two-stage NH₃



Souhrn – Jaký typ kompresoru?



	<u>Pístové kompresory</u>	<u>Šroubové kompresory</u>
Pořizovací náklad	+	-
Max. výkon	-	+
Part load performance	+	-
Náklady na údržbu	-	+
Provoz při částečném výkonu	+	-
Hlučnost	obdobné	obdobné
Přesná regulace výkonu	-	+

Poznámka: Pro řízení otáček kompresoru bez FM



Souhrn – Jaký typ kompresoru?

	Šroub. Bez FM	Šroub. S FM	Píst. S FM
Energie (plné zatížení)	100 %	+ 3.5%	– 5 až 6 %
Energie (50%)	100 %	– 7%	– 26%
Energie(20%)	100 %	– 30%	– 55%
Investiční nákl.	100 %	+ 20%	– 7%
Instalace	Nutnost chlazení oleje, např. vliv na kondenzátoru	Přidání chlazení oleje, např. zvednutí kondenzátoru	Jednodušší chlazení oleje. Vyžaduje základ.
Údržba	Méně častá, ale dražší	Méně častá, ale dražší	Častější



Note : Capitol cost includes VSD for Variable screw and V – Recip options.

Souhrn – Jaký typ kompresoru?

- ▶ Vyvarovat se výběru na základě předsudků
- ▶ Individuálně analyzovat každý projekt/ aplikaci
- ▶ Šroubový kompresor není lepší než pístový a naopak, každý má svoje výhody a nevýhody
- ▶ Nebát se kombinací šroubových a pístových kompresorů (maximalizace účinnosti při částečném výkonu)



**Děkuji za Vaši pozornost!
Otázky/ komentáře?**

