



Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa

🕒 1.9.2021 08:30 📍 Scandic Park / Webinaari

Kerrostalojen energiaremontti

Jarek Kurnitski

Korjausrakentamisen tarve ja mahdollisuudet

Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050:

- Tavoitteena, että ostoenergian kulutus vähene n. 60% 2020-2050
- Energiatehokkuudeltaan heikoimpaan rakennuskantaan kuuluvat rakennukset on rakennettu **ennen 1980-lukua** – tarjolla energia- ja korjausavustukset
- Kustannusoptimaalisimmat toimenpiteet **poistoilmalämpöpumppu**, käyttökänsä päässä olevien **ikkunoiden vaihto** ja **ulkovaipan lisäeristäminen** jos se on korjaustarpeessa

Korjausrakentamisessa noudatettavien energiaterhokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten kustannusoptimaalisten tasojen laskenta (YM):

- Laajamittainen korjaus on yleensä ajankohtainen rakennuksen ollessa 40–60 vuotias
- Kustannusoptimaalisimmin päästään vaatimustasolle (0,85xE) **uusimalla ikkunat ja lisäeristämällä ulkoseinät 1950-1960 luvun taloissa**
- 1970 luvun talossa **lisäksi yläpohjan lisäeristys ja poistoilmalämpöpumppu**

Korjausrakentamisen ohjaus

ARAn energia-avustus, 4000 eur/asunto keskeinen ohjaava voima

Ehtona E-luvun parannus 20 % parempaan tasoon kuin YM asetuksen (4/13) 7 § vähimmäistaso E-vaadittu $\leq 0,85 \times E$ -laskettu:

- ARA E-vaadittu $\leq 0,8 \times 0,85 \times E$ -laskettu = 0,68 E-laskettu, eli 32%:n parannus
- Tarjolla myös lähes nollaenergiatason 6000 eur/asunto, jolloin E-vaadittu ≤ 90

- Lämmöneristyksen taso parantui olennaisesti 1980-luvulla
- E-luvun parannus helpointa ennen lämmöneristymääräyksiä rakennetuissa taloissa

Taulukko 0-5. Rakennusosakohtaiset lämmöneristysmääräykset.

	1976	1978	1985	2003	2007	2010
Lämmönläpäisevyys W/m ² K						
Ulkoseinä	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
Yläpohja	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
Alapohja	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,17/0,09
Ikkunat; Ulko-ovien lasiosa	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1
Ulko-ovien umpiosa	0,7	0,7	0,7			

Tutkitut kerrostalot

- Isomman aineiston perusteella valittu tarkasteltavaksi 1981, 1973 ja 1963 kerrostalot
- Kaikista kulutustiedot useammalta vuodelta
- 1981 talossa laskennallinen energiaremontti – energiasimulointi
- 1973 ja 1963 taloissa energiaremontti toteutettu – mittaustulokset
- Poistoilmalämpöpumppu, ikkunat + muut toimenpiteet

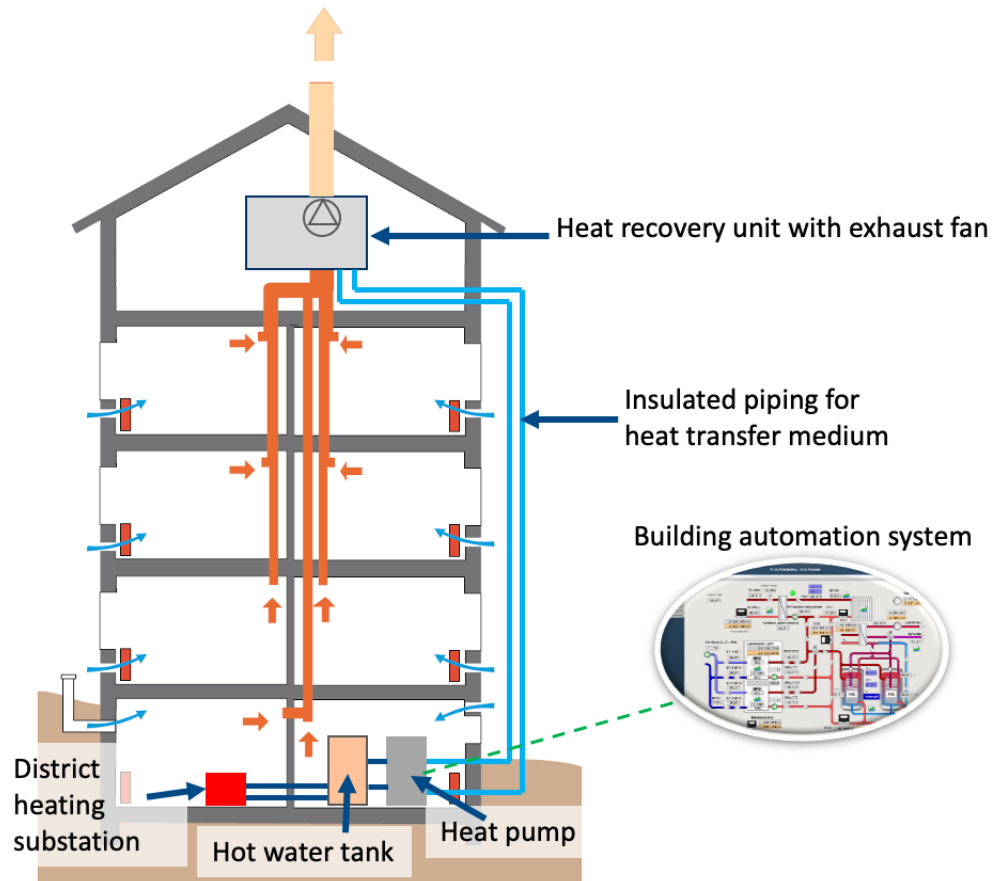


Fig. Taloyhtiön energiakirja, J. Virta & P. Pylsy, 2011, Kiinteistöalan Kustannus

Kerrostalo 1981

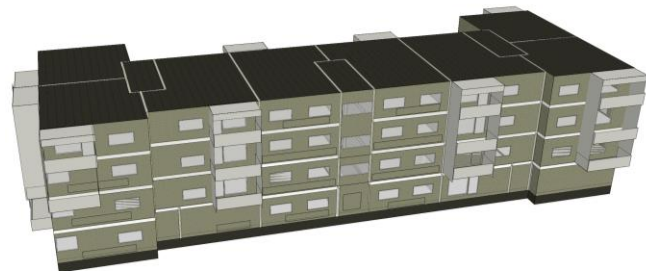
4053 m², josta A-talo 2220 m²

Mitattu kulutus (ostoenergia):

135 kWh/m² a kaukolämpö

38 kWh/m² a sähkö

(E-luku 113 kWh/m² a 0,5 ja 1,2 kertoimilla)



<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124609002>



Kerrostalo 1981

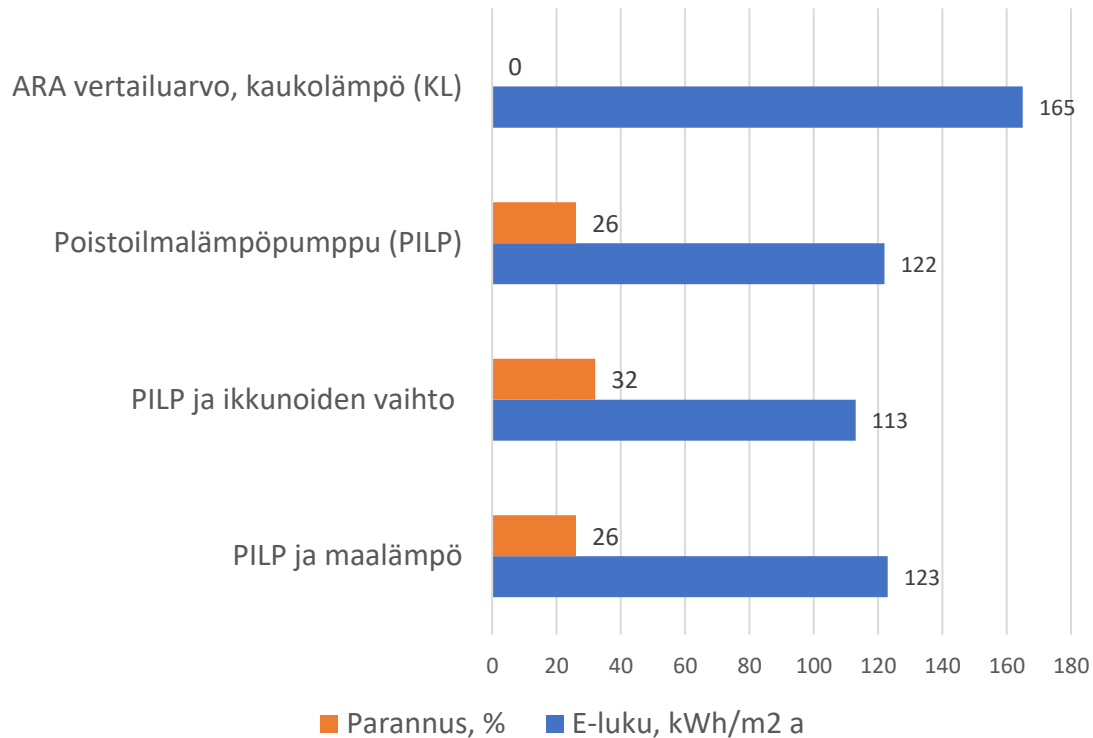
1. Mitattu kulutus = kalibroitu simulointimalli (ei käytetä ARAn energiatehokkuuden parantamisen osoittamisessa)
2. E-luvun vertailuarvon laskenta ARAn laskentaohjeella (ennen korjausta)
3. Energia-avustuksen E-luvun raja-arvon laskenta (korjauksen jälkeen)

	Ostoenergia, kWh/(m ² a)							E-luku kWh/(m ² a)
	Lämmitys, KL	Lämmitys, sähkö	LKV, KL	LKV, sähkö	Puhal- timet	Pumput	Laitteet ja valaistus	
Mitattu/kalibroitu	78.0	-	56.0	-	3.1	2.9	31.9	113
ARA vertailuarvo, kaukolämpö (KL)	163.9	-	75.4	-	7.0	2.0	28.9	165
Poistoilmalämpöpumppu (PILP)	63.9	16.9	39.0	8.3	2.5	2.0	28.9	122
PILP ja ikkunoiden vaihto	48.7	15.8	38.1	8.5	2.5	2.0	28.9	113
PILP ja maalämpö	-	42.8	-	26.0	2.5	2.0	28.9	123

Huom. Suuri ero mitatuissa ja lasketuissa kulutuksissa. Erityisesti vuotoilman laskentatapa (ilmanvuotoluku $q_{50}=7$) vääristää tuloksia koneellisen poiston kerrostalossa. Myös ilmanvaihto 0,3 vs. 0,5 l/s m² lisää kulutusta, mikä on perusteltua.

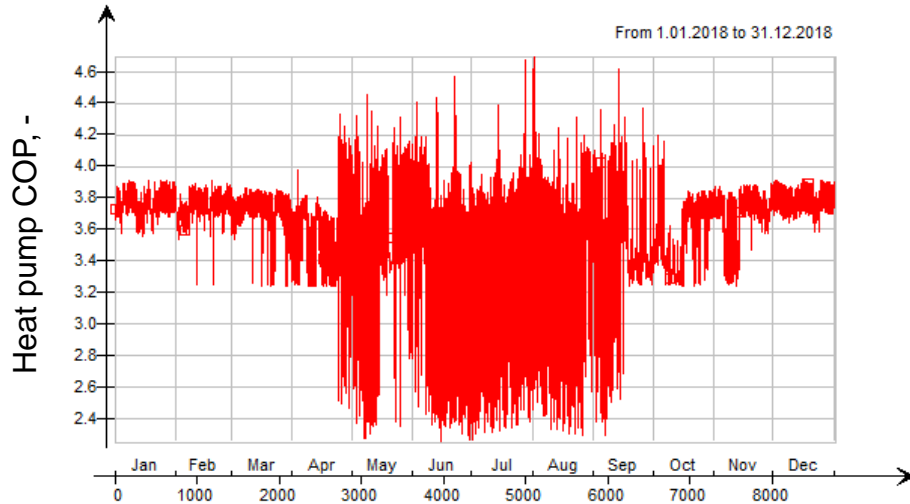
Kerrostalo 1981 – E-luvun parannus

- PILP ja ikkunoiden vaihto täyttää ARA-avustuksen ehdon 32%
- “kaukolämmöstä irti” PILP ja maalämpö ei täytä ehtoa – ikkunoiden vaihdon ja lisälämmöneristyksen tarve ilmeinen
- 70/40 °C patteriverkosto ei suosi lämpöpumppuja, PILP lämpökerroin 3,7 ja PILP+maalämpö 3,0
- PILP ja kaukolämpö rinnakaislämmityksenä mahdollistaa kulutusjouston

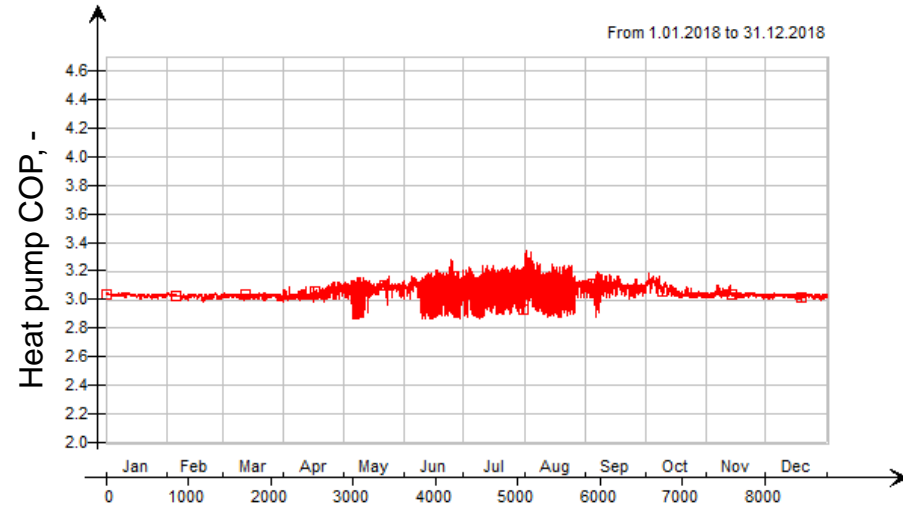


Exhaust heat pump and GSHP performance

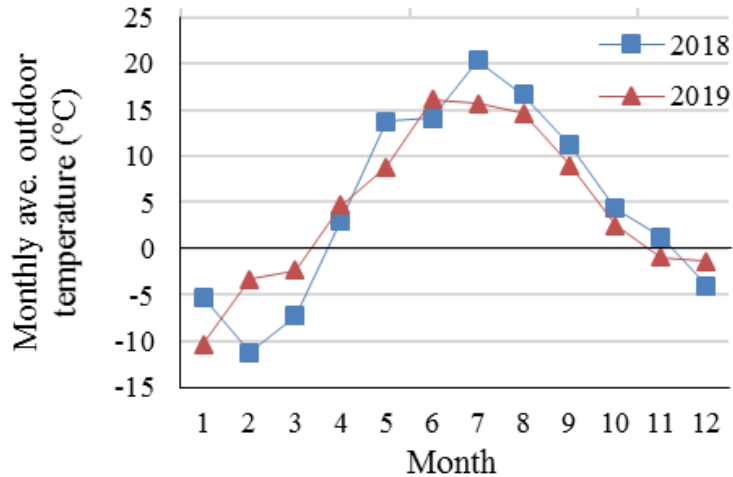
□ Exhaust HP & DH top-up



□ Exhaust & GS HP



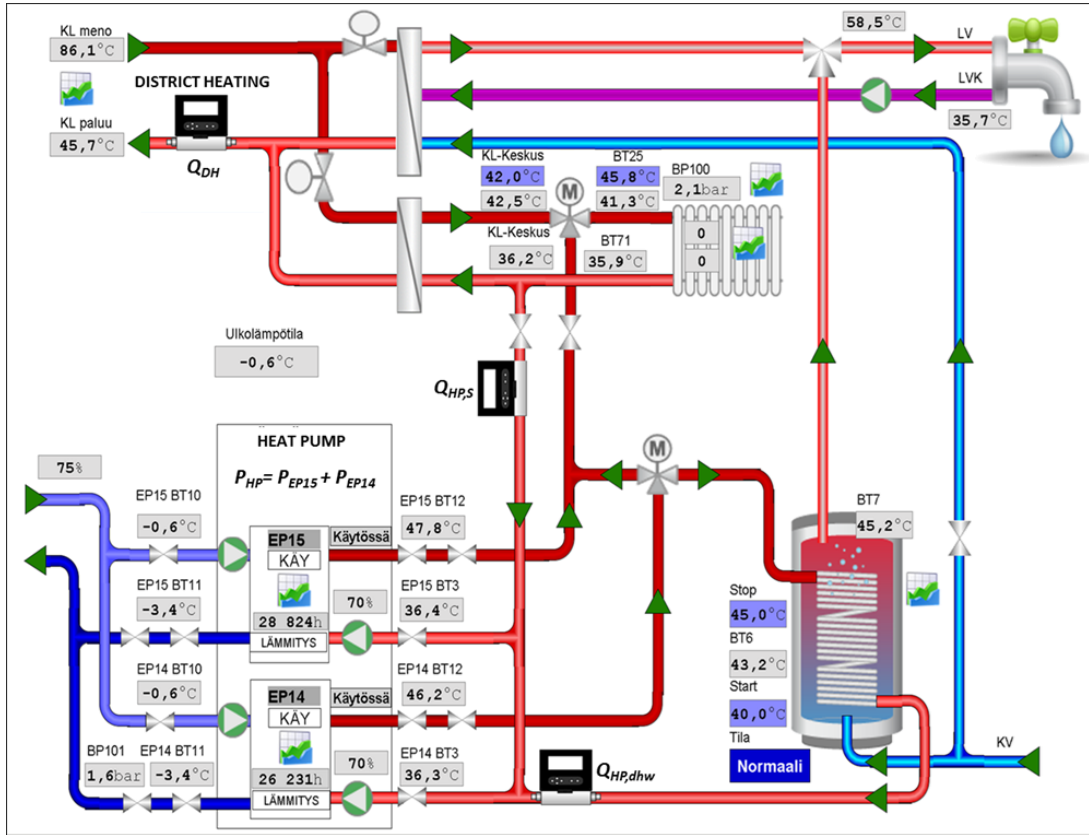
Kerrostalot 1963 ja 1973



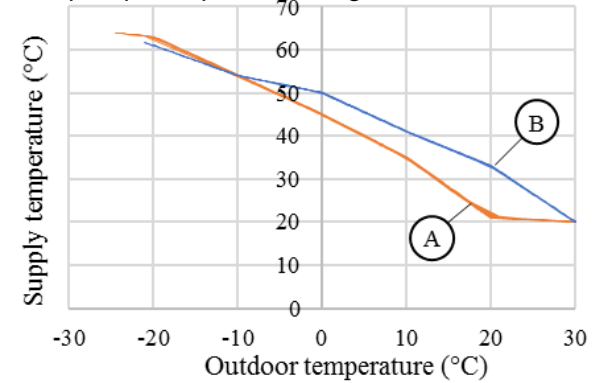
The monthly average outdoor temperature in Jyväskylä 2018 and 2019

	Case A	Case B
Year of construction	1963	1973
Number of buildings	1	2
Number of dwellings	46	26
Building volume [m ³]	11025	8761
Net heated floor area [m ²]	3448	2746
Number of stories	5	5
The EAHP system was started up	Apr 2015	Dec 2014
HP nominal heat output [kW]	30	20
Hot water storage tank [dm ³]	500	500
Number of heat recovery units	2	2

Poistoilmalämpöpumpun kytkentä



The heating characteristic curve of heat pump for space heating



Ikkunoiden vaihto ym. on mahdollistanut menoveden lämpötilan alentamisen 80 → 70 °C

Kerrostalot 1963 ja 1973

Ennen lämmöneristysmääräyksiä rakennettujen kerrostalojen U-arvot ovat varsin heikkoja

	Case A 1963	Case B 1973
Exterior wall U-value [W/m ² K]	0,50	0,41
Roof U-value [W/m ² K]	0,47	0,30
Windows U-value [W/m ² K]	1,4 ¹	2,8
Doors U-value [W/m ² K]	2,2	2,2
Exterior floor U-value [W/m ² K]	0,40	0,40
1) Windows were replaced in 2008		

Mitatut lämmitysenergian kulutukset

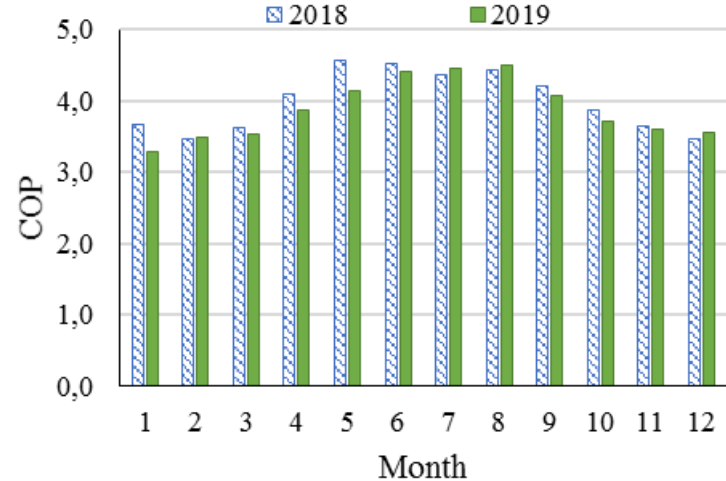
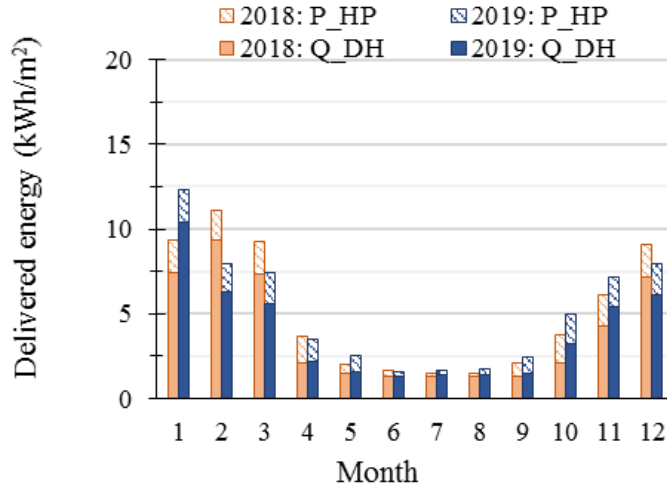
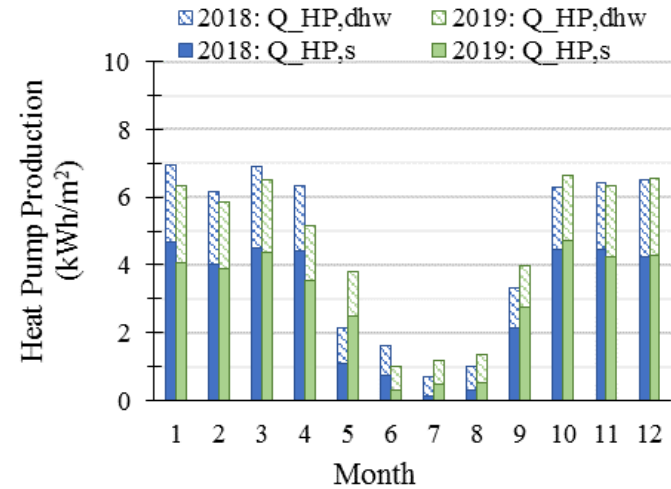
- Lämpöpumpulla tuotetun lämmitysenergian osuus 54% CASE A 1963 talossa ja 40% CASE B 1973 talossa
- Heikosti eristetyssä talossa poistoilman lämpösisältö ei riitä lämmitykseen

	Laskennallinen E-luku kWh/m ² a	Mitattu E-luku, kWh/m ² a	Mitattu kaukolämpö kWh/m ² a	Mitattu PILP sähkö kWh/m ² a
CASE A 1963				
KL	198 / F	93	101	0
KL+PILP	164 / E	81	46	15
CASE B 1973				
KL	228 / F	123	162	0
KL+PILP	198 / F	110	97	18

Huom. Vuotoilmanvaihdon laskentatapa koneellisen poiston kerrostalossa ja ilmanvaihdon määrä aiheuttaa suuren eron mitatussa ja lasketussa E-luvussa.

Results - Case A 1963

- Approximately 54 % of annual heating energy consumption was covered by EAHP production
 - During a spring and an autumn, the share of production was the highest, > 65 %
- The SCOP was 3,78 and 3,68 in 2018 and 2019 respectively



Energiansäästö

	Case A 1963	Case B 1973
E-luvun parannus	20 %	15 %
Energiatodistuksen luokka	F → E	F*
Lämmityskustannusten säästö		
Keskimääräisellä kaukolämmön hinnalla laskettuna	31 %	23 %
Todellisella tariffilla	15 %	11 %
Takaisinmaksuaika** (investointikustannus 80000-120000 €)	8-13 vuotta	9-14 vuotta

*) jos 50 % lämmitysenergiasta olisi tuotettu PILP:llä, E-luvun parannus olisi 18 % ja energiatodistuksen luokka E

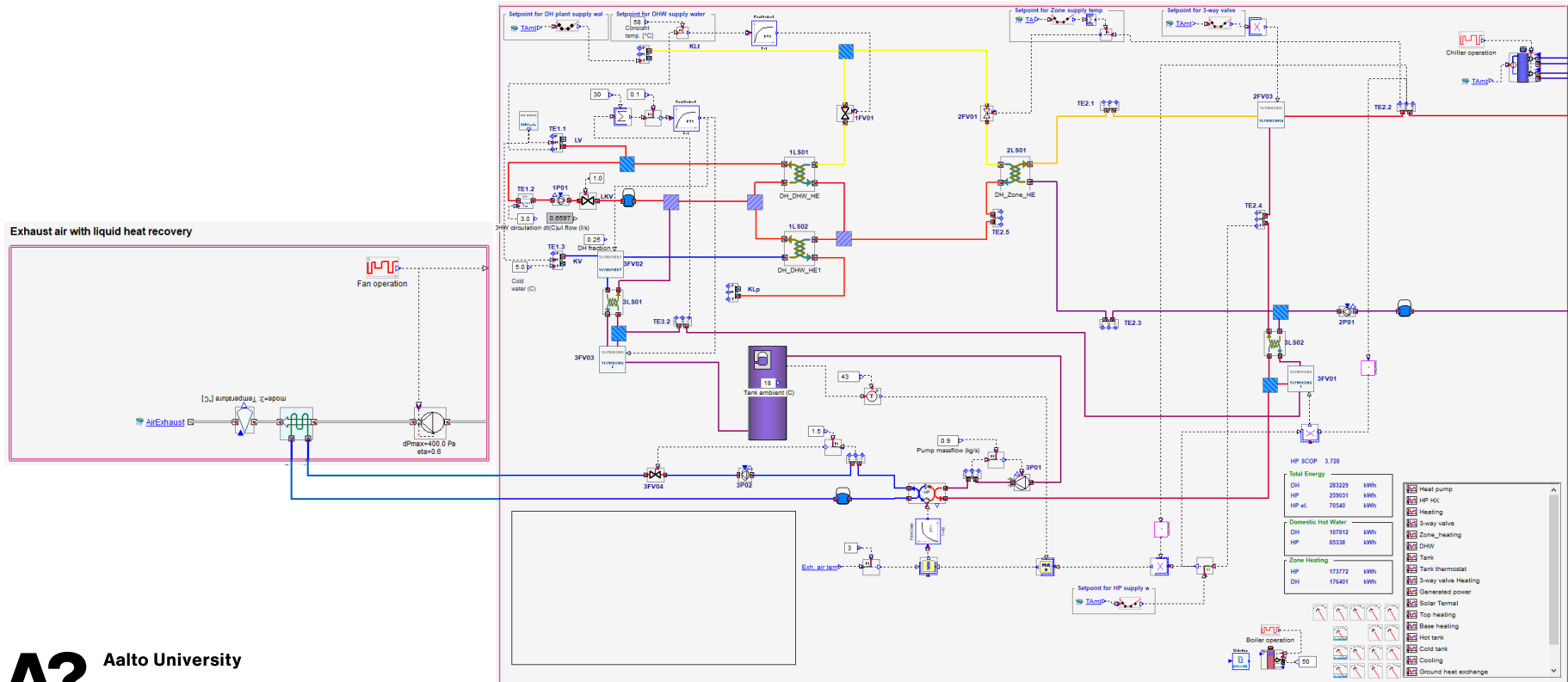
**) Keskimääräisellä kaukolämmön hinnalla laskettuna, todellisella tariffilla 1,5-2 kertainen

- Vanhemmissa kerrostaloissa energiatehokkuuden parannus PILP:llä jää kauas ARAn vaatimuksesta suurista lämpöhäviöistä johtuen
- 32%:n parannus edellyttää ulkoseinien lisälämmöneristystä ($U=0,25$) ja B talossa ikkunoiden uusimista

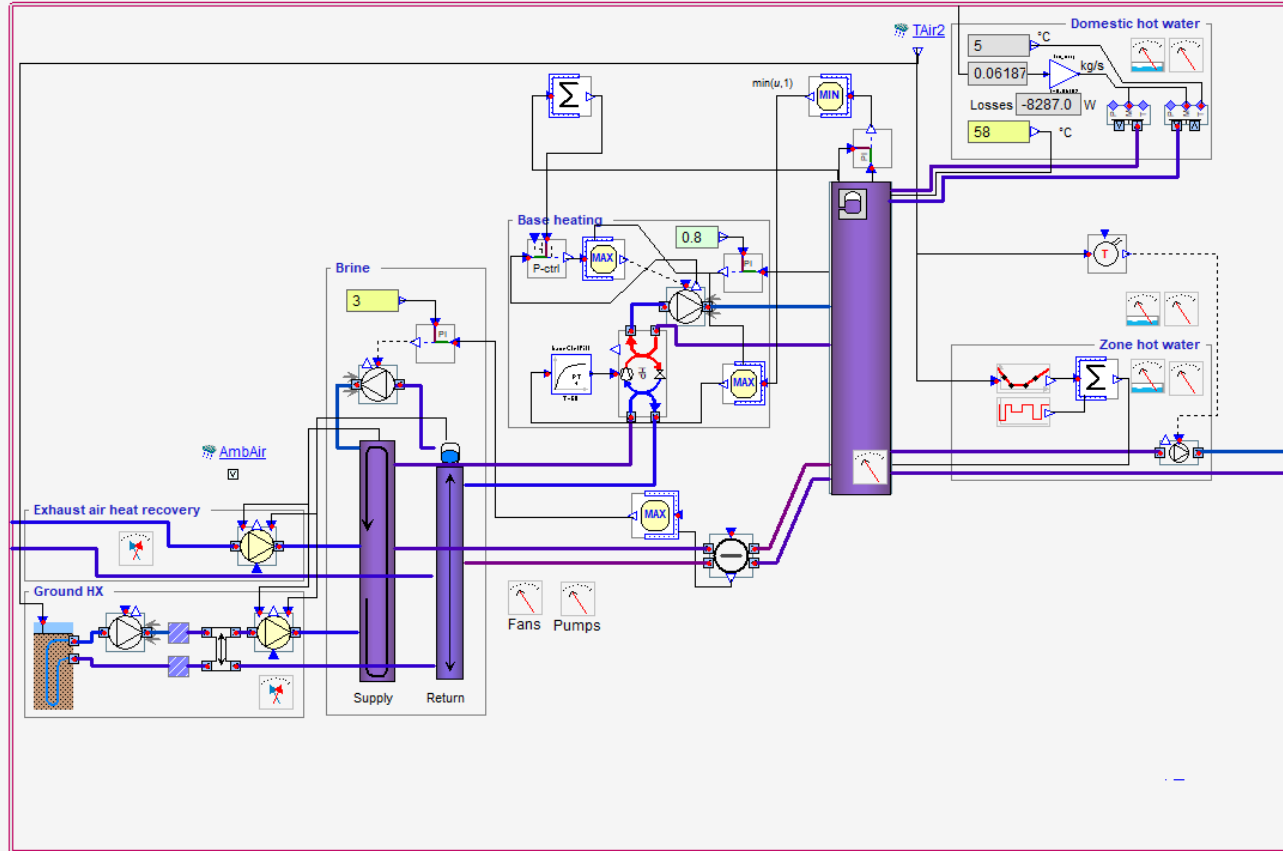
Johtopäätökset

- 1981 kerrostalossa ARAn avustuksen 32%:n E-luvun parannus saavutettiin poistoilmalämpöpumpulla ja ikkunoiden uusimisella
- Ennen ARAn avustusta markkinaehtoisesti toteutettujen 1963 ja 1973 kerrostalojen säästöt poistoilmalämpöpumpulla pieniä (15-20% E-luvussa, 11-15% lämmityskustannuksissa)
- Vanhemmissa taloissa ARAn avustus ohjaa lisälämmöneristykseen, mikä on linjassa kustannusoptimaalisuustarkastelujen kanssa
- Mitattujen ja laskettujen kulutusten suuri ero osoittaa vuotoilmanvaihdon laskennan kehitystarvetta ja on myös esteenä lisälämmöneristyksen ja 6000 eur avustuksen käyttämiselle
- Pitäisikö kiinnittää enemmän huomiota ilmanvaihdon, lämpöviihtyvyyden (veto) ja lämmöneristävyuden parantamiseen?

DH & Exhaust air heat pump connection in IDA ICE



Exhaust air & ground source heat pump connection in IDA ICE



Exhaust heat pump load flexibility

