

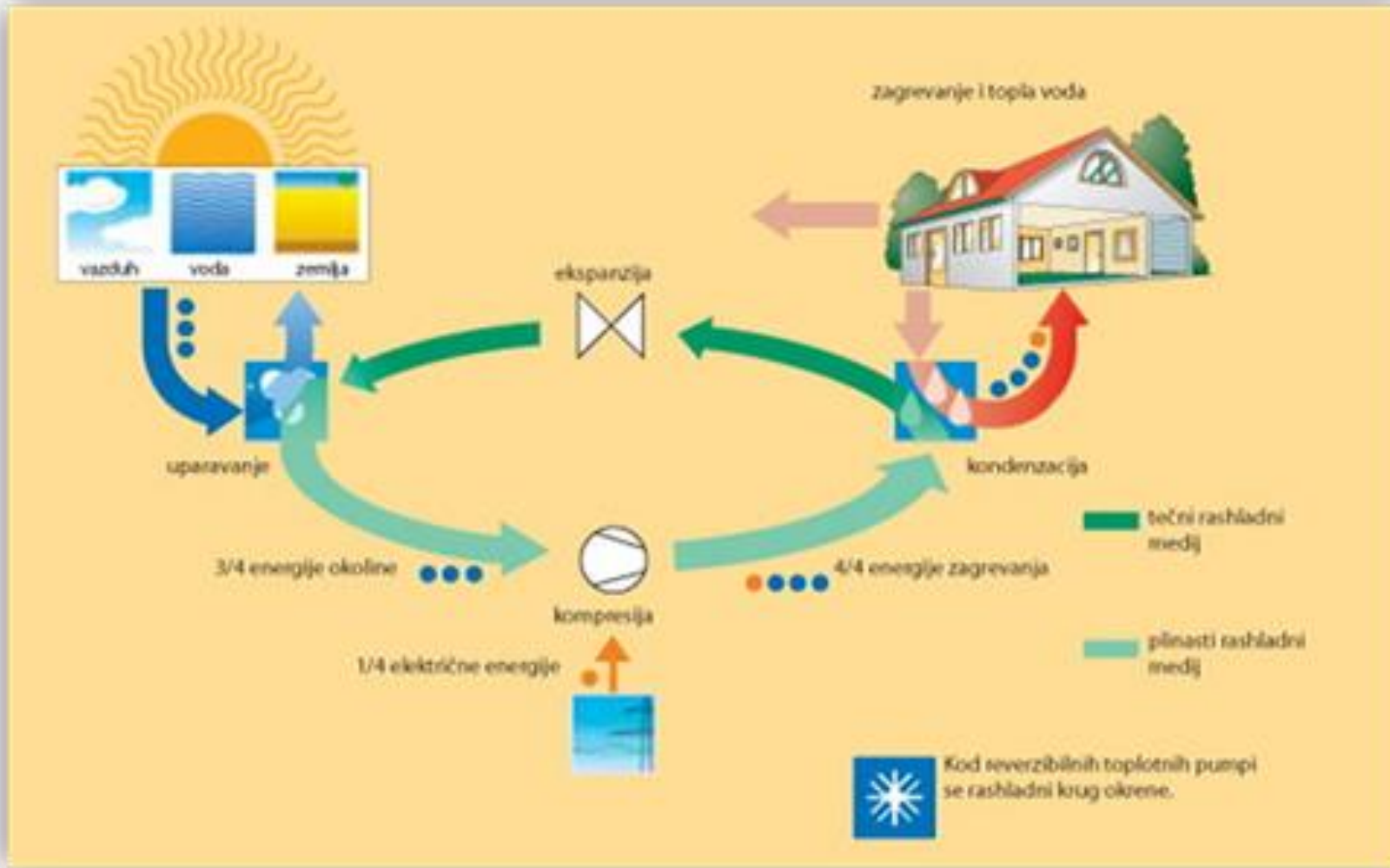
KORIŠTENJE ENERGIJE ZA GRIJANJE I PRIPREMU TOPLE POTROŠNE VODE POMOĆU TOPLOTNIH PUMPI KOJE KORISTE CO₂ KAO RADNI MEDIJ

*Amna DERVOZ
Mašinski fakultet Sarajevo
Univerzitet u Sarajevu*

Sadržaj

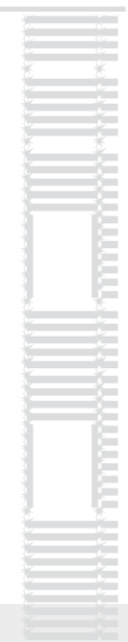
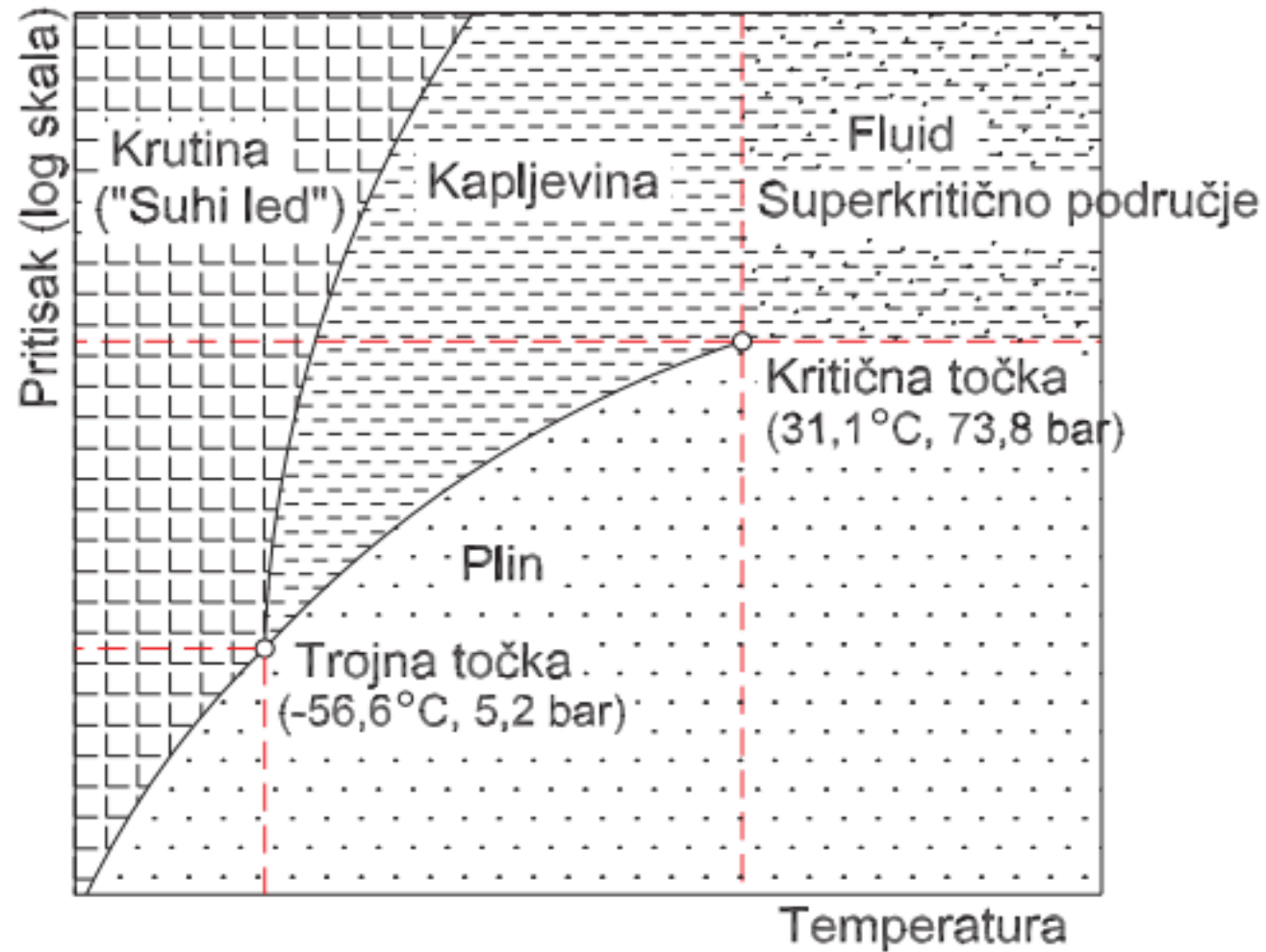
- Princip rada toplotne pumpe
- Radne tvari – termodinamička svojstva CO₂
- Dimenzionisanje toplotne pumpe
- Priprema tople potrošne vode
- Proračun sistema za grijanje i pripremu tople potrošne vode pomoću toplotnih pumpi koje koriste CO₂ kao medij za Studentski dom Nedžarići u Sarajevu
- Ekonomska analiza sistema
- Zaključak

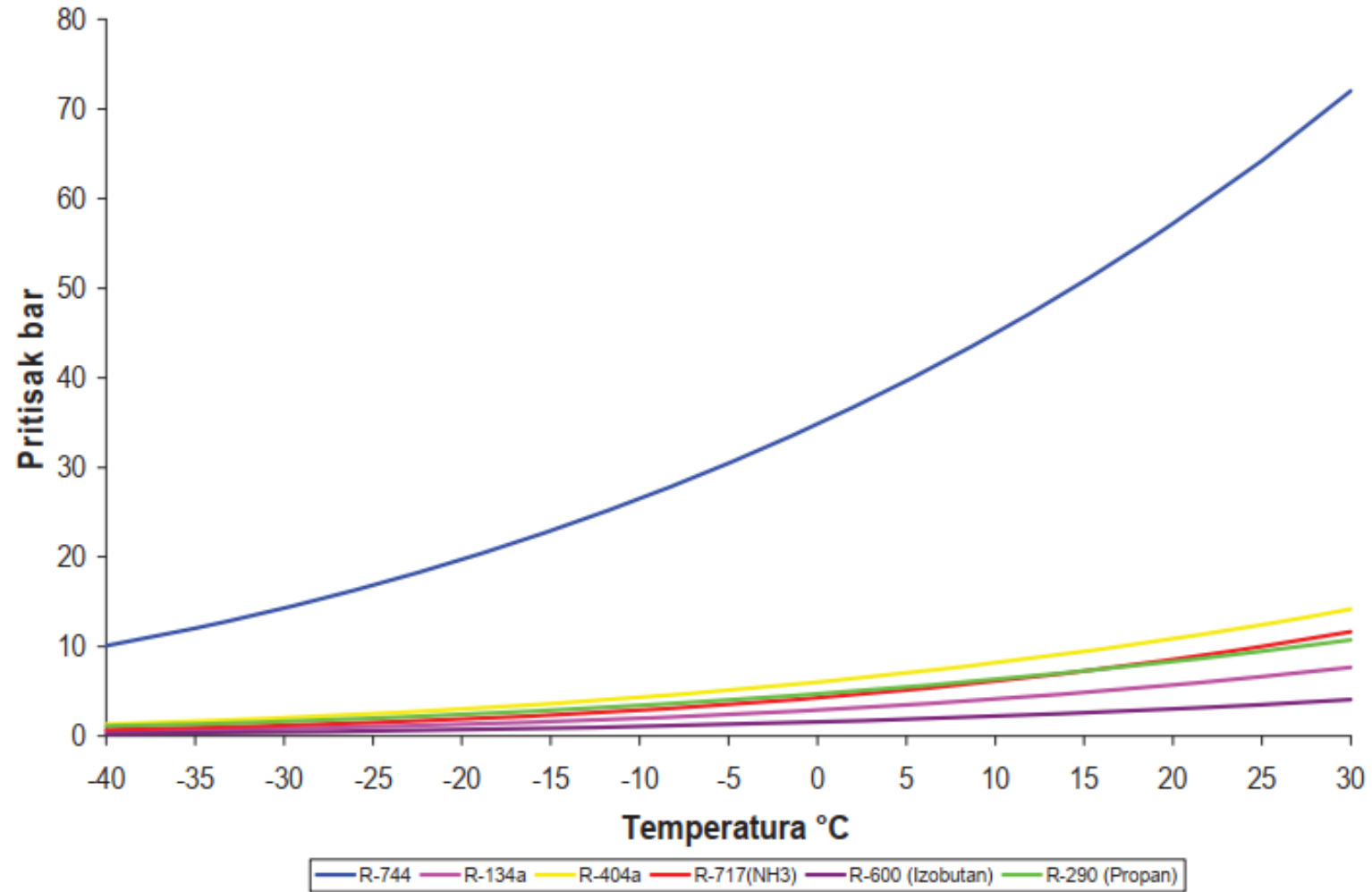




Princip rada toplotnih pumpi

Termodinamička svojstva CO₂





Dijagram pritiska i temperature radnih medija

Dimenzionisanje toplotne pumpe

Toplotni učinak – osnovna veličina za određivanje potreba za toplotnom/rashladnom energijom

$$Q_{TP} \geq Q_{t,opt,zg}$$

Q_{TP} – toplotni učin toplotne pumpe, [W]

$Q_{t,opt,zg}$ – toplotno opterećenje zgrade, [W]

Projektno toplotno opterećenje zgrade

$$Q_{t,opt,zgr} = \sum Q_{T,pr,i} + \sum Q_{V,pr,i} + \sum Q_{zag,pr,i}$$



$Q_{t,opt,zg}$ - ukupno projektno toplotno opterećenje zgrade, [W]



$Q_{T,pr,i}$ - projektni transmisioni toplotni gubici pojedine prostorije koja se grije, [W]

$Q_{V,pr,i}$ - projektni ventilacioni toplotni gubici pojedine prostorije koja se grije, [W]

$Q_{zag,pr,i}$ - dodatni učin za ponovo zagrijavanje pojedine prostorije (za slučaj periodičnog, povremenog ili rada sistema grijanja sa prekidima), [W]

Projektno toplotno opterećenje zgrade može se odrediti i približnim postupcima kao što su:

- Prema prethodnoj potrošnji goriva

$$Q_{t,opt,zgr} = \frac{B_A \cdot \eta_N \cdot H_d}{t_{kor,p}} \approx \frac{B_A}{250}$$

$Q_{t,opt,zg}$ - projektno toplotno opterećenje zgrade, [kW]

B_A - godišnja potrošnja goriva,

η_N - godišnji stepen korisnosti, $\approx 70\%$

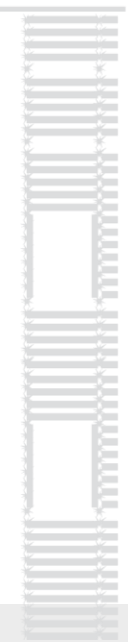
H_d - donja toplotna moć goriva

- Prema površini prostorije koju treba grijati

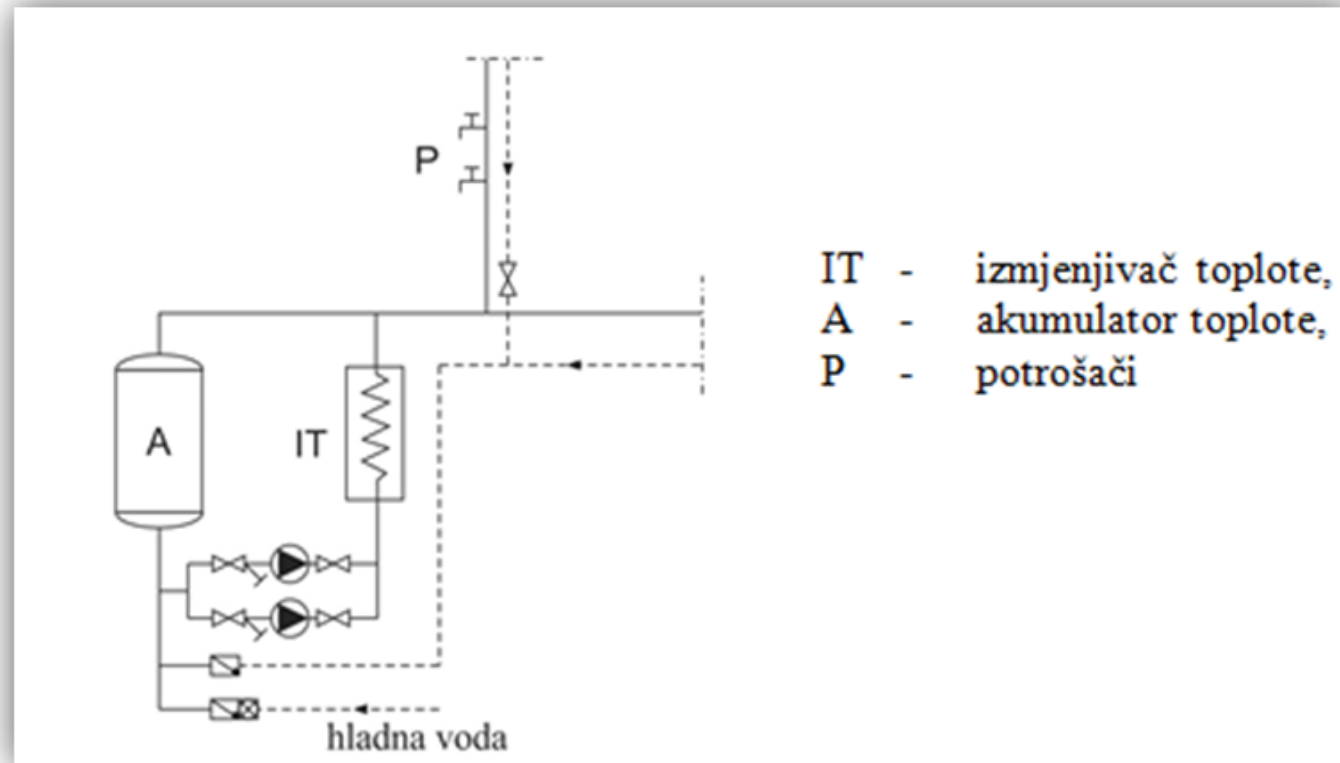
$$Q_{t,opt,zgr} = A_{gr,uk} \cdot q_{spec}$$

$A_{gr,uk}$ - ukupna tlocrtna površina prostorija u zgradi koje treba grijati, [m²]

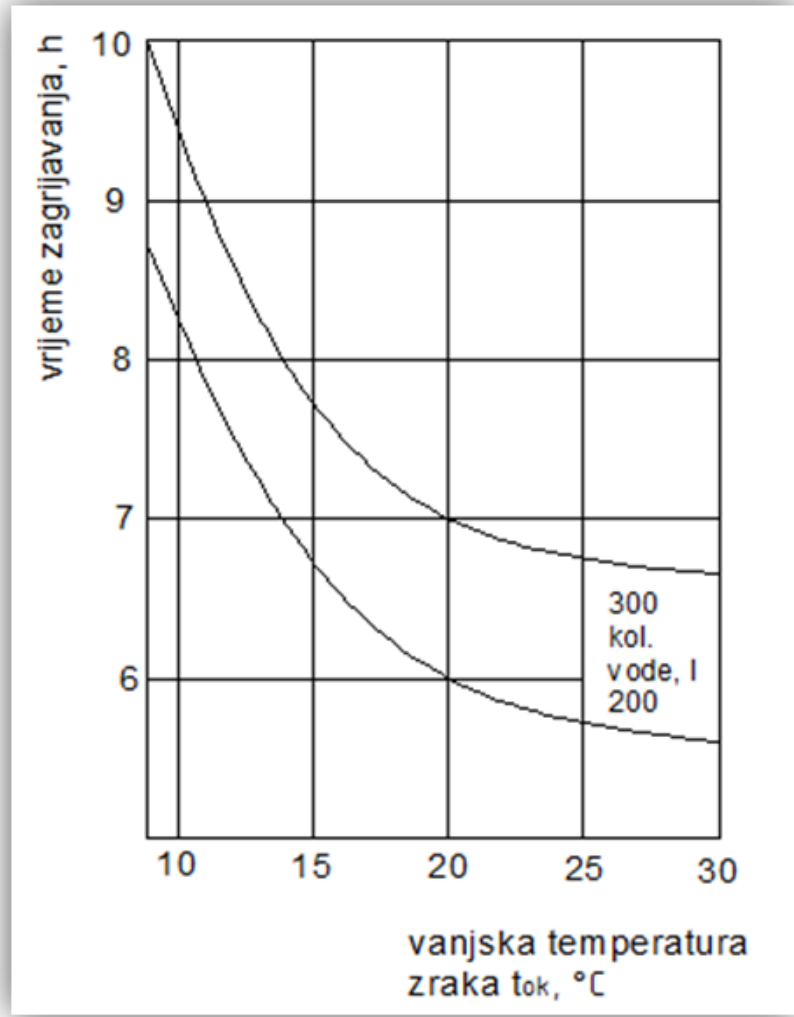
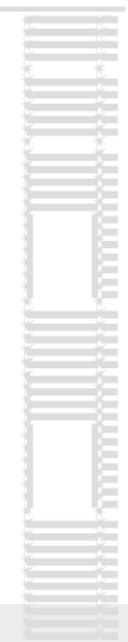
q_{spec} - specifične potrebe za toplotom pojedine zgrade, ovisne o izvedbi zgrade, [W/ m²]



Priprema PTV



Sistem za PTV



Odnos brzine zagrijavanja vode i vanjske temperature

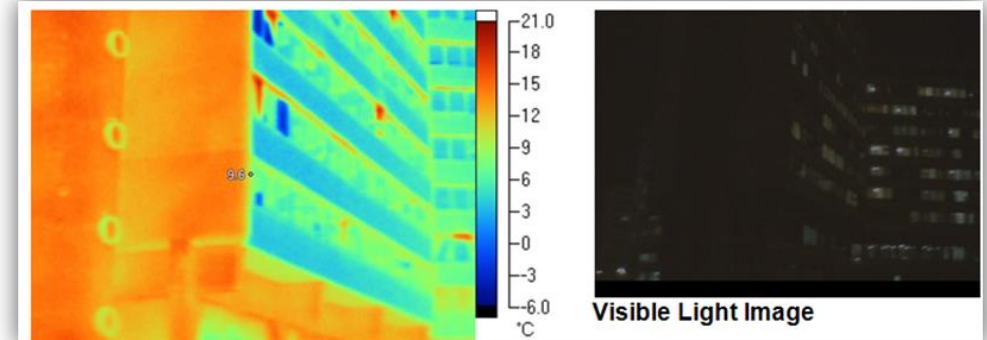
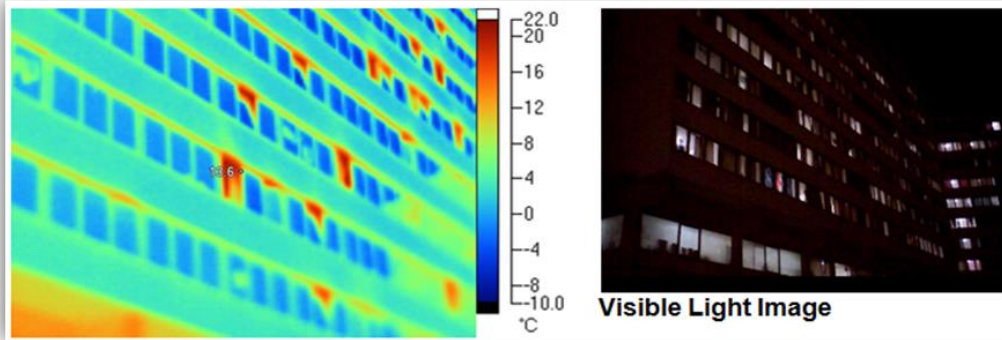
PRORAČUN SISTEMA ZA GRIJANJE I PRIPREMU TOPLE POTROŠNE VODE POMOĆU TOPLOTNIH PUMPI KOJE KORISTE PRIRODNI CO₂ RASHLADNI MEDIJ U STUDENTSKOM DOMU NEDŽARIĆI U SARAJEVU



Studentski Dom Nedžarići

- Zgrada u kojoj su smješteni studenti ima prizemlje, mezanin i 8 spratova.
- Raspolože sa 384 sobe, od čega su 192 sobe dvokrevetne, i također 192 trokrevetne, a svaka soba ima kupatilo.
- Ukupni smještajni kapacitet je 960 ležajeva, pri čemu je u upotrebu stavljeno i 18 pomoćnih ležajeva.
- Ukupna kvadratura objekta je 21.047,00 m²
- Površina dvokrevetnih soba je 14,40 m², dok površina trokrevetnih soba iznosi 18 m²





Okolna temperatura	20,0°C
Emisivnost	0,94
Prosječna temperature na slici	4,0°C
Opseg temperature na slici	-8,1°C to 20,9°C
Model kamere	Ti25
Vrijeme	3/13/2014 7:41:37 PM

Okolna temperatura	20,0°C
Emisivnost	0,94
Prosječna temperature na slici	10,4°C
Opseg temperature na slici	-4,3°C to 19,1°C
Model kamere	Ti25
Vrijeme	3/13/2014 7:49:17 PM

Termovizijski snimak Studentskog Doma Nedžarići u Sarajevu

INDIKATORI POTROŠNJE ENERGIJE U STUDENTSKOM DOMU NEDŽARIĆI



- Za grijanje zgrade, u kotlovnici se nalaze tri kotla svaki po 750 kW snage, a sistem grijanja i pripreme tople potrošne vode koristi prirodni gas kao gorivo
- Jedan kotao je namijenjen za pripremu tople potrošne vode, to jest radi svih deset mjeseci, dok druga dva kotla rade samo u sezoni grijanja.
- Specifični kapacitet potreban za grijanje objekta

$$q_{spec.} = \frac{N_k}{A_{uk}} = \frac{3 \cdot 750 \text{ kW}}{21\,047 \text{ m}^2} \approx 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

q_{spec} - specifični kapacitet za grijanje objekta, W/m²

N_k - ukupna snaga kotlova, kW ,

A_{uk} - ukupna površina objekta, m².



- Površina objekta 21 047 m².
- Prosječni godišnji trošak za prirodni gas iznosio je 226.400 KM.
- Ukupna godišnja isporučena količina energije u prirodnom gasu:

$$Q_{uk} \left[\frac{kWh}{god} \right] = V \left[\frac{m_n^3}{god} \right] \cdot H_d \left[\frac{kWh}{m_n^3} \right]$$

$$Q_{uk} = 1\,821\,428,3 \frac{kWh}{god}$$

- Prosječna godišnja potrošnja vode u periodu 2011 – 2013. god, iznosila je 53.100 KM.

- Energija potrebna za zagrijavanje tople vode

$$Q_{tv} = \frac{m \cdot c_p \cdot (t_{izl} - t_{ul})}{\eta}$$

$$Q_{tv} = 288\,458 \text{ kWh}$$

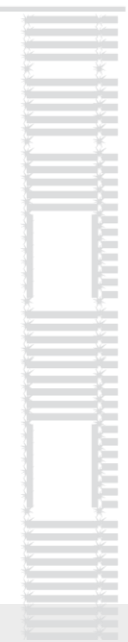
- Ukupna količina energije koja se potroši za grijanje:

$$Q_{uk} = Q_{tv} + Q_g = 1\,460\,821 \text{ kWh}$$

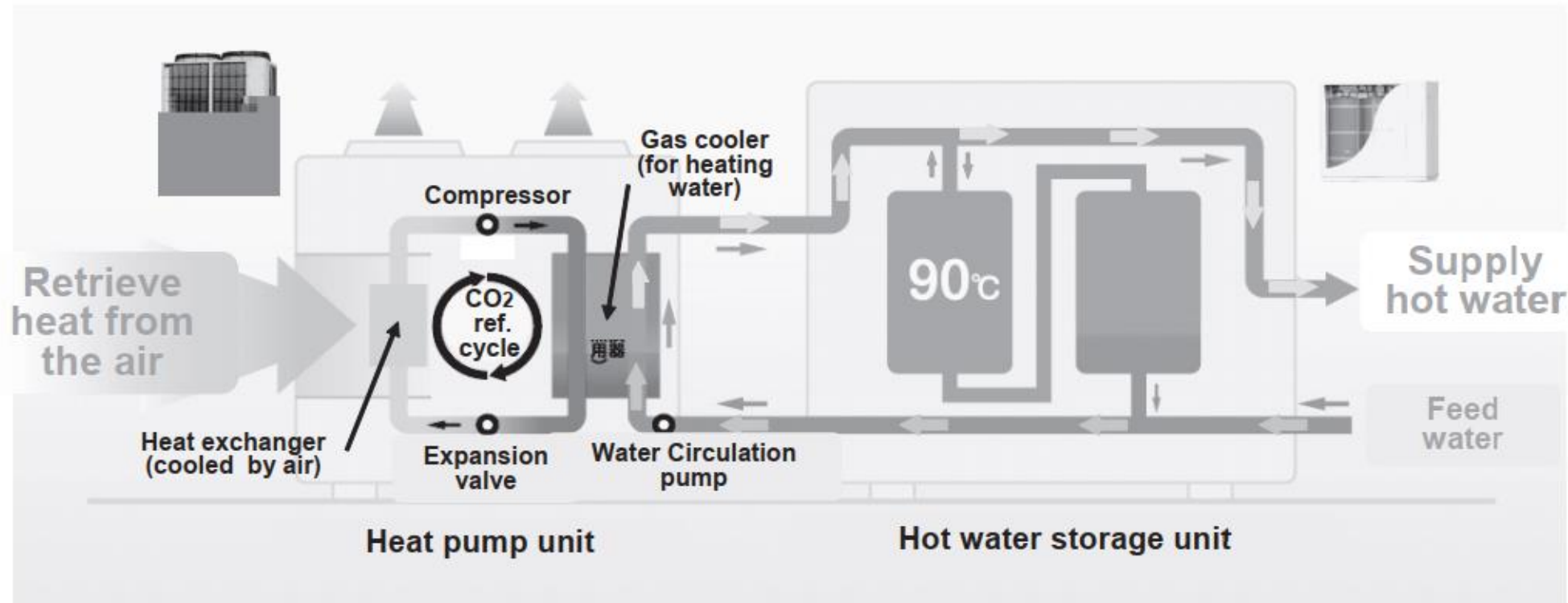
- Na osnovu srednjeg masenog protoka $\dot{m} = 2,3 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ dobija se snaga toplotne pumpe:

$$N = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta t = 144 \text{ kW}$$

- Temperatura otpadne vode je izračunata i iznosi 19°C.



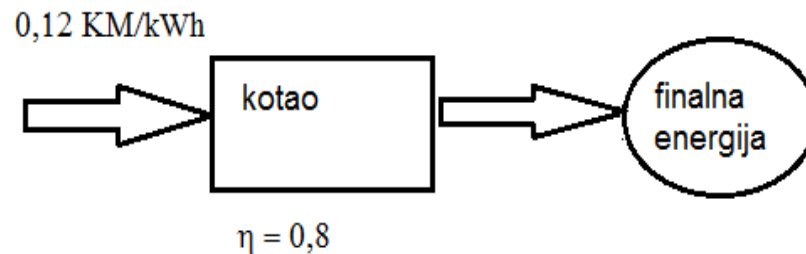
PRINCIP RADA TOPLOTNE PUMPE SA CO2 RADNIM MEDIJEM



Efikašnost sistema poboljšana je na način da se spremnici sa toplom vodom griju i tokom večeri kad su niži troškovi za električnu energiju i kada je smanjeno opterećenje mreže. Obzirom na namjenu objekta, u jutarnjim satima kad je potreba za toplom vodom povećana neće doći do kolapsa, te će svi korisnici imati dovoljnu količinu tople vode za tuširanje, a u toku dana će se sobe ravnomjerno zagrijavati.

EKONOMSKA ANALIZA SISTEMA

- Jedinična cijena energije iz gasa $1m_n^3$ iznosi $1,151 \frac{KM}{m_n^3}$
- Jedinična cijena za finalnu energiju koja je sadržana u prirodnom gasu, uzimajući u obzir stepen efikasnosti kotla $\eta=0,8$:



$$C_{jf} = \frac{0,12 \frac{KM}{kWh}}{0,8} = 0,16 \frac{KM}{kWh}$$

- Jedinični trošak za energiju toplotne pumpe:

$$C_{jTP} = \frac{(C_{akt.el.en} + C_{ang.sn})}{Q_{TP}} = 0,014 \frac{KM}{kWh}$$

- Godišnja ušteda energije za grijanje i pripremu tople potrošne vode nakon ugradnje toplotne pumpe na postojeći sistem:

$$\Delta C_{GiPTV} = C_{PG} - C_{TP} = 37\ 100 \frac{KM}{god}$$

- Jednostavni period povrata investicije:

$$PP = \frac{I}{\Delta C_{grijanja}} = \frac{188\ 000\ KM}{37\ 100 \frac{KM}{god}} = 5\ god$$



ZAKLJUČAK

- Jedan od najrasprostranjenijih uređaja koji omogućava korištenje energije dobijene iz obnovljivih izvora je toplotna pumpa
- Cilj ovog rada bio je utvrđivanje opravdanosti korištenja toplotne pumpe koja koristi CO2 prirodni radni medij.
- Ekonomska analiza sistema je pokazala da ugradnja toplotne pumpe u Studentskom Domu Nedžarići, koja se dijeli na cjeline u zgradi i koristi prirodni rashladni medij, osim što ima znatno smanjenu emisiju štetnih plinova u okoliš daje zadovoljavajuće rezultate.
- U budućnosti može očekivati porast cijene ovog energenta, slični projekti će imati i kraći period povrata investicija.





HVALA NA PAŽNJI !