



Aalto University
School of Engineering

Talotekniikkaratkaisut hiilineutraalisuustavoitteisiin pyrittäessä

Prof. Risto Kosonen
Aalto-yliopisto

Esityksen sisältö

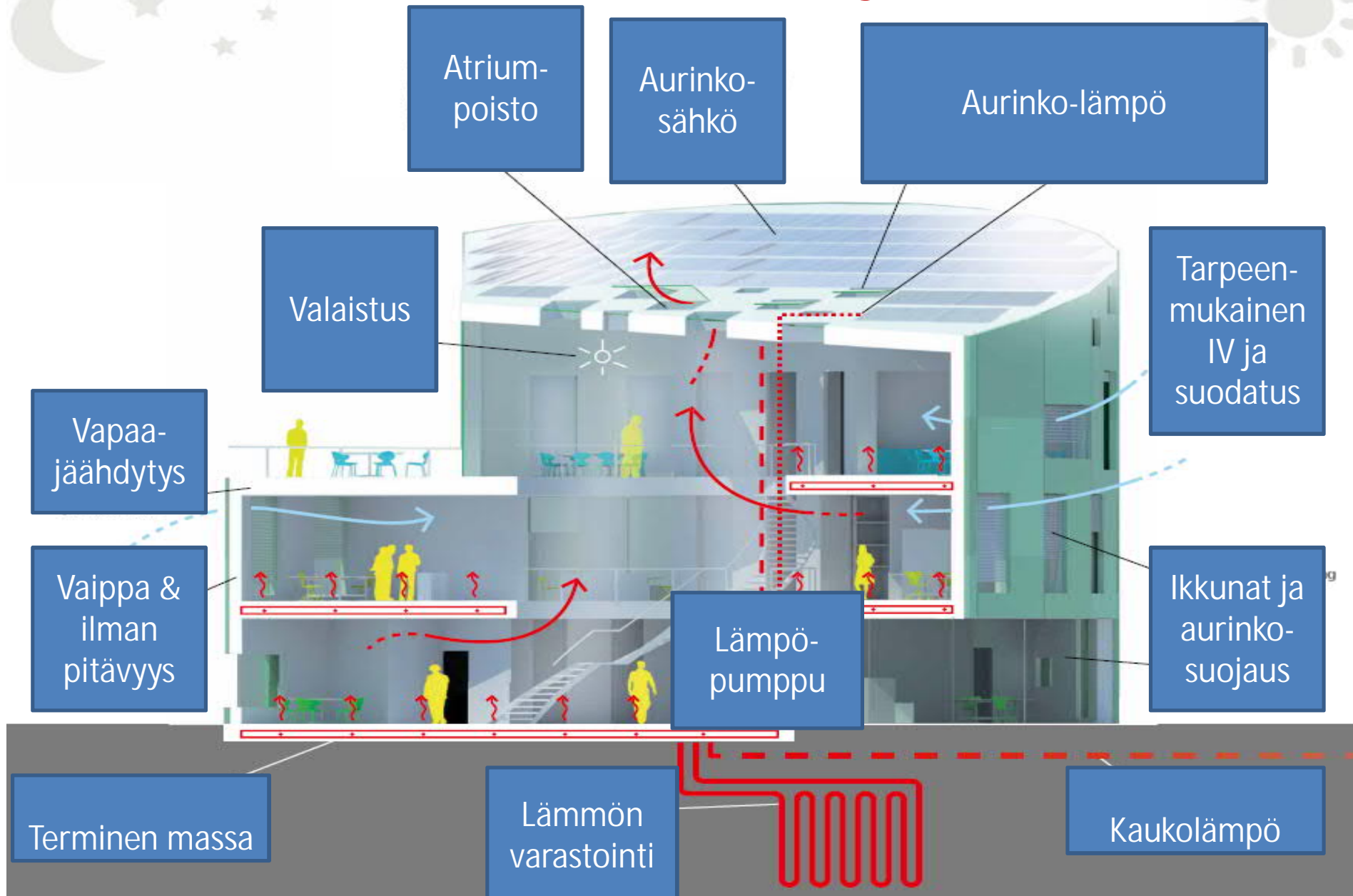
- nZEB- ratkaisumalleja
- Älykäs energiahallinta
- Olemassa olevien asuinkerrostalojen CO₂- päästöjen vähentäminen -60 ... -80 %

Lähtökohdat

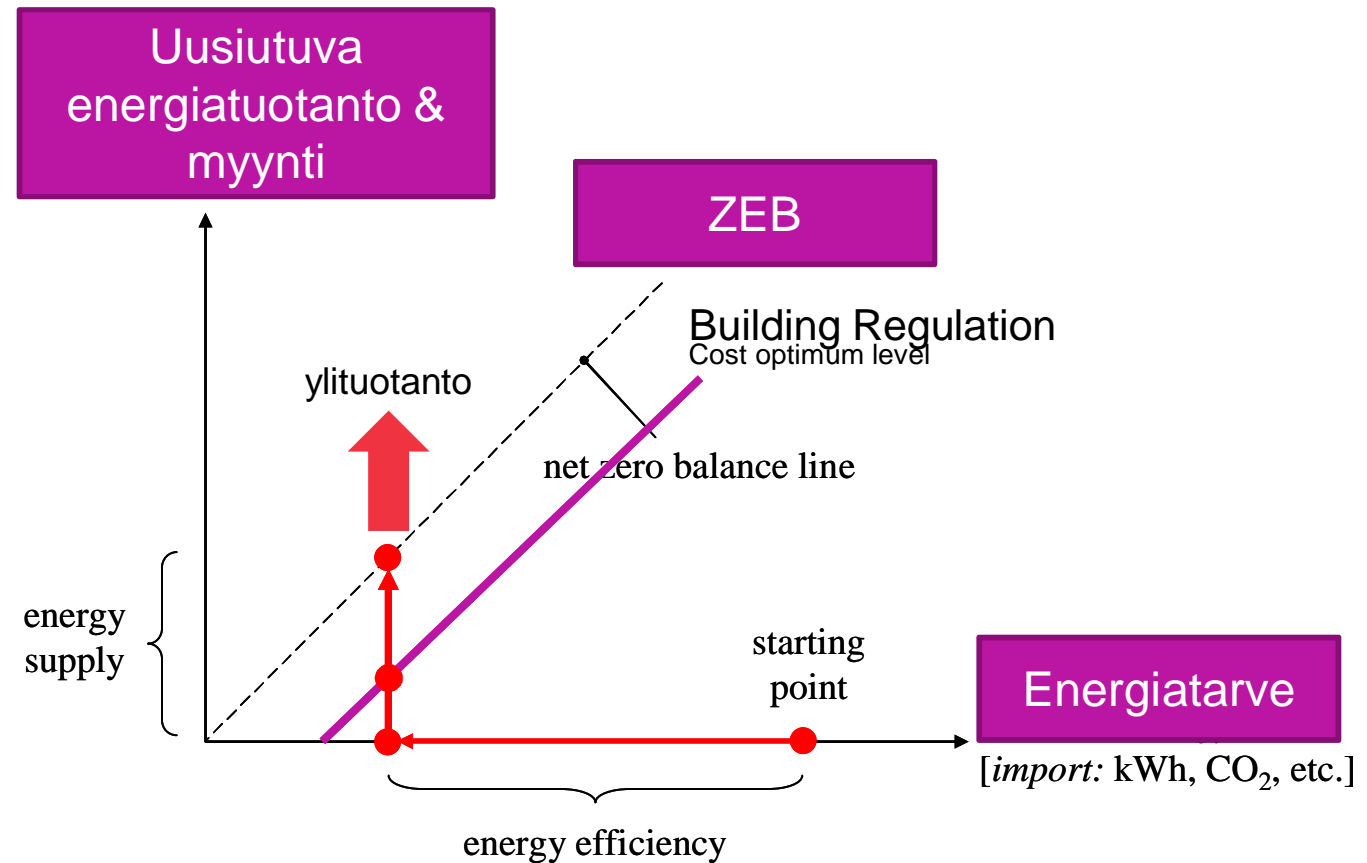
- **Rakennusten energia-
tehokkuusdirektiivi
(EPBD)**
 - nZEB-vaatimukset
- **EU-tavoitteet: tarvitaan
merkittäviä
päästövähennyksiä**
 - -40% vuoteen 2030 mennessä
 - -80% vuoteen 2050 mennessä



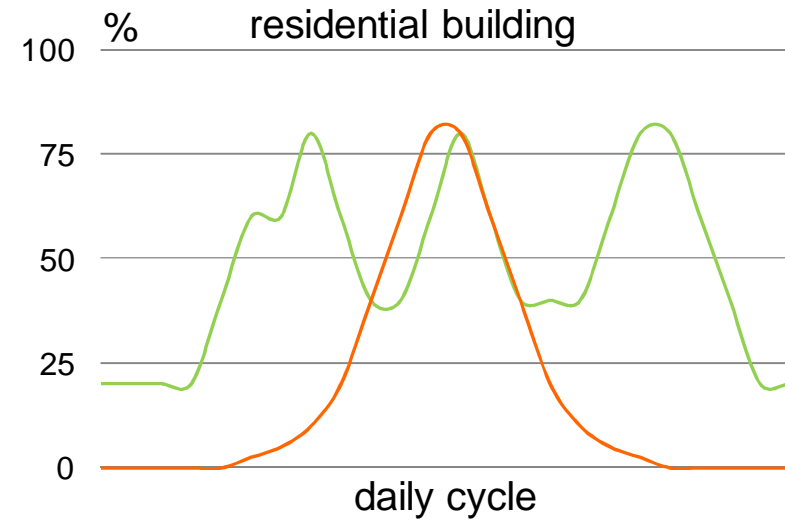
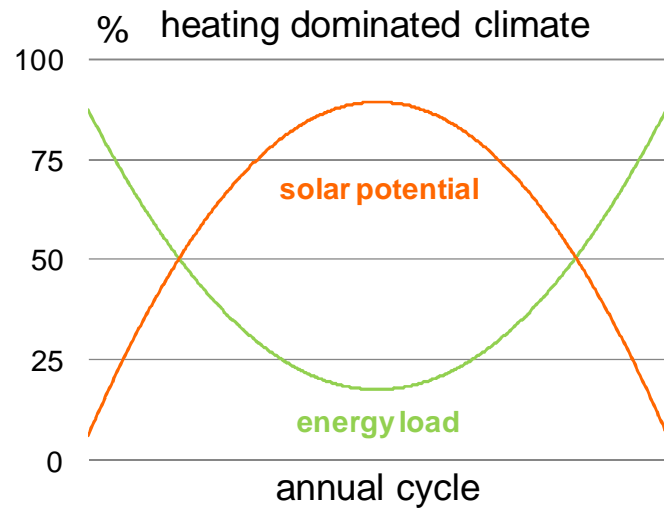
Uusien rakennusten energiakonseptit



Netto ZEB – Holistinen lähestymistapa

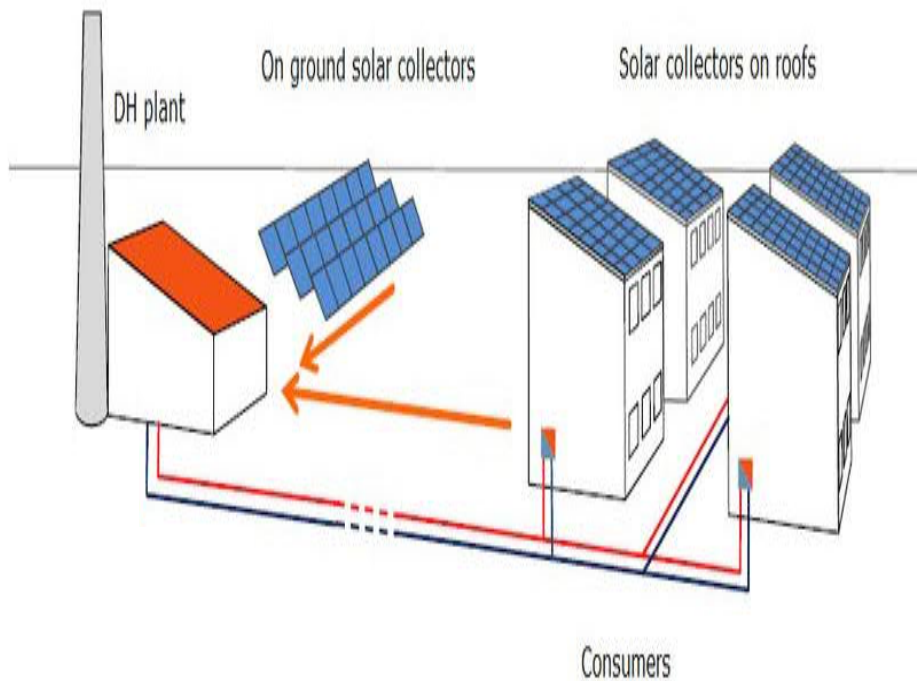


Tuotanto ja kulutus: ajallinen vaihtelu ja tasapaino

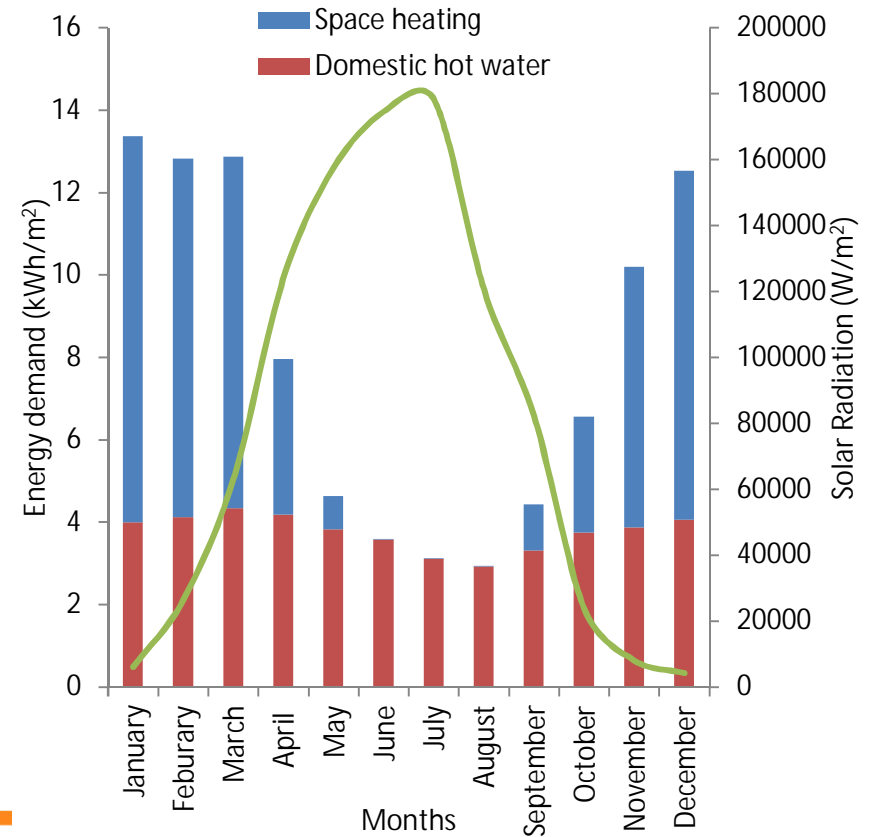


Aurinkoenergian käyttö yhdessä matala lämpötilatasoinen kaukolämmön kanssa

Aluetason aurinkoenergian tuotto

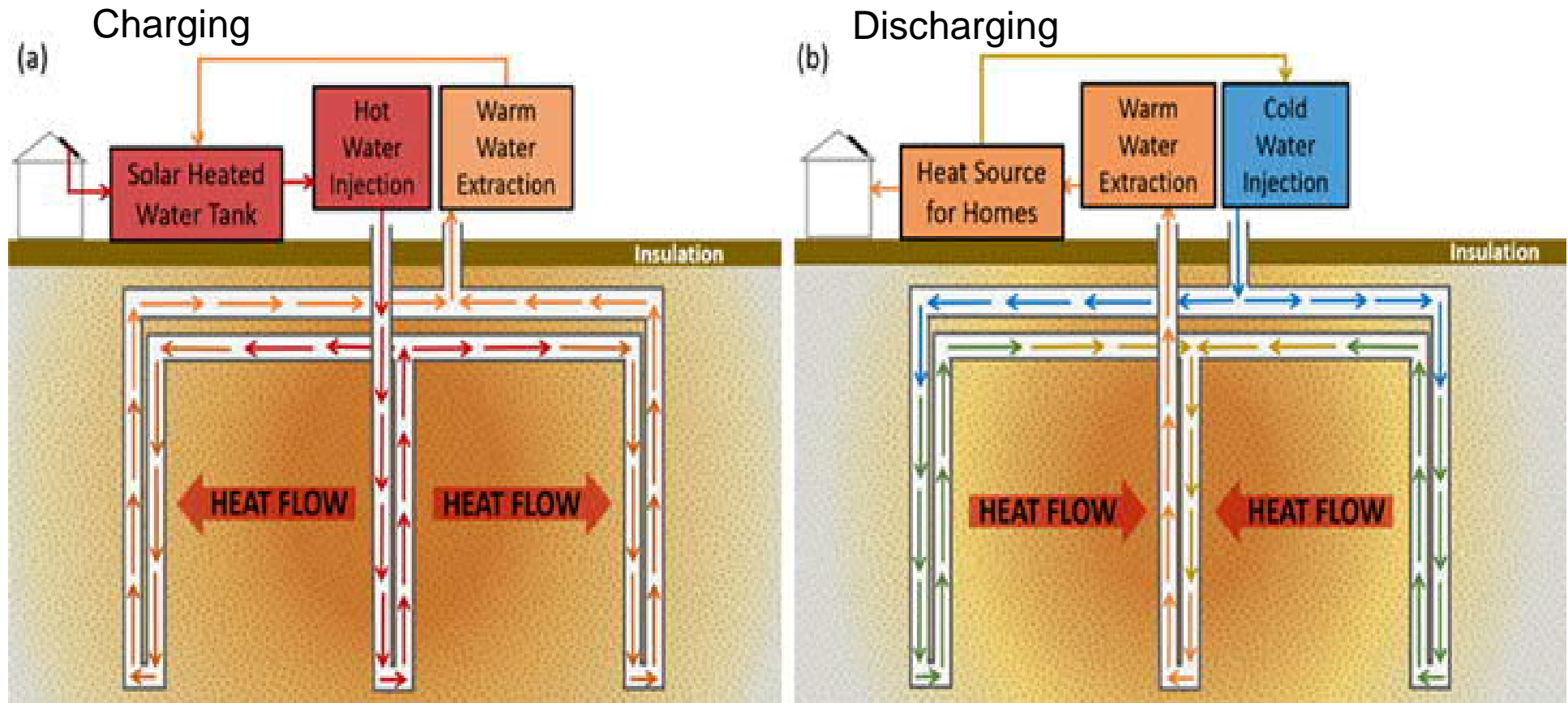


Tuotto vs. lämmitystarve

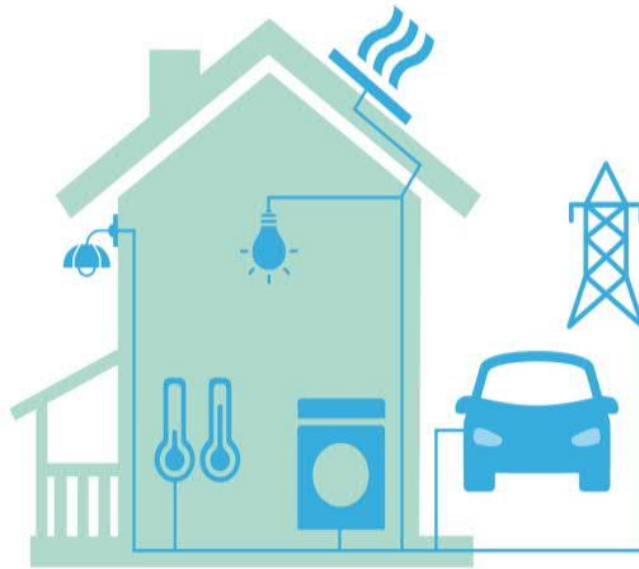


Lämpöenergian kausivarasto

Boreholes thermal energy storage (BTES)



Rakennuksen älykkäällä teknologialla parannetaan: sisäolosuhteiden hallintaan, järjestelmien toiminnan monitorointia ja energian optimointia



EXPECTED ADVANTAGES



optimised energy use as a function of (local) production



optimised local (green) energy storage



automatic diagnosis and maintenance prediction

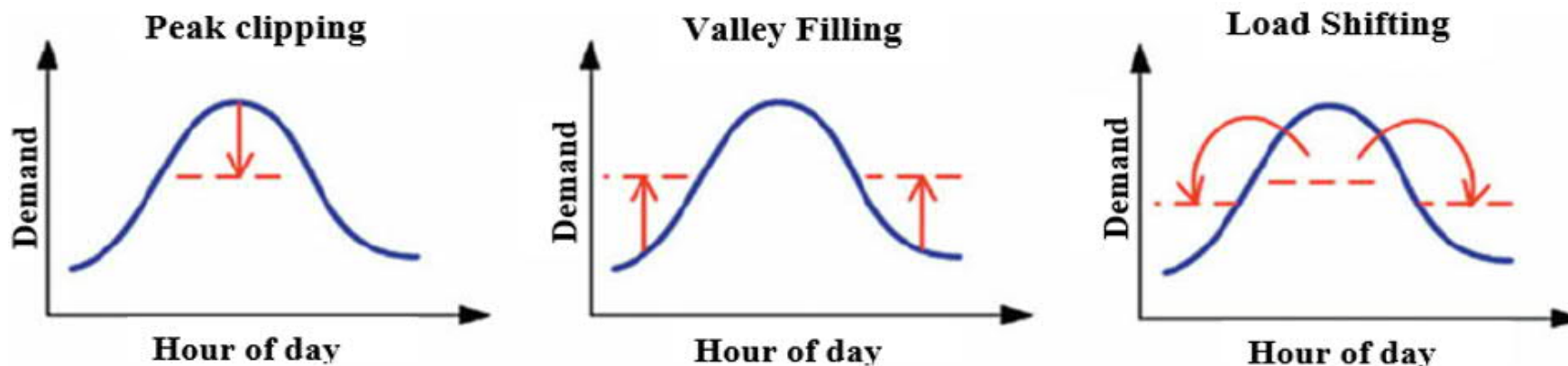


improved comfort for residents via automation



Kulutusjousto

- Kulutusjouston tarve tulee korostumaan tulevaisuuden energiajärjestelmässä, kun uusiutuvan energian käyttö kasvaa ja joustavaa kapasiteettia poistuu
- Kulutusjoustotapoja ovat :

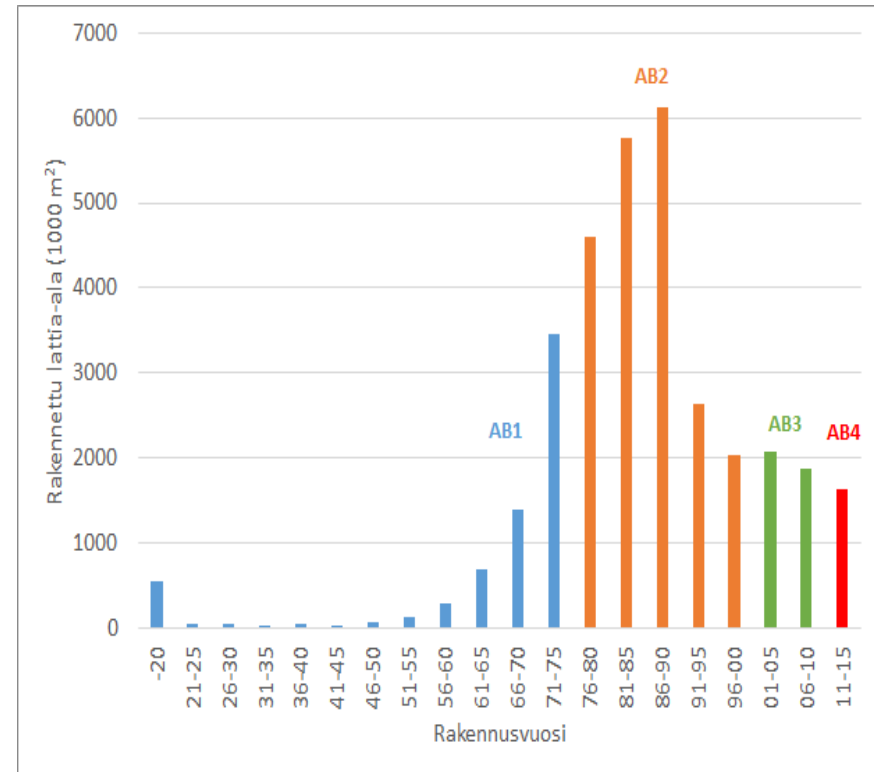


Miten parantaa olemassa olevan kiinteistökökannan energiatehokkuutta ?

11

Olemassa oleva kiinteistökanta

- Asunnot ovat merkittävimmät: energiakulutuksesta 2/3
- Suurin osa rakennuksista on 70- ja 80-luvuilta

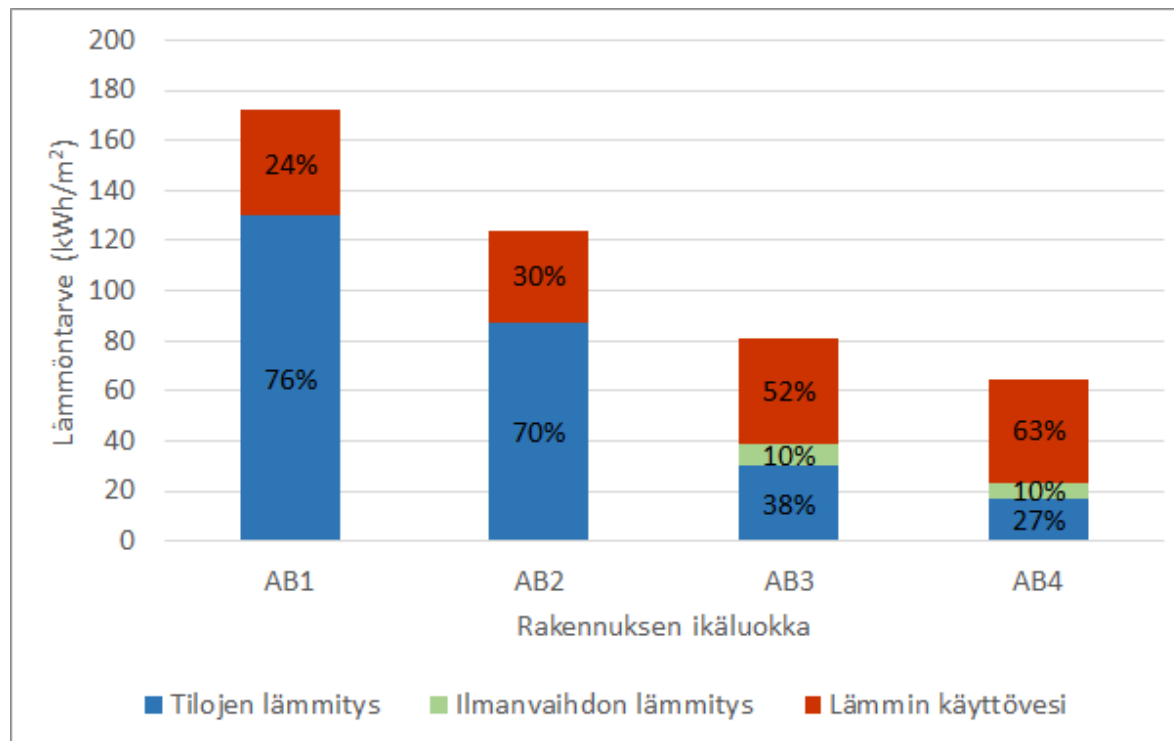


Kerrostalojen rakennusvuodet

janne.p.hirvonen@aalto.fi

Rakennusten tiedot

- AB1: <1976** – Koneellinen poistoilmanvaihto, ei lämmöntalteenottoa
AB2: 1976-2002 – Koneellinen poistoilmanvaihto, ei lämmöntalteenottoa
AB3: 2003-2009 – Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto
AB4: 2010< – Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto



Lämmitysjärjestelmät

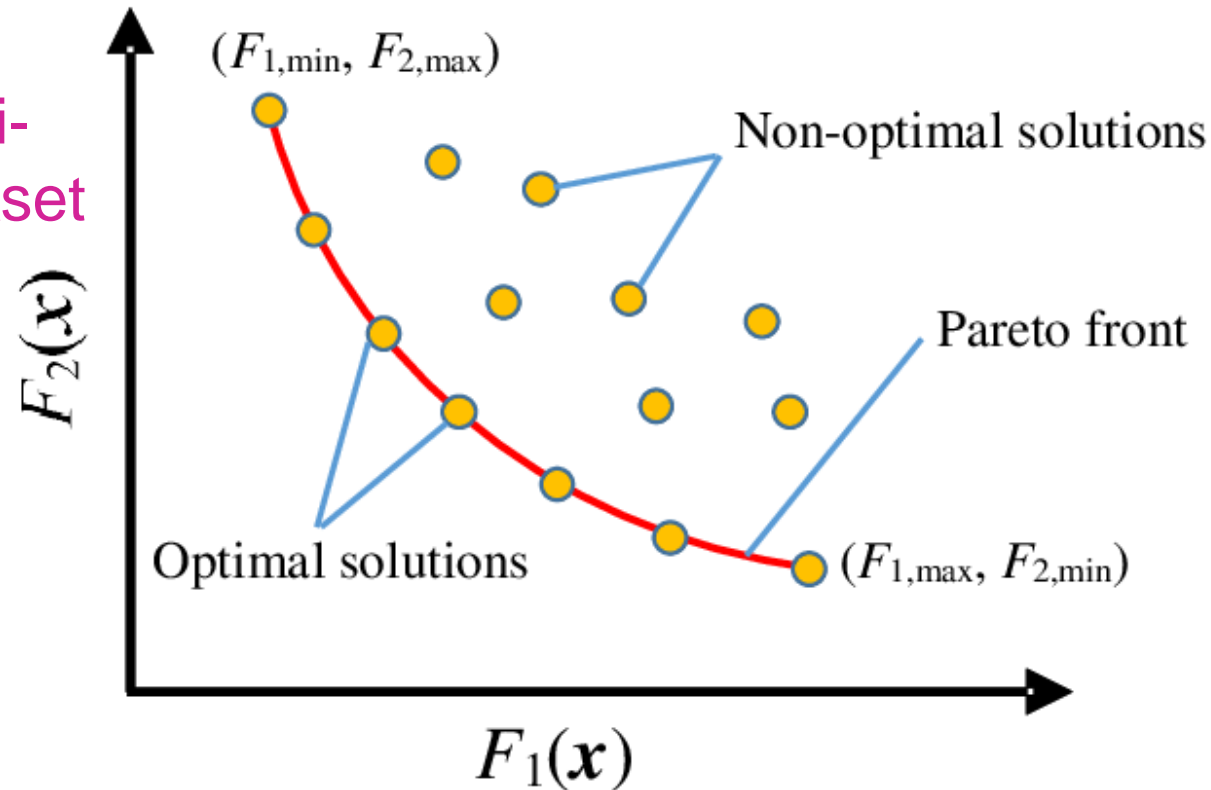
- Kaukolämpö
- MLP + sähkö
- PILP + kaukolämpö

Analysoidut energiansäästötoimenpiteet

- Vaipan ja ovien U- arvo
- Ikkunan U- arvo
- Aurinkolämpö
- Aurinkosähkö
- Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto
- Lämpöpumppu (poistoilma ja maalämpö)
- Jäteveden lämmöntalteenotto

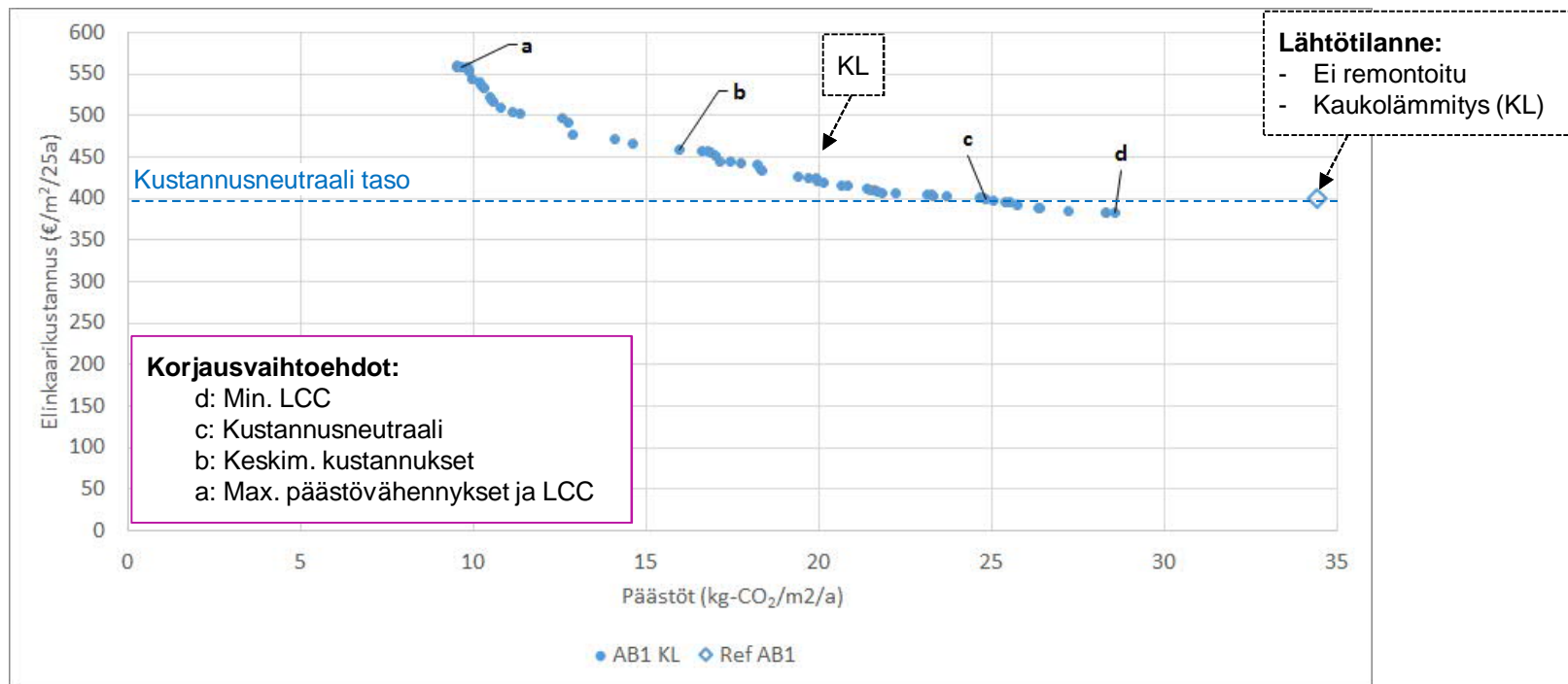
Pareto- optimaallinen: monimuuttaja optimointi

Elinkaari-
kustannukset

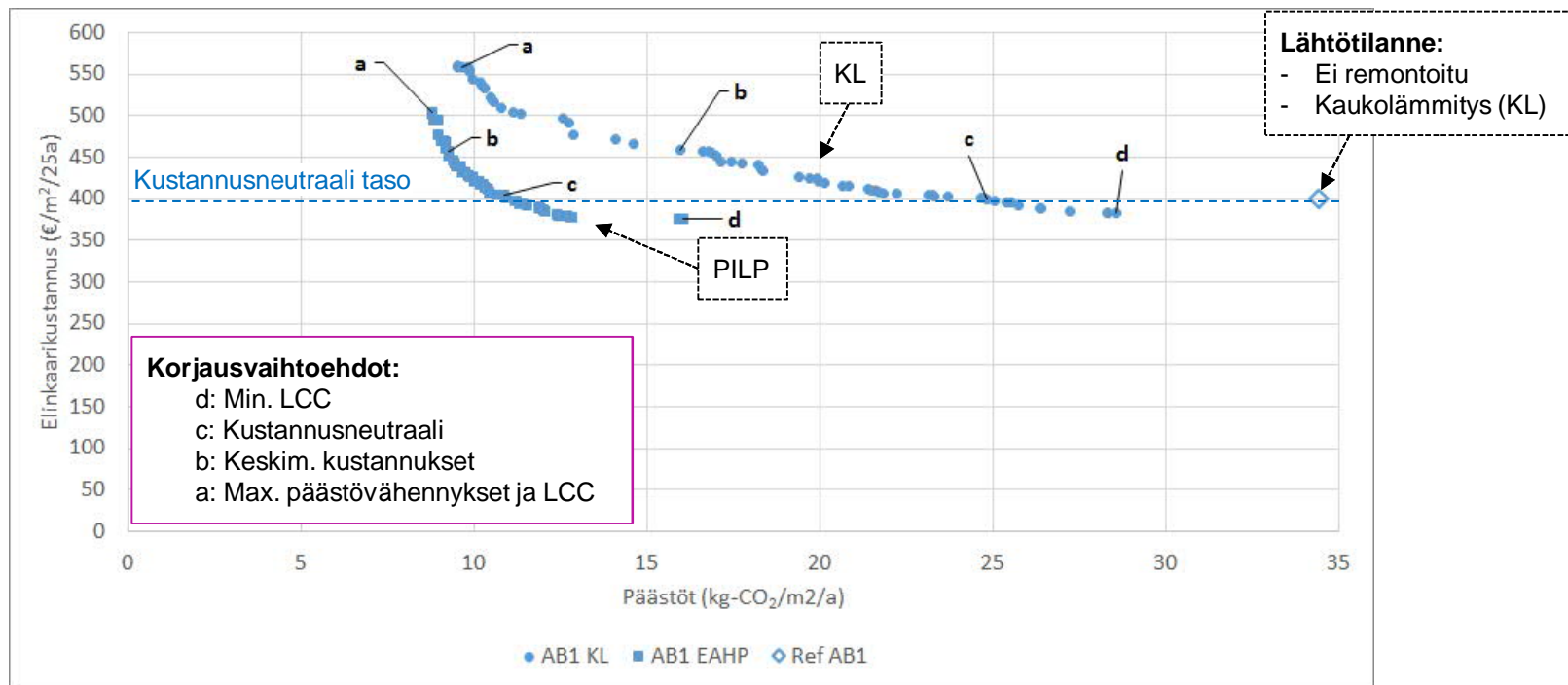


Päästöt

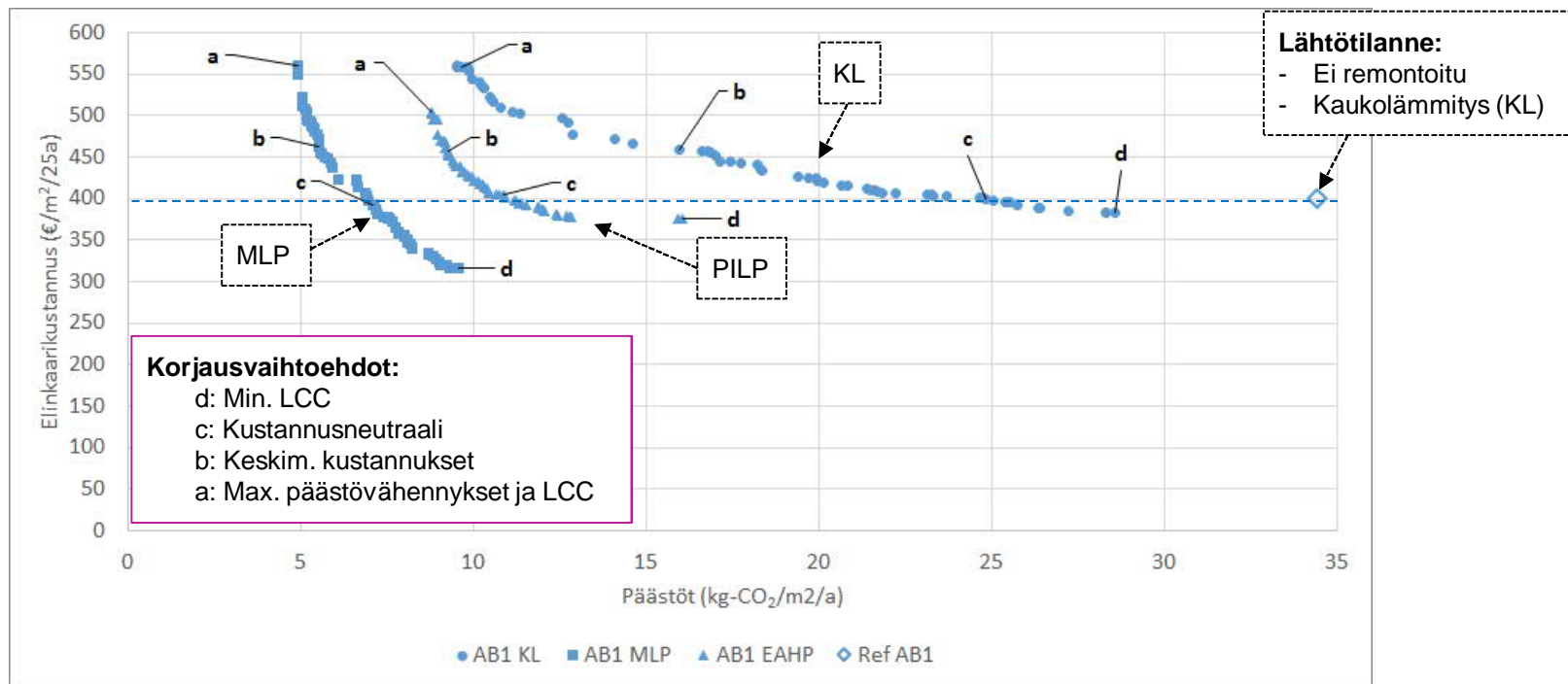
Kerrostalon AB1 (- 1976) päästöt vs. LCC



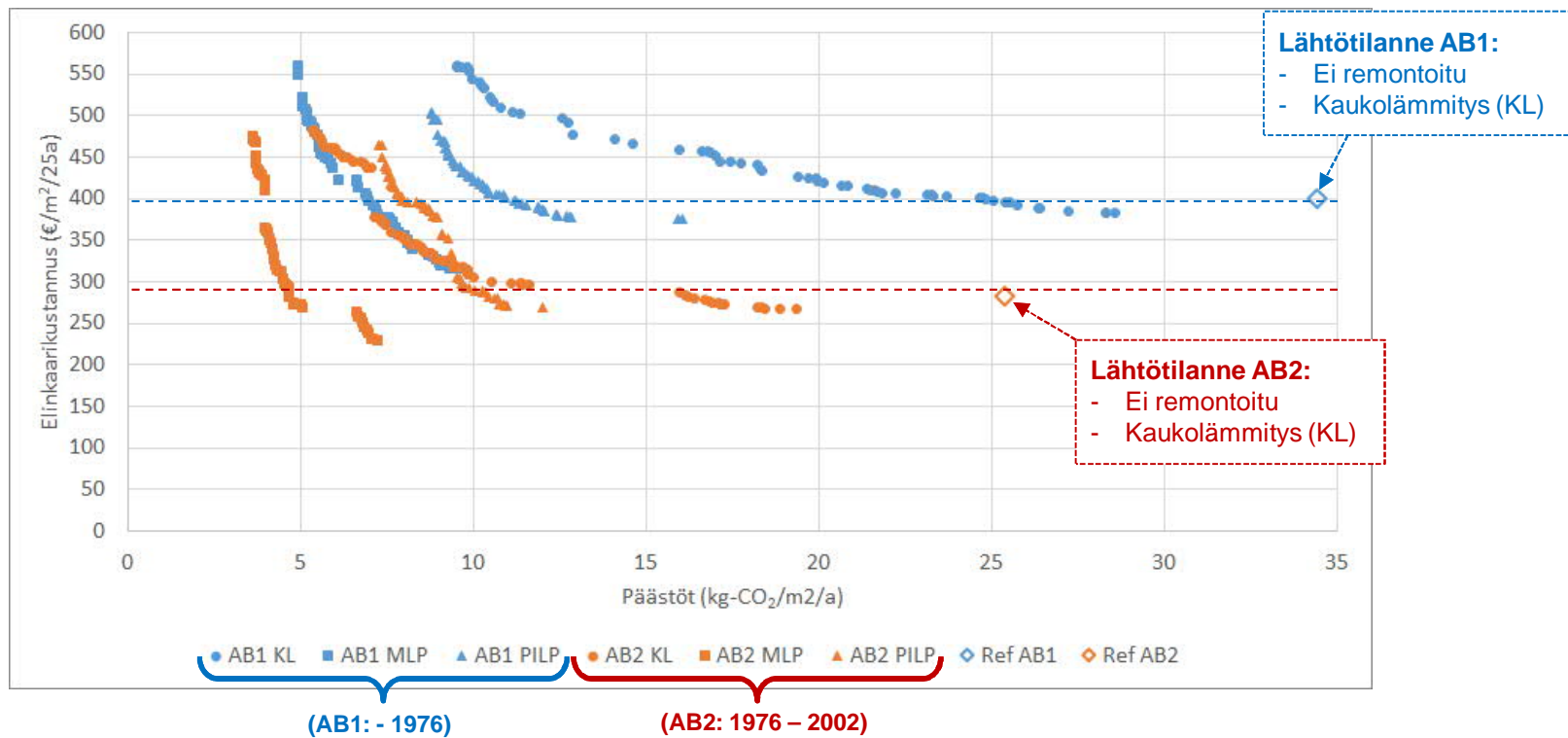
Kerrostalon AB1 (- 1976) päästöt vs. LCC



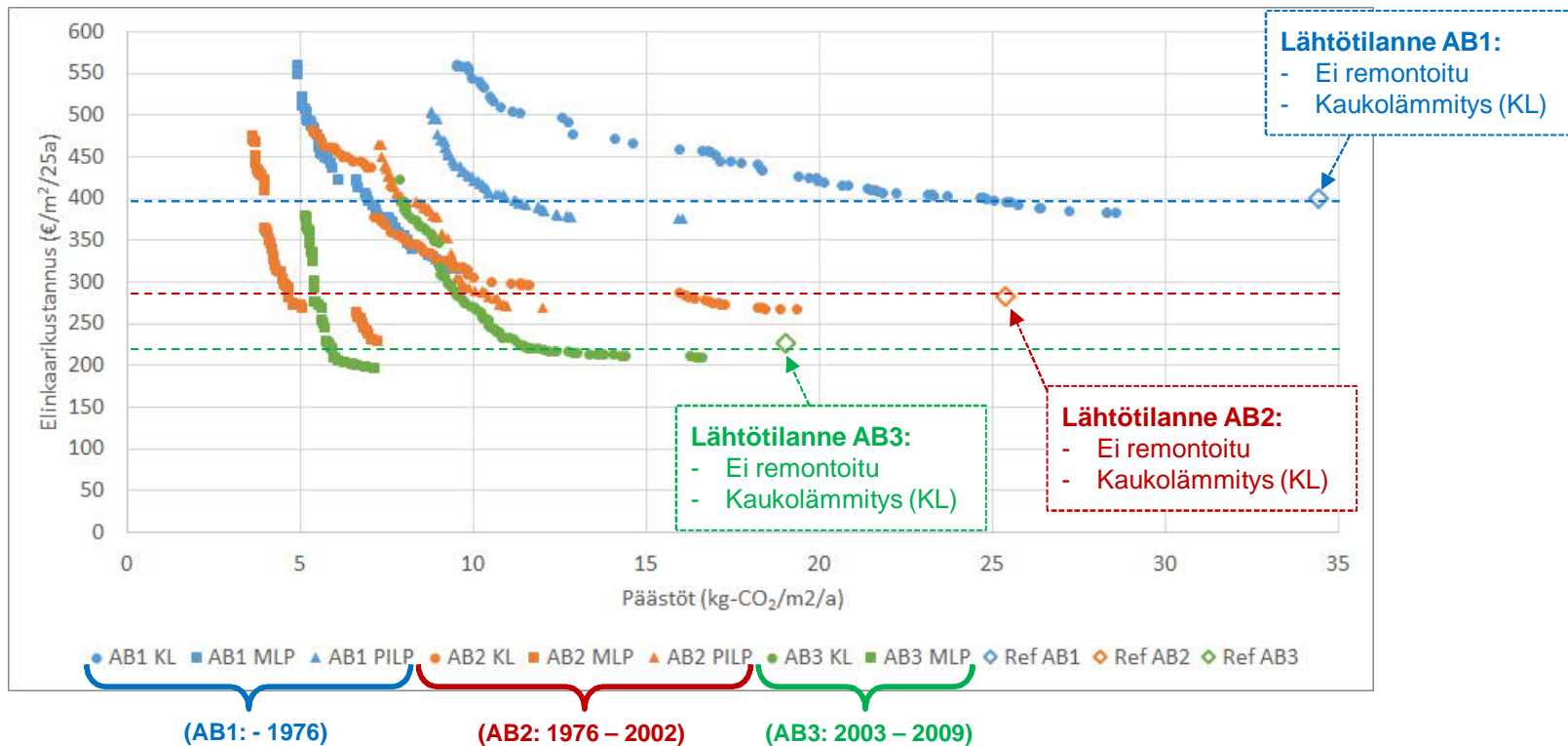
Kerrostalon AB1 (- 1976) päästöt vs. LCC



Kerrostalojen AB1 ja AB2 päästöt vs. LCC



Kerrostalojen AB1 – AB3 päästöt vs. LCC

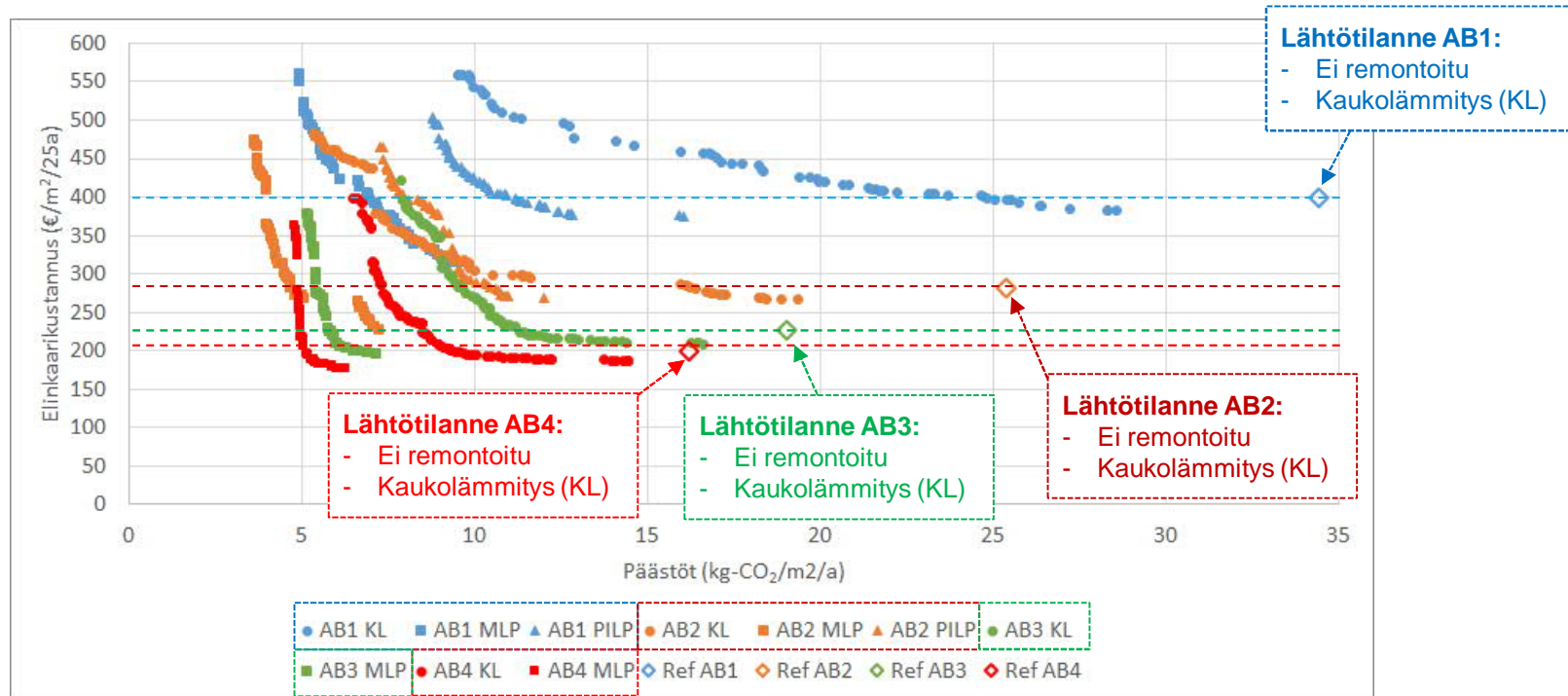


AB1: <1976

AB2: 1976-2002

AB3: 2003-2009

Kerrostalojen AB1 – AB4 päästöt vs. LCC



AB1: <1976

AB2: 1976-2002

AB3: 2003-2009

AB4: 2010<

Kerrostalon AB1 (- 1976) optimaaliset ratkaisut a-d

Ratkaisu	Päästöt	Päästö- vähennys	Suht. Vähennys	Vähennyksen hintaa	Elinkaarikustannus	Investointikulu	U-arvot (W/m ² K)				Aur. Lämpö	Aur. Sähkö	LP	Ilmanvaihto	Rad. Mitoitus	Jäteveden LTO
	(kg-CO ₂ /m ² /a)	(kg-CO ₂ /m ² /a)	(%)	(€-LCC/kg-CO ₂ /m ² /a)	(€/m ² /25a)	(€m ²)	US	YP	Ovet	Ikkunat	(m ²)	(kW _p)	(kW _{th})		(°C)	
Kerrostalo (AB1) kaukolämmöllä (KL)																
a	9.5	24.9	72	6.41	559	498	0.1	0.06	1	0.6	125	25	0	LTO+tarve	70/40	Lämpöpumppu
b	16.0	18.4	54	3.21	459	339	0.36	0.08	2.2	0.8	55	30	0	LTO+tarve	70/40	Lämmönvaihdin
c	24.7	9.7	28	0.07	400	156	0.81	0.08	2.2	0.7	55	30	0	Ei LTO	70/40	Lämpöpumppu
d	28.6	5.8	17	-3.04	382	122	0.81	0.1	2.2	0.8	5	35	0	Ei LTO	70/40	Lämmönvaihdin
Asuinkerrostalo (AB1) poistoilmalämpöpumpulla (PILP) ja kaukolämmöllä																
a	8.8	25.6	75	4.05	504	399	0.1	0.06	0.7	0.6	90	30	39	Ei LTO	45/35	Lämpöpumppu
b	9.3	25.1	73	2.06	451	338	0.13	0.06	0.7	0.6	75	30	39	Ei LTO	70/40	Lämpöpumppu
c	10.9	23.5	68	0.07	401	265	0.23	0.1	1	0.8	0	40	35	Ei LTO	70/40	Lämpöpumppu
d	17.7	16.8	49	-2.68	355	143	0.81	0.19	2.2	0.8	0	35	35	Ei LTO	70/40	Lämpöpumppu
Asuinkerrostalo (AB1) maalämpöpumpulla (MLP) ja sähköisellä apulämmityksellä																
a	4.9	29.5	86	5.46	561	545	0.1	0.06	0.7	0.6	145	20	115	LTO+tarve	45/35	Lämmönvaihdin
b	5.5	28.9	84	2.70	478	443	0.23	0.1	0.7	0.8	0	35	115	LTO+tarve	45/35	Lämmönvaihdin
c	7.0	27.4	80	-0.10	397	296	0.36	0.08	0.7	0.7	60	35	110	Ei LTO	45/35	Lämpöpumppu
d	9.6	24.8	72	-3.37	316	155	0.81	0.13	2.2	0.8	0	30	135	Ei LTO	70/40	Lämmönvaihdin

Energiakorjaus laskee elinkaarikustannuksia

Korjausvaihtoehdot: (a) Max. päästövähennykset ja LCC, (b) Keskim. Kustannukset, (c) Kustannusneutraali, (d) Min. LCC (d)

Yhteenveto

- **Energiaoptimoinnissa ja tuotannon päästöjen vähentämisessä ei riitä enää pelkkä yksittäisen rakennuksen tarkastelu vaan tarvitaan aluetason tarkasteluja**
- **IoT ratkaisulla voidaan parantaa käyttäjätyytyväisyyttä ja energiatehokkuutta**
- **Vanhojen kerrostalojen CO₂ päästöjä voidaan vähentää tunnetuilla ratkaisulla jopa 70-80%**
 - *Investointikulutus 270 – 500 €/m²*
 - *Tyypillisen putkiremontin hinta 250 – 1200 €/m²*

Lisätietoja

- Hirvonen, J. Jokisalo, J. Heljo, J and Kosonen R. Towards the EU emissions targets of 2050: optimal energy renovation measures of Finnish apartment buildings. International Journal of Sustainable Energy. 2018.
<https://doi.org/10.1080/14786451.2018.1559164>)
- Hirvonen, J. Jokisalo, J. Heljo, J and Kosonen R. Effect of apartment building energy renovation on hourly power demand. International Journal of Sustainable Energy. 2019.
<https://doi.org/10.1080/14786451.2019.1613992>
- Hirvonen, J.; Jokisalo, J.; Heljo, J.; Kosonen, R. Towards the EU Emission Targets of 2050: Cost-Effective Emission Reduction in Finnish Detached Houses. Energies 2019, 12(22), 4395;
<https://doi.org/10.3390/en12224395>
- Hirvonen J, Jokisalo J and Kosonen R. The effect of deep energy retrofitting on the hourly power demand of Finnish detached houses. Energies 2020, 13(7), 1773
<https://doi.org/10.3390/en13071773>



Kiitos !

2.6. Emissions of energy production

To calculate the annual emissions from the buildings, the emission factors for grid electricity and district heating were determined. District heating in Finland is mostly generated through combustion of fossil fuels and biomass, and thus it has a relatively high emission factor of 176 kg CO₂/MWh (Motiva 2017) that practically does not vary according to the seasons.

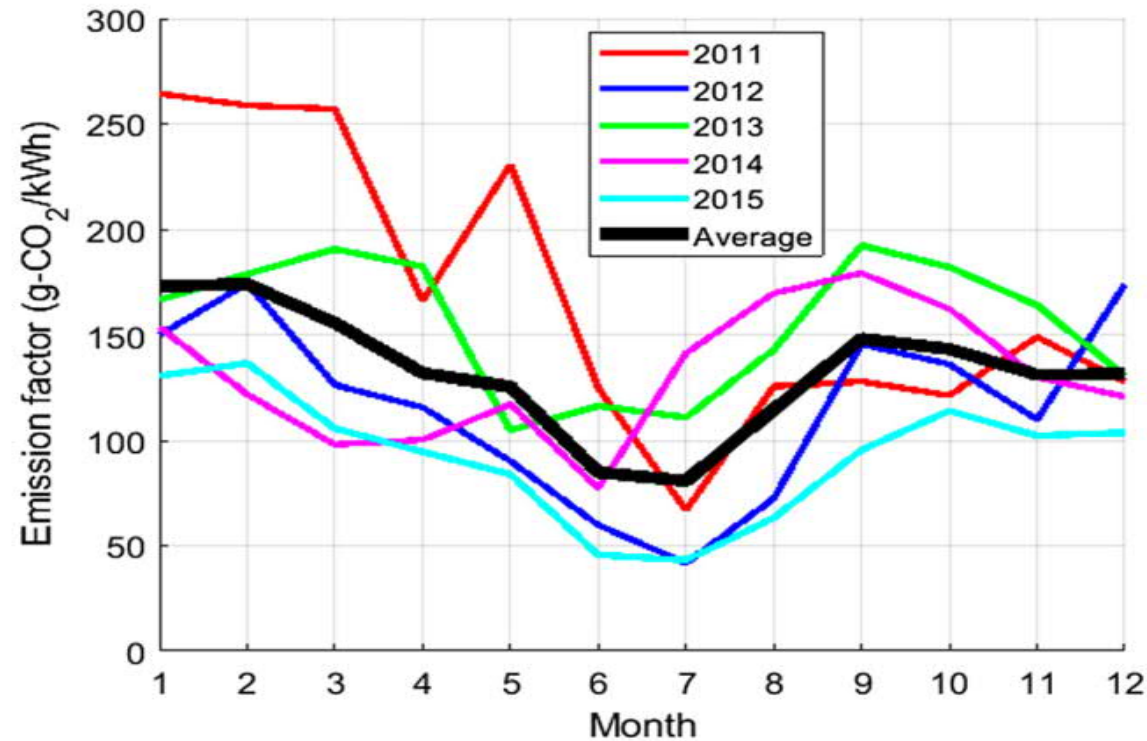


Figure 5. Emission factors of electricity generation in Finland (Finnish Energy 2017).