



Kongres KGH, Beograd 2014

**VAZDUŠNE TOPLOTNE PUMPE KAO
OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE?**

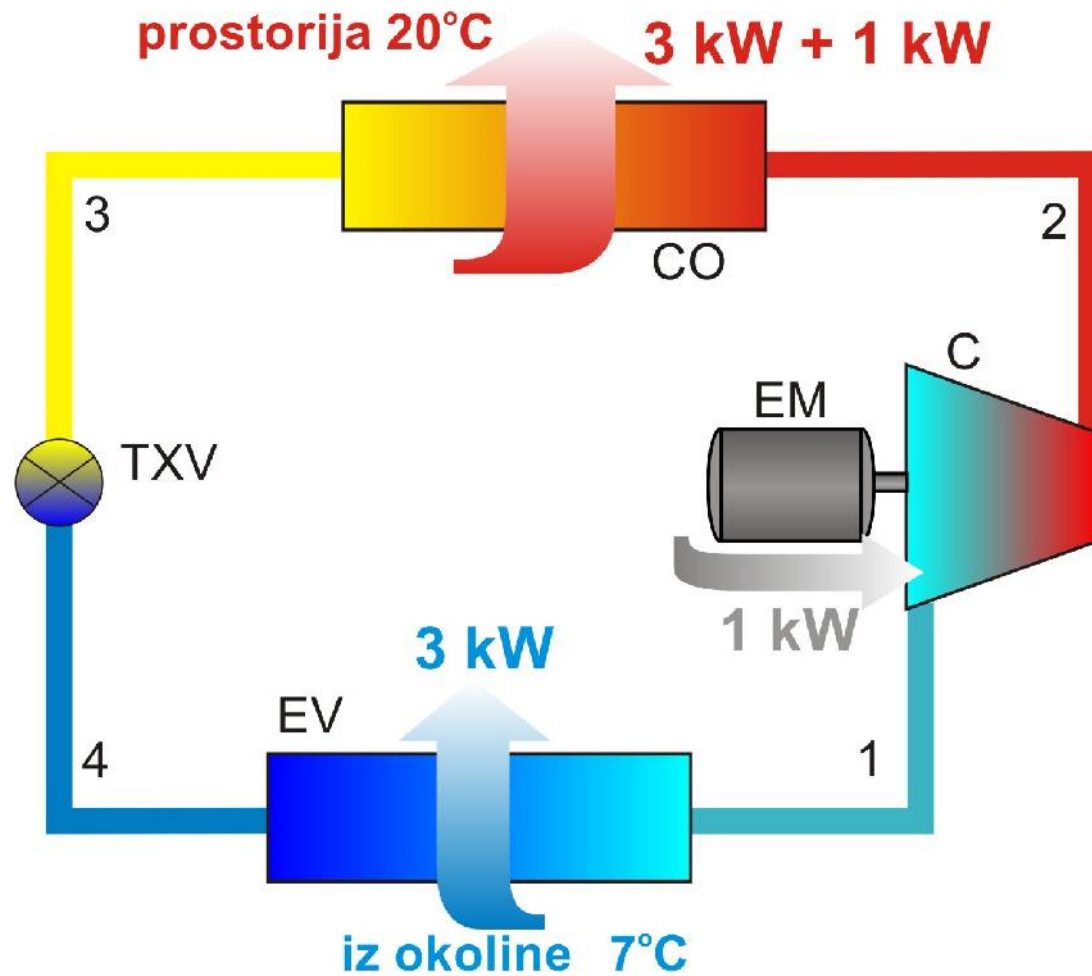
**AIR SOURCE HEAT PUMPS AS RENEWABLE
ENERGY SOURCES?**

D-r Risto Ciconkov, Mašinski fakultet, Skopje, Makedonija

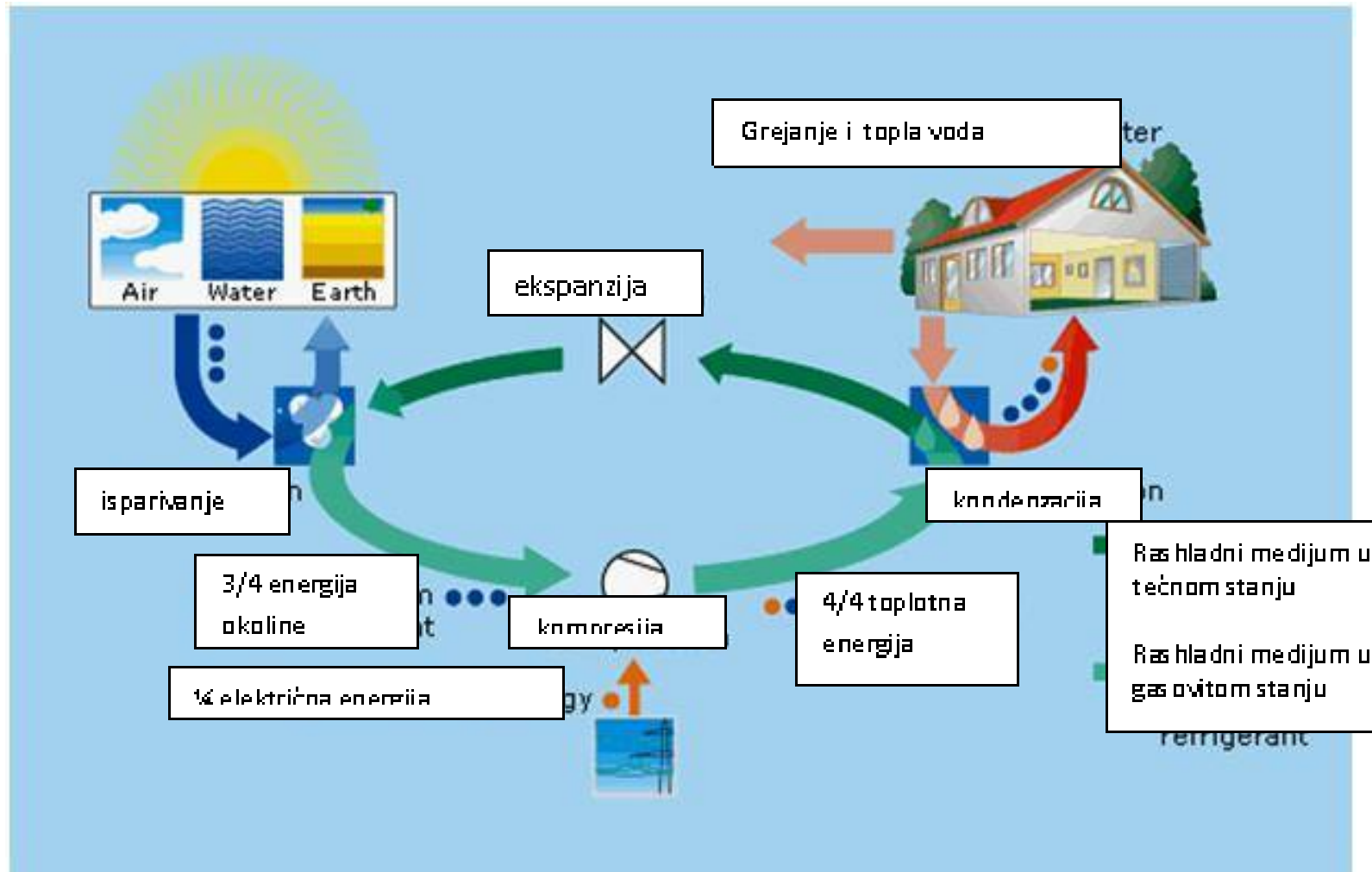
M-r Strahil Panev, Evropska komisija - JRC, Ispra, Italija

M-r Vasil Ciconkov, Energija doo, Skopje, Makedonija

Šema toplotne pumpe



Toplotne pumpe - opšto



Proračun udela energije dobiven od toplotne pumpe koji se uzima kao obnovljiva energija

Prema anakesu VII Direktive 2009/28/EC

$$E_{RES} = Q_{upotrebljiva} \times (1 - 1/SPF)$$

gde je:

- $Q_{upotrebljiva}$ - ukupna korisna toplota koju daje toplotna pumpa,
- SPF - prosečni sezonski grejni faktor toplotne pumpe.

U anakesu VII Direktive 2009/28/EC [2] navodi se dalje, da se kao obnovjivi izvori trebaju smatrati samo toplotne pumpe koje ispunjavaju sledeći uslov:

$$SPF > 1,15 \times 1/\eta$$

η - je odnos između ukupne bruto proizvodnje električne energije i potrošnje primarne energije za proizvodnju električne energije.

Efikasnost energetskeg sistema postavljena je na 0,455 (ili 45,5%) bazirano na podatke za 2010 godinu, i to je vrednost koja treba da se koristi do 2020 godine (za EU).

Proračun udela energije dobiven od toplotne pumpe koji se uzima kao obnovljiva energije

Ukoliko se postavi $\eta = 0,455$ dobija se da vrednost prosečnog sezonskog grejnog faktora (SPF) toplotne pumpe pokretane električnom energijom mora iznositi minimum 2,5 da bi se ona smatrala obnovljivim izvorom energije.

SPF–prosečnog sezonskog grejnog faktora (*SCOP_{net}* или *SPER_{net}*)

$$SPF > 1,15 * 1/\eta$$

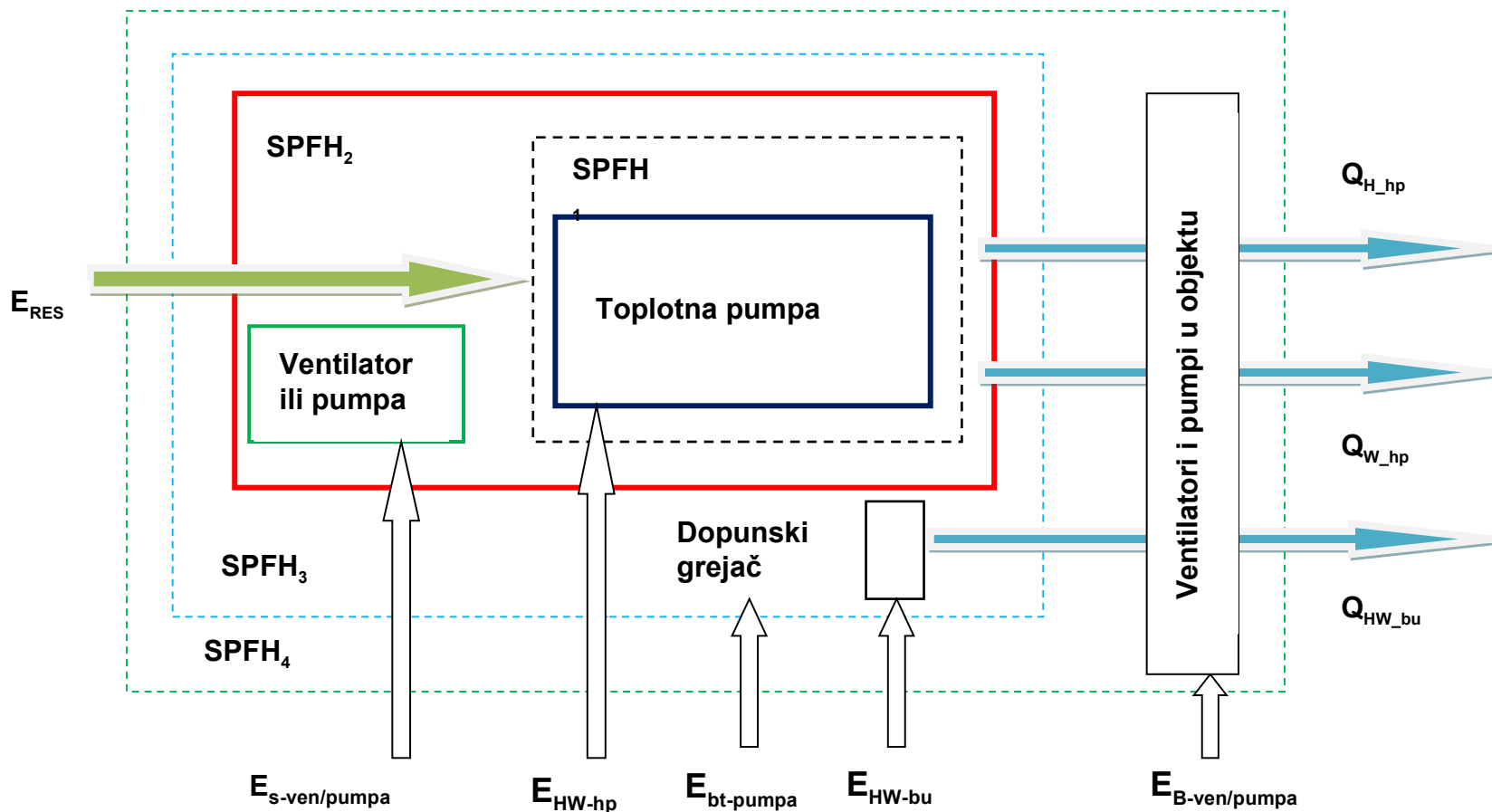
SCOP_{net} > 2,5 toplotne pumpe pokretane električnom energijom prema standardu *EN 14825:2012*

Za kompresorske toplotne pumpe pokretanih termičkom energijom (direktno ili preko sagorevanja goriva), efikasnost energetskog sistema

$\eta = 1$. Da bi se ove toplotne pumpe smatrali obnovljivim izvorima energije, vrednost prosečnog sezonskog grejnog faktora (SPF) treba da iznosi minimum 1,15.

SPER_{net} > 1,5 kompresorske toplotne pumpe pokretanih termičkom energijom prema *EN 12309*

Granice sistema za proračun energije dobivene iz toplotnih pumpi prema standardu EN 14825:2012



Za proračun energije dobivene od toplotnih pumpi, koja se smatra kao dobivenu od obnovljivih izvora, uzima se prema EN14825:2012 granica sistema $SPFH_2$ na gornjoj slici obeležena crvenom linijom. Prema tome, dobija se:

$$E_{RES} = Q_{upotrebljiva} - E_{s_ven/pumpa} - E_{HW-hp} = Q_{upotrebljiva} \times (1 - 1/SPF) \quad (3)$$

$$Q_{upotrebljiva} = Q_{H_hp} + Q_{W_hp} \quad (4)$$

gde je:

- E_{RES} - obnovljiva energija iz vazduha, zemlje ili vode (toplotnog izvora) preuzeta sa strane toplotne pumpe,
- $Q_{upotrebljiva}$ - ukupna korisna toplota koju daje toplotna pumpa,
- $E_{s_ven/pumpa}$ – energija upotrebljena za pogon ventilatora ili pumpe za cirkulaciju rashladnog fluida,
- E_{HW-hp} – energija za rad same toplotne pumpe,
- Q_{H_hp} – toplota isporučena (oduzeta) iz izvora toplote preko toplotne pumpe,
- Q_{W_hp} – toplota dobivena iz mehaničke energije koja se koristi za pogon toplotne pumpe

Iz granice sistema proizlazi da proračun obnovljive energije dobivene od toplotne pumpe zavisi od same toplotne pumpe, a ne od sistema za grejanje u čijem sastavu je toplotna pumpa. Neefikasno korišćenje energije toplotne pumpe stoga je pitanje energetske efikasnosti, i zato ne utiče na proračun obnovljive energije isporučene od strane toplotne pumpe

Vazdušne toplotne pumpe kao obnovljiv izvor energije i efikasno sredstvo za grejanje prostora

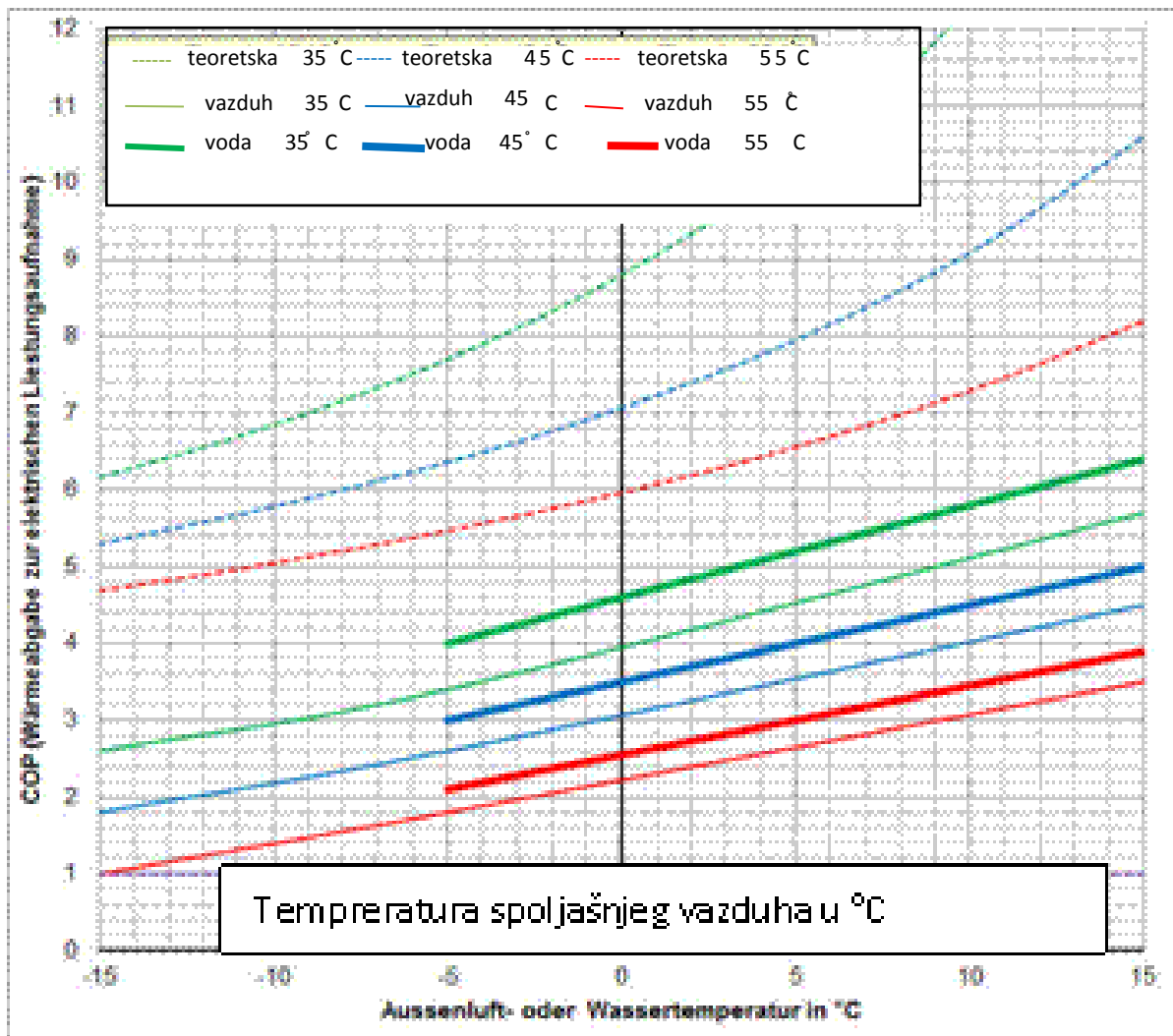
Razvoj novih tehnologija kod vazdušnih toplotnih pumpi, kao što je na primer korišćenje inverter tehnologija, doprinelo je da se njihova energetska efikasnost značajno poveća i pri niskim temperaturama, a opseg rada se spustio do -15°C .

Danas se vazdušne toplotne pumpe tipa vazduh–vazduh i vazduh–voda sve više primenjuju kao primarni sistem za grejanje prostorija kako u stambenim tako i u nestambenim, komercijalnim objektima.

Prošle 2013te godine u Nemačkoj, 22,9% svih novoizgrađenih objekata bili su opremljeni vazdušnih toplotnim pumpama u udeo toplotnih pupma kao deo sistema za grejanje prostora. U isto vreme dok je udeo vazdušnih toplotnih pumpi na tržištu imao trend rasta, umanjio se udeo geotermalnih toplotnih pumpi od 10% u 2012 na 9,2%.

Zavisnost faktora grejanja toplotnih pumpi vazduh-voda od spoljne temperature vazduha za različite sisteme

Faktor grejanja (COP)



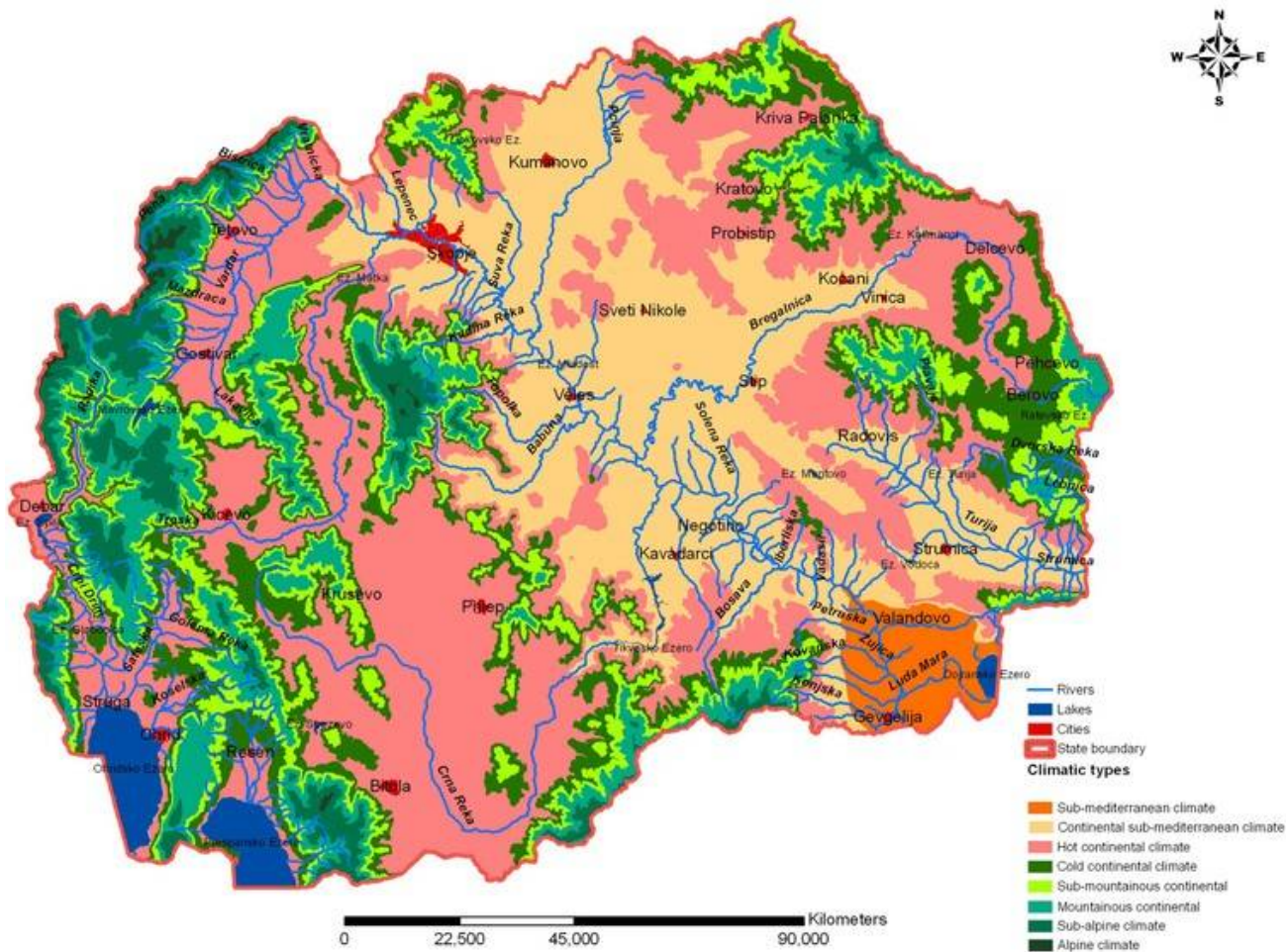
Klimatska područja u Evropi



- Područje umerenih klimatskih uslova (Zelena boja)
- Područje hladnih klimatskih uslova (plava boja)
- Područje toplijih klimatskih uslova (žuta boja)

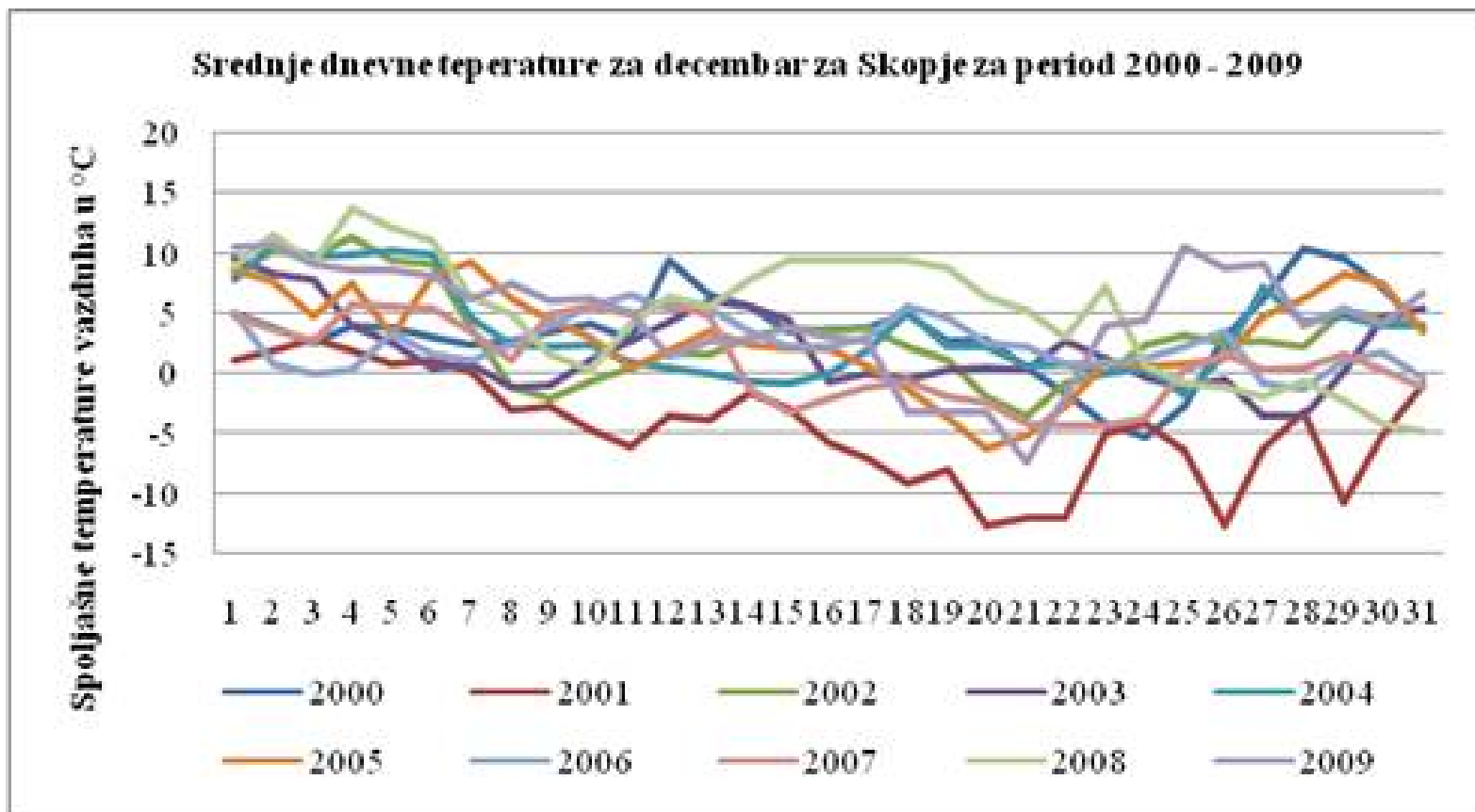
Izvor: Official Journal of the European Union L 62/27, 2013

Klimatska područja u Makedoniji



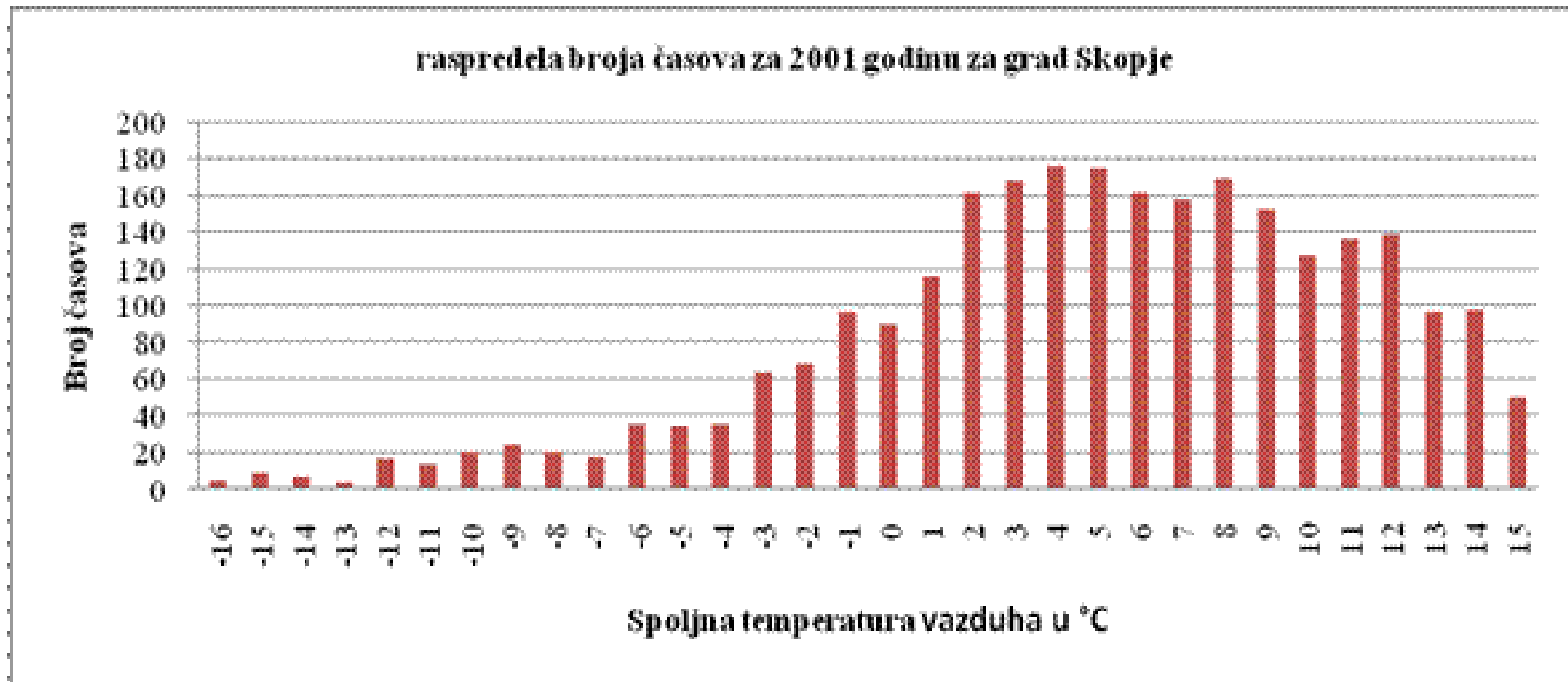
(Izvor: European Environmental Agency) http://www.eea.europa.eu/soer/countries/mk/soertopic_view?topic=country%20introduction

Analiza spoljašnih temperatura za grad Skoplje



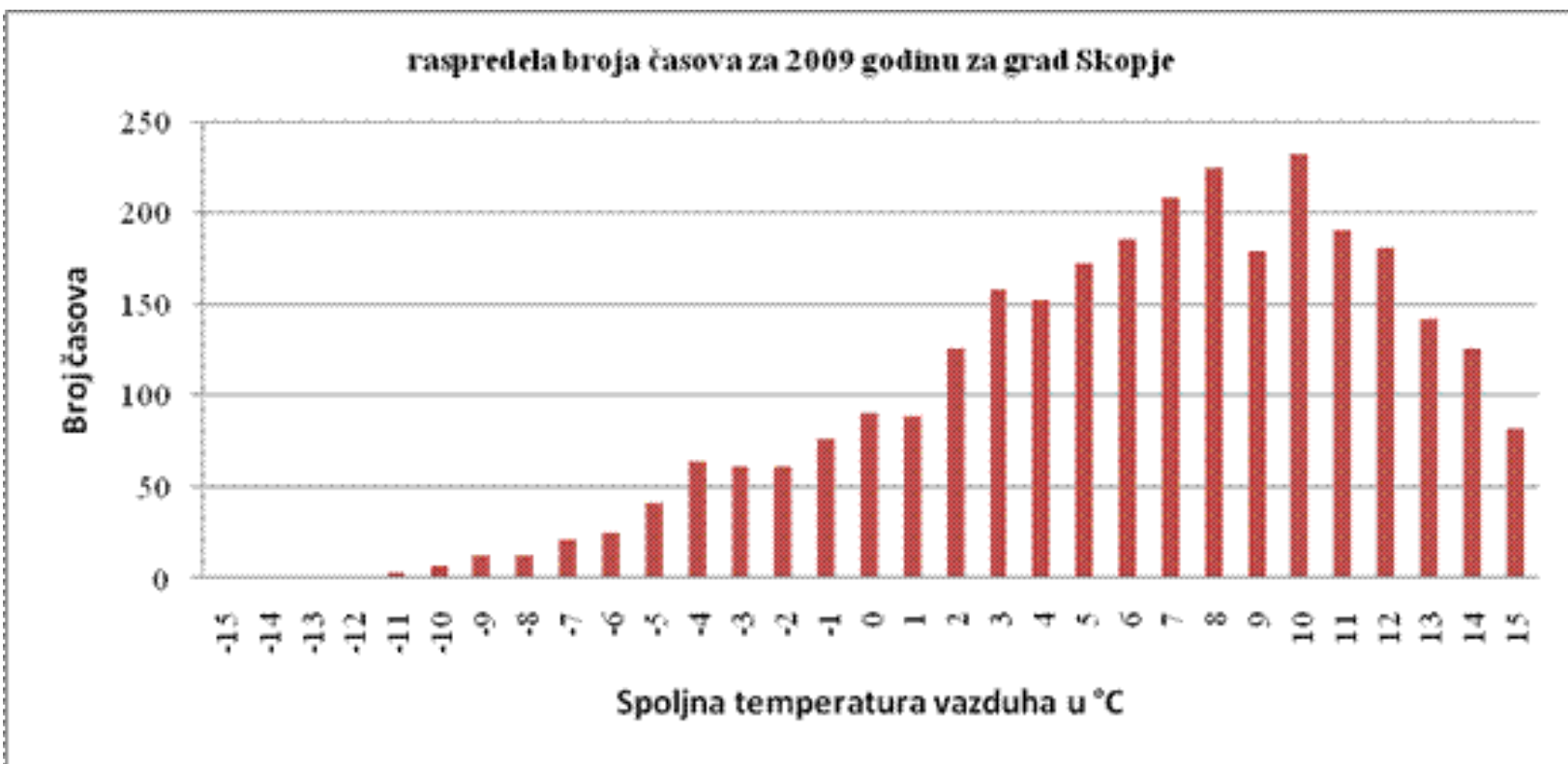
Prikaz srednjih dnevnih temperatura za Skoplje za mesec decembar za period 2000 – 2009 godine

Analiza spoljašnih temperatura za grad Skoplje



Raspredela broja časova za grejnu sezonu za 2001 godinu za grad Skoplje

Analiza spoljnih temperatura za grad Skoplje



Raspredela broja časova za grejnu sezonu za 2009 godinu za grad Skoplje

Analiza spoljnih temperatura za grad Skoplje

t(°C)	2000	%	2001	%	2002	%	2003	%	2004	%	2005	%	2006	%	2007	%	2008	%	2009	%
≤2	1393	32	1320	31	1174	26	1483	32	1343	31	1575	32	1488	33	965	22	976	23	1053	23
-7 до 0	809	19	616	15	591	13	900	20	767	18	784	17	764	17	505	11	547	13	595	13
-15 до -7	94	2	204	5	136	3	15	0	24	1	121	3	128	3	2	0	33	1	94	2
<-15	2	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<15	4302	100	4233	100	4520	100	4589	100	4349	100	4498	100	4449	100	4429	100	4275	100	4539	100
7 до 15	1613	37	1599	38	2116	47	1584	35	1778	41	1627	36	1506	34	1895	43	2115	49	2073	46
0 до 7	1784	41	1798	42	1677	37	2090	46	1780	41	1966	44	2051	46	2027	46	1580	37	1777	39

Prikaz časovnih temperatura za januar, februar, mart, april, oktobar, novembar i decembar po godinama u periodu 2000 – 2009 za Skoplje.

t (C°)	2000-2009	%
≤2	12770	28.90
-7 до 0	6878	15.57
-15 до -7	851	1.93
<-15	18	0.04
<15	44183	100.00
7 до 15	17906	40.53
0 до 7	18530	41.94

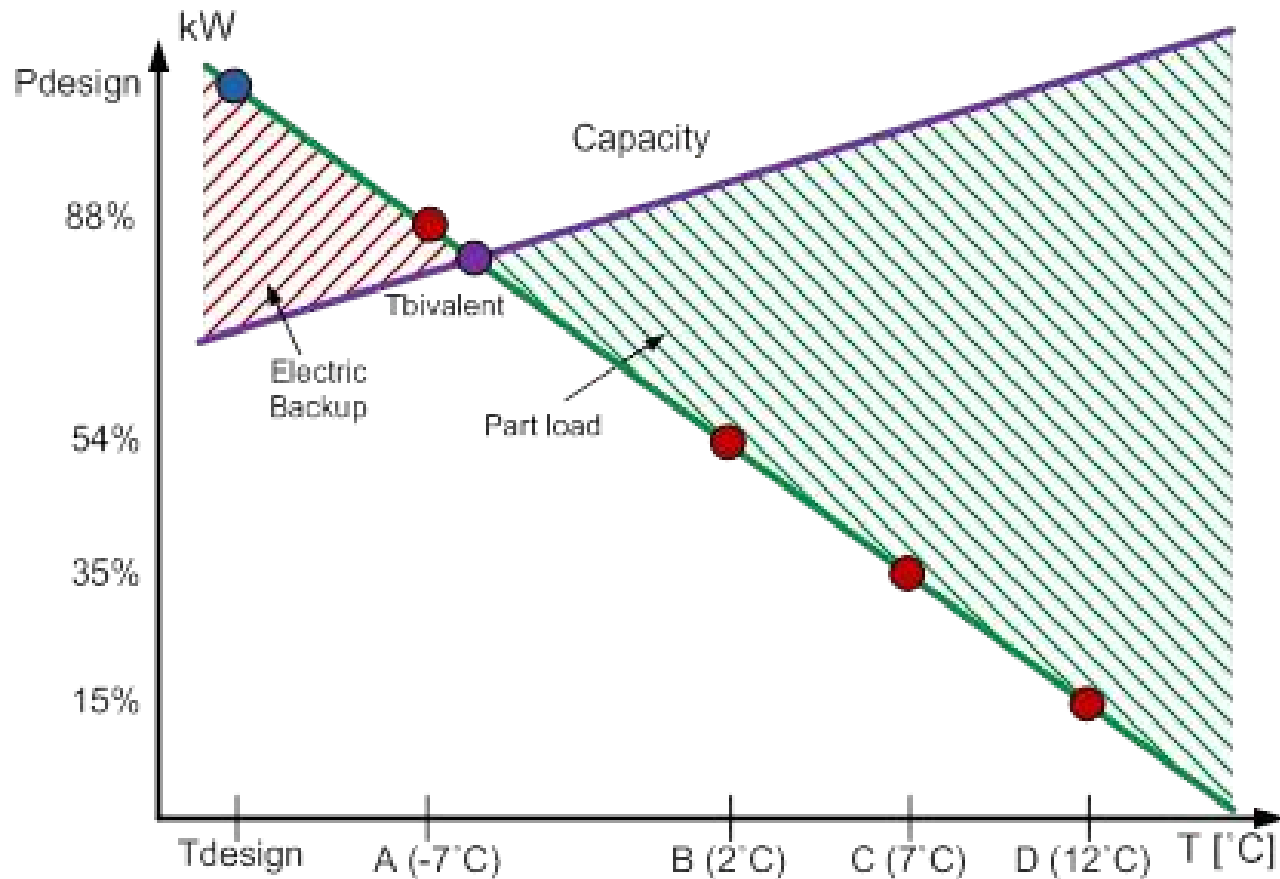
Analiza spoljnih temperatura za grad Skoplje

t (C°)	2000	%	2001	%	2002	%	2003	%	2004	%	2005	%	2006	%	2007	%	2008	%	2009	%
≤2	789	29	770	29	720	25	864	29	786	29	925	33	875	31	549	20	560	21	630	22
-7 do 0	465	17	388	15	369	13	471	16	426	16	475	17	413	15	284	10	329	13	366	13
-15 do -7	51	2	119	4	71	2	8	0	12	0	56	2	67	2	2	0	13	0	46	2
<-15	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<15	2684	100	2647	100	2859	100	2943	100	2702	100	2821	100	2798	100	2793	100	2606	100	2889	100
7do 15	1079	40	1051	40	1433	50	1136	39	1091	40	10893	386	1015	36	1299	47	1324	51	1430	49
0 do 7	1087	40	1079	41	986	34	1328	45	1173	43	1207	43	1303	47	1208	43	940	36	1047	36

Prikaz časovnih temperatura za januar, februar, mart, april, oktobar, novembar i decembar po godinama u periodu od 06 do 21 časa za period 2000 – 2009 za Skoplje.

t (C°)	2000-2009	%
≤2	7468	26.92
-7 do 0	3986	14.37
-15 do -7	445	1.60
<-15	12	0.04
<15	27742	100.00
7do 15	11941	43.04
0 do 7	11358	40.94

Bivaletna tačka $T_{biv.}$, kriva parcijalnih opterećenja i kriva kapaciteta toplotne pumpe



Izvor: P. Rasmussen, Danish Technological Institute, 2011:
“Calculation of SCOP for heat pumps according to EN 14825“

Vrednosti za parcijalna opterećenja i faktora grejanja za parcijalna opterećenja za izabranu pumpu vazduh – voda (sistem za grejanje 40/45 °C)

Tačka	Spoljašna temperatura vazduha [°C]	Parcijalno toplotno opterećenje [kW]	Deklarirani kapacitet toplotne pumpe DC [kW]	Faktor grejanja za deklarirani kapacitet pumpe COP _{DC} [kW/kW]	Faktor degradacije C _c	CR	Faktor grejanja za parcijalno opterećenje toplotne pumpe COP _{PL} [kW/kW]
A	-7	8,81	7,81	2,15	0,9	1,0	2,15
B	2	5,87	9,81	2,73	0,9	0,6	2,56
C	7	4,24	13,93	3,70	0,9	0,3	2,98
D	12	2,61	15,64	4,10	0,9	0,17	2,73

Zaključak

- Vazdušne toplotne pumpe novije generacije mogu se smatrati za obnovljive izvore energije;
- U većem delu Evrope, odnosno za toplije i umereno klimatsko područje vazdušne toplotne pumpe mogu se koristiti kao osnovni sistem za grejanje objekata – stambenih i komercijalnih;
- Samo u malom delu grejne sezone potrebno je dopunsko grejanje;



HVALA VAM NA PAŽNJU!

Faktor grejanja za parcijalno opterećenje

$$COP_{PL} = COP_{DC} \cdot \frac{CR}{C_c \cdot CR + (1 - C_c)}$$

COP_{DC} – faktor grejanja za deklarirani kapacitet toplinske pumpe. Predstavlja faktor grejanja koji odgovara deklariranom toplotnom kapacitetu pri temperaturnim uslovima kao pri punog toplotnog opterećenja za temperature A, B, C и D;

C_c - faktor degradacije

CR - faktor kapaciteta predstavlja odnos između parcijalnih toplotnih opterećenja (P_L) i deklariranom kapacitetu toplotne pumpe DC za odgovarajućoj temperaturi T_j .

Faktor degradacije (C_c) predstavlja umanjenje efikasnosti toplotne pumpe zbog najizmeničnog uključivanja i isključivanja toplotne pumpe. Za toplotnu pumpu tipa vazduh-voda ukoliko nije laboratorijski utvrđen, uzima se da je 0,9.