

## Využití tepelných čerpadel ve sladovnách a pivovarských provozech – může být Váš provoz zdrojem tepla pro ostatní?

Průmyslová tepelná čerpadla o tepelných výkonech řádově v MW



### Tematické okruhy:

- Co to vlastně tepelné čerpadlo je?
- Druhy tepelných čerpadel a konkrétní tepelná čerpadla v praktických příkladech
- Kombinovaná výroba tepla a chladu pomocí tepelných čerpadel v praktických příkladech
- Využití odpadního nízko potenciálního tepla ze sladovny pro vytápění hvozdu sladoven a celková tepelná bilance
- Jak přeměnit sladovnu ze spotřebitele tepla na dodavatele tepla pro jiné provozy...
- Ekonomika výroby tepla pomocí tepelných čerpadel x vlastní obnovitelné zdroje (Fotovoltaické a větrné elektrárny) jako zdroj elektrické energie pro tepelná čerpadla

## Co je energie a jak se chová?

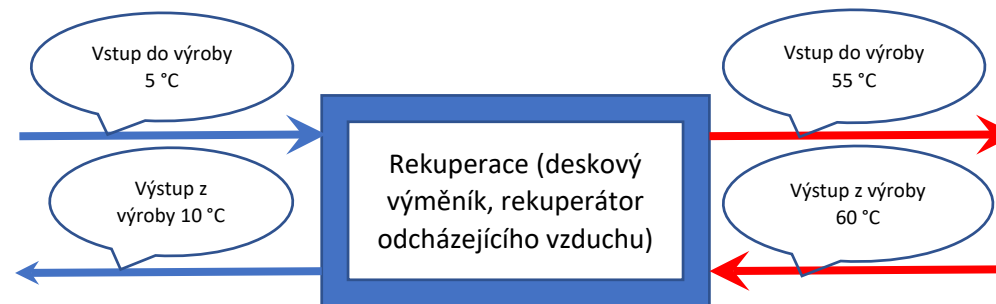
- Energii známe:
  - Tepelnou
  - Elektrickou
  - Pohybovou
  - Tlakovou
  - A jiné ....
- Platí základní fyzikální **zákon o zachování energie**, který říká, že „**energií nelze vyrobit ani zničit, ale pouze přeměnit na jiný druh energie**“.
- Pokud si toto uvědomíme, tak jenom musíme nalézt způsob, jak přeměnit jeden druh energie na druhý a ten druhý správně zpracovat.

## Co musíme udělat pro energetické úspory podniku?

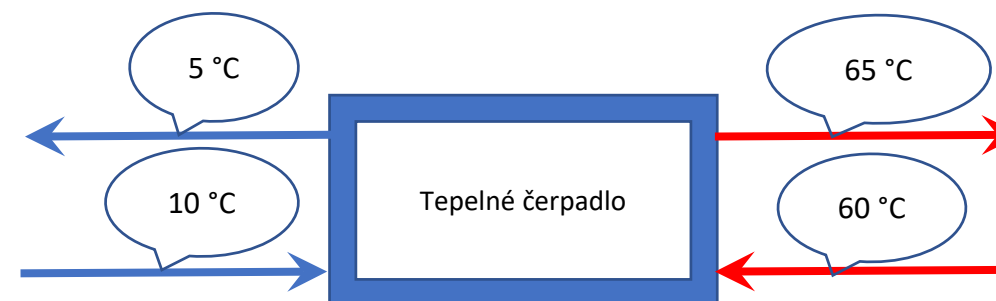
- Hledat, kde plýtváme energií místo toho abychom v zájmu energetických úspor transportovali energii z jedné formy na druhou
- Hledat, kde v našich provozech jsme schopni sloučit výrobu tepla a chladu do jednoho provozu, kdy za jedny peníze vyrobíme obojí.
- Hledat, jakou energii jsme schopni si vyrobit sami z našich odpadů

## Rozdíl mezi rekuperací tepla a tepelným čerpadlem

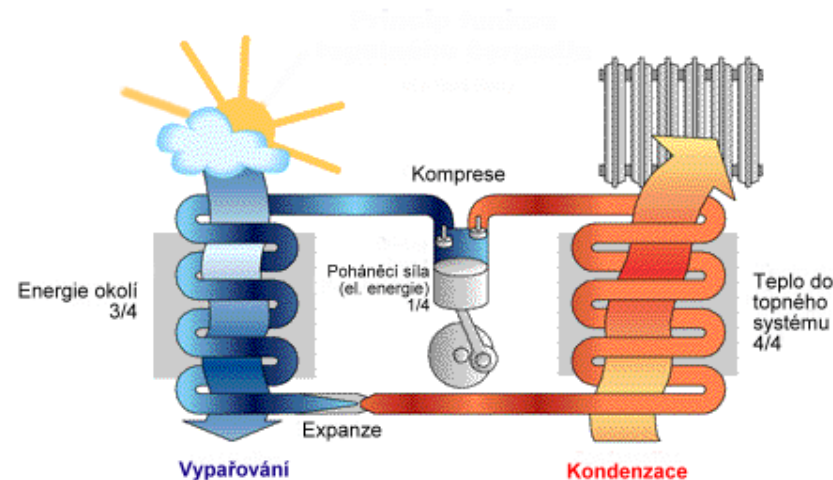
Rekuperace tepla – předání tepla media odcházející z výrobního procesu mediu vstupujícímu do výrobního procesu. Tato rekuperace probíhá **bez** využití další externí energie.



Tepelné čerpadlo – odebírá teplo z nízko potenciální strany a transportuje teplo na vysoko potenciální stranu **s využitím** další energie (elektrické) zajišťující tuto transformaci.



Co to vlastně tepelné čerpadlo je a co dělá?



Co je to **COP**? – topný faktor neboli účinnost tepelného čerpadla. Udává poměr vyprodukované tepelné energie a spotřebované elektrické energie. Je silně ovlivňován teplotní hladinou nízko potenciálního tepla a teplotní hladinou vysoko potenciálního tepla. Obecně platí, že čím vyšší rozdíl teplot mezi zdroje tepla a spotřebičem potřebujeme překonávat, tím nižší je účinnost tepelného čerpadla.

## DRUHY TEPELNÝCH ČERPADEL – ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ PODLE ZDROJŮ NÍZKO POTENCIÁLNÍHO TEPLA

Tepelné čerpadlo **VZDUCH / VZDUCH** - známe jako klimatizace s využitím jak pro vytápění, tak i chlazení.

Tepelné čerpadlo **VZDUCH / VODA** – může fungovat v režimu topení nebo chlazení. V režimu topení odebírá nízko potenciální teplo z venkovního vzduchu (funguje až do cca -20 °C) a předává vysoko potenciální teplo do okruhu topné vody. V režimu chlazení odebírá teplo z okruhu vody a odevzdává do venkovního vzduchu (CHILLER).



Některé typy tepelných čerpadel **VZDUCH / VODA** umožňují instalaci dodatečného výměníku pro **zpětné získávání tepla** od kompresoru tepelného čerpadla. Tento výměník **výrazně zvyšuje celkovou tepelnou účinnost při nízkých venkovních teplotách**. Srovnání tepelné účinnosti tepelného čerpadla s a bez přídatného výměníku pro zpětné získávání tepla je uvedeno na příkladu následujících selekcí (selekce pro venkovní teplotu -14°C):

Performance Information			
Mode		Cooling	Heating
Cooling Capacity <sup>(2)</sup>	kW	97.1	-
Heating Capacity <sup>(2)</sup>	kW	-	57.4
Instantaneous Heating Capacity <sup>(1)</sup>	kW	-	61.4
Cooling Efficiency (EER) <sup>(2)</sup>	kW/kW	2.75	-
Heating Efficiency (COP) <sup>(2)</sup>	kW/kW	-	1.86
Unit Power Input <sup>(2)</sup>	kW	35.3	30.9
Sound power level (LwA) <sup>(2)</sup>	dB(A)	83.5	-
Sound Pressure Level at 10.0m (LpA) <sup>(2)</sup>	dB(A)	52.0	-
Minimum Capacity <sup>(3)</sup>	kW	35.9	-
Maximum Capacity	kW	97.1	-

- (1) Not certified value not taking the potential hot gas defrost cycles into account, resulting of the climatic outdoor conditions.  
 (2) All performances are compliant with EN14511 – 3 : 2018. Sound power level according to ISO9614 – 1.  
 (3) Due to the minimum flow rate allowable, a lower inlet water temperature might have to be specified to achieve this performance.

Operating Conditions			
System element		Cooling	Heating
<b>Water heat exchanger</b>			
Fluid	Fluid Type	Ethylene Glycol 30%	Ethylene Glycol 30%
	Fouling Factor (sqm-K)/kW	0	0
	Leaving Temperature °C	7.0	40.0
	Entering Temperature °C	15.0	35.0
	Fluid Flow l/s	3.20	3.20
	Total Pressure Drop kPa	25.3	23.4
<b>Air heat exchanger</b>			
Air	Entering Air Temperature (dry bulb) °C	35.0	-14.0
	Entering Air Temperature (wet bulb) °C	-	-15.2
	Relative Humidity %	-	53
Altitude	m	0	

Performance Information			
Mode		Cooling	Heating
Cooling Capacity <sup>(2)</sup>	kW	97.1	-
Heating Capacity <sup>(2)</sup>	kW	-	57.4
Instantaneous Heating Capacity <sup>(1)</sup>	kW	-	61.4
Cooling Efficiency (EER) <sup>(2)</sup>	kW/kW	2.75	-
Heating Efficiency (COP) <sup>(2)</sup>	kW/kW	-	1.86
Partial Heat recovery Capacity <sup>(2)</sup>	kW	57.9	40.6
Unit Power Input <sup>(2)</sup>	kW	35.3	30.9
Sound power level (LwA) <sup>(2)</sup>	dB(A)	83.5	-
Sound Pressure Level at 10.0m (LpA) <sup>(2)</sup>	dB(A)	52.0	-
Minimum Capacity <sup>(3)</sup>	kW	35.9	-
Maximum Capacity	kW	97.1	-

- (1) Not certified value not taking the potential hot gas defrost cycles into account, resulting of the climatic outdoor conditions.  
 (2) All performances are not compliant with EN14511 – 3 : 2018. Sound Power level according to ISO9614-1. Cooling performances are given with Partial Heat Recovery off (except Partial Heat Recovery Capacity). Due to the minimum flow rate allowable, a lower inlet water temperature might have to be specified to achieve this performance.  
 (3) Due to the minimum flow rate allowable, a lower inlet water temperature might have to be specified to achieve this performance.

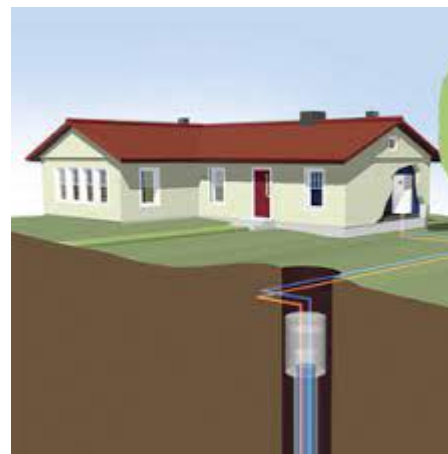
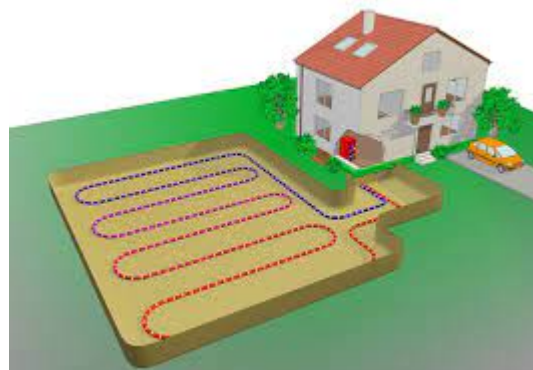
Operating Conditions			
System element		Cooling	Heating
<b>Water heat exchanger</b>			
Fluid	Fluid Type	Ethylene Glycol 30%	Ethylene Glycol 30%
	Fouling Factor (sqm-K)/kW	0	0
	Leaving Temperature °C	7.0	40.0
	Entering Temperature °C	15.0	35.0
	Fluid Flow l/s	3.20	3.20
	Total Pressure Drop kPa	25.3	23.4
<b>Air heat exchanger</b>			
Air	Entering Air Temperature (dry bulb) °C	35.0	-14.0
	Entering Air Temperature (wet bulb) °C	-	-15.2
	Relative Humidity %	-	53
<b>Desuperheater</b>			
Fluid	Fluid Type	Ethylene Glycol 30%	Ethylene Glycol 30%
	Fouling Factor (sqm-K)/kW	0	0
	Leaving Temperature °C	45.0	45.0
	Entering Temperature °C	35.0	35.0
	Fluid Flow l/s	1.49	1.05
Total Pressure Drop kPa	48.7	24.2	
Altitude	m	0	



Tepelné čerpadlo **VODA / VODA** –  
Zde vychlazujeme zdroj tepla  
(například odpadní technologickou  
vodu, vodu z řeky, ze studny apod.) a  
prostřednictvím tepelného čerpadla  
přenášíme teplo na vysoký potenciál  
do okruhu topné vody (až na teploty  
např. 85°C, u rotačních tepelných  
čerpadel až 120°C), kde jej  
využíváme pro technologii.

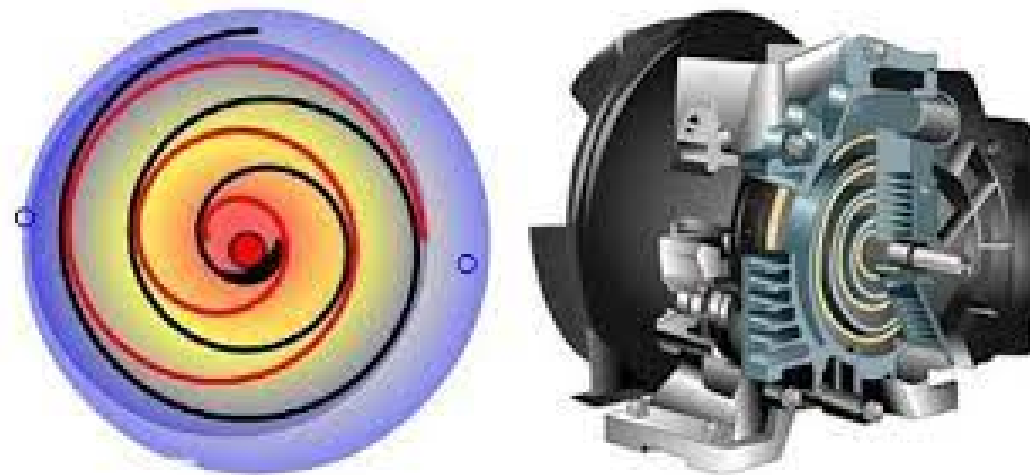


Tepelné čerpadlo **ZEMĚ / VODA** – Je defacto tepelným čerpadlem VODA/VODA přičemž zdrojem tepla je země, z které se odebírá teplo buď z vodního vrtu a druhým vrtem se voda nechává zpětně zasakovat, nebo je v zemi uložena dlouhá hadice, která přes svou stěnu postupně odebírá teplo ze země přes uzavřený cirkulační okruh mezi tepelným čerpadlem a zemí.

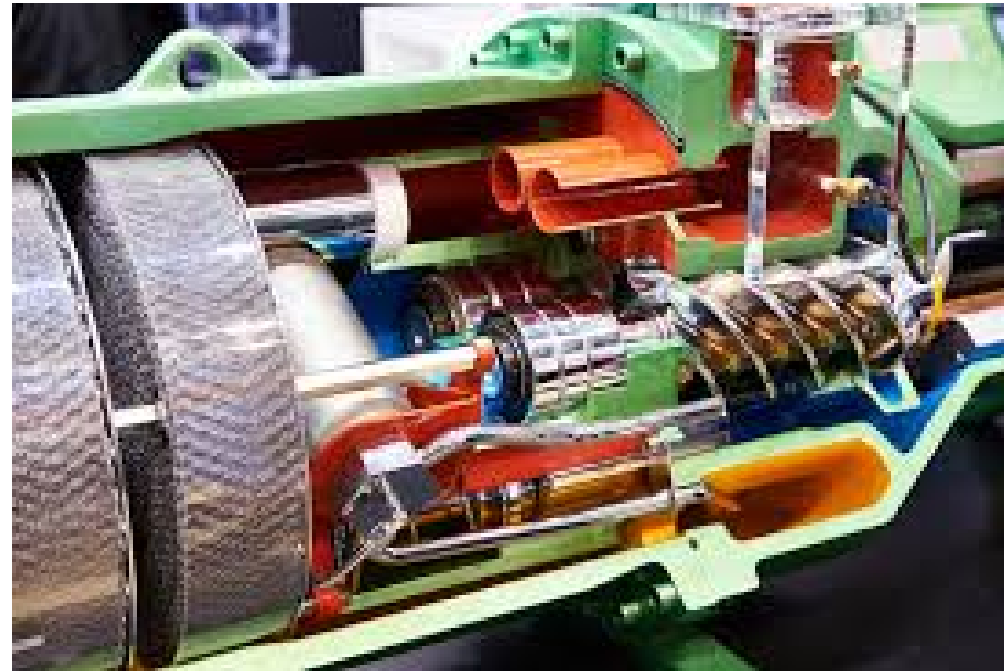


## DRUHY TEPELNÝCH ČERPADEL – ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ PODLE POUŽITÉ TECHNOLOGIE

- Tepelná čerpadla se SCROLL kompresory



- Tepelná čerpadla se šroubovými kompresory  
(použití u vysokých tepelných výkonů – pro velký objem přenášeného tepla)



- Rotační tepelná čerpadla
  - Použití pro velké teplotní rozdíly na vstupu a výstupu
  - Současně se používá pro vysokoteplotní aplikace
  - Nevýhoda: Vysoká investiční náročnost

Jedna zvláště výhodná aplikace je, když je ve výrobním procesu vyžadována horká voda (např. v chemickém průmyslu). V tomto případě může být jako **zdroj použita chladicí voda** a teplá voda může být poskytnuta pro výrobní proces. Jedná se o velmi efektivní aplikaci v teplotním rozsahu, kterého nelze dosáhnout běžnými tepelnými čerpadly. (<https://www.ecop.at/en/home-4/>)

Přívod v (°C) (teplá voda z výroby – vstup do TČ)	90
Odběr (°C) horké vody pro výrobu – výstup z TČ)	120
Zdroj tepla (°C) (chladicí voda – vratka z chlazení produktu)	80
Výstup zdroje (°C) (chladicí voda – odtok na chlazení )	55
COP	5,33



## Kombinovaná výroba tepla a chladu v praktických příkladech

V praxi lze nalézt plno příkladů, kde potřebujete současně chladit a vytápět. Přitom jak výrobu chladu, tak výrobu tepla zajišťujete nyní samostatnými procesními úkony a na oba úkony využíváte společné médium a to elektrickou energii nebo jiný zdroj (zemní plyn, páru, horkou vodu).

### **Příklady mrhání primární elektrickou energií, plynem nebo párou ze sladoven a pivovarů při nevyužívání odpadních tepelných energií:**

#### Příklady chlazení:

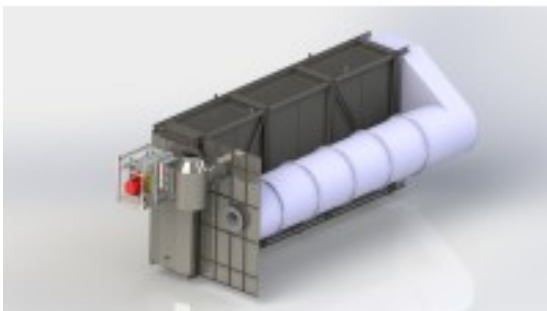
- Chlazení VZDUCHU klíčirny (řádově stovky až tisíce kW chladu)
  - Chlazení GLYCOLu pro chlazení kvasných CK tanků a kádí při výrobě piva (řádově stovky až tisíce kW chladu)
- je vyráběno
- v aktivních CHILLERech poháněných elektrickou energií a teplo odebrané z chladicí vody je odváděno do volného venkovního vzduchu
  - pomocí absorpčního chlazení, přičemž pro výrobu chladu se zde využívá teplo např z teplárny v podobě horké vody nebo páry





### Příklady Topení:

- Vytápění hvozdů (řádově potřebujeme tisíce až desetitisíce potřebných kW tepelného výkonu pro sušení sladu v závislosti na velikosti výrobní šarže). Teplo pro ohřev vzduchu je zde získáváno spalováním zemního plynu v nepřímých trubičkových ohřívácích vzduchu nebo z páry (zdroj výroby páry zemní plyn nebo spalování uhlí a dřevní štěpky?).



## Co to vlastně kombinovaná výroba chladu a tepla je?

Kombinovanou výrobou tepla a chladu rozumíme využívání odpadního tepla z výroby chladu pro výrobu topné vody využitelné v další technologii.

## Příklad vhodného využití společné výroby tepla a chladu:

- Při výrobě ledové vody pro technologii chlazení klíčírny se teplo v tepelném čerpadle voda/voda odevzdá do topného okruhu vytápění hvozdů.
- Při výrobě ledové vody (glycolu) pro technologii chlazení pivních tanků se teplo v tepelném čerpadle odevzdá na ohřev nebo předehřev technologické vody ve výrobním procesu
- Při výrobě ledové vody (glycolu) pro technologii chlazení mléka se teplo v tepelném čerpadle předá na ohřev nebo předehřev v jiné části technologického procesu nebo pro ohřev TUV
- Při výrobě ledové vody (glycolu) pro technologii chlazení masa se teplo v tepelném čerpadle předá na ohřev nebo předehřev v jiné části technologického procesu nebo pro ohřev TUV
- Pro sušící komoru s teplotou sušení kolem 60 – 70 °C (vytápěnou horkou vodou) využít teplo které vyrobí tepelné čerpadlo, které odebírá teplo z místnosti kde se výrobky chladí a kde s nimi pracují lidé.



### Ekonomika společné výroby tepla a chladu:

Při společné výrobě tepla a chladu musíme postupovat dle technologických požadavků na výrobu tepla a chladu. Příkladem je selekce **jednostupňového ohřevu vody** viz tabulka, kdy na jedné straně chceme vyrábět chlad v podobě GLYCOLu s teplotním spádem 0/-4°C a na druhé straně potřebujeme topit na teplotním spádu 50/45°C.

<b>Chladicí výkon [kW]</b>	<b>754</b>
Topný výkon [kW]	1 015
Elektrický příkon [kW]	286
Výroba energie chladu a tepla [kW]	1 769
Společné COP [kW]	6,18

Performance Information	
Mode	Heating
Heating Capacity <sup>(1)</sup>	kW 1015
Cooling Capacity to Source <sup>(1)</sup>	kW 754
Heating Efficiency (COP) <sup>(1)</sup>	kW/kW 3.55
Unit Power Input <sup>(1)</sup>	kW 286
Sound power level (LwA) <sup>(1)</sup>	dB(A) 103.0
Sound Pressure Level at 1.0m (LpA) <sup>(1)</sup>	dB(A) 84.0

(1) All performances are compliant with EN14511 – 3 : 2018. Sound power level according to ISO9614 – 1.

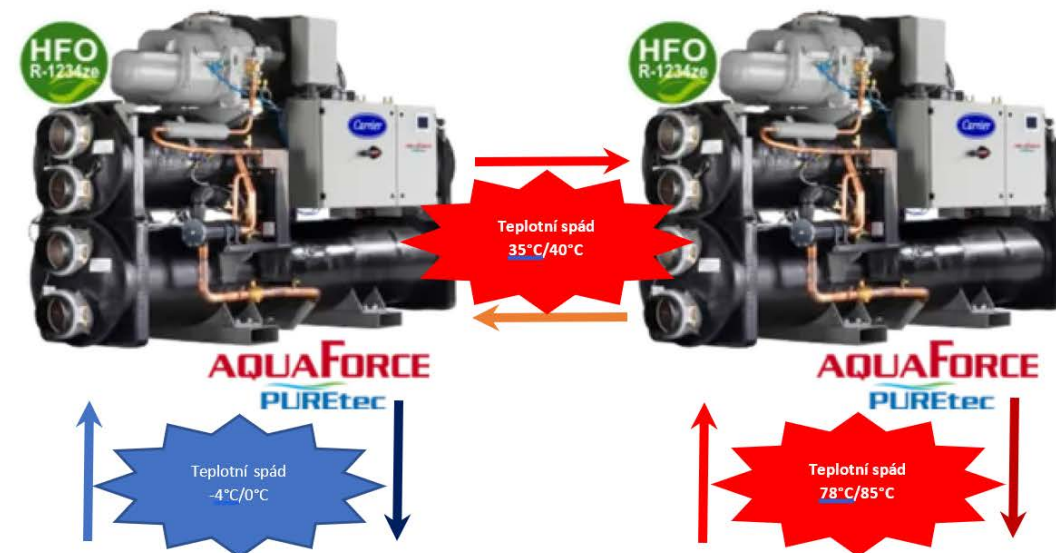
Operating Conditions	
System element	Heating
<b>Evaporator</b>	
Fluid Type	Ethylene Glycol 30%
Fouling Factor (sqm-K)/kW	0
Leaving Temperature °C	-4.0
Entering Temperature °C	0.0
Fluid Flow l/s	49.4
Total Pressure Drop kPa	56
<b>Condenser</b>	
Fluid Type	Fresh Water
Fouling Factor (sqm-K)/kW	0
Leaving Temperature °C	50.0
Entering Temperature °C	45.0
Fluid Flow l/s	49.0
Total Pressure Drop kPa	17.2
Altitude m	0



**Ekonomika společné výroby tepla a chladu:**

Příklad **dvoustupňového předávání tepla** z chlazení CK tanků pro vytápění hvozdu.

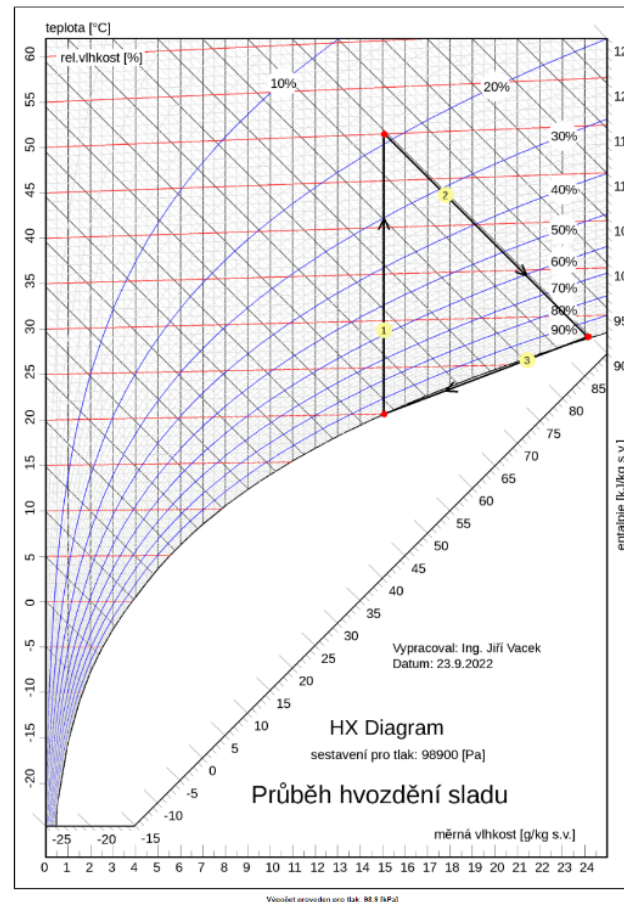
Chladicí výkon 1 stupně [kW] (-4/0°C)	788
Topný výkon 2 stupně [kW] (78/85°C)	1 410
Elektrický příkon 1 a 2 stupně [kW]	234 + 419
Výroba energie chladu a tepla [kW]	2 198
Společné COP [kW]	3,37



## Využití odpadního nízko potenciálního tepla ze sladovny pro vytápění hvozdů sladen a celková tepelná bilance

### Zdroje odpadního nízko potenciálního tepla na sladovnách:

- Odcházející nasycený vzduch z dvou lískového nebo tandemového hvozdů (100% potřebné energie pro ohřev vzduchu na teploty hvozdění)
- Teplo z chlazení klíčirny (v maximu produkce tepla z chlazení přibližně ¼ požadavku tepla pro aktuální spotřebu tepla na hvozdě). Navíc se jedná o sezonní záležitost.



Výpočet proveden pro tlak: 98.9 [kPa]

**Úprava - 1 - Ohřev vzduchu - Typ úpravy: OHŘEV**

Vstup: 20 [°C]; 100 [%]; 15.1 [g/kg]; 58.44 [kJ/kg]; 1 [m<sup>3</sup>/s]  
 Výstup: 50 [°C]; 19 [%]; 15.1 [g/kg]; 89.58 [kJ/kg]; 1.102 [m<sup>3</sup>/s]  
 Tepelný výkon ohřevu: 35.74 [kW]

**Úprava - 2 - Průchod vzduchu přes slad - Typ úpravy: ADIABATICKÉ VLHČENÍ**

Vstup: 50 [°C]; 19 [%]; 15.1 [g/kg]; 89.63 [kJ/kg]; 1.102 [m<sup>3</sup>/s]  
 Výstup: 27.8 [°C]; 99 [%]; 24.1 [g/kg]; 89.63 [kJ/kg]; 1.041 [m<sup>3</sup>/s]  
 Tepelný výkon citelný: 26.67 [kW]; Množství vody: 37.35 [kg/h]

**Úprava - 3 - Chlazení vzduchu - Typ úpravy: CHLAZENÍ**

Vstup: 27.8 [°C]; 99 [%]; 24.2 [g/kg]; 89.77 [kJ/kg]; 1.041 [m<sup>3</sup>/s]  
 Výstup: 20 [°C]; 100 [%]; 15.1 [g/kg]; 58.44 [kJ/kg]; 0.9997 [m<sup>3</sup>/s]  
 Tepelný výkon celkový: 35.95 [kW]; Tepelný výkon citelný: 9.374 [kW]; Množství zkondenzované vody: 37.6 [kg/h]

## Jak přeměnit sladovnu ze spotřebitele tepla na dodavatele tepla pro jiné provozy

Jedná se o nelehký úkol spojený s rozsáhlými investicemi do jímání nízko potenciálního tepla a jeho transformace do vysoko potenciálního tepla. Tento úkol je však již v dnešní době realizovatelný za splnění následujících podmínek:

- Cílené využívání nízko potenciální energie odpadního vzduchu (vychlazování vzduchu na stejnou teplotu jako má nasávaný vzduch do hvozdu) a jeho transformace pomocí tepelných čerpadel na zdroje tepla o vysokém potenciálu v podobě horké topné vody
- Cílené využívání tepla z chlazení vzduchu pro klíčírnu a jeho transformace pomocí tepelných čerpadel na zdroje tepla o vysokém potenciálu v podobě horké topné vody

Tepelné přebytky, které takto budou vznikat ve hvozdu odpovídají množství elektrické energie, která je investována do pohonu tepelných čerpadel určených pro vychlazování nasyceného vzduchu.

## Ekonomika výroby tepla tepelným čerpadlem

### Faktory určující ekonomiku

- Existuje zdroj odpadního tepla? Jaká je jeho dostupnost a stabilita?
- Existuje odpovídající spotřeba tepla?
- Jak časově koresponduje stabilita odběru tepla s dostupným zdrojem odpadního tepla?
- Jaká je cena elektrické energie pro pohon tepelného čerpadla?
- Jaká je cena tepla z jiného tepelného zdroje?
- Jaký je roční a měsíční proběh?
- Existuje v naší výrobě současně provoz vyžadující chlad a současně teplo?
- Nalezneme vhodné tepelné čerpadlo s potřebným teplotním spádem, který bude vyhovovat naší aplikaci a bude dostatečně efektivní?
- Jsme schopni si zlepšit efektivitu tepelného čerpadla vlastním obnovitelným zdrojem elektrické energie? (fotovoltaické elektrárny, větrné elektrárny)

## Proč tepelné čerpadlo a ne vytápění plynem nebo fosilními palivy

Důvodů proč zvolit tepelné čerpadlo a ne vytápění zemním plynem nebo fosilními palivy je několik

- Zdroj tepla je místní a bezemisní
- Elektrickou energii pro pohon tepelného čerpadla můžeme získávat z vlastních obnovitelných zdrojů (fotovoltaické elektrárny, větrné elektrárny, vodní elektrárny). Důležité je vytvořit vhodný energetický mix, který bude schopen maximálně vykrývat čas spotřeby energií ve výrobním závodě.
- Zajištění plynulosti zásobování energií je možné zajistit vlastními zdroji elektrické energie umístěnými v různých lokalitách a využitím distribuční sítě energetiky (platit pak pouze poplatky za distribuci).
- Odstranění nákladů na skladování fosilních paliv
- Odstranění nákladů emisní povolenky
- Odstranění nákladů na likvidaci odpadů z fosilních tuhých paliv
- Snížení nebezpečí požáru fosilních paliv a výbuchu (prach fosilních paliv, zemní plyn)
- Odstranění emisí CO<sub>2</sub> a jiných plynů vznikajících při spalování fosilních paliv a zemního plynu
- Peníze za spotřebovanou elektrickou energii zůstávají částečně investorovi (v případě vlastních obnovitelných zdrojů energie) a zbytek v Evropě u výrobců elektrické energie



## Jak spočítat ekonomiku využití tepelného čerpadla

Pro vyhodnocení potřebujeme následující informace

- Cena tepla z původního zdroje [Kč / MWh]
- Cena elektrické energie [Kč / MWh]
- S jakým **COP (Coefficient of Performance** – účinnost tepelného čerpadla) bude tepelné čerpadlo v naší aplikaci pracovat?
- Cena tepla z tepelného čerpadla [Kč/MWh] = Cena elektřiny [Kč/MWh] / COP



## Otázky a odpovědi

**Děkuji za pozornost.**

**Ing. Jiří Vacek**

Jednatel společnosti

Tel: + 420 739 439 001

E-mail: [jiri.vacek@project-malt.cz](mailto:jiri.vacek@project-malt.cz)

Web: [www.project-malt.cz](http://www.project-malt.cz)

**PROJECT MALT spol. s r.o.**

Sídlo: Makarenkova 163/3, 779 00 Bystrovany

Kanceláře a výroba: Železniční 512/7, 779 00 Olomouc