



Integracija sistemov OVE v stavbah – toplotne črpalke

Predavatelj: dr. Marko Matkovič

Ljubljana 12.11.2021

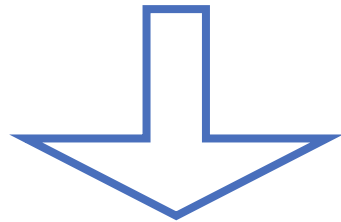
Vsebina predavanja

- Zakaj naslavljati OVE v stavbah?
- Pregled sistemov OVE v stavbah
- Uvod v toplotne črpalke
- Primer uporabe

- Trendi pri uporabi toplotnih črpalk

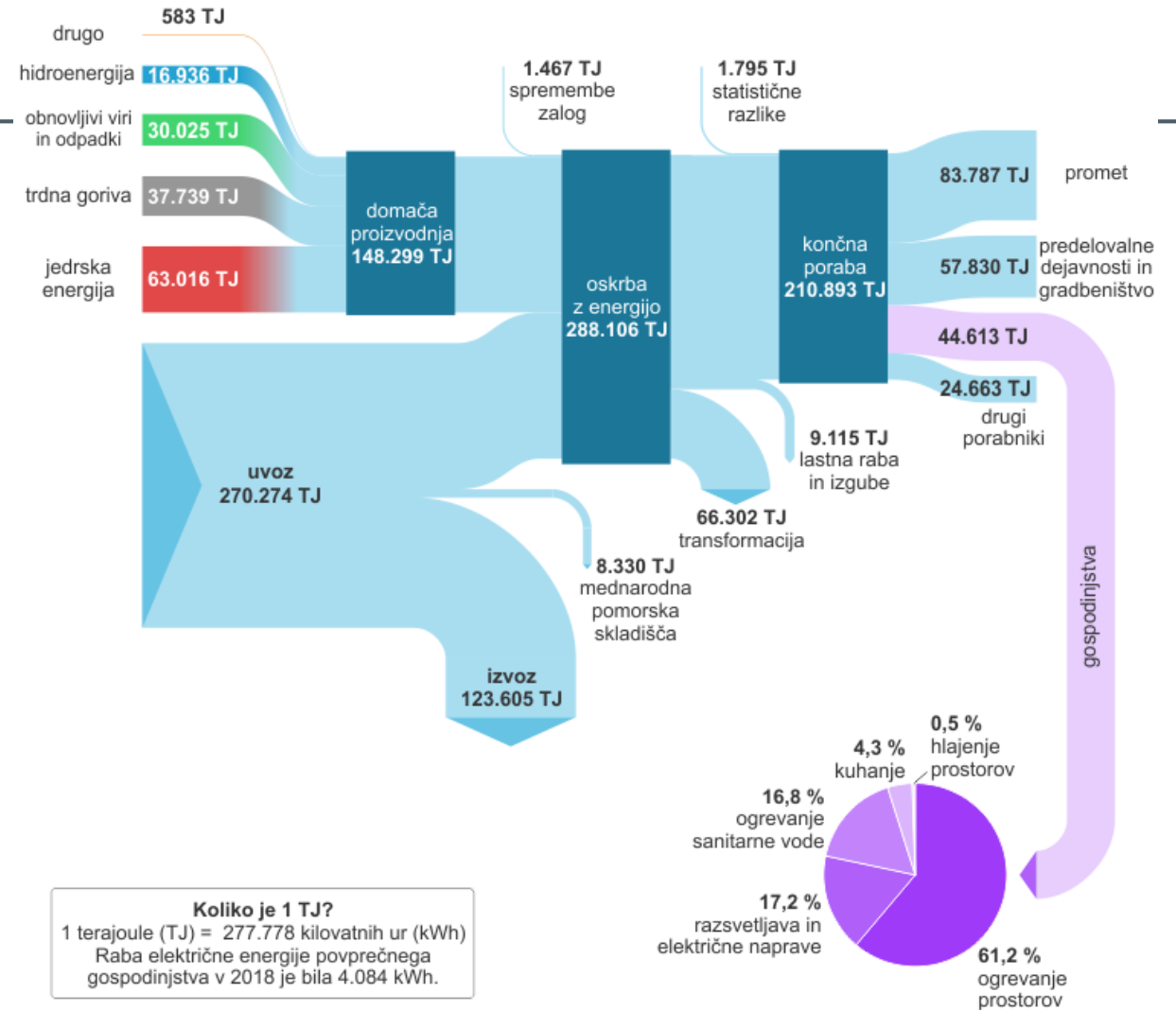
Energijska bilanca Slovenije za leto 2018

- ❑ Raba energije v gospodinjstvih predstavlja 21% končne rabe
- ❑ Skoraj 80% te energije se v gospodinjstvih rabi za ogrevanje prostorov in pripravo tople sanitarne vode
 - ❑ Ukrepi URE, energetske prenovne stavb
 - ❑ Ukrepi OVE



- ❑ Stavbe (in gospodinjstva) imajo v Sloveniji velik potencial za znižanje emisij TGP

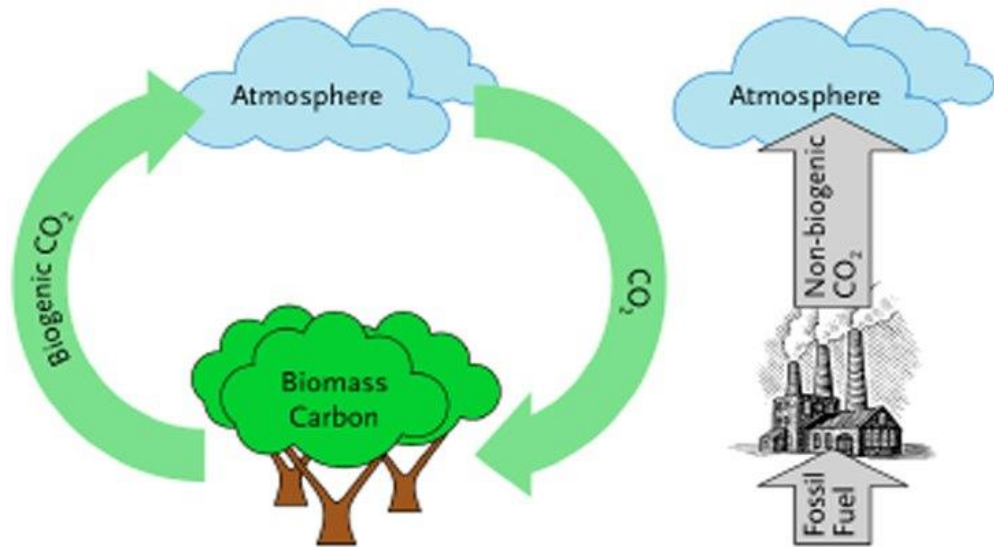
Energijska bilanca, Slovenija, 2018



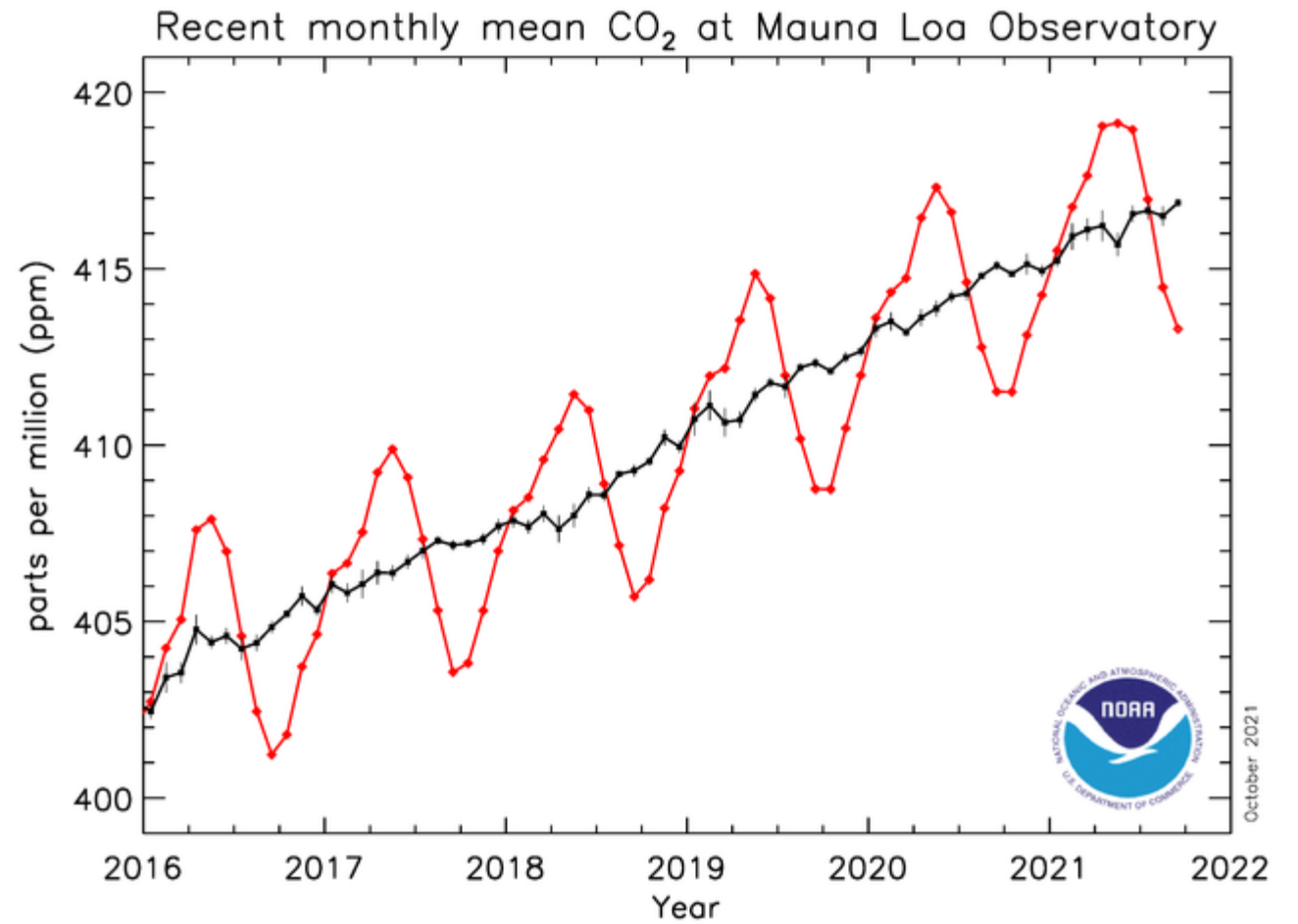
Vir: SURS

© SURS

Carbon cycle



Vir: <https://bioenergyinternational.com/opinion-commentary/energy-woody-biomass-positive-climate-new-iea-bioenergy-brief>



Vir: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

Pregled sistemov OVE v stavbah

- **Biomasa**
 - Kotli na: polena, pelete, lesne sekance
 - Kamini na: polena, pelete
- **Termalni solarni kolektorji - kolektorji**
 - Priprava TSV, ogrevanje
 - Sorpcijsko hlajenje; sorpcijska toplotna črpalka
- **Fotonapetostni sistemi - PV paneli**
 - Toplotne črpalke
 - Neposredno električno ogrevanje prostorov (konvektorji-kaloriferji, termoakumulacijske peči, IR panelno ogrevanje)
- **Daljinsko ogrevanje (samo po sebi ni OVE, omogoča pa učinkovitejše vključevanje OVE, odvečne toplote, učinkovitejši nadzor nad emisijami)**



Solarni kolektorji in fotonapetostni sistemi

Kolektorji:

- Namenjeni proizvodnji toplote, primerni kadar imamo velik odjem toplote poleti (npr. priprava TSV v kampu)
- Zagotoviti ustrezen odjem/ponor toplote
- Predimenzionirani sistemi ne nudijo zadostne podpore ogrevanju pozimi in pripravi TSV, povzročajo pa težave z odvajanjem toplote poleti
- Letni profil sončnega obsevanja je bolj skladen s potrebami po hlajenju, kot s potrebami po ogrevanju ... solarno hlajenje?



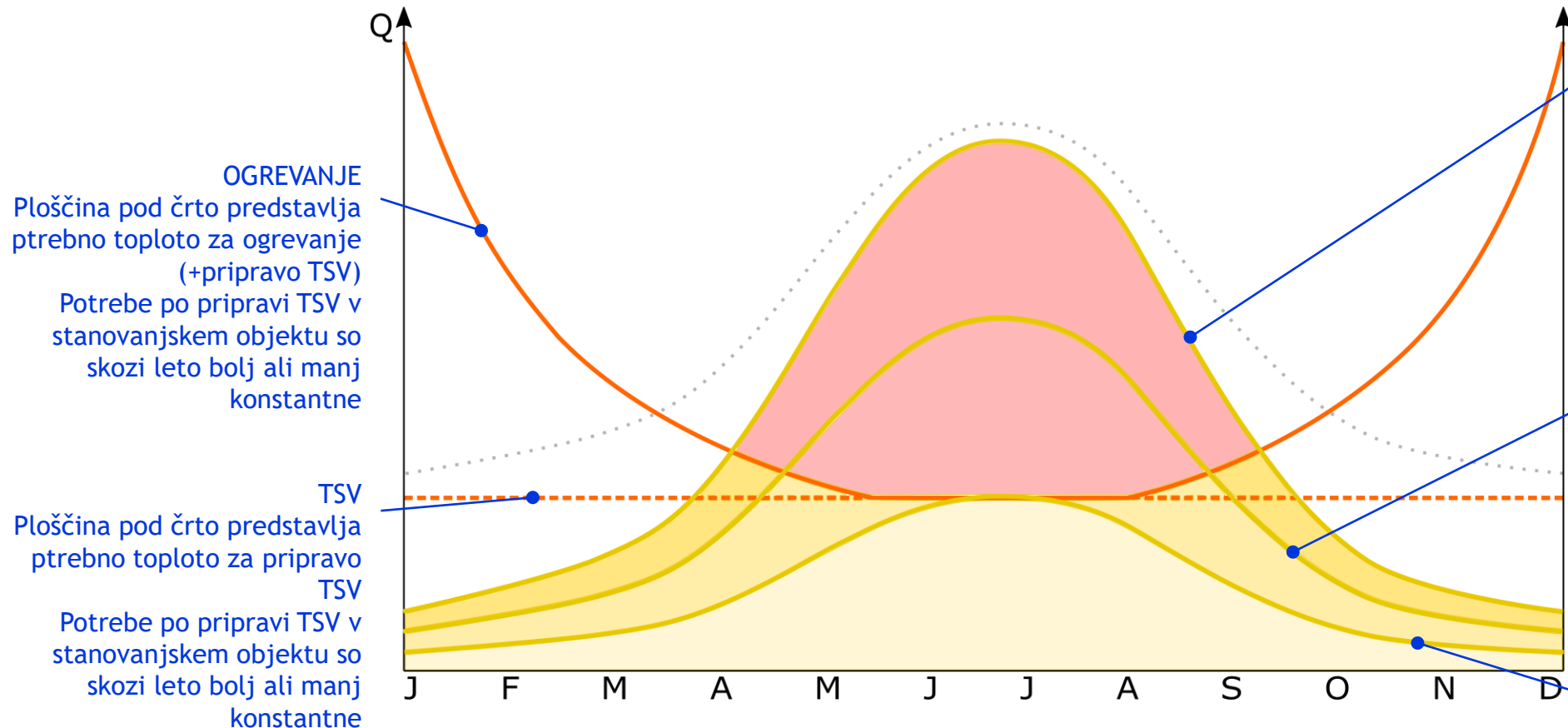
PV paneli:

- Namenjeni proizvodnji električne energije
- Različne sheme odkupa/prodaje električne energije
-

Vir: https://peoplesbanktexas.com/wp-content/uploads/2019/03/9Go_Green-scaled.jpg



Potencial ogrevanja s soncem



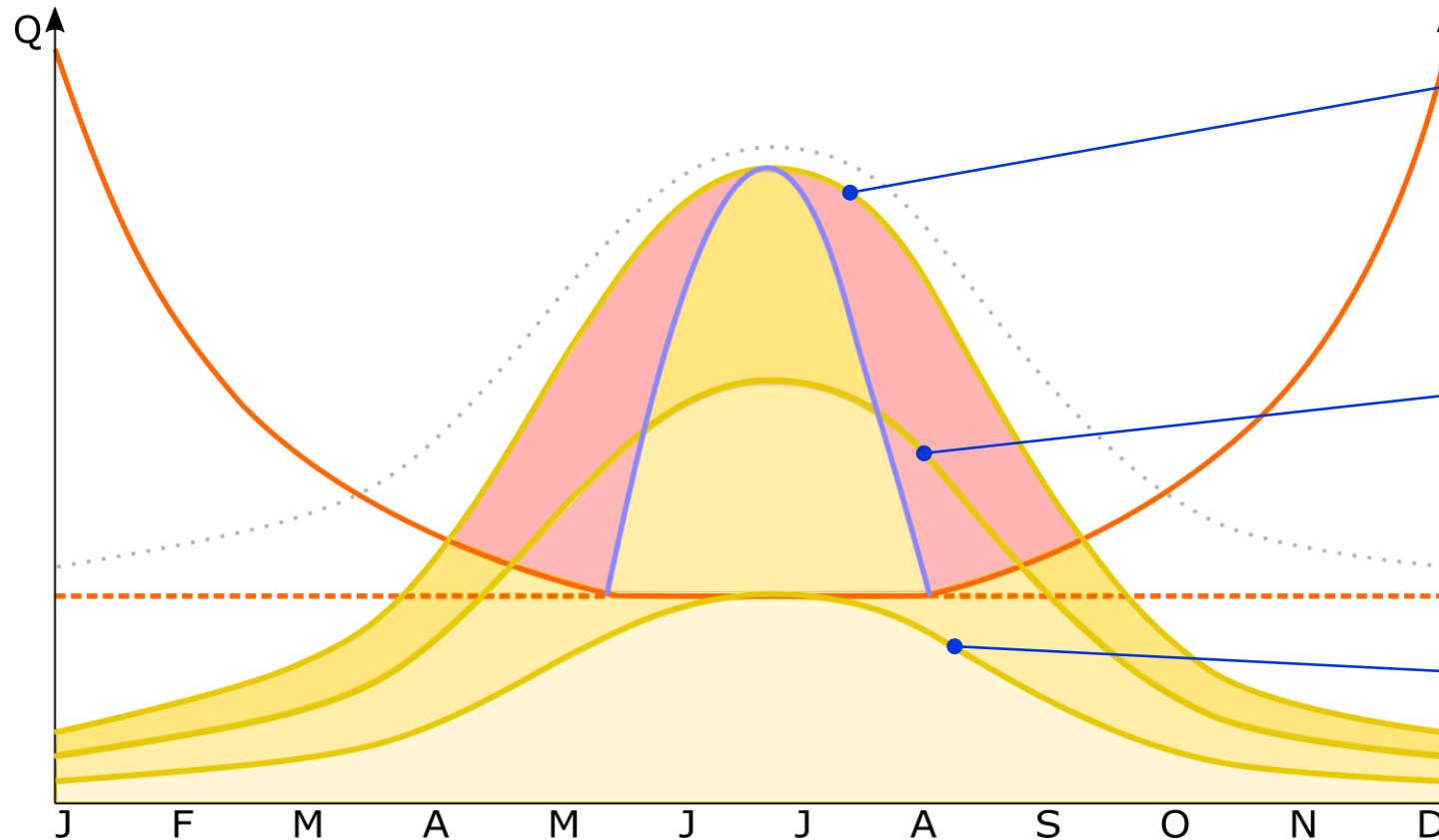
Močno predimenzioniran sistem pokriva potrebe po pripravi TSV poleti in v prehodnem obdobju, vendar še vedno ne nudi pomembne podpore ogrevanju. Težave z odvajanjem viška toplote poleti so še večje.

Predimenzioniran sistem pokriva potrebe po pripravi TSV poleti in delno v prehodnem obdobju, vendar ne nudi pomembne podpore ogrevanju. Težave z odvajanjem viška toplote poleti.

Ustrezno dimenzioniran sistem pokriva potrebe po pripravi TSV poleti, vendar ne nudi podpore ogrevanju



Potencial ogrevanja in hlajenja s soncem



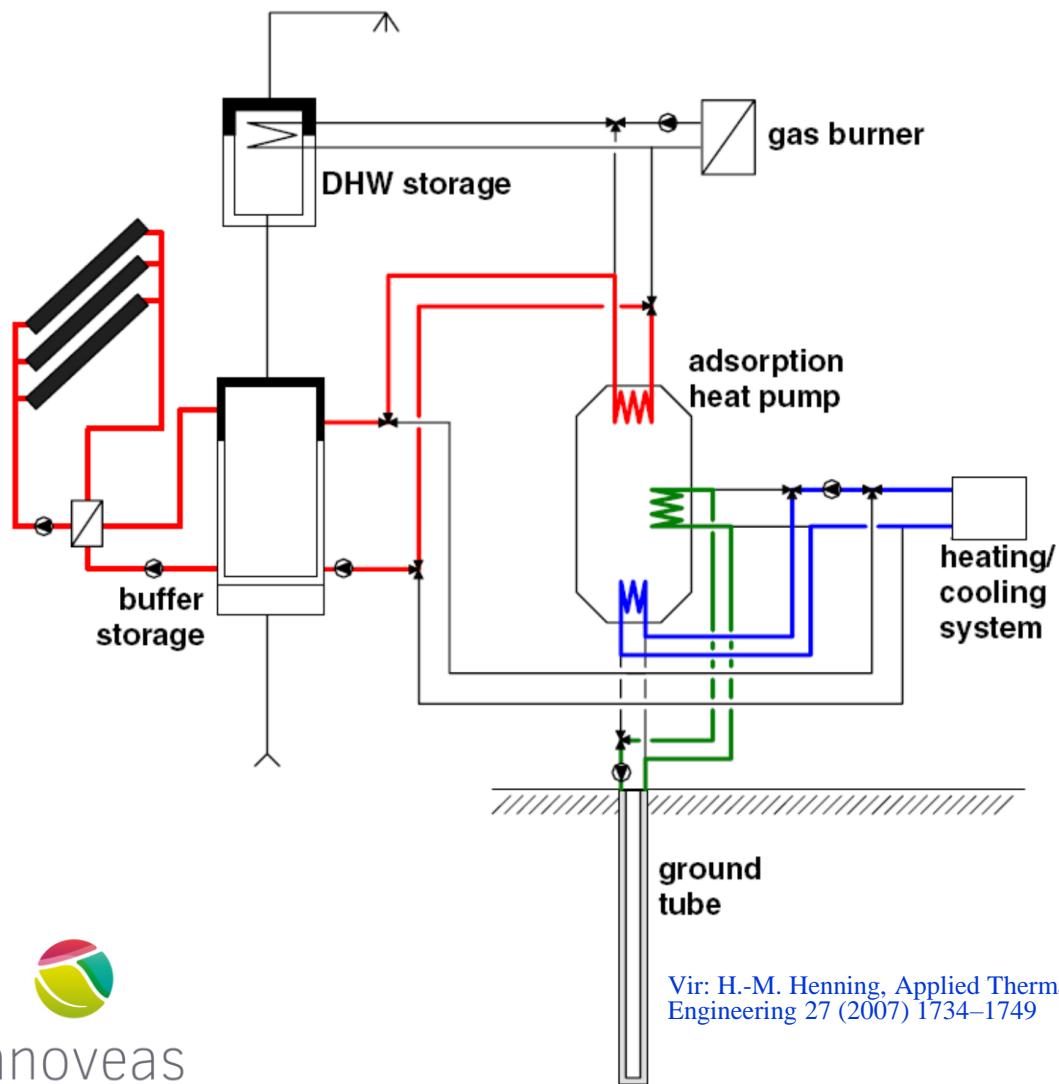
Velik solarni sistem pokriva potrebe po hlajenju poleti vendar je potrebno reševati tudi problem odvečne toplote v prehodnem obdobju.

Sorazmerno velik solarni sistem le delno pokriva potrebe po hlajenju pri čemer se pojavi problem odvečne toplote v prehodnem obdobju.

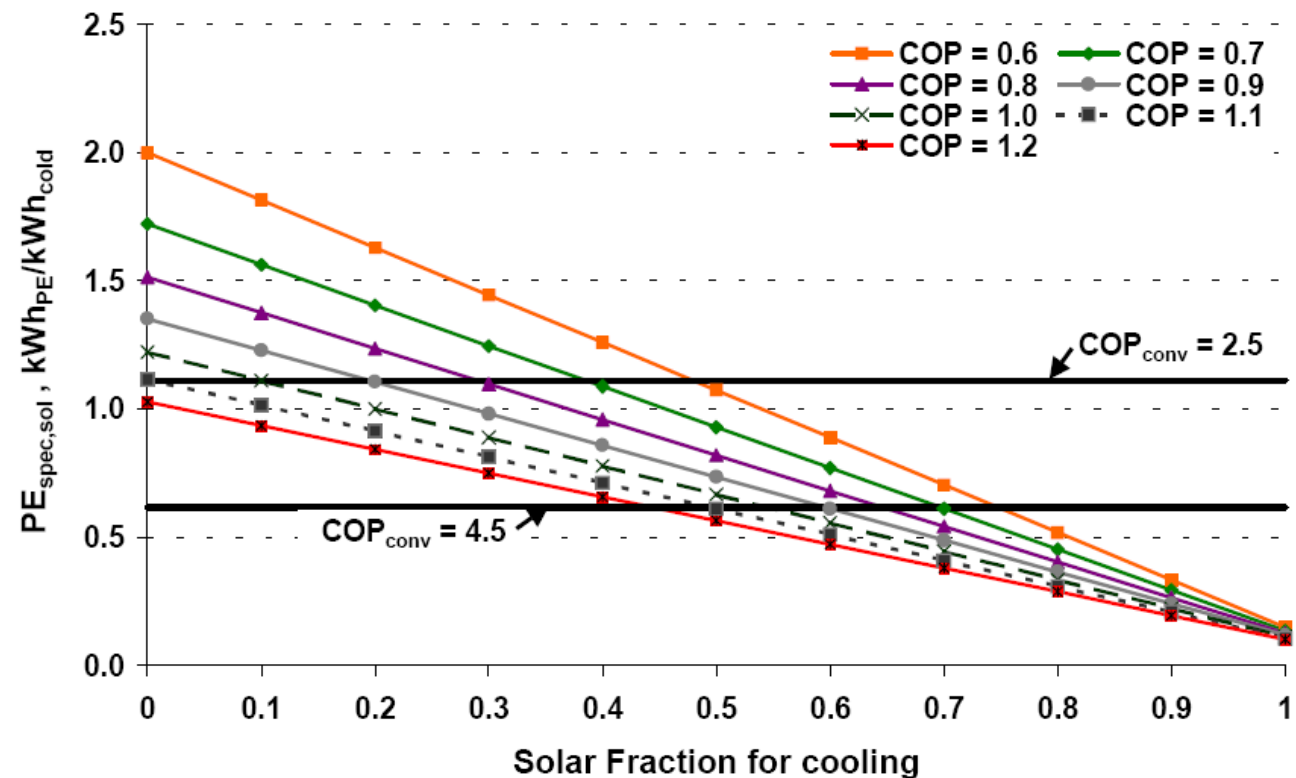
Sistem dimenzioniran za pokrivanje potreb po pripravi TSV poleti ne nudi podpore hlajenju; potreben je večji sistem.



Analiza rabe primarne energije



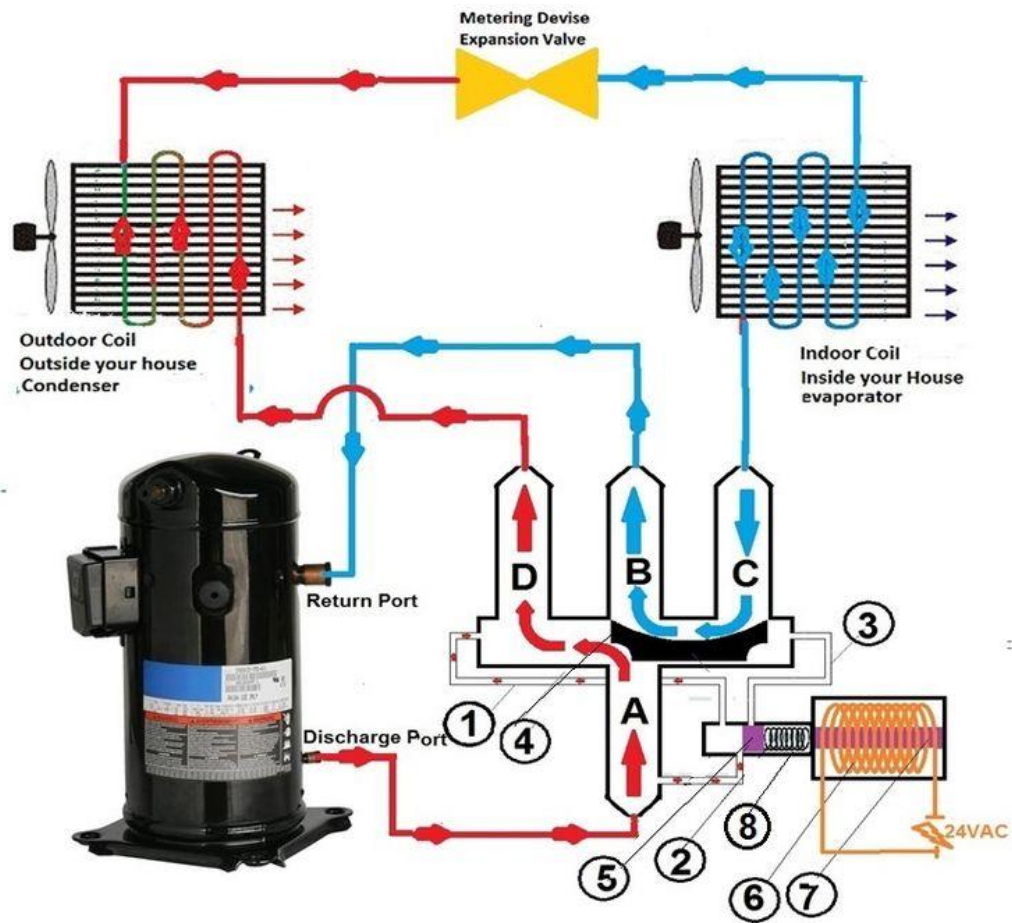
Specifična raba primarne energije solarno podprtega sistema s toplotno črpalko v odvisnosti od deleža pokrivanja potreb s soncem pri različnih COP



Vir: SACE - Solar Airconditioning in Europe NNE5/2001/25 / Guidelines – Principles

Vir: H.-M. Henning, Applied Thermal Engineering 27 (2007) 1734–1749

Preklopni ventil



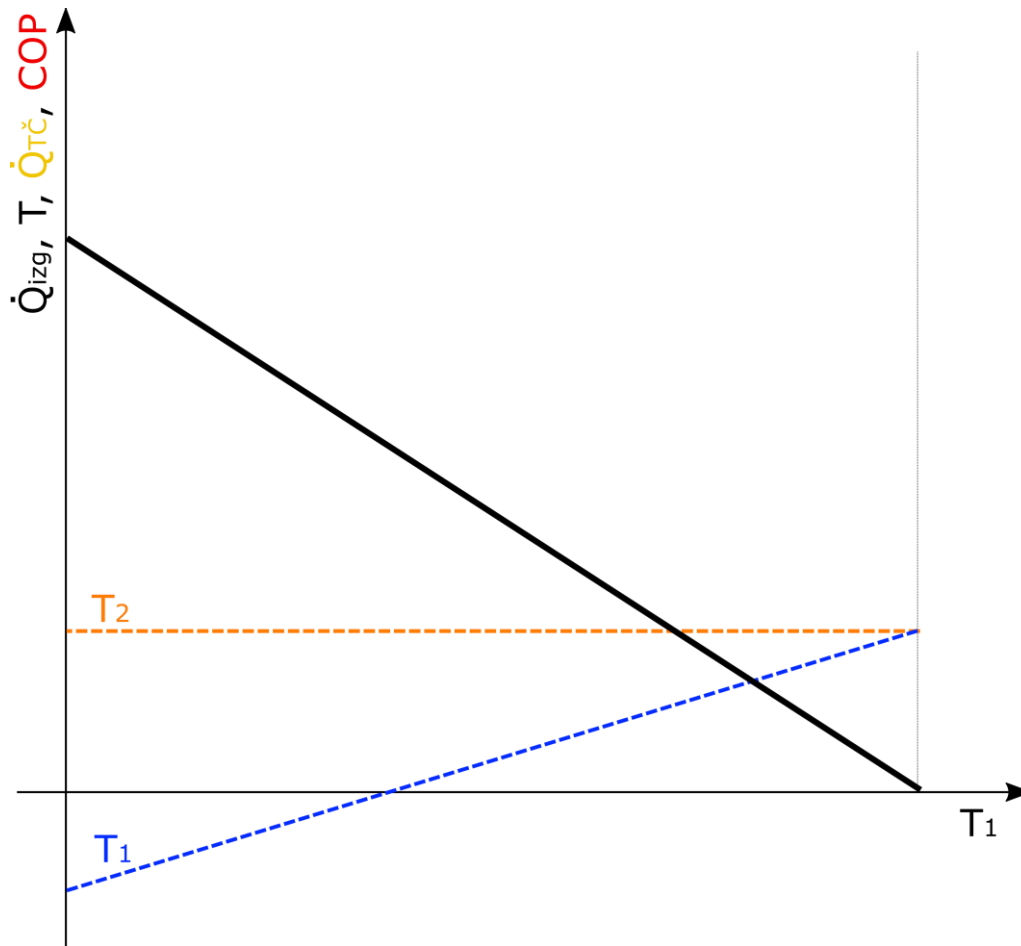
Vir: <http://www.graycoolingman.com/heat-pump-reversing-valve.html>



Vir: <https://i.pinimg.com/736x/fa/9c/4f/fa9c4fd3ae9bb1f882c82afcd0963b45--heat-pump-solitude.jpg?b=t>



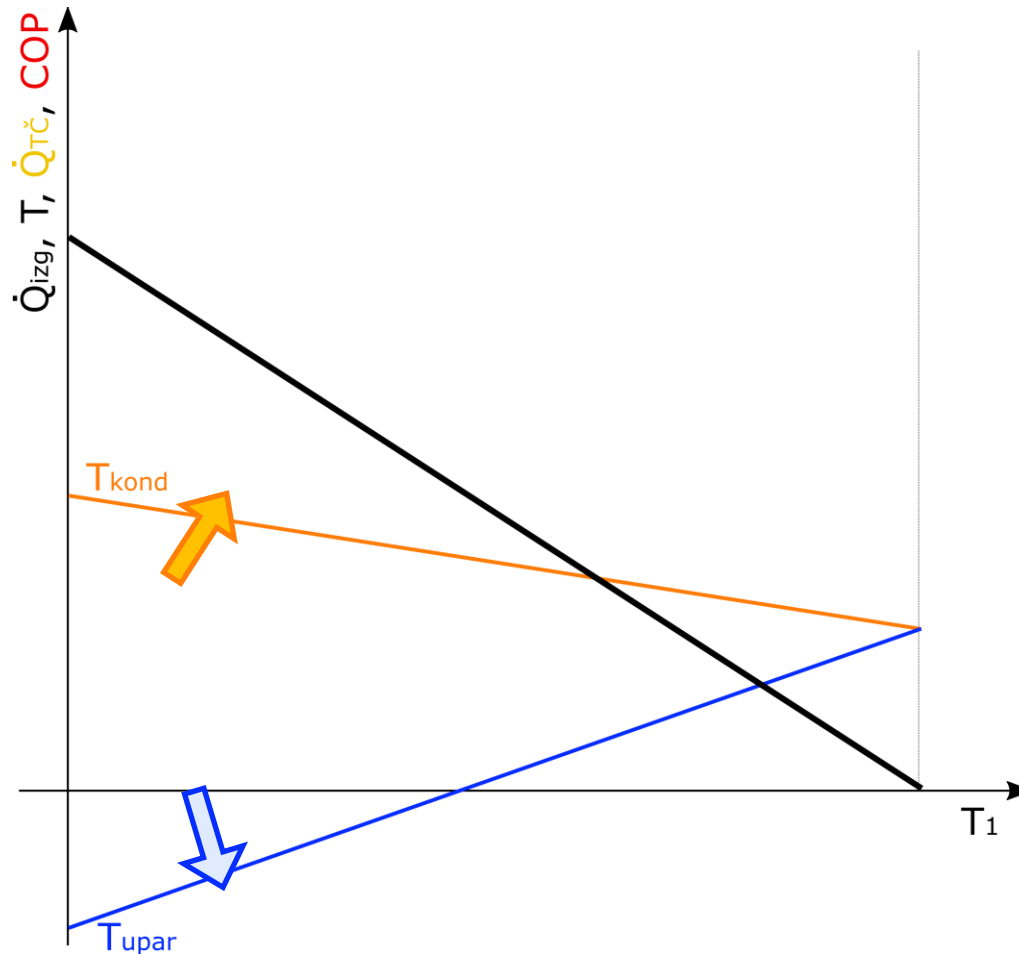
Vpliv temperaturne razlike na toplotne izgube



- Toplotne izgube v realnem prostoru nastanejo kot posledica temperaturne razlike med ogrevanim prostorom T_2 in okolico T_1 .
- $\dot{Q}_{izg} = \dot{Q}_{tras} + \dot{Q}_{vent}$
 - $\dot{Q}_{tras} = k \cdot A \cdot (T_2 - T_1)$
 - $\dot{Q}_{vent} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_{pz} \cdot (T_2 - T_1)$
- Večja kot je temperaturna razlika $T_2 - T_1$ večje so toplotne izgube:
- $\dot{Q}_{izg} = f(T_2 - T_1)$
 - T_1 ...zunanja temperatura
 - T_2 ...temperature ogrevanega prostora



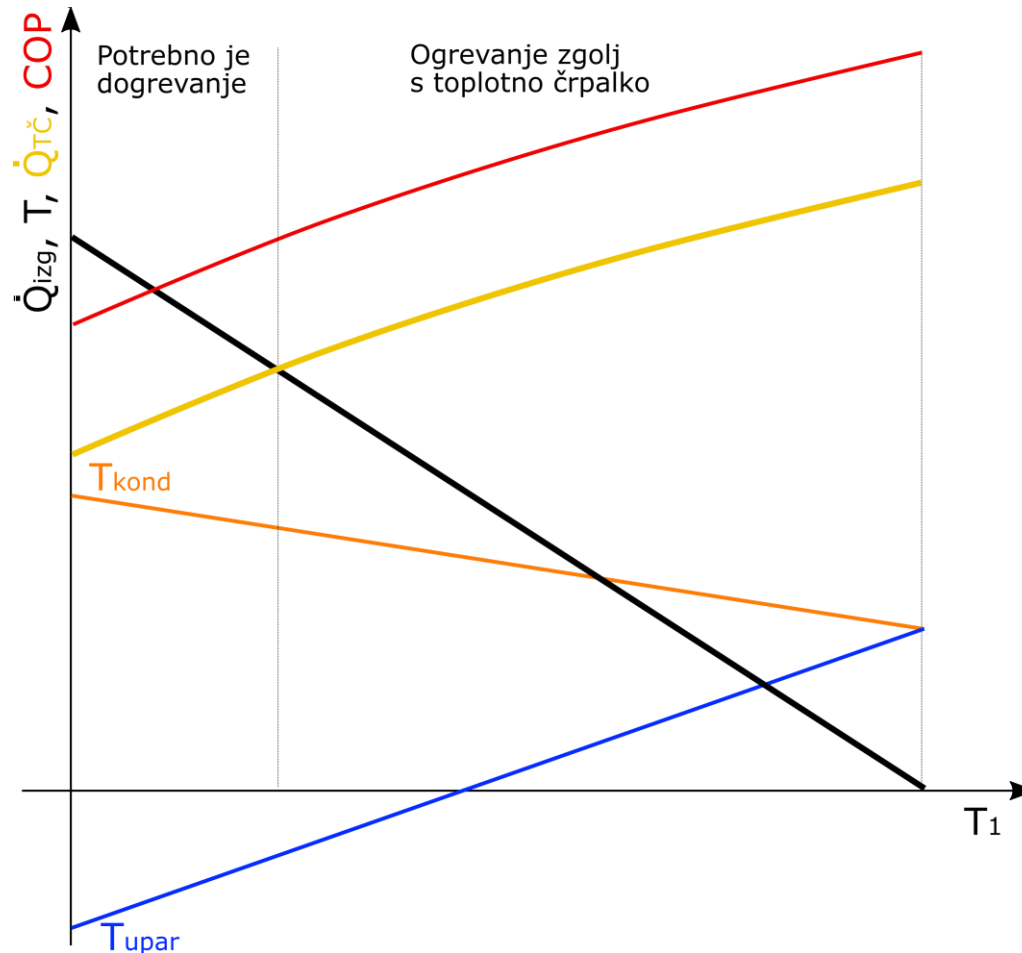
Vpliv $T_2 - T_1$ na pokrivanje toplotnih izgub



- Da bi lahko toploto črpali iz okolja pri T_1 moramo vzpostaviti ponor pri nižji temperaturi oz. T_{upar}
 - $\dot{Q}_{izg} = Pel + K_2 \cdot (T_1 - T_{upar})$
- Podobno moramo grelna telesa v prostoru ogreti nad temperaturo prostora oz. T_{kond}
 - $\dot{Q}_{izg} = K_1 \cdot (T_{kond} - T_2)$
- Večje kot so izgube, večja je torej tudi temperaturna razlika $T_{kond} - T_{upar}$ kar pa ima negativen učinek na COP.



Vpliv $T_2 - T_1$ na pokrivanje toplotnih izgub



- Pri velikih temperaturnih razlikah $T_{kond} - T_{upar}$ je učinkovitost toplotnih črpalk majhna (COP↓); več dela je potrebno vložiti za prečrpavanje toplote
- Na dodatno znižanje COP v hladnih dneh vpliva:
 - višja temperatura na strani kondenzacije zaradi premajhnih grelnih teles (npr. radiatorji)
 - nižja temperatura uparjanja omogoča večjo toplotno moč uparjalnika -> nabiranje ledu na površinah prenosnika
 - oddaljevanje uparjalnika
- Pri najnižjih zunanjih temperaturah je potreben/zaželen alternativni vir ogrevanja



COPs-Seasonal Coefficient Of Performance

Včasih poimenovan SPF - Seasonal Performance Factor

Hladiva

- Hladiv in hladilnih zmesi je več kot 100.000, vendar se jih večina ne uporablja
- Uporaba hladiv: tlak, energetska učinkovitost, gorljivost, strupenost,

ASHRAE klasifikacija:

- Sintetična

- R10 ... R3xx; halogenirani (pretežno F, Cl) ogljikovodiki;

- Rxyz (R21...CHFCl₂)

- x+1 ...število C

- y-1 ...število H

- z ...število F

- ...ostalo Cl

- R4xx ... R5xx; zmesi

- Naravna

- R7xx ... xx relativna molekulska masa (R718...voda, R744...CO₂, R702...H₂, R717...NH₃)



TGP - Toplogredni plini (angl. GHG)

- Pomembnejše emisije toplogrednih plinov, ki nastajajo kot neposredna posledica človekovega delovanja:

CO₂ zgorevanja fosilnih goriv, procesne emisije (proizvodnja cementa)

CH₄ živinoreja (govedo), odpadki

N₂O kmetijstvo, odpadne vode

F plini proizvodnja Al, delovni fluid v hladilnih napravah, plin-izolator v elektrodistribuciji (SF₆)

- Skupni učinek TGP se izrazi v ekvivalentu CO₂, ki ustreza vsoti izpustov posameznih plinov pomnoženih s pripadajočim potencialom GWP za dano časovno obdobje

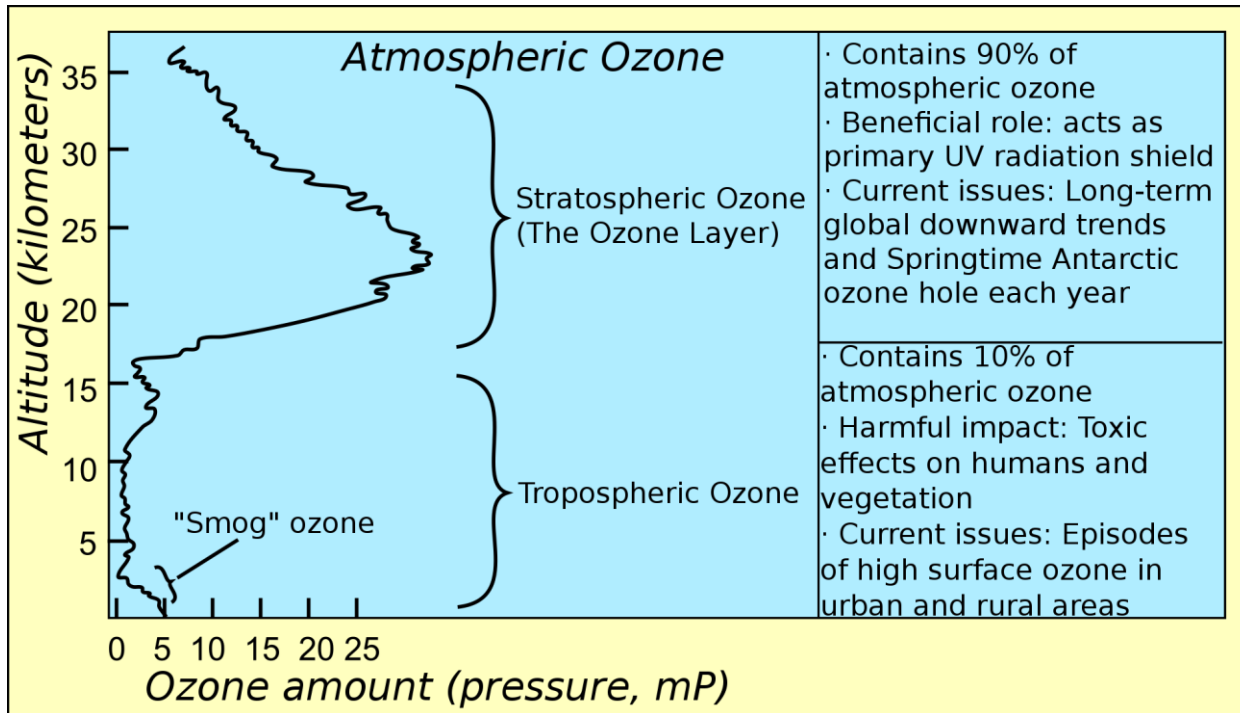
Toplogredni potencial (angl. GWP)

- Gre za število, ki predstavlja razmerje med v atmosferi absorbirano toploto obravnavanega toplogrednega plina in enako količino (maso) CO₂.
- $GWP_{CO_2} = 1$.
- Ker obstojnost hladiv v atmosferi ni večna, se GWP spreminja glede na čas zadrževanja/obravnavanja v atmosferi.

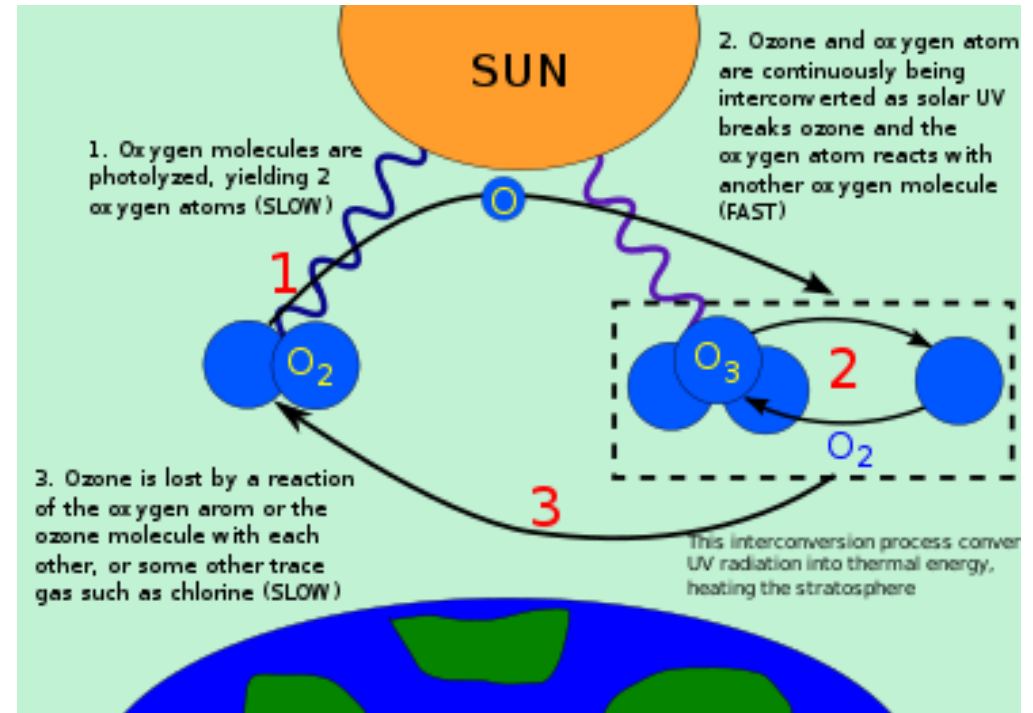
TEWI (Total Equivalent Warming Impact)

- Upošteva direktne emisije in emisije, ki so posledica spremenjene rabe energije
- Direktne emisije so posledica puščanja in učinkovitosti reuperacije ob zaključku življenske dobe naprave
- Indirektne emisije obravnavanega hladiva pa so posledica bolj ali manj učinkovitega delovanja naprave, kar ima za posledico večje ali manjše emisije CO₂ zaradi rabe energije.

ODP



Vir: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ec/Atmospheric_ozone.svg/1920px-Atmospheric_ozone.svg.png



Vir: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ozone_cycle.svg

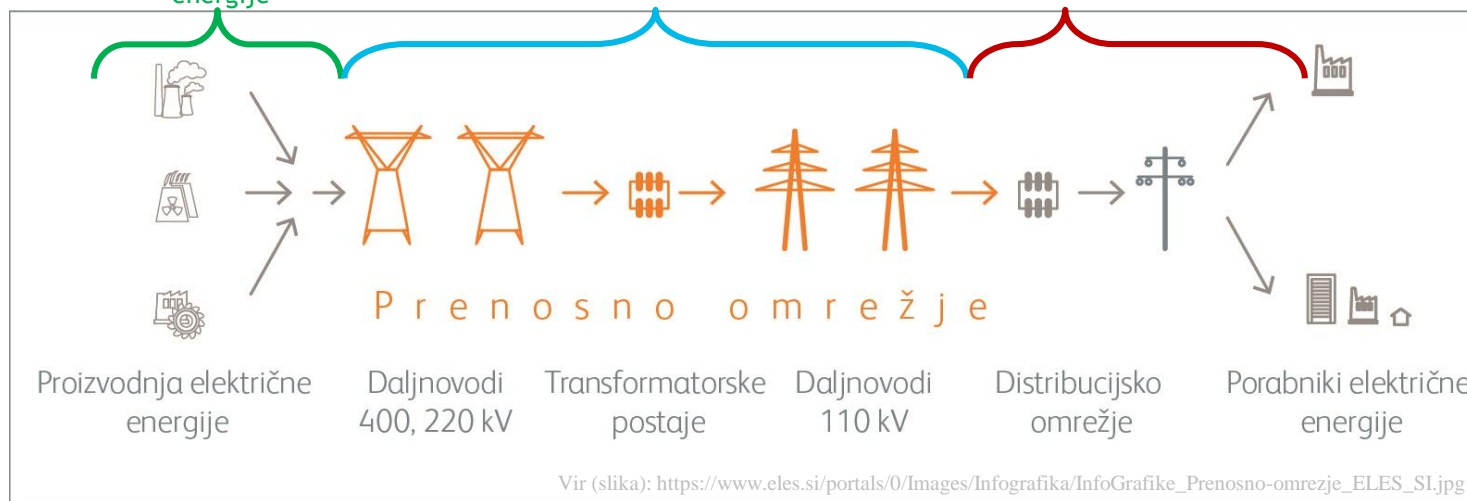
Toplotne črpalke in Evropski Zeleni dogovor

- Osrednja vloga toplotnih črpalk pri elektrifikaciji ogrevanja in hlajenaj z jasnimi cilji:
 - 40% elektrifikacija ogrevanja v rezidenčnem sektorju do 2030
 - 65% elektrifikacija storitvenem sektorju do 2030
- Intenzivnejša uporaba industrijskih toplotnih črpalk
- Prispevajo k doseganju ciljev URE in OVE
- Identifikacija in odprava ovir za implementacijo TČ

Ali ogrevanje s TČ zmanjšuje rabo primarne energije?

V primeru proizvodnje električne energije s fosilnimi gorivi (plin, premog) je odgovor NE!

Teoretično razpoložljiva primarna energija	Predelava, izkop, črpanje, transport...	Uporabna primarna energija	Proizvodnja	Električna energija	Pretvorba in prenos	Električna energija	Pretvorba in prenos	Električna energija	COPs = 2.5	Toplota
100%	70%-95%	90%	36%	32.4%	98%	30.8%	95%	29.2%	x 2.5	73.1%
1 kWh	→	0,9 kWh	→	0,32 kWh	→	0,31 kWh	→	0,29 kWh	→	0,73 kWh
Nahajališče	Proizvodnja in transport		Proizvodnja električne energije		Prenosno omrežje		Distribucijsko omrežje		Toplotna črpalka	Dom



Ali ogrevanje s TČ zmanjšuje emisije CO₂?

V primeru ogrevanja s toplotno črpalko v Sloveniji je odgovor DA!

Vir	Delež (avgust 2021)	Specifične emisije posameznega vira	Prispevek posameznega vira h končnim specifičnim emisijam proizvodnje EE v Sloveniji	Specifične emisije proizvodnje EE v Sloveniji	Izkoristek prenosnega omrežja	Električna energija	Izkoristek distribucijskega omrežja	Električna energija	COPs = 2.5	Toplota
		[kgCO ₂ /MWh _e]	[kgCO ₂ /MWh _e]	[kgCO ₂ /MWh _e]	98%	[kgCO ₂ /MWh _e]	95%	[kgCO ₂ /MWh _e]		[kgCO ₂ /MWh _{toplote}]
OGREVANJE S TOPLOTNO ČRPALKO:										
Termo elektrarne	29.2 %	820	239.4	252	→	257	→	271	→	108
Nuklearna elektrarna	37.8 %	12	4.54							
Hidro elektrarne	30.4 %	24	7.30							
Sončne in vetrne elektrarne	2.7 %	39	1.05							
OGREVANJE Z ZEMELJSKIM PLINOM:										
Plinski kotel										200



Načini financiranja

- Ugoden [kredit pri Eko Skladu](#) (Obrestna mera: trimesečni EURIBOR +1.3 %, do 10 let (pogojno 20 let), znesek kredita od 1500 € do 40000 €),
- [Subvencije Eko Sklad](#): za posamezen ukrep je možno pridobiti nepovratna sredstva, kredit ali pa kombinacijo obojega, in sicer nepovratna sredstva v višini do 20 %, kredita pa v višini do 80 % upravičenih stroškov naložbe
- [Nepovratna sredstva ???](#)
 - Novogradnja 1000 € ali do 20 %
 - Zamenjava 2500 € ali do 40 %
 - Degradirano območje 3200 € ali do 50 %
 - Socialno šibki 9620 €

Razpoložljive subvencije in možnosti ugodnega kreditiranja pri Eko Skladu se razlikujejo glede na namen (večstanovanjske stavbe,...), tip naložbe (ogrevanje, priprava TSV, prezračevanje) in degradiranost območja (Odlok o načrtu za kakovost zraka).





Hvala za pozornost!