

plinske toplotne črpalke

principi delovanje in trendi na trgu

dr. Janko Remec

energija

energije je v okolici veliko - samo ni vedno na pravem temperaturnem nivoju

kadar je v okolici toplo iščemo hlad in
kadar je hladno toploto

2005 v EU letna poraba za gretje prostorov
12 089 PJ (~289 Mtoe), = 698 Mt CO₂ (K³M⁶G⁹T¹²P¹⁵)

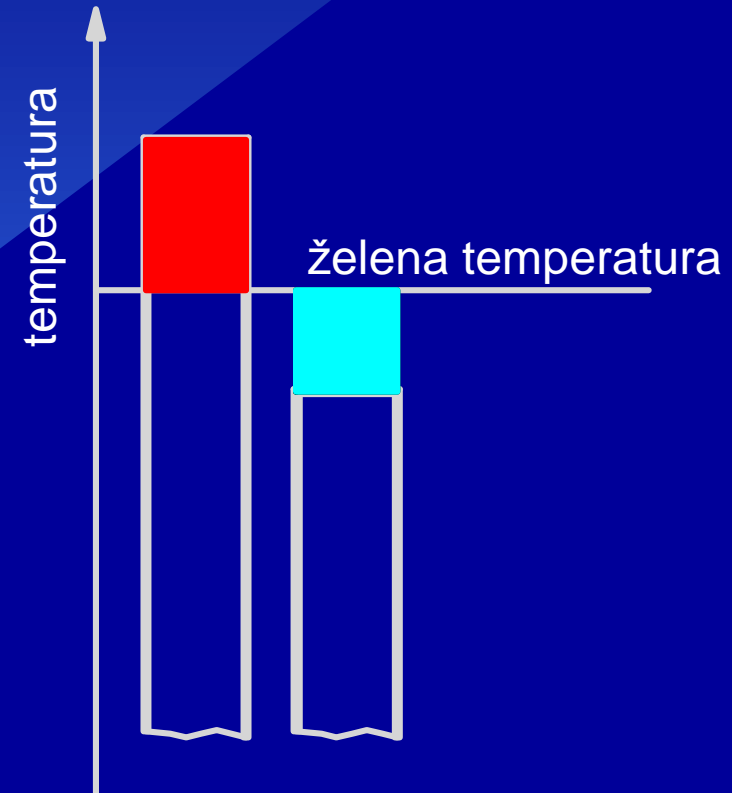
2020 predvideni učinki: 1 900 PJ (45 Mtoe), 110 Mt CO₂
(81x:2013)

toplotna črpalka

toplotna črpalka ne proizvede vse toplote

vzame jo iz okolja in doda tisto, kolikor manjka (ali je preveč)
spremeni temperaturni nivo

učinkovita - doda samo toliko energije kolikor je potrebno, in se prilagaja želeni temperaturi (\neq kotel)



gonilo sprememb

zakonodaja in ekonomija

- vzpodbujanje manjše rabe energije (EU)
- vzpodbujanje investicij
- ekonomičnost

ekolje in energetika

- manjša raba primarne energije
- manjše emisije v okolico (CO₂ in ostali plini, kapljeviti mediji in trdni ostanki)

- električno gnane kompresorske TČ
- plinsko (zemeljski plin) gnane kompresorske TČ
- **a**bsorpcijske TČ na zemeljski plin
- **a**dsorpcijske TČ na zemeljski plin

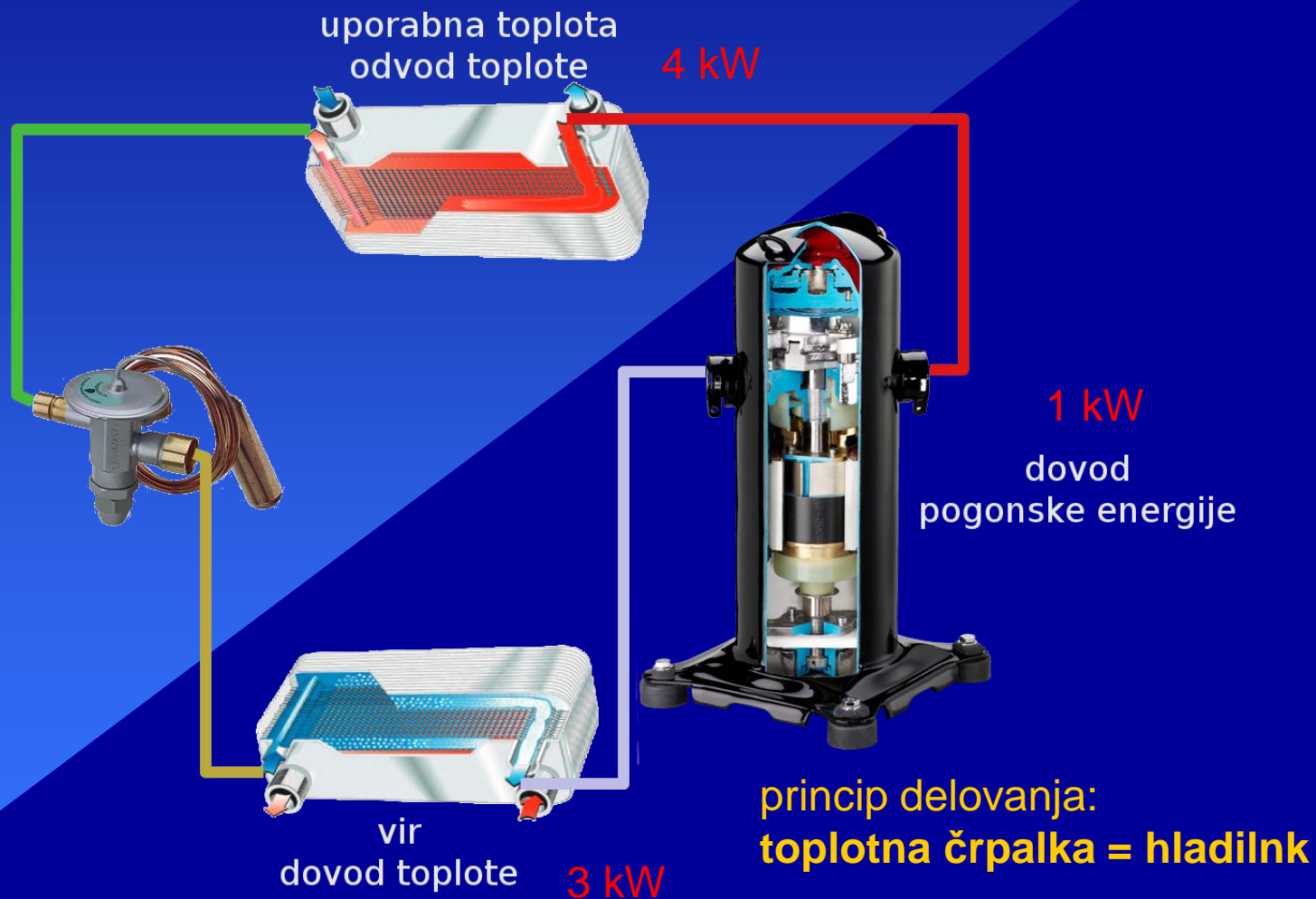
toplotne črpalke

- namen
 - ogrevanje
 - hlajenje (opcija)
- razlike TČ
 - Vir (voda, zemlja, zrak, sonce, toplota industrijskih procesov)
 - učinkovitost
 - investicija
- prednosti
 - udobnost in enostavnost uporabe
 - nizki stroški
 - dobra regulacija

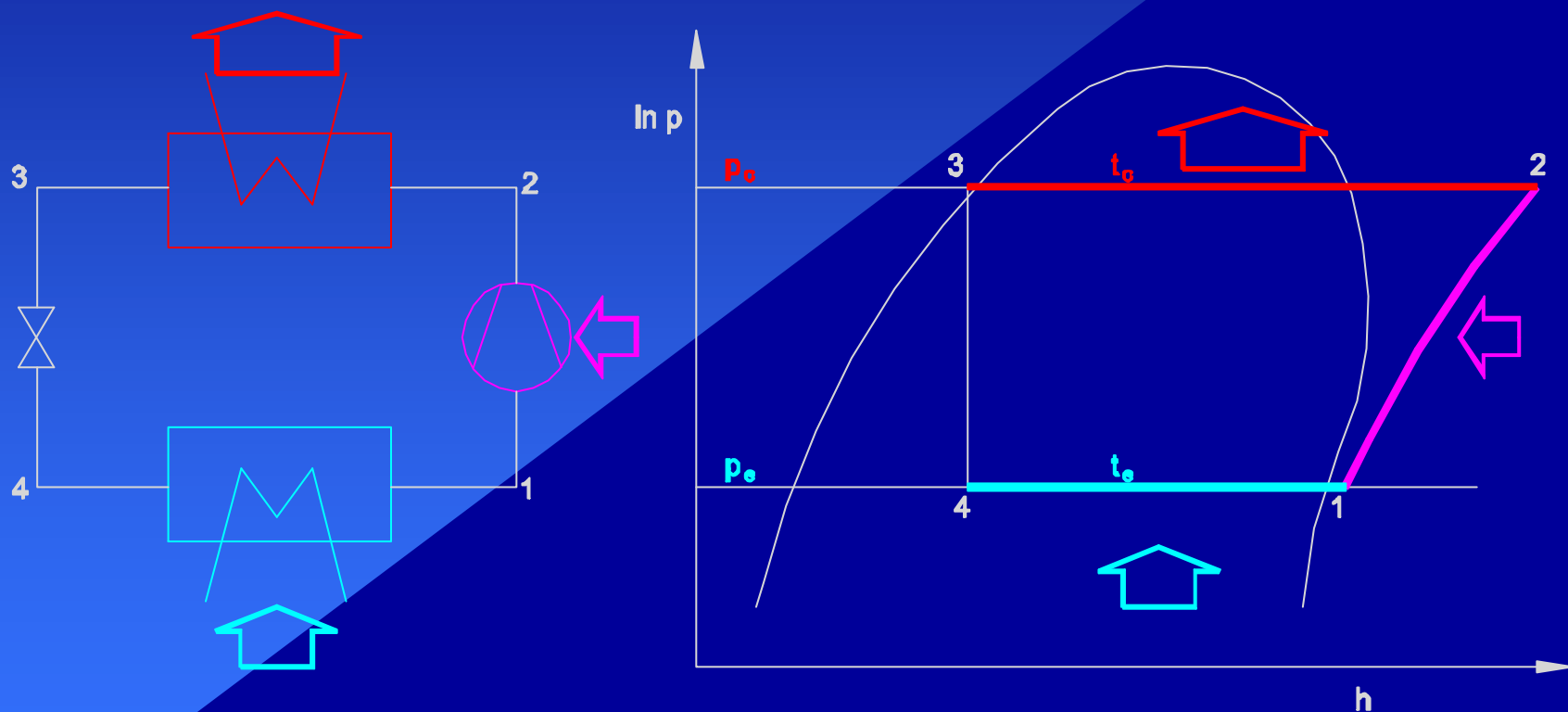
toplotne črpalke (električno gnane)

- **ekonomija** (investicija : (vzdrževalni + obratovalni) stroški)
- **tehnika**
 - učinkovitost in moč - zelo občutljive na razliko temperatur vira in porabe
 - še posebej AW (zmanjševanje moči z nižanjem temperature)
- **vplivi na okolje** - samo emisije
 - kako je pridobljena električna energija?
 - hladivo (GWP: 1300 - 3900)?
 - TEWI

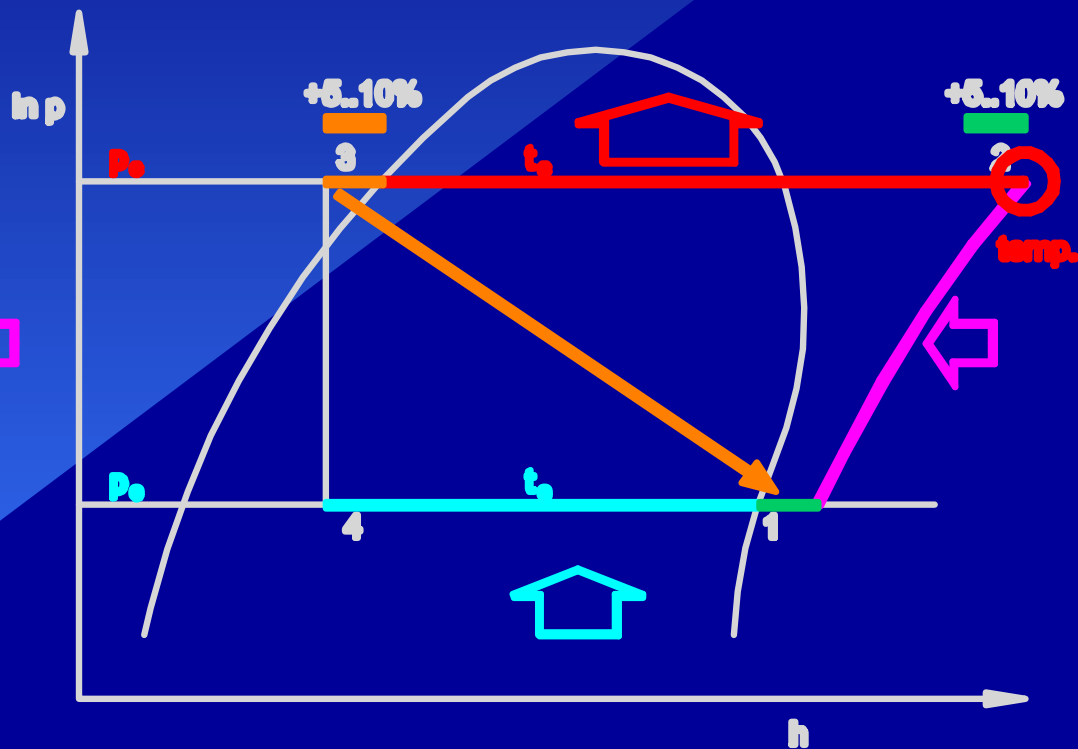
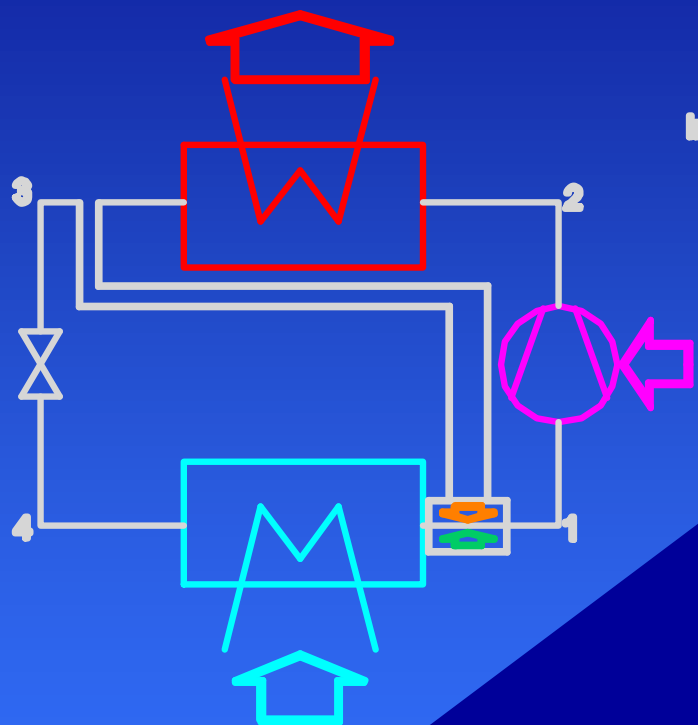
toplotne črpalke (električno gnane) princip delovanja



toplotne črpalke (električno gnane) princip delovanja



toplotne črpalke (električno gnane) tehnika



toplotne črpalke (električno gnane) obratovanje

- učinkovite predvsem
 - pri nižjih temperaturah odjema (npr. dobra izolacija)
 - čimvišja temperatura vira (Primorska, odpadna toplota)
- razvoj
 - pogon (kompresor in elektromotor)
 - regulacija naprave (elektronski TE)
 - regulacija sistema (vir - naprava - porabnik)

toplotne črpalke (električno gnane) obratovanje

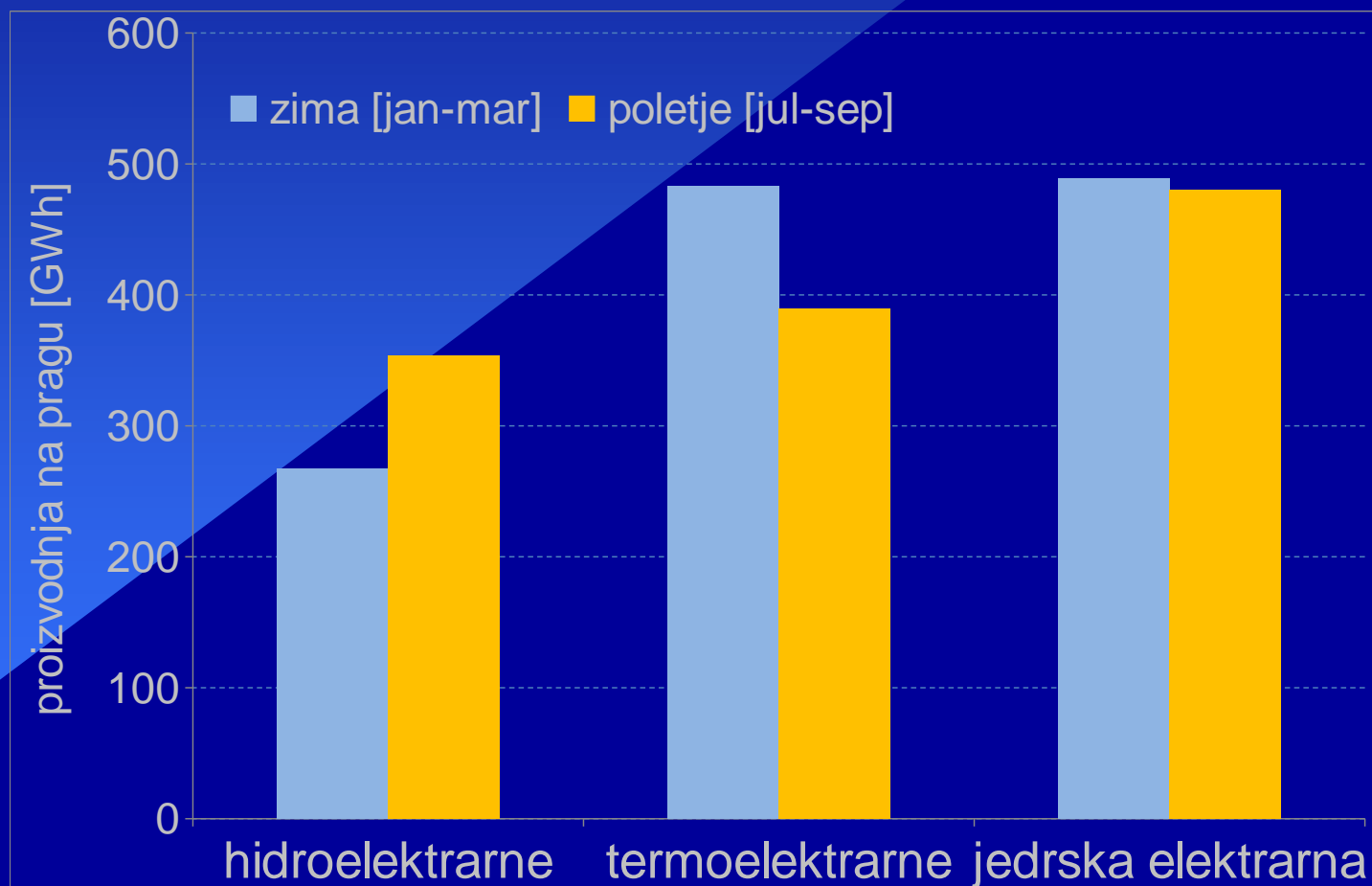
- **COP** - na podlagi testa skladno s standardom (EN14511)
 - ne upošteva realnih razmer
 - spreminjajoče se temperature
 - 2/35 (AW) - **NI ENOTNO**, 0/35 (SW), 10/35 (WW)
- **SCOP** (EN 14825)
 - **sezonsko** (določene 3 temperaturne cone)
 - morebitna **sočasna priprava tople sanitarne vode**
- **PER** (811:2013)
 - podobno kot SCOP, vendar s primarno energijo

toplotne črpalke (električno gnane) obratovanje

- primerne za (učinkovite) zgradbe
dobra izolacija → nizka temperatura ogrevanja
- čimvišja temperatura vira AW Primorska
 - sicer so lahko predvsem ekološko neprimerne
(neprimerni pogoji, napračna regulacija)
- moči
 - za gospodinjstva serijsko (do ~40 kW grelne moči, trend zmanjševanja pod 10 kW)
 - za komercialno in industrijsko manjše serije, ni omejitev

SLO - emisije CO2 (PURES) / TGP

- proizvodnja električne energije po sezonah 2004-2015



SLO - emisije CO₂ (PURES) / TGP

- električna energija 0,53 kg CO₂/kWh (slo povprečje), v ogrevalnem obdobju 0,57 kg CO₂/kWh
- NG 0,20 kg CO₂/kWh
- toplotne črpalke (električno gnane)
- SCOP=3 → 0,17 (0,19) kg CO₂/kWh_{th}
- SCOP=4 → 0,13 (0,14) kg CO₂/kWh_{th}
- SCOP=5 → 0,11 (0,11) kg CO₂/kWh_{th}

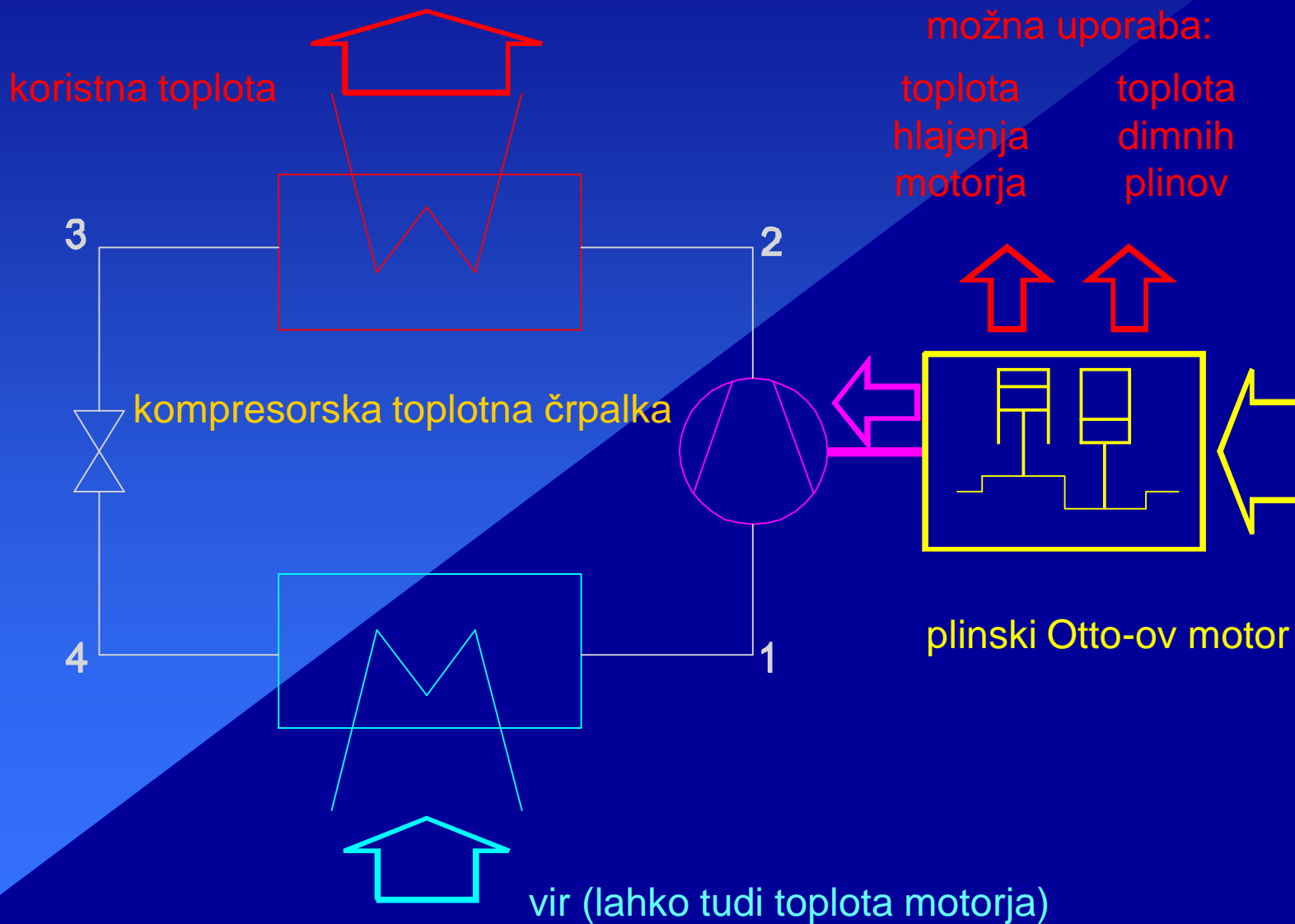
toplotne črpalke na zemeljski plin

- zemeljski plin je primarni energent
- več možnosti:
 1. plinski motor → toplotna črpalka (klasična) + toplota (!)
 2. absorpcijske toplotne črpalke
 3. adsorpcijske toplotne črpalke
- namen ostaja enak

toplotna črpalka - plinski motor

- plinski motor neposredno poganja kompresor
- klasičen proces v toplotni črpalki
- dodatna toplota (hladina voda in dimni plini)
- trg (Japonska)
- proizvajalci (Japonska: Panasonic (Sanyo), Aisin (Toyota), Yanmar, MHI)

toplotna črpalka - plinski motor



toplotna črpalka - plinski motor - izboljšave

- uporaba prednosti klasičnih toplotnih črpalk (elektronski TEV)
- izboljšave motorja (Miller-jev proces)

toplotna črpalka - plinski motor - prednosti

- majhna poraba električne energije (nekaj %)
- manj občutljiv na temperaturo vira
- predvsem zrak
- dodatni vir toplote na visoki temperaturi
- z motorjem (vrtljaji) se prilagaja potrebam
manj on/off ciklov - podobno kot invertni kompresorji

toplotna črpalka - plinski motor - pomanjkljivosti

- **investicija**
- **majhno število ponudnikov (proizvajalcev)**
- **postavitev** (masa)
- **strokovni serviseji** (visoka strokovnost, malo izbire)
- **izkušnje pri obratovanju in vzdrževanju**
(dodatno plinski motor)

toplotne črpalke - sorpcijske

- **pogonska energija = toplota** (zemeljski plin, vroča voda, para)
- **razliko tlakov dosežamo brez mehanske energije**
- **trije (štirje) temperaturni nivoji**



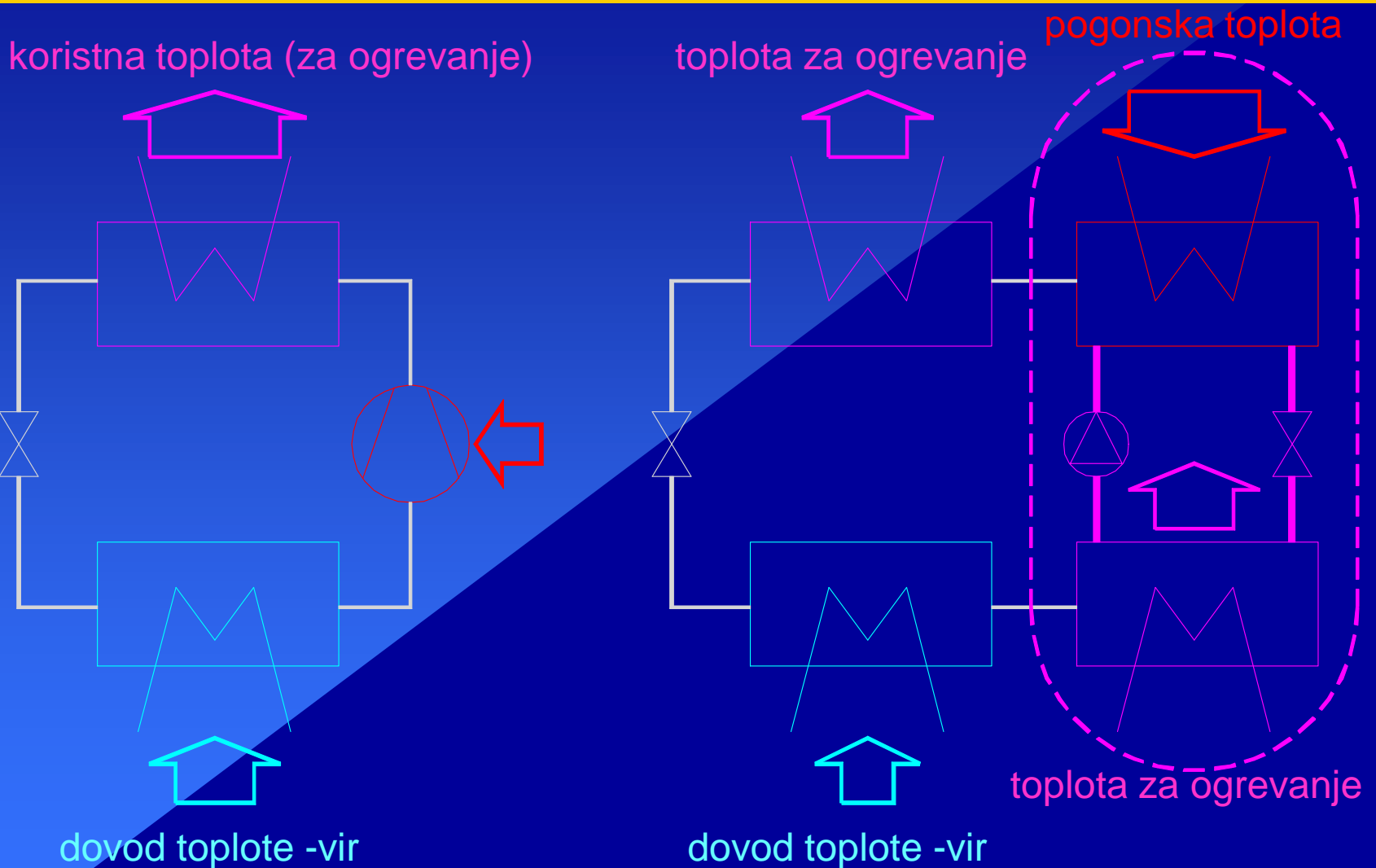
toplotna črpalka - absorpcijska

- izhaja iz absorpcijskih hladilnikov
- naprava je večja (težja = dražja)
v primerjavi s kompresorskimi za isto moč
- predvsem za večje moči (>50 kW / >300 kW)
 - tudi za gospodinjstva niso pod 40 kW
- zanesljivost (enostavna zasnova, ni gibajočih delov)
- regulacija
- delna obremenitev

toplotna črpalka - absorpcijska

- kontinuirano delujoča
- več možnih ciklov
 - enostopenjska (COP \sim 1,6; LiBr)
 - dvostopenjska (COP \sim 2,1; LiBr)
 - GAX (COP \sim 1,9; LiBr)
- različna hladiiva in mediji
 - LiBr-H₂O / H₂O (vir nad \sim 5° C)
 - NH₃ / H₂O (vir lahko tudi pod -10° C)
 - eksperimentalno tudi druge soli in alkoholi

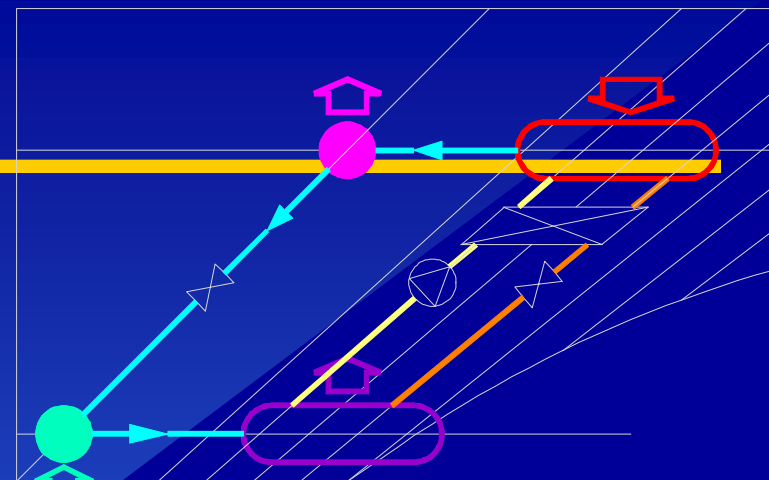
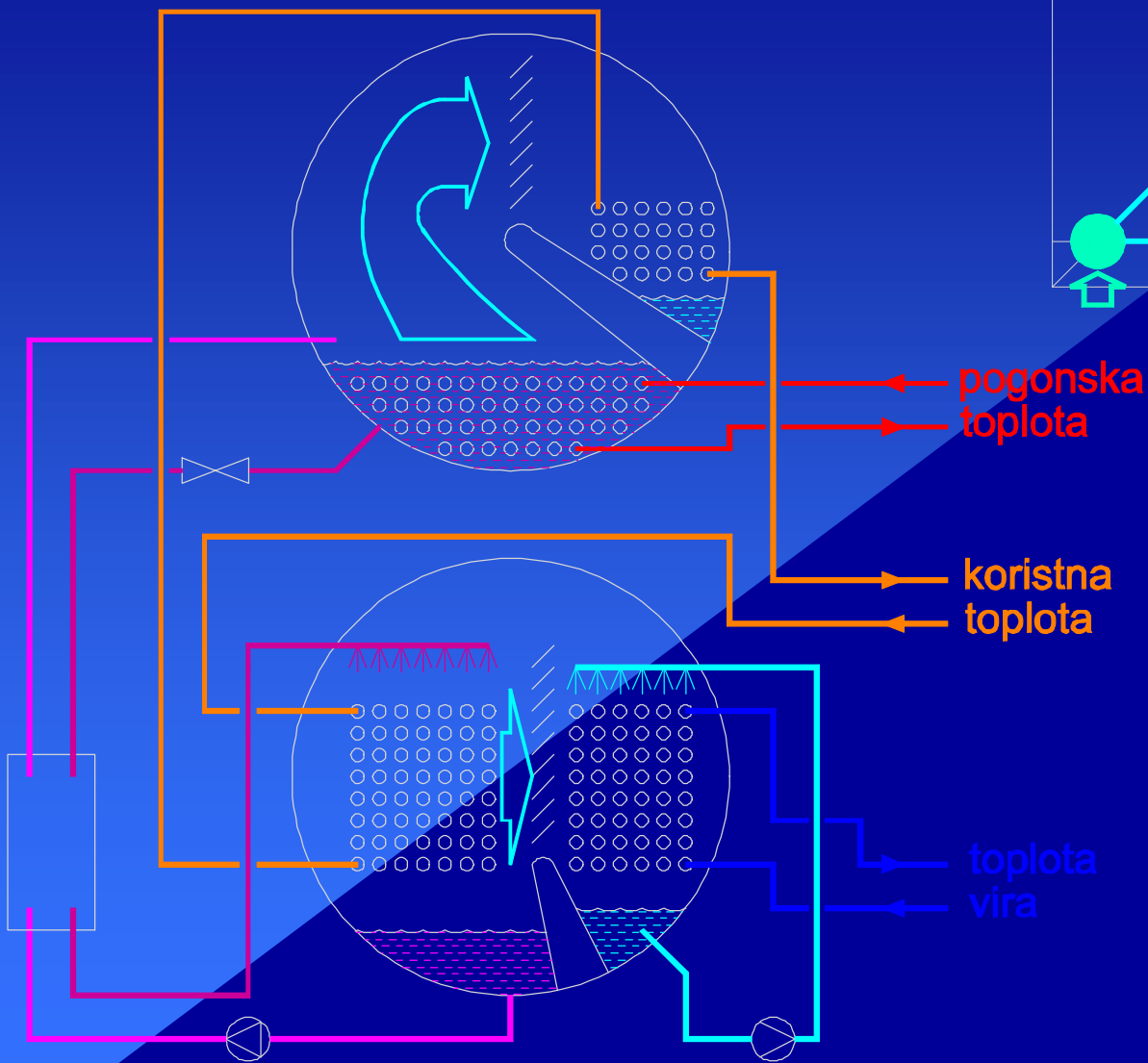
toplotna črpalka - **absorpcijske** - H₂O - LiBr/H₂O



kompresorska toplotna črpalka

absorpcijska toplotna črpalka

toplotna črpalka - absorpcijska

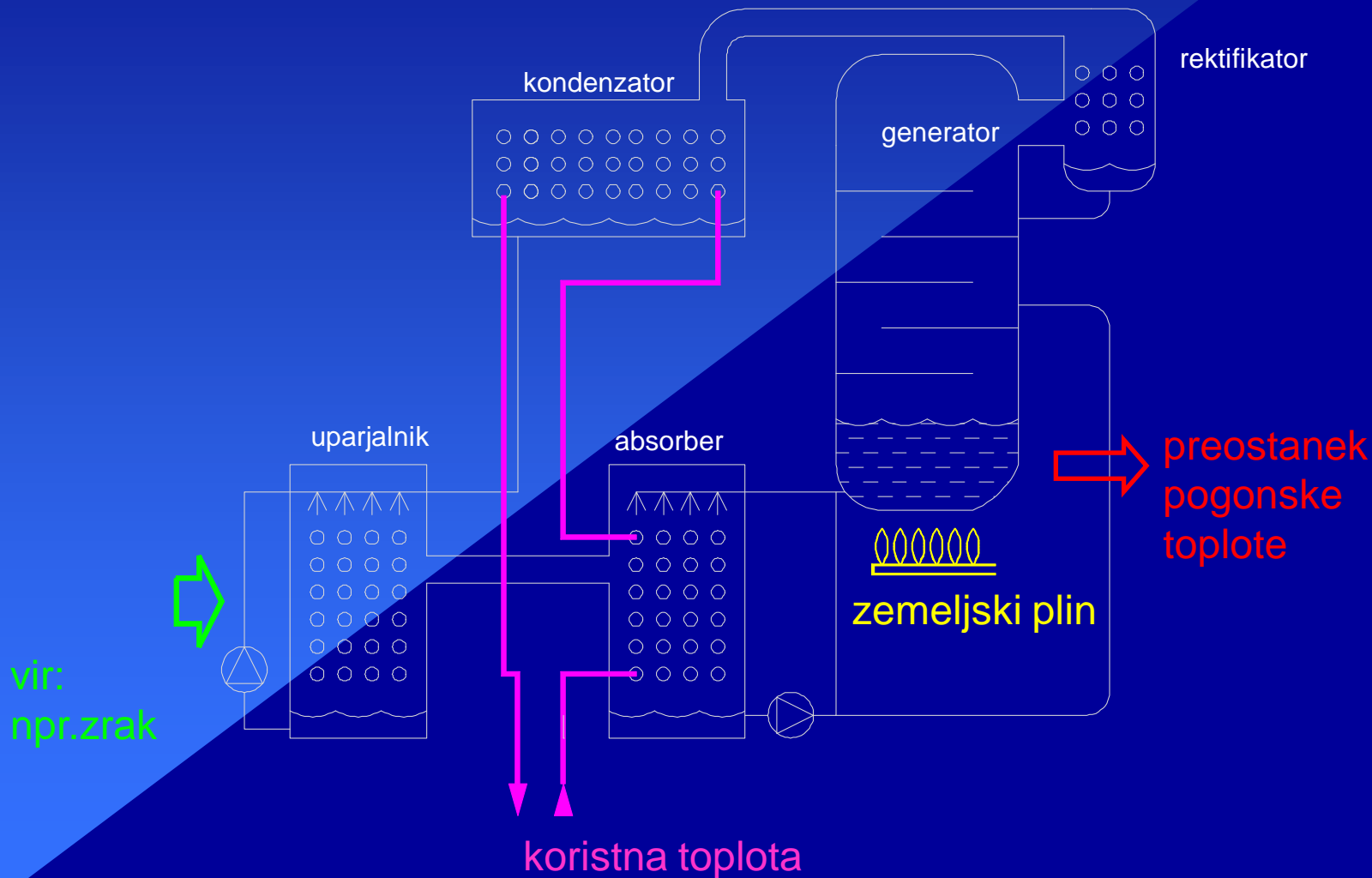


$\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$

toplotna črpalka - **a**bsorpcijska

- $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ - manjše moči
 - omogočajo: gretje, hlajenje in pripravo tople vode
 - vir (eff/max/min):
 - zrak (1,2 .. 1,5 / 65 / 3),
 - zemlja (1,2 .. 1,6 / 65 / -5),
 - voda (1,4 .. 1,7 / 65 / 3)

toplotna črpalka - absorpcijska



toplotna črpalka - absorpcijska

- na razpolago za moči nad 40 kW
- COP > 1,5 (NH₃) oz. COP > 1,7 (LiBr)
- malo primerov (čeprav je bila v SLO proizvodnja AHN)
- LiBr predvsem industrija nad 0° C, večje moči
- NH₃ za gospodinjstva v zadnjem obdobju

toplotna črpalka - adsorpcijska

- izhaja iz čiščenja plinov
prva komercialna AHN 1920
- naprava je večja (težja = dražja)
v primerjavi s kompresorskimi za isto moč
- zanesljivost (ni gibajočih delov)
- regulacija
- delna obremenitev
 - adsorbent - trdna snov
 - adsorbat - hladivo

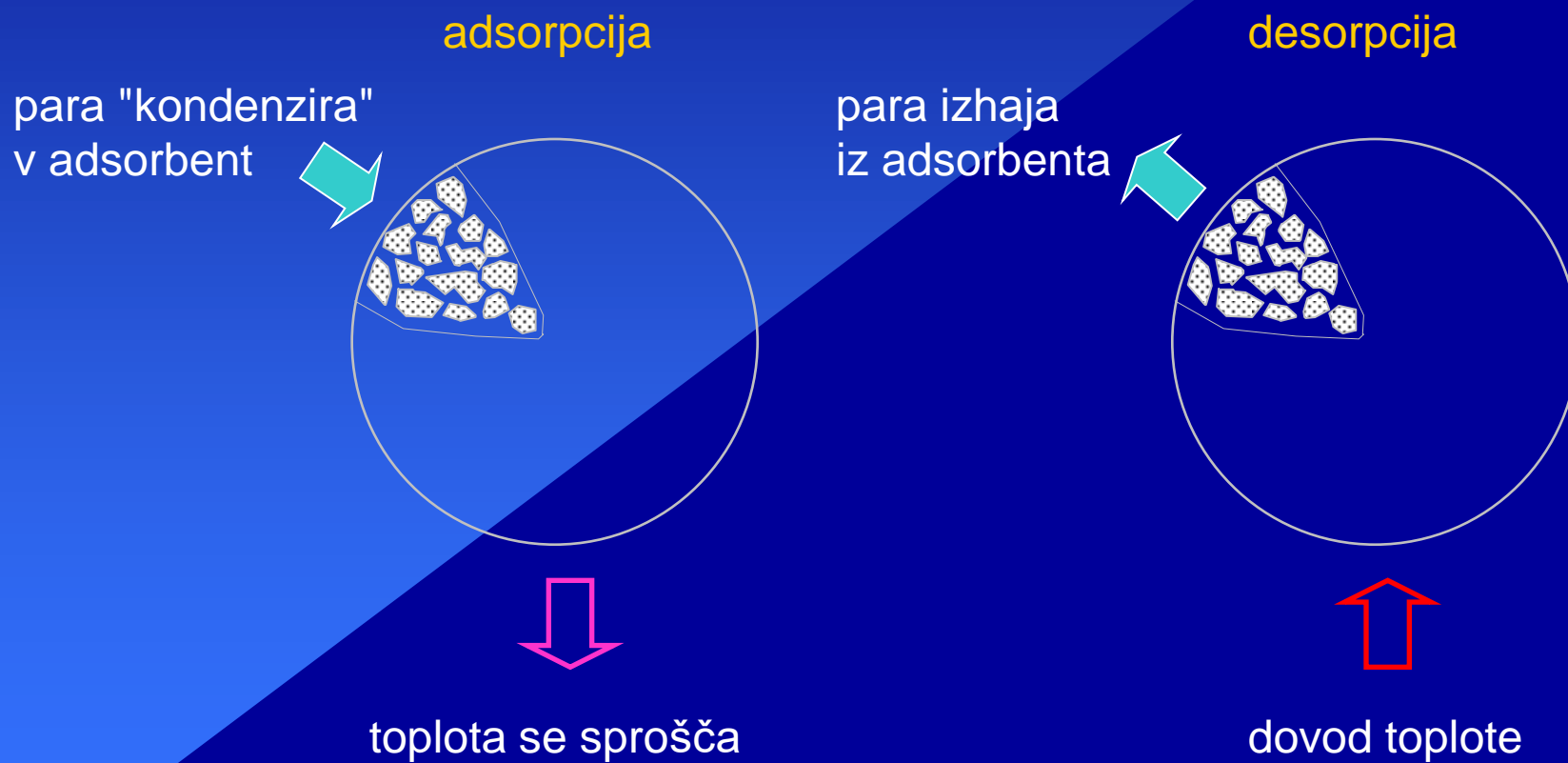
toplotna črpalka - adsorpcijska - sredstva

- **NE**-kontinuirano delujoča (batch)
- različna adsorpcijska sredstva in hladiva
 - zeolit / NH_3 ali CH_3OH (vir pod 0°C)
 - zeolit / H_2O (vir nad $\sim 5^\circ \text{C}$ do preko 50°C)
 - silikagel / H_2O ali CH_3OH (vir nad $\sim 5 - 15^\circ \text{C}$)
 - aktivno oglje / NH_3 ali CH_3OH (vir nad $\sim 5 - 15^\circ \text{C}$)
 - komercialne mešanice / H_2O ali CH_3OH

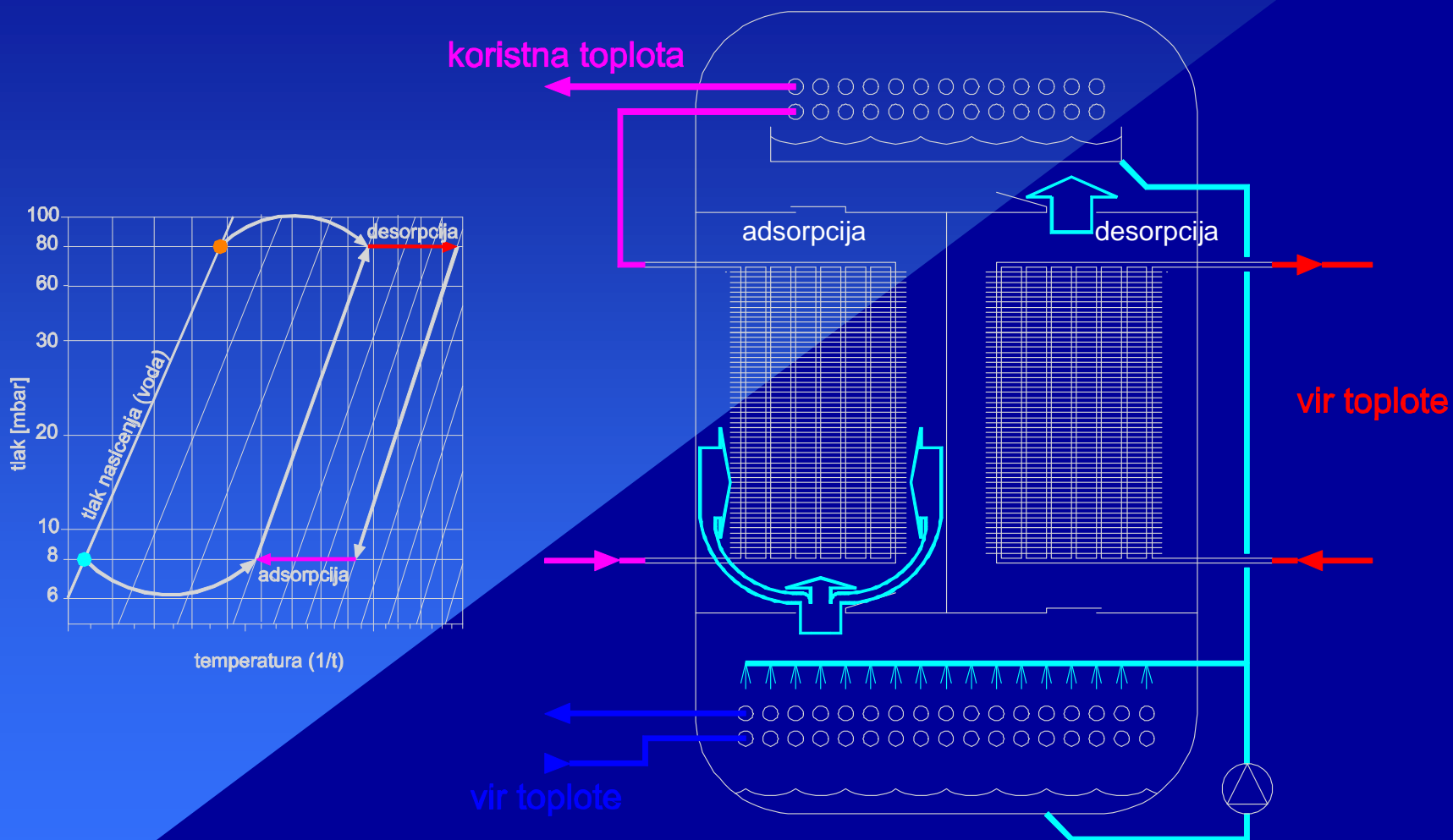
toplotna črpalka - adsorpcijska

- zahteve - usklajenost para
 - hitrost adsorpcije in desorpcije, pri nizkih temperaturah
 - velika temperaturna odvisnost
 - življenjska doba (200 000 ciklov)
- makroporozna struktura velik ΔV
 - velikost (premer) por = premer molekule pare

toplotna črpalka - adsorpcija



toplotna črpalka - adsorpcijska - izmenično delovanje



toplotna črpalka - adsorpcijska

- nestrupene in nenevarne snovi
- kombinacija z drugimi viri
- COP
 - enostavni 1,2 .. 1,4
 - večstopenjski možno tudi preko 2
- moč od 10 kW (dober COP pri delni obremenitvi)
- proizvajalci: Vaillant, Viessmann, Oertli

plinske toplotne črpalke - trendi

- plinski motor
 - izboljšave motorja
 - izkoristek (toplota dimnih plinov)
 - zmanjšanje dimenzij (cena), hrup (batni)
 - uporaba razvoja električnih toplotnih črpalk
- sorpcijske
 - večstopnejski procesi (notranja izmenjava toplote)
 - snovi - **ab/d**sorbent (nižanje temperature dovoda toplote)
 - materiali (predvsem pri uporabi solnih raztopin)
 - optimiranje velikosti (skupno ohišje za isti tlak)

toplotne črpalke - primerjava COP in emisij

*vir: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle		zrak	zemlja	podtalnica
kotel - kg O ₂ /kWh _{th}	samo kotel		0,19	
	20% SSE		0,15	
kompresorska TČ	COP	3,4	4,4	5,2
	(SEE**)	(140%)	(170%)	(200%)
kg CO ₂ /kWh _{th} (glede na COP)		0,16	0,12	0,10
motor - TČ - COP		1,42		
kg CO ₂ /kWh _{th}		0,14		
absorpcijska TČ - COP*		1,5	1,6	1,65
kg CO ₂ /kWh _{th}		0,13	0,13	0,12
adsorpcijska TČ - COP*		1,13		
kg CO ₂ /kWh _{th}		0,15		

**SEE - Seasonal Energy Efficiency (sezonske energijska učinkovitost (Eko sklad), 811/2013)

toplotne črpalke na zemeljski plin, Janko Remec

- gretje prostorov in sanitarne vode
- bistvene spremembe pri vrednotenju energetske učinkovitosti
 - sezonske vrednosti
 - tri cone
 - dva temperaturna nivoja
 - osnova: raba primarne energije
- PER (primary energy ratio): $CC=2,5$
- klasifikacija (A^{++} (125-150, NT: 150-175), A^+ (98-125, NT: 123-150), **A, B, C, ...**)

810-813/2013 (uporablja se od september 2015)

pogoji [° C]	referenčna projektna	bivalentna (AW)	obratovanje najmanj do	ure obratovanja
A (povprečno)	-10 (-11)	+2	-7	4910
C (hladno)	-22 (-23)	-7	-15	6446
W (toplo)	+2 (+1)	+7	+2	3590

vir	nazivni pogoji	koristna toplota [° C]	koristna toplota nizkotemperaturne
zrak	7 (A) / 2(C) / 14(W)	47/55	30/35
voda	10/7 (in/out)		
raztopina	0/-3 (in/out)		

plinske toplotne črpalke - zaključki

- dobimo več energije kot jo vložimo
razlika dobimo iz okolice, manjša izguba eksurgije
- manjša odvisnost od vira (okolice)
- doseganje višjih temperatur
- učinkovitost pri višjih temperaturah
- med fosilnimi viri okolju prijazen sistem
visok izkoristek primarne energije
- **COP/SCOP**-ji niso neposredno primerljivi
(pri kompresorskih in sorpcijskih)
- **PER**

plinske toplotne črpalke - zaključki

- dobimo več energije kot jo vložimo
razlika dobimo iz okolice, manjša izguba eksurgije
- manjša odvisnost od vira (okolice)
- doseganje višjih temperatur
- učinkovitost pri višjih temperaturah
- med fosilnimi viri okolju prijazen sistem
visok izkoristek primarne energije
- COP-ji niso neposredno primerljivi (pri kompresorskih in sorpcijskih)
- okoljska primernost ?

plinske toplotne črpalke - zaključki

- za plinske TČ potreben COP 1,25 do 2
- visoka investicija - subvencija
- tehnično zahtevnejše naprave
- zahtevnejše vzdrževanje (samo plinski motor)
- servisna služba (zahtevani kvalificirani serviserji)
- nazivna moč je visoka za individualne stavbe

toplotne črpalke - trendi

- primernost za nove in obnovljene stavbe
(nizka zahtevana temperatura vira, nizka raba energije, gretje in hlajenje z isto napravo)
- izboljševanje SCOP
- enostavno upravljanje in nadzor (telefon)
- manjša rast prodaje
(razmerje investicije in pričakovanih stroškov)

plinske toplotne črpalke - trendi

- plinski motor
 - izboljšave motorja
 - izkoristek (prilagajanje obremenitvi, toplota dimnih plinov)
 - zmanjšanje dimenzij (cena)
 - uporaba razvoja električnih toplotnih črpalk
- sorpcijske
 - večstopnejski procesi (notranja izmenjava toplote)
 - snovi - **ab/d**sorbent (nižanje temperature dovoda toplote)
 - materiali (predvsem pri uporabi solnih raztopin)
 - optimiranje velikosti (skupno ohišje za isti tlak)

hvala za pozornost

vprašanja?