

Kaukolämmön paluuveden käyttö rakennusten lämmityksessä

Risto Kosonen, Artturi Junntila ja Juha Jokisalo

Aalto-yliopisto



Euroopan unionin
osarahoittama



Kaukolämmön paluveden energian hyödyntäminen parantaa jäähdytystä

- Kaukolämpöverkoston lämpöhäviöt pienenevät.
- Kaukolämpöverkoston pumppauskustannukset pienenevät.
- Savukaasupesurien hyötysuhde paranee.



Euroopan unionin
osarahoittama



Tutkimuskysymykset

- Kuinka suuri on apulämmityksen energian tarve, kun käytetään kaukolämmön paluuvettä yhdessä lämpöpumpputekniikan, kaukolämmön menoveden tai sähkökattiloiden kanssa?
- Miten paluovesilämmitysjärjestelmän käyttö vaikuttaa investointeihin ja käyttökustannuksiin verrattuna perinteisiin kaukolämpöjärjestelmiin?
- Millainen hinnoittelumalli tekisi kaukolämmön paluulämmön hyödyntämisestä taloudellisesti kannattavaa uudessa asuinkerrostalossa?

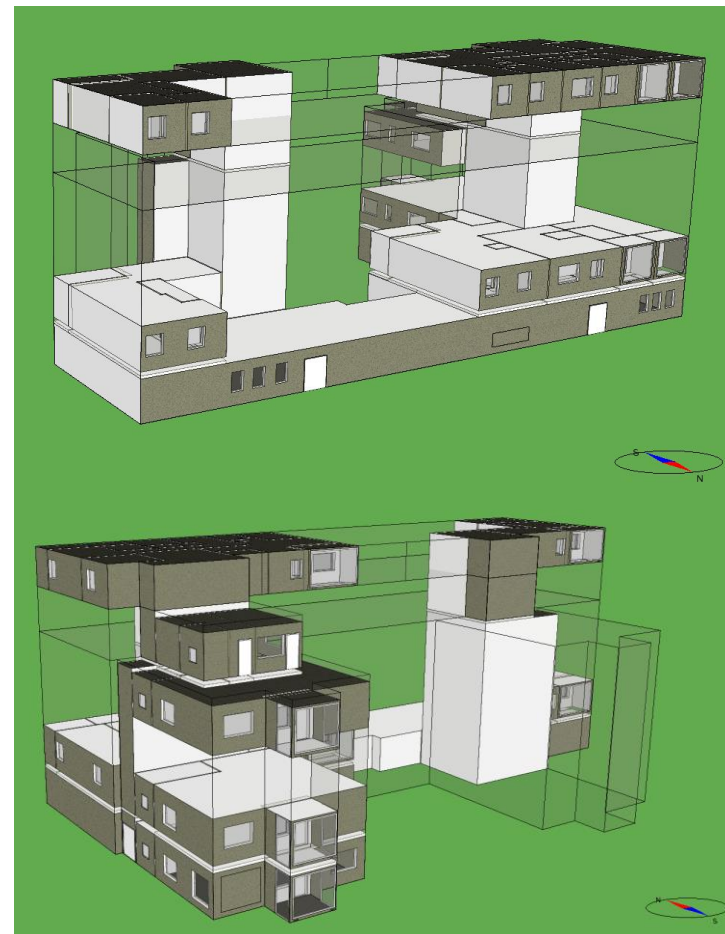


Euroopan unionin
osarahoittama



Simulointikohde

- Ainolan Aura Järvenpäässä.
- Tyypillinen suomalainen asuinkerrostalo.
- Lämmitetty nettoala 3000 m².
- Kuusi kerrosta.
- Kaukolämpöön liitetty vesiradiaattorilämmitys.
- Kylpyhuoneet sähköisellä lattialämmityksellä.
- Huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet, jotka kytketty yhtiön sähköön, lämmitys kaukolämmöllä, lämmöntalteenotto $\eta=55\%$.



Euroopan unionin
osarahoittama



BLACKCC

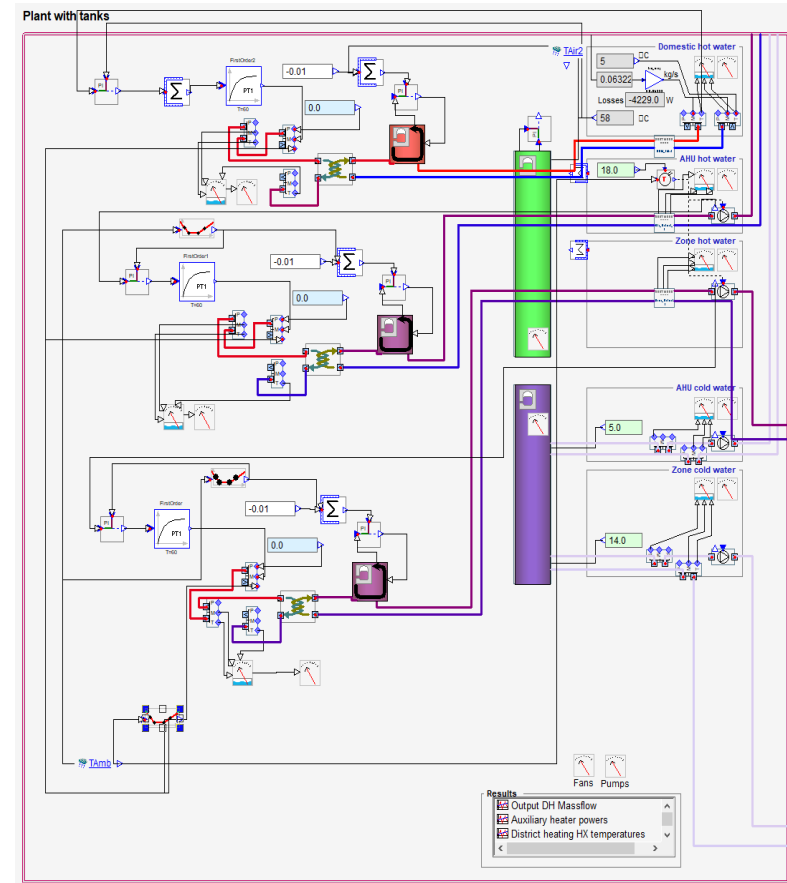
Metodit

Dynaaminen energiasimulointi IDA ICE 5.0 ohjelmalla

- Säädata TRY 2012 Helsinki.
- Tuusulanjärven lämmön toimittama kaukolämmön lämpötiladata.
- Kaukolämpökeskukset mallinnettu tapaukseen räätälöidyllä mallilla.

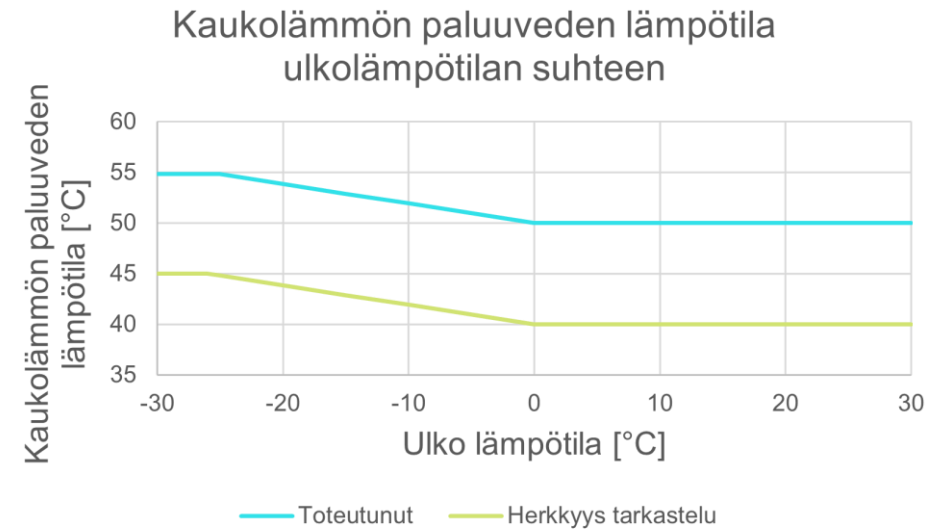
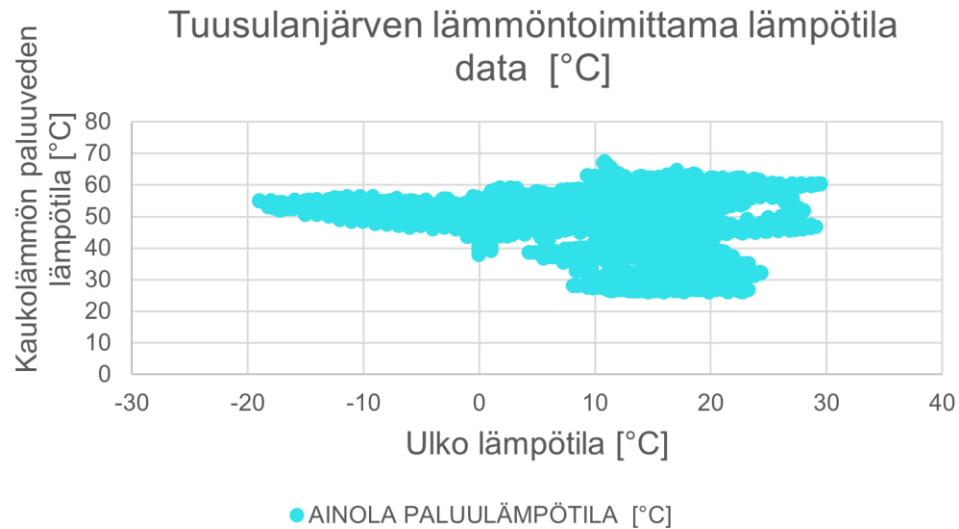
Tulokset:

- Lämmitysenergian vuosikulutus.
- Menoveden lisälämmitysenergian tarve kaukolämmön paluuvesikäytössä.
- Paluuvesikäytön apulämmityksen (sähkökattila/lämpöpumppu) vaikutus sähkönkulutukseen.



Kaukolämmön paluueden lämpötila

- Tuusulanjärven lämmön datalle paluueden lämpötilasovite.
 - Tapaukset simuloitiin 55/50°C lämpötiläkäyrällä.
 - Herkkyystarkastelu tehtiin 45/40 lämpötiläkäyrällä.



Euroopan unionin
osarahoittama



Kannattavuuslaskenta

- Lasketaan takaisinmaksuaika lisäinvestoinneille tavanomaiseen kaukolämmitykseen verrattuna kaavalla (1).
- Sisäinen korkokanta kun alennus kaukolämmön paluueden energiasta ja tehomaksusta on 50% kaavalla (2).
- Reaalikorko 3% & Eskalaatio 2%.
- Sähkön spot-hinta vuodelta 2023+Helen marginaali+ALV 24%
- Investointikustannukset tarjouspyyntöjen perusteella.
- Kaukolämmön menoveden energiahinta + tehomaksu Tuusulanjärven lämmön fiksulämpö hinnaston mukaisesti.
- Perusmaksun rakennustilavuusosuus hinnaston mukaisesti, vähintään 85% suuremmasta tehomaksusta.
- Kaukolämmön paluueden energiahinta + tehomaksu = fiksulämpö hinnasto $\cdot (1 - \text{alennusprosentti})$.



Euroopan unionin
osarahoittama



Kannattavuuslaskenta

$N [a]$ = Korollinen takaisinmaksuaika

$A \left[\frac{\text{€}}{a} \right]$ = Vuosittainen kassavirta

= vältetyt kaukolämpökustannukset – maksetut kaukolämpökustannukset
– lisääntyneet sähkökustannukset (oletetaan vuosittain saman suuruisiksi)

$I_0 [€]$ = Investointi kustannukset

= valitun järjestelmän investoinnit – referenssi tapauksen investoinnit

$r_e [\%]$ = Energian hinnan reaalikorko

$i [\%]$ = Sisäinen korkokanta

$n [a]$ = Elinkaari (20 vuotta)

$$N = \frac{\ln\left(1 - \frac{I_0}{A} r_e\right)}{\ln\left(\frac{1}{1+r_e}\right)} \quad (1)$$

$$i = \frac{(1-i)^{-n}}{\frac{I_0}{A}} \quad (2)$$



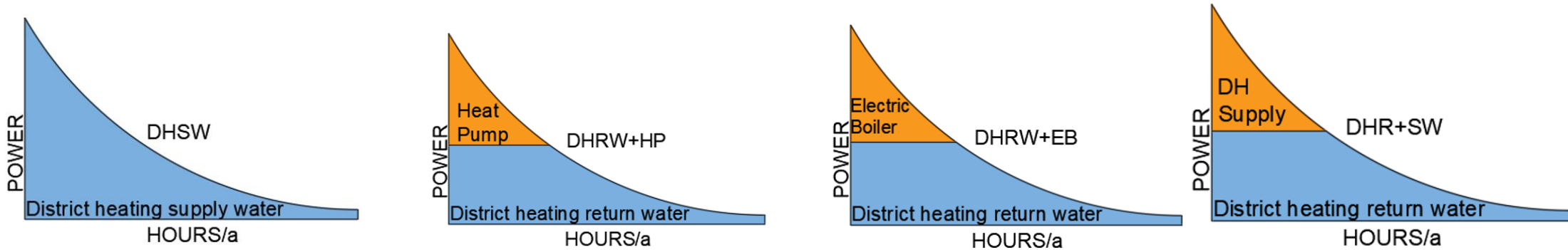
Euroopan unionin
osarahoittama



BLACKCC

Tutkitut tapaukset

- Tapaukset simuloitu kaukolämmön paluueden lämpötiloilla 55-50°C ja 45-40°C
- IV-mitoituslämpötila 45/30°C kaikissa tapauksissa.



Tutkitut tapaukset	DHSW Rad. 60/30 (Referenssi)	DHSW Rad. 45/30 (Referenssi)	DHRW+HP Rad. 60/30	DHRW+HP Rad. 45/30	DHRW+EB Rad. 60/30	DHRW+EB Rad. 45/30	DHR+SW Rad. 60/30	DHR+SW Rad. 45/30
--------------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	-------------------



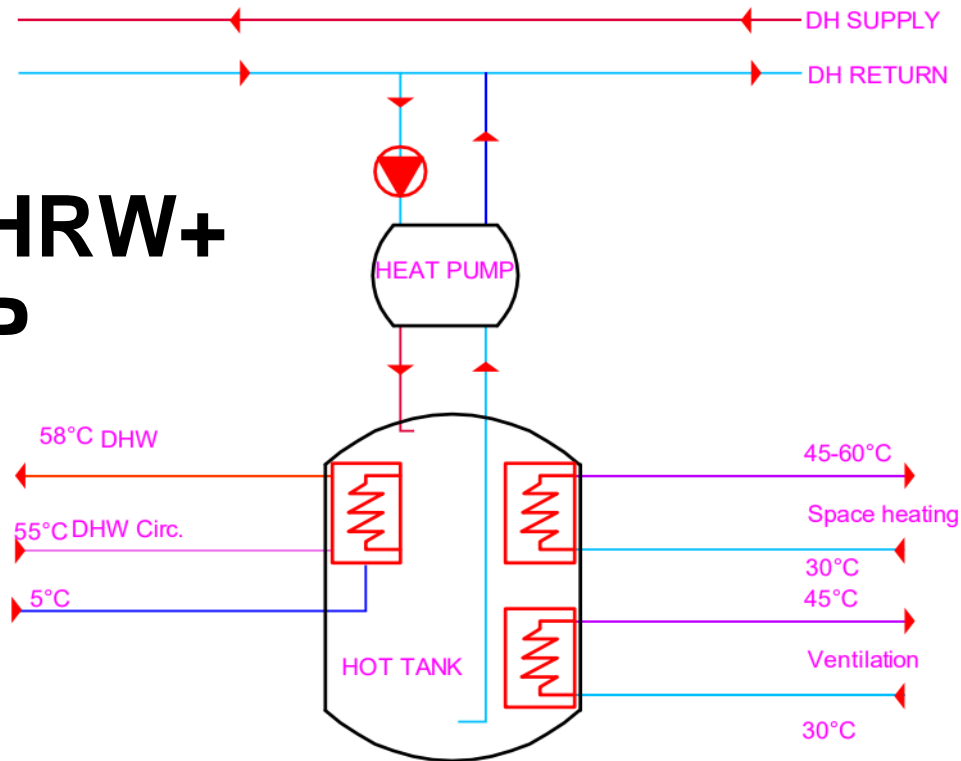
Euroopan unionin
osarahoittama



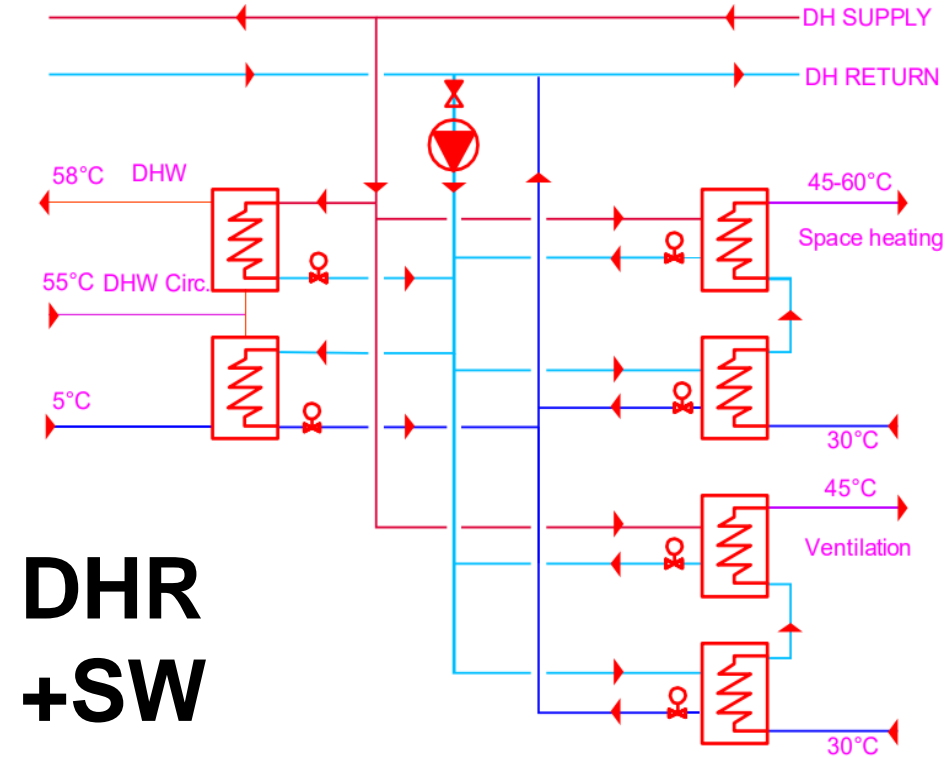
Järjestelmäkuvaukset

Paluovesilämmitys +
paluovesilämpöpumppu

DHRW+
HP



Paluovesilämmitys + kaukolämmön
menovesi



DHR
+SW

- Radiaattoriverkosto 45/30 tai 60/30 (°C)

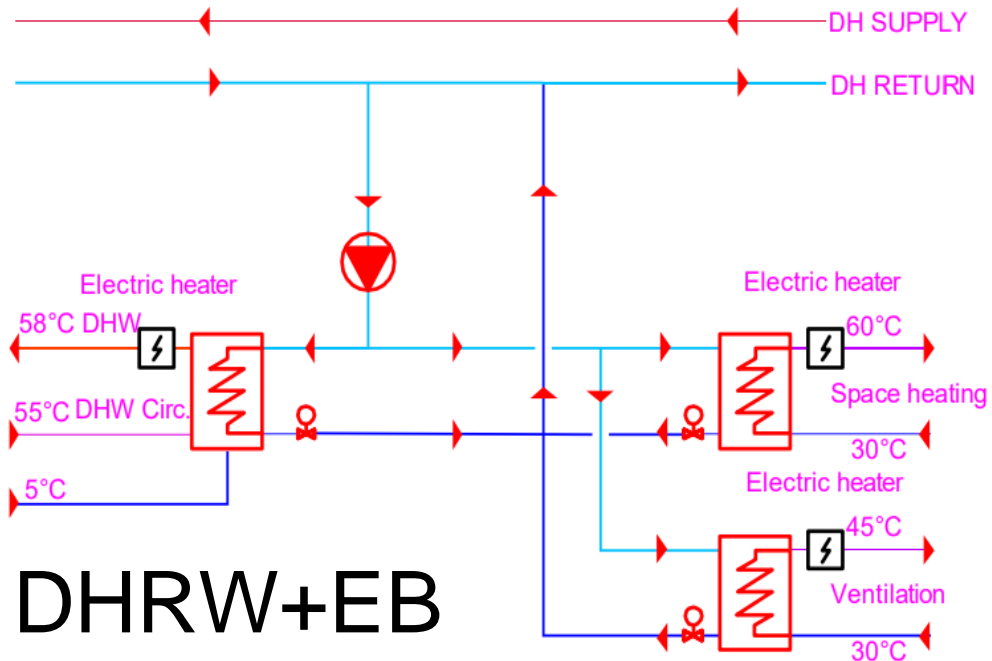


Euroopan unionin
osarahoittama



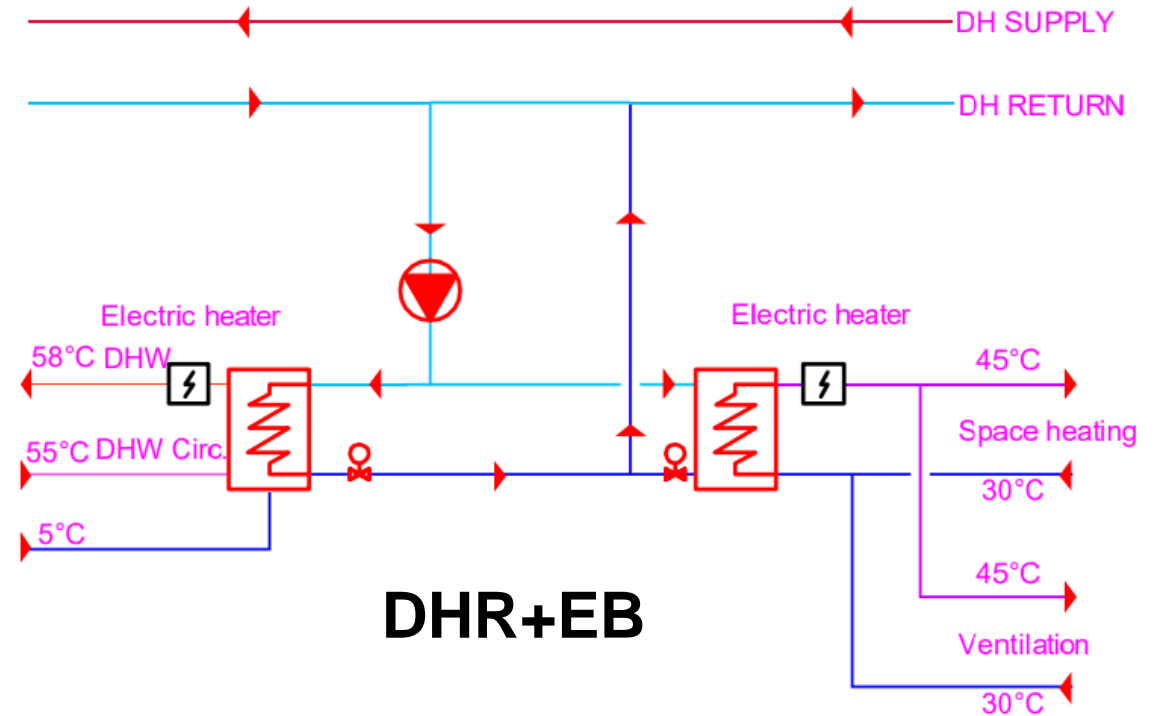
Järjestelmäkuvaukset

Paluovesilämmitys +
sähkökattila



- Radiaattoriverkosto 60/30 (°C)

Paluovesilämmitys
+ sähkökattila



- Radiaattoriverkosto 45/30 (°C)



Euroopan unionin
osarahoittama



Energian kulutus [MWh/a] (kaukolämmön paluuvesi 55-50°C)

Studied cases	District heating supply water		District heating supply+return water		District heating return water + auxiliary electric heating			
	DHSW Rad. 60/30	DHSW Rad. 45/30	DHR+SW Rad. 60/30	DHR+SW Rad. 45/30	DHRW+EB Rad. 60/30	DHRW+EB Rad. 45/30	DHRW+HP Rad. 60/30	DHRW+HP Rad. 45/30
Kaukolämpö menovesi	248	248	56	56	0	0	0	0
Kaukolämpö paluuvesi	0	0	192	191	192	191	192	191
Sähkö tot.	77	78	77	78	133	133	84	84
Sähköinen anulämmitys	0	0	0	0	56	56	7	7
Paluueden käytön osuus [%]	0 %	0 %	77 %	77 %	77 %	77 %	77 %	77 %
Huipputehon tarve [kW/a]								
Kaukolämpö menovesi	98	97	10	10	0	0	0	0
Kaukolämpö paluuvesi	0	0	89	88	89	88	89	88
Sähkö tot.	25	25	25	25	33	33	43	43
Sähköinen anulämmitys	0	0	0	0	10	10	18	18
Paluueden käytön osuus [%]	0 %	0 %	91 %	91 %	91 %	91 %	91 %	91 %

Energian kulutus [MWh/a] (kaukolämmön paluuvesi 45-40°C)

Studied cases	District heating supply water		District heating supply+return water		District heating return water + auxiliary electric heating			
	DHSW Rad. 60/30	DHSW Rad. 45/30	DHR+SW Rad. 60/30	DHR+SW Rad. 45/30	DHRW+EB Rad. 60/30	DHRW+EB Rad. 45/30	DHRW+HP Rad. 60/30	DHRW+HP Rad. 45/30
Kaukolämpö menovesi	248	248	84	81	0	0	0	0
Kaukolämpö paluuvesi	0	0	164	167	164	167	164	167
Sähkö tot.	77	78	77	78	160	157	89	88
Sähköinen anulämmitys	0	0	0	0	84	81	12	12
Paluueden käytön osuus [%]	0 %	0 %	66 %	67 %	66 %	67 %	66 %	67 %
Huipputehon tarve [kW/a]								
Kaukolämpö menovesi	98	98	26	17	0	0	0	0
Kaukolämpö paluuvesi	0	0	71	81	71	81	71	81
Sähkö tot.	25	25	25	25	44	40	42	43
Sähköinen anulämmitys	0	0	0	0	26	17	18	18
Paluueden käytön osuus [%]	0 %	0 %	72 %	82 %	72 %	82 %	72 %	82 %



Euroopan unionin
osarahoittama



Investoinnin takaisinmaksuaika eri energia- ja tehonmaksun alennuksilla

		Kaukolämmön paluuvesi 55-50°C											
Real interest rate 3%	Escalation 2%	Discount on the energy and power fee	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
		Payback time of investment	DHR+SW Rad. 60/30	-	15	8	6	5	4	3	3	2	2
DHR+SW Rad. 45/30	-		15	8	6	5	4	3	3	2	2	2	
DHRW+EB Rad. 60/30	-		9	4	3	2	2	1	1	1	1	1	
DHRW+EB Rad. 45/30	-		6	3	2	1	1	1	1	1	1	1	
DHRW+HP Rad. 60/30	24		19	16	14	12	10	9	9	8	7	7	
DHRW+HP Rad. 45/30	24		19	16	14	12	10	9	9	8	7	7	

		Kaukolämmön paluuvesi 45-40°C											
Real interest rate 3%	Escalation 2%	Discount on the energy and power fee	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
		Payback time of investment	DHR+SW Rad. 60/30	16	10	7	5	4	4	3	3	2	2
DHR+SW Rad. 45/30	27		12	8	6	5	4	3	3	2	2	2	
DHRW+EB Rad. 60/30	7		4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	
DHRW+EB Rad. 45/30	20		5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	
DHRW+HP Rad. 60/30	13		12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	
DHRW+HP Rad. 45/30	15		13	12	10	9	9	8	7	7	7	6	



Euroopan unionin osarahoittama



		Kaukolämmön paluuvesi 55-50°C							
Tutkitut tapaukset		kaukoilampo menovesi (referenssi)		kaukoilampo paluu+menovesi		Kaukolämpö paluuvesi+sähköinen apulämmitys			
		DHSW 60/30	DHSW 45/30	DHR+SW 60/30	DHR+SW 45/30	DHRW+EB 60/30	DHRW+EB 45/30	DHRW+HP 60/30	DHRW+HP 45/30
Reaalikorko 3% Eskalaatio 2%	Investointikustannukset [tuhatta €] alv 24%.	12	12	36	36	22	19	122	122
	Energiakustannukset kun kymmenen vuoden takaisinmaksuaika [tuhatta €/a] alv 24%.	43	43	41	41	42	42	32	31
	Alennus prosentti energia- ja tehomaksuista jolla 10 vuoden takaisinmaksuaika saavutetaan.	0 %	0 %	8 %	8 %	4 %	3 %	27 %	27 %
Sisäinen korkokanta jos alennus energia- ja tehomaksusta 25 %		0 %	0 %	28 %	27 %	62 %	92 %	8 %	8 %
Sisäinen korkokanta jos alennus energia- ja tehomaksusta 50 %		0 %	0 %	53 %	53 %	124 %	185 %	15 %	15 %

		Kaukolämmön paluuvesi 45-40°C							
Tutkitut tapaukset		Kaukolämpö menovesi (referenssi)		Kaukolämpö paluu+menovesi		Kaukolämpö paluuvesi+sähköinen apulämmitys			
		DHSW 60/30	DHSW 45/30	DHR+SW 60/30	DHR+SW 45/30	DHRW+EB 60/30	DHRW+EB 45/30	DHRW+HP 60/30	DHRW+HP 45/30
Reaalikorko 3% Eskalaatio 2%	Investointikustannukset [tuhatta €] alv 24%.	12	12	36	36	22	19	122	122
	Energiakustannukset kun kymmenen vuoden takaisinmaksuaika [tuhatta €/a] alv 24%.	+	43	41	41	42	42	32	32
	Alennus prosentti energia- ja tehomaksuista jolla 10 vuoden takaisinmaksuaika saavutetaan.	0 %	0 %	4 %	7 %	0 %	2 %	13 %	17 %
Sisäinen korkokanta jos alennus energia- ja tehomaksuista 25 %		0 %	0 %	28 %	27 %	65 %	88 %	11 %	10 %
Sisäinen korkokanta jos alennus energia- ja tehomaksuista 50 %		0 %	0 %	50 %	50 %	116 %	171 %	17 %	16 %



Euroopan unionin
osarahoittama



Yhteenveto

- ❖ Paluueden lämpötila vaikuttaa valitun järjestelmän kannattavuuteen.
- ❖ Kannattavuus riippuu kaukolämmön paikallisista hinnoittelusta
Kalliimpi kaukolämpö → parempi tuotto.
- Kaukolämmön paluuedella voidaan kattaa 66 – 77% vuosittaisesta lämmitysenergian kulutuksesta.
- Kaukolämmön paluuedellä voidaan kattaa 70 – 90% lämmityksen huipputehon tarpeesta.
- Tutkituissa tapauksissa kaikki ovat olleet kannattavia, kun paluueden energia- tehomaksusta on saatu 25 %:n alennus.
- Vallitsevilla energian hinnoilla, apulämmitys sähkökattilalla vaikuttaa erityisen kannattavalta.



Euroopan unionin
osarahoittama



BLACKCC