



Kiinteistönpito 2020 -seminaari: Energiaremontti



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

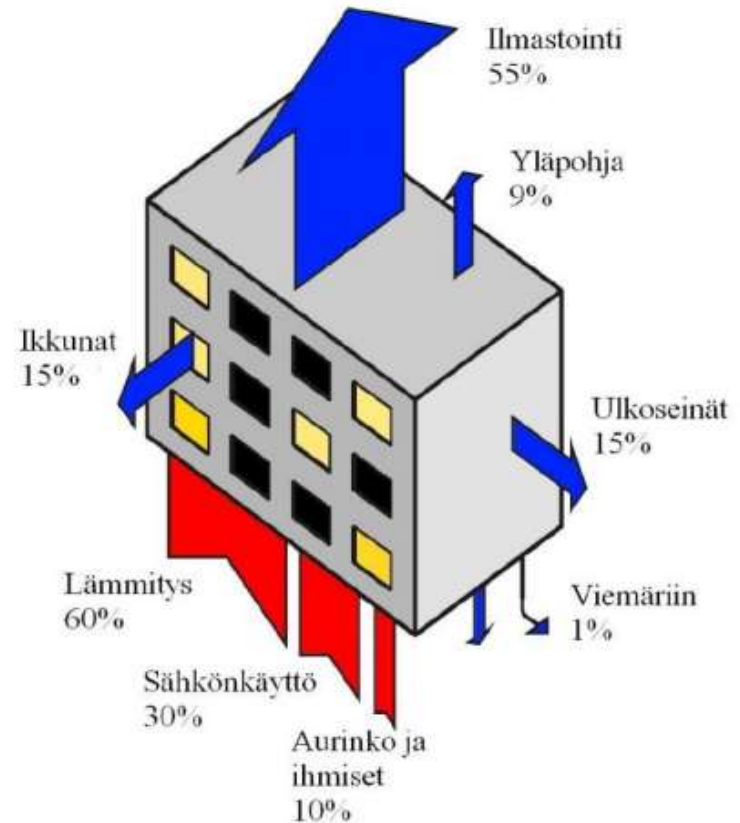
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Energiaremontti

Rakennuksesta energiatehokas ilman rakenteellisia muutoksia

- Tarpeenmukaisuus
- Taloautomaation älykäs ohjaus
- Valaistus
- Loistehon kompensointi ja vaiheiden balansointi
- Ilmanvaihto, hukka- ja jätelämmön talteenotto
- Uusiutuvan energian tuotanto: hybridiratkaisut, uusiutuva energia



Lähde: Harju-Säntti, E. (2011, TTY).
Energiasäästöinvestointien kannattavuuden arvioiminen koulurakennuksissa.



KIRKKO HELSINGISSÄ



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

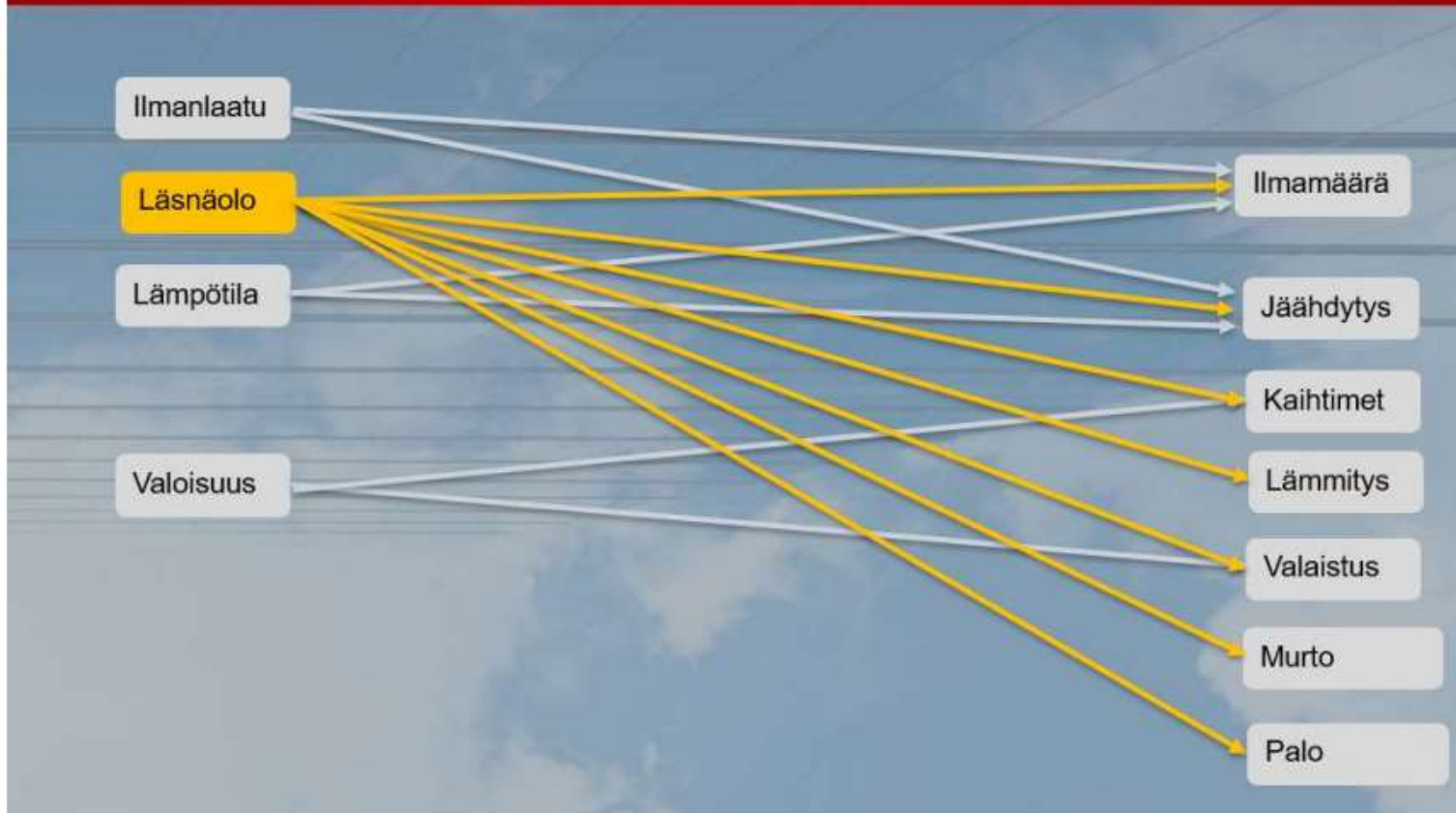
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tarvelähtöinen automaatio Läsnäolon merkitys

BECKHOFF



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



SYKLI



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI



HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Energiaremontin suunnittelu

Case HAMK Valkeakoski A-talo

https://www.mapsmadeeasy.com/maps/public_3D/9560b9e527c64bc68c5264349c96d7cf/



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



SYKKLI



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI

HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Lähtötilanne

- Valmistunut 1970, peruskorjaus 2007–2008
- 5 IV-konetta, neljässä lämmöntalteenotto painesäädöllä ja aikaohjauksella
- Koneellisesta poistosta 80% lämmöntalteenoton kautta
- IV-koneiden puhaltimet taajuusmuuttajaohjattuja
- TAC Xenta –automaatiojärjestelmä (IV ja kaukolämpö)
- Huippuimureita 12 kpl, ei talteenottoa
- Lämmitys kaukolämmöllä, vesikiertoiset patterit, säätökäyräohjaus perustuen ulkolämpötilaan
- Valaistus pääosin loisteputkilla, ohjaus perinteisillä kytkimillä tai sysäysreleillä
- Rakennuksessa suurtalouskeittiö

Tilavuus [m ³]	24945
Pinta-ala [m ²]	6929
Kaukolämmön energian kulutus keskimäärin 2016-2017 [MWh/vuosi]	1076,4
Kaukolämmön tilausteho [kW]	650
Kaukolämpöliittymän tilavuusvesivirta [m ³ /h]	11,2
Sähköenergian kulutus keskimäärin 2016-2017 [MWh/vuosi]	536,5
Sähköenergian suurin tuntikulutus [kWh]	164,8
Sähköenergian keskituntikulutus vuosina 2016-2017 [kWh]	60,1
Koneellinen tuloilmavirta [m ³ /s]	16,3
Lämmön talteenoton kautta poistuva ilmavirta [m ³ /s]	15,2
Ilman lämmöntalteenottoa poistuva ilmavirta [m ³ /s]	2,9



KIRKKO HELSINGISSÄ



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

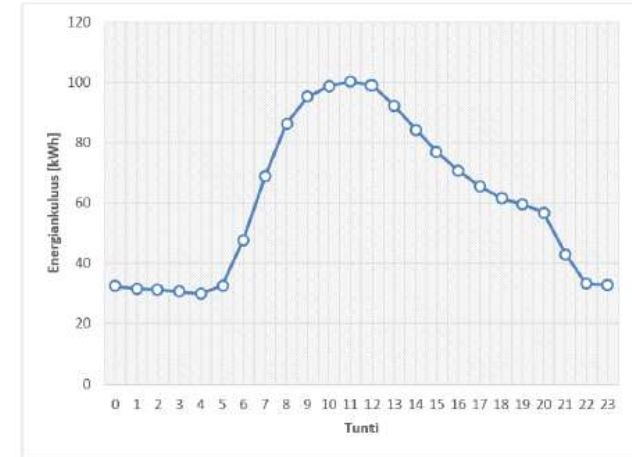


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

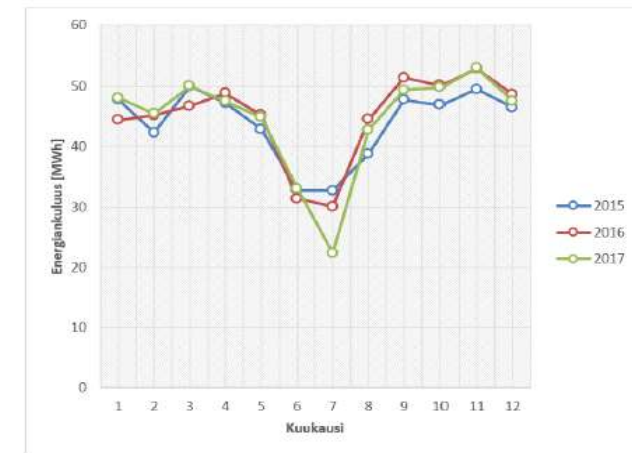
Lähtötilanteen arvio

Taulukko 9. A-talon arvioidut lähtötilanteen tiedot.

Valaistuksen laskennallinen sähköenergian kulutus [MWh/vuosi]	92,7	Arvio. Laskettu valaisinluettelon ja RakMK D5, s. 27 kertoimien avulla
Ilmanvaihdon laskennallinen sähköenergian kulutus [MWh/vuosi]	83,2	Arvio. Laskettu pinta-alan ja opetusrakennuksen ominaiskulutuksen perusteella
Sähkölaitteiden laskennallinen sähköenergian kulutus [MWh/vuosi]	360,6	Arvio. Laskettu vähentämällä valaistuksen ja ilmanvaihdon laskennallinen kulutus todellisesta kokonaiskulutuksesta.
Lämpimän käyttöveden lämmityksen laskennallinen energian kulutus [MWh/vuosi]	76,2	Arvio. Laskettu D3 Rakentamismääräyskokoelmassa ilmoitetun opetusrakennuksen ominaiskulutuksen perusteella.
Ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h	0,77	Ilmanvaihtoa käytetään mitoitusteholla 07:00-20:00 ja osateholla 20:00-07:00 -> 13 h / 24 h + (11 h / 2) / 24 h
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk	1,0	Ilmanvaihtoa käytetään samalla aikaohjauksella kaikkina päivinä



Kuva 26. Keskimääräinen sähköenergian kulutus tunneittain vuosilta 2015-2017.



Kuva 27. Sähköenergian kulutus kuukausittain vuosilta 2015-2017.



KIRKKO HELSINGISSÄ

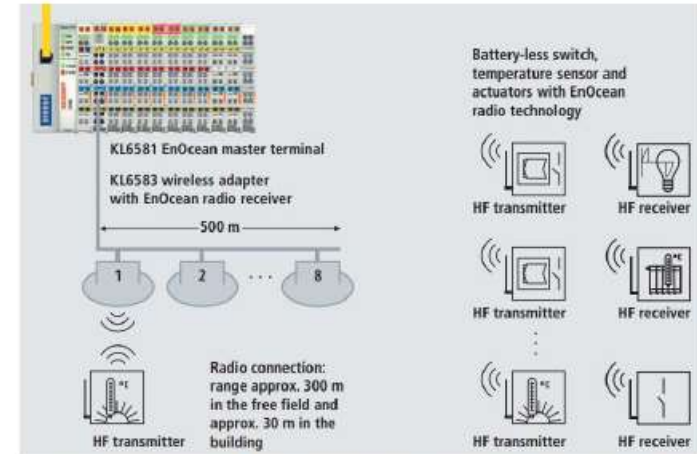


Kestävää kasvua ja työtä -011



Energiatehokkuuden parantaminen – valitut ohjausteknologiat

- Automaatiojärjestelmä Beckhoff, hajautus EtherCat-väylällä olemassa olevaa Ethernet-verkkoa hyödyntäen
- Langaton teknologia EnOcean: huonekohtaiset läsnäolo, lämpötila, kosteus, CO2 jne.
- Vesikiertoiset patterit, tila- ja lämmitinkohtainen ohjaus EnOcean-venttiilitoimilaitteella
- Huonekohtaiset ilmanvaihdon säätöpellit, ohjaus jänniteviestillä
- Valaistuksen ohjausteknologia Dali (tai EnOcean)
- Valaistuksen ohjaus läsnäoloantureilla sekä langattomilla painonapeilla tai kosketusnäytöltä, ja henkilökunnan puhelimilla ja tietokoneilla



Kuva 28. Langattoman EnOcean järjestelmän liittäminen Beckhoffin automaatiojärjestelmään (Beckhoff, n.d.).



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Energiätehokkuuden parantaminen – EnOcean



EnOcean
venttiilitoimilaite



EnOcean painike



EnOcean
Multisensori



EnOcean
läsnäoloanturi



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



SYKLI



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Energiätehokkuuden parantaminen – käytettävät ohjausteknologiat

- Nykyinen valaisinten kaapelointi ei tue Dali-asennusta, vaikka useat valaisimet sisältävät Dali-liitäntälaitteen
- Vaihtoehto DALI-ohjaukselle: rasia-asenteinen EnOcean releyksikkö tai himmenninyksikkö → kyseiseen ohjaukseen sopiva LED-driver



Kuva 29. Eltako FUD61NPN-230V EnOcean-yleishimmennin (Virtanen, 2018, s. 26).



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



SYKLI



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI

HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Energiatehokkuuden parantaminen - valaistus

Nykyisten valaisimien yhteenlaskettu teho [kW]	54,2	Lähde: liite 1, LED-retrofit -suunnitelma
LED-valaisinsuunnitelman yhteenlaskettu teho [kW]	15,8	Lähde: liite 1, LED-retrofit -suunnitelma
Valaisimien tyypillinen käyttöaika opetusrakennuksessa [h/vuosi]	1900	Lähde: D5 RakMK, s. 27
Huonekohtainen kytkin, valaistuksen ohjauskerroin	0,9	Lähde: D5 RakMK, s. 27
Läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin, valaistuksen ohjauskerroin	0,7	Lähde: D5 RakMK, s. 27
Nykyisten valaisimien vuosikulutus [MWh/vuosi]	92,7	Tyypillinen käyttöaika * teho * ohjauskerroin

Läsnäolotunnistimella ja päivänvalosäätimellä ohjattujen LED-valaisimien vuosikulutus [MWh/vuosi]	21,0	Tyypillinen käyttöaika * teho * ohjauskerroin
LED-valaistuksella saavutettava energian säästö [MWh/vuosi]	65,7	(71 % säästö)
Tarpeenmukaisella ohjauksella (läsnäolotunnistimella ja päivänvalosäätimellä) saavutettava energian säästö [MWh/vuosi]	20,6	(22 % säästö)
LED-valaistuksella ja tarpeenmukaisella ohjauksella saavutettava energian säästö [MWh/vuosi]	71,7	(77 % säästö)

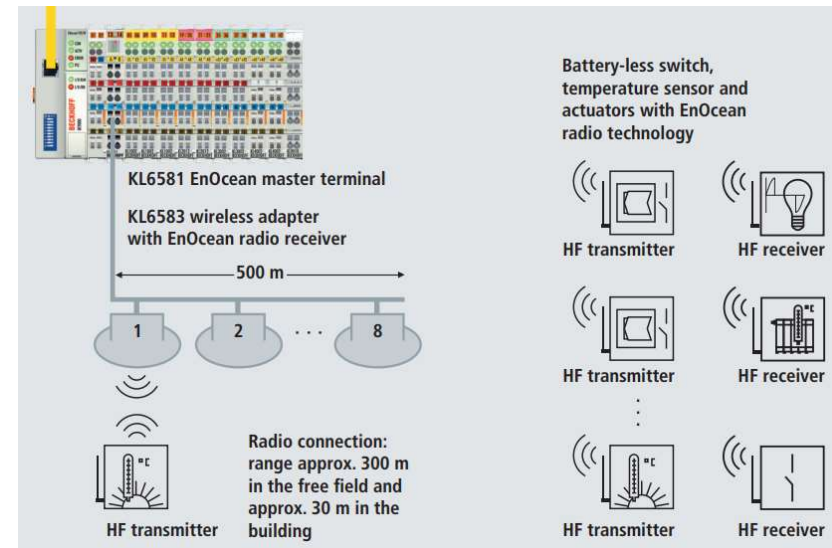
Taulukkoon on laskettu valaisinkartoituksen sekä Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kertoimien perusteella valaisinmuutoksilla ja tarpeenmukaisella ohjauksella saavutettava energiasäästö.

Laskelman mukaan LED-valaisimiin vaihtamalla ja tarpeenmukaisella valaistuksen ohjauksella voidaan säästää energiaa 71,7 MWh vuodessa.

Ympäristöllä on merkittävä vaikutus energiatehokkaaseen valaistukseen. Tilan muodot, pinnat ja kalustus vaikuttavat valaistuksen energiatehokkuuteen, mutta suurin vaikutus energiatehokkuuteen on kuitenkin valaistuksen ohjauksella. Valaistuksen ohjauksessa tulee huomioida luonnonvalo sekä läsnäolon tunnistus. Valaistuksen ohjauksella saavutetaan huomattavia säästöjä.

Valaistusratkaisu

- LED-valaisimet
 - Retrofit-suunnitelman mukaisesti
- Tarpeenmukainen valaistus
 - Läsnaolo
 - Luonnonvalo
 - Himmennys
- Langaton EnOcean-tekniologia
 - Anturit ja Kytkimet
 - Rasiaan asennettavat langattomat ohjainlaitteet
 - Vähentää kaapelointitarvetta verrattuna DALI-järjestelmään



(Beckhoff, n.d.).



KIRKKO HELSINGISSÄ



HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Valaistusratkaisun kannattavuus

- Kustannukset: 60 000 €
- Sähköenergian säästö: 71,7 MWh/vuosi
- Suora takaisinmaksuaika: 8 vuotta
- Sisäinen korkokanta: 14,6 %

Nykyisten valaisimien vuosikulutus [MWh/vuosi]	92,7	Tyypillinen käyttöaika x teho x ohjaukerroin
Läsnäolotunnistimella ja päivänvalosäätimellä ohjattujen LED-valaisimien vuosikulutus [MWh/vuosi]	21	Tyypillinen käyttöaika x teho x ohjaukerroin
LED-valaistuksella ja tarpeenmukaisella ohjauksella saavutettava energian säästö [MWh/vuosi]	71,7	(77 % säästö)



KIRKKO HELSINGISSÄ



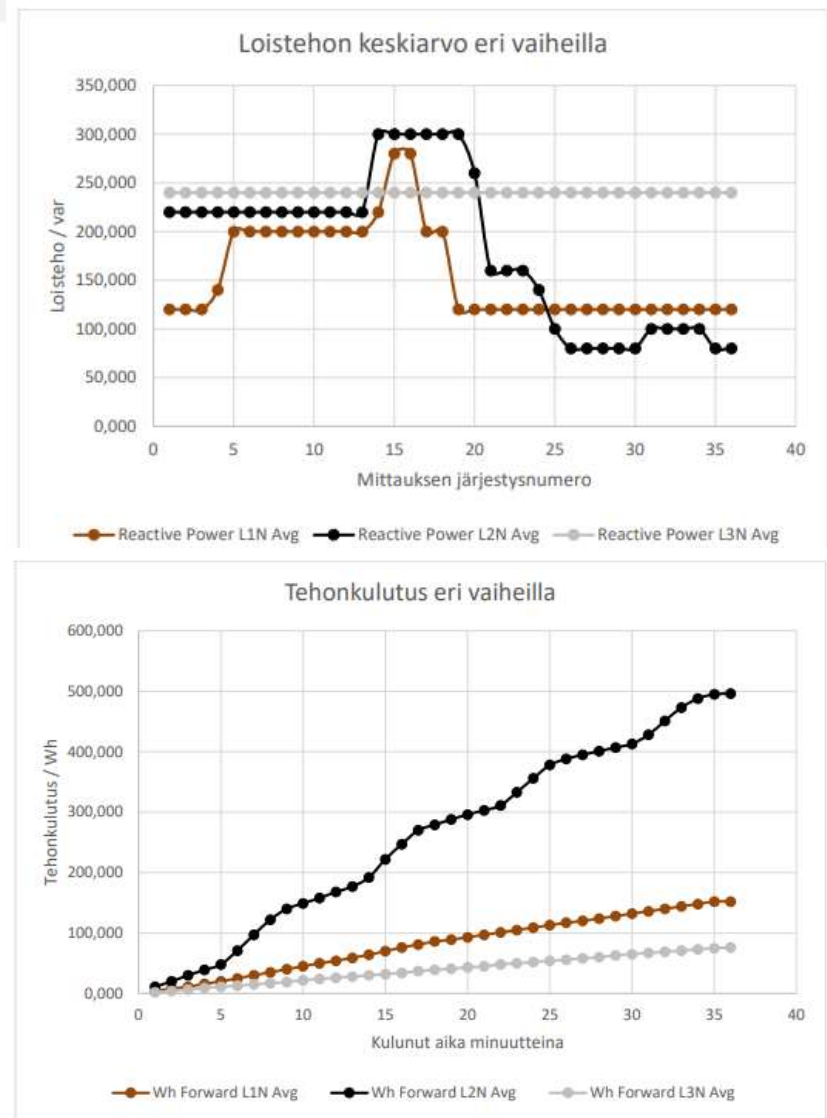
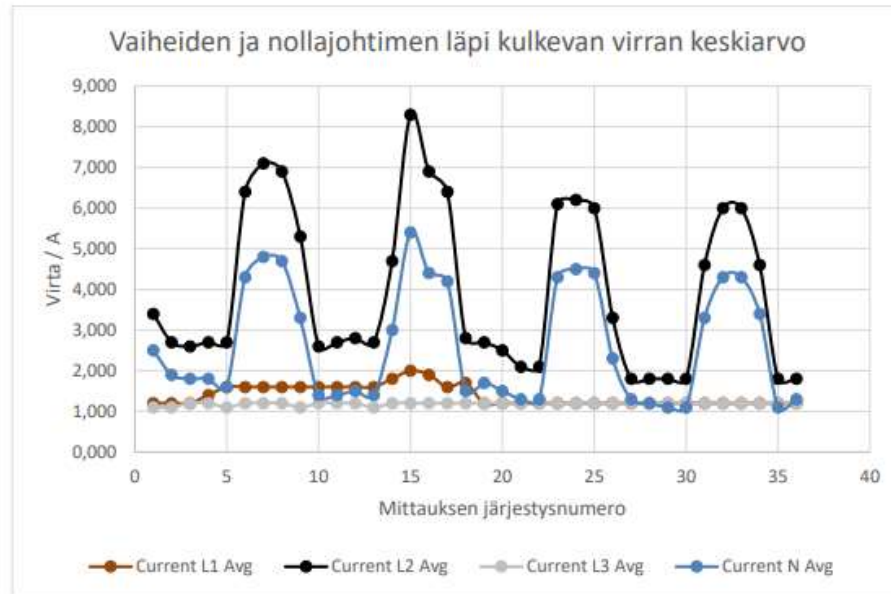
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Loisteho, vaiheet ja tehonkulutus



KIRKKO HELSINGISSÄ



Kestävää kasvua ja työtä



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Energiatehokkuuden parantaminen - ilmanvaihto

Nykytilanne:

- Vakioilmavirtajärjestelmä, jossa tiloihin tulee pinta-alan tai henkilömäärän mukaan mitoitettu vakioilmavirta
- Ei tilakohtaista säätöä
- IV-koneissa taajuusmuuttajaohjaus, jonka avulla ilmanvaihtokanavien paine pidetään asetusarvossa: päivällä mitoitusteho ja yöllä osa-teho
- Erilliset huippuimurit yksi- tai kaksinopeuksisia.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto:

- Muuttuvailmavirtajärjestelmässä ilmavirtaa säädetään tilakohtaisesti läsnäolon, lämpötilan tai CO₂:n perusteella. Mittaus yhdistetty rakennusautomaatiojärjestelmään, joka ohjaa ilmamääräsäätimiä tai tehostuspeltejä sekä ja IV-koneen kierrosnopeutta ilmamäärän oikean tason säilyttämiseksi



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



SYKLI



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI

HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tarpeenmukainen ilmanvaihto

- Vakioilmavirtajärjestelmä → muuttuvailmavirtajärjestelmä
 - Nykyiset ilmanvaihtokoneet säilytetään (tulo ja poisto), ei erillispoistoja
- Kanavistoon asennettavat säätölaitteet
 - Vyöhykepellit, huonesäätöpellit
 - Aktiiviset tulo- ja poistoilmalaitteet
- Huone- tai säätölaittekohtaiset mittaukset
 - Läsnaolo, hiilidioksidipitoisuus, lämpötila ja paine
- Säästöodotukset kirjallisuuslähteissä (Swegon WISE)
 - 45 % ilmanvaihdon lämmitysenergiasta
 - 75 % ilmanvaihtokoneiden sähköenergiasta



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon kannattavuus

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon vuotuinen lämmitysenergian nettotarve [MWh/vuosi]	457,8
Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ilmanvaihtokoneiden vuotuinen sähköenergian kulutus [MWh/vuosi]	181,0
Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon lämmitysenergian säästö	45 %
Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon sähköenergian säästö	75 %
Säästyvä lämmitysenergia [MWh/vuosi]	206,0
Säästyvä sähköenergia [MWh/vuosi]	135,8

Investointi	Suora takaisinmaksu -aika	Sisäinen korkokanta
150 000 €	5 vuotta	22 %
200 000 €	7 vuotta	16 %
250 000 €	9 vuotta	13 %
300 000 €	11 vuotta	10 %
400 000 €	14 vuotta	7 %
500 000 €	18 vuotta	4 %
Kaikissa pitoaika 20 vuotta		



KIRKKO HELSINGISSÄ



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Energiatehokkuuden parantaminen - lämmitys

Nykytilanne:

- Rakennus liitetty kaukolämpöverkkoon, kaukolämpöyksikkö liitetty rakennusautomaatiojärjestelmään
- Lämmityksen säätö perustuu säätökäyrään ja ulkolämpötilaan
- Kaikissa tiloissa vesikiertoiset patterit
- Ongelma: lämmönjako isossa rakennuksessa huonosti toimiva. Osassa tiloja talviaikaan kylmä, osassa lämmin.

Tarpeenmukainen lämmitys:

- Perinteisten patteritermostaattien tilalle vaihdetaan langattomat EnOcean –toimilaitteet
- Yhdistelmäanturin lämpötilatieto välitetään toimilaitteille.



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI

HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Säätö- ja automaatiojärjestelmä

Beckhoffin hajautettu I/O –järjestelmä

- PC-pohjainen keskusyksikkö ja EtherCAT-väylä
- Hajautetut I/O –yksiköt muiden järjestelmien ja antureiden liittämiseen

Antureina langattomat EnOcean-tekniikan laitteet

- Läsnaolo, CO2, lämpötila, kosteus ja valoisuus

Ilmanvaihtojärjestelmää säädetään huonekohtaisesti

- läsnäolo, CO2, lämpötila, paine

Lämmitysjärjestelmä

- ulko- ja sisälämpötila, hyötysuhteet, patterikohtainen säätö

Valaistus

- Tila-, valaisinryhmä- tai valaisinkohtaisesti
- Läsnaolo, luonnonvalo
- Tilanneohjaukset



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI



HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Energiantuotanto- ja varastointiratkaisut - omavaraisuus

Kaukolämmön tueksi hybridijärjestelmä

- Jätelämpö: ensisijainen ja jatkuva hyödyntäminen vesivaraajissa
- Poistolämpö: jätelämmön tukena
- Aurinko: Kolmas lämpömuoto, kesän ylimäärä ajetaan maalämpökaivoihin
- Maalämpö: kaivot: 12 * 250m
- Talven kovimmilla pakkasilla kaukolämpö tukena, tavoitteena irtautua kaukolämpöverkosta kun kokemusta on kertynyt riittävästi
- Myös aurinkosähkö



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



KIRKKO HELSINGISSÄ



Hämeen liitto
Regional Council of Häme



HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI

HAMK | Tech
RESEARCH UNIT

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Kokonaisjärjestelmän kustannusarvio

	Energian säästö (MWh /a)	Takaisin- maksuaika (a)	Sisäinen korkokanta (%)	Kustannus- arvio (€)
PILP	Eth = 463,2	7	16	141 000
Maalämpö	Eth = 346,7	11	8	202 000
Aurinkolämpö	Eth = 30	14	6	36 000
Jätelämpö	Eth = 30,5	13	6	27 000
Tarpeen-mukainen IV	Eth = 206 Ee = 135,8	11	10	Max. 300 000
Aurinkosähkö	Ee = 94	13	9	142 000
LED-valaistus & tarpeen- mukainen ohjaus	Ee = 71,7	8	15	60 000
Kiinteistöautomaatio- järjestelmä				Ei arvioitu



KIRKKO HELSINGISSÄ



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto