

Jani Jääskeläinen

Turvallisuustekniikka osana energiatehokasta kiinteistöautomaatiota

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Talotekniikan YAMK

Rakentamisen koulutusohjelma

Opinnäytetyö

29.11.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jani Jääskeläinen Turvallisuustekniikka osana energiatehokasta kiinteistöauto- maatiota 72 sivua + 19 liitettä 29. marraskuuta 2016
Tutkinto	Insinööri, (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	Rakentamisen koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	Purchase & Logistics Director Henri Liesivaara Johtaja, palvelut Jari Sanden lehtori Jarmo Tapio
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on esittää hyötyjä, joita voidaan saada yhdistämällä turvallisuustekniikka osaksi muuta kiinteistön talotekniikkaa. Kokonaisuuksien toteuttaminen nykyisillä tekniikoilla ja järjestelmillä tarjoaisi luonnollisen tavan kiinteistön täyttää tulevaisuuden energiatehokkuusarvoja. Uusissa kiinteistöissä onkin jo osin huomioitu integraatiomahdollisuudet. Huomioitta usein jää mahdollisuudet, joita vanhojen kiinteistöjen käytön tehostamisella voitaisiin saavuttaa.</p> <p>Työn tehtiin vertaamalla tarvetilaan pohjautuvaa käyttöastetta käyttöaikaan pohjautuvaan käyttöasteeseen. Tuloksesta analysoitiin erotus todellisen käytön ja ajastetun käytön välillä. Työvaiheet jaettiin kolmeen osaan. Aluksi määriteltiin arvoiksi määriteltävät asiat ja tavoitteet sekä käytössä olevat turvatekniikan laitteet. Näiden pohjalta tehtiin verrannollinen laskenta, jolla pyrittiin hahmottamaan suhteellinen ja teoreettinen säästömahdollisuudet laskennallisin perustein. Viimeiseksi tarkasteltiin saatuja arvoja ja ehdotettiin tarvittavia muutoksia ja integraatioita.</p> <p>Lopussa saatiin todistettua rahalliset säästöt todeksi, mikäli niitä verrataan olemassa olevaan tilanteeseen ja hyödynnetään useamman tekniikan integrointia.</p>	
Avainsanat	- Turvallisuustekniikka, Integraatio, talotekniikka, Energiatehokkuus, Ilmanvaihdonsäätö

Author Title	Jani Jääskeläinen Security systems as part of energy efficient building automation
Number of Pages Date	72 pages + 19 appendices 29 November 2016
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructors	Henri Liesivaara, Purchase & Logistics Director Jari Sanden, Director, services Jarmo Tapio, Senior lecturer
<p>The purpose and goals of this final year project were to present the benefits that can be achieved by integrating security technology with other building services. The project was divided into three parts. First part was the evaluation of the values and goals, as well as the available security technology equipment. Based on these, calculation was made to find out potential financial savings. Finally, the obtained values were inspected and the necessary changes and integrations were proposed.</p> <p>The result of the project was a report of possibilities to integrate security systems like CCTV, access control and burglary alarms systems to support building services such as air conditioning.</p> <p>Financial savings were proven to be true, when values were compared to the current ones of an example building. If the values were compared to the ones given for office hours in the section D2 of the Finnish Building Regulations, no financial saving could be reached. This finding also indicates that D2 building regulations were not suitable for estimating the real energy use of the example building.</p>	
Keywords	Security technology, integration, building technology, energy-efficiency

Sisällys

Termit

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pohjatiedot	2
2.1	Energiatehokkuus	2
2.1.1	Ilmanvaihto	7
2.1.2	Lämmitys	7
2.1.3	Jäähdytys	7
2.1.4	Valaistus	8
2.1.5	Aurinkosuojaus	8
2.1.6	Lämminkäyttövesi	9
2.2	Turvallisuustekniikka	9
2.2.1	Työajanlaskentajärjestelmä	10
2.2.2	Murtosuojausjärjestelmä	10
2.2.3	Kulunvalvontajärjestelmä	11
2.2.4	Lukitus	12
2.2.5	Kameravalvonta	14
2.2.6	Paloilmoitin	17
2.2.7	Henkilö- ja tavaranpaikanusjärjestelmä	18
2.2.8	Integrointijärjestelmä	19
3	Esimerkkikiinteistö	20
3.1	Kiinteistön nykytilanne	20
3.2	Energiahävikit	23
3.3	Kiinteistötekniikan kartoitus	24
3.4	Nykyiset energiankulutukset	24
3.4.1	Lämmitysenergian tarve	24
3.4.2	Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	35
3.4.3	Lämminvesipumppu	36
3.4.4	Ilmanvaihtojärjestelmän energiakulutuksenlaskenta	37
3.4.5	Jäähdytysenergian tuottoprosessin energiantarve	39
3.4.6	Kuluttajalaitteiden laskenta	40
3.4.7	Jäähdytystarpeiden laskenta	43

3.4.8	Ostoenergia	45
3.4.9	Ostoenergia moottorisulkupeltien ohjauksella	47
3.4.10	Nykyisin käytössä olevat turvatekniikanlaitteistot	49
3.4.11	Turvatekniikan laitteista saatavien mittaus tietojen määrä	49
3.5	Mahdollisuudet integroida kiinteistötekniikka turvatekniikkaan	55
3.6	Integraatio jatkuvuus	57
3.7	Integraatioiden hallittavuus	58
3.8	Matemaattiset perusteet mahdollisten ja investointien tuomat energia- ja kustannus-säästöt	59
3.9	Rahallisen kustannusten arvio	59
3.10	Investoinnit	62
4	Yhteenveto	63
	Lähteet	67
	Liitteet	
	Liite 1. Käyttöön pohjautuvaan ilmanvaihdon vertailu	
	Liite 2. Kiinteistön kulunvalvontalaitteiden kulutukset	
	Liite 3. Lämmöntalteenotto kuukauden keskimääräinen teho (W)	
	Liite 4. Q johtavuus	
	Liite 5. Q vuoto	
	Liite 6. T lto	
	Liite 7. Q IV	
	Liite 8. Q iv tuloilma	
	Liite 9. Q iv korvausilma	
	Liite 10. Q tila	
	Liite 11. Q lämmitys tila netto	
	Liite 12. W lämmitys	
	Liite 13. W ilmanvaihto	
	Liite 14. W ilmastointi Moottoripeltisulku	
	Liite 15. W jäähdytys	
	Liite 16. Q jäähdytys	
	Liite 17. Moottoripeltisulku arvot	
	Liite 18. Käyttölaitteet	
	Liite 19. Ostoenergia	
	Liite 20. Lämmitysenergia	
	Liite 21. Tilojen lämmitykseen tarvittava energia	
	Liite 22. Valaistus	

Liite 23. Aurinkosäteily

Liite 24. Lämmin käyttövesi

Liite 25. Lämmin vesipumppuenergia

Termit

AeroScout	Stanley Black & Decker henkilö- ja tavarapaikannus järjestelmä
Aurinkosuojaus	Sisätiloihin kohdistuvan aurinko säteilyn suojaamista kiinteillä tai muutettavilla varjostustoimilla
Jäähdytysenergia	Rakennuksen jäähdytykseen käytettävä energia
Kameravalvonta	Yhdestä tai useammasta valvonta kamerasta ja näiden tukijärjestelmistä koostuva kokonaisuus
Kulunvalvontajärjestelmä	Kulutapahtumia ohjaava, raportoiva ja virheellisiä kulkua estävä järjestelmä
Lämmöntalteenottolaite	Laite, jolla hyödynnetään kiinteistöstä poistuvaa lämpöenergiaa esilämmittämään tulevaa ilmaa tai vettä
Lämpökuorma	Arvo, jolla osoitetaan kuinka paljon laite tai muu objekti tuottaa lämpöä ympäristöön
Murtosuojausjärjestelmä	Kiinteistöön kohdistuvasta poikkeavasta ja ei toivotusta käytöstä hälyttävä järjestelmä
Ostoenergia	Taseraja, joka muodostuu ulkoa ostettavasta nettoenergiantarpeista, joihin lasketaan lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä järjestelmien apulaitteiden- ja valaistuksen energiankulutukset. Tasearvosta vähennetään rakennuksessa oma tuotettu energia.

Pacom	(Pacom Systems Pty Ltd) Stanley Securityn turvajärjestelmiä kehittävä tytäryhtiö jonka pääkonttori sijaitsee Australiassa.
Pacom GMS	(Graphical Management system) Pacom Systemsin kehittämä murtosuojausjärjestelmäkeskeinen kulunvalvonta järjestelmä
Pacom Unison	Pacom Systems kehittämä integrointijärjestelmä
Sisäilmasto	D2 Suomen rakentamismääräyskokoelman määrittelemä sisätilojen käyttöolosuhteet
Suomen Rakentamismääräyskokoelma	Ympäristöministeriön kokoama kokoelma rakentamista koskevista säännöksistä ja ohjeista
Timecon 22	Suomessa kehitettävä työaika- ruokala-, projekti- ja kulunvalvontajärjestelmä
Timecon GMS	kts. Pacom GMS
Timecon Unison	kts. Pacom Unison
Turvallisuustekniikka	Yleistermi useille erityyppisille järjestelmille ja laitteille joilla on tarkoitus suojella ihmisiä, omaisuutta tai toimintaedellytyksiä ulkopuolisilta tekijöiltä
Työajanlaskentajärjestelmä	Työaikatapahtumia sähköisesti tallentava ja raportoiva järjestelmä, joka voi olla irrallinen tai kiinteäosa kulunvalvontaa
Vuotoilma	Ilmavirta, joka vuotaa rakenteiden kautta.

Lyhenteet

c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
E_{osto}	ostoenergiankulutus $kWh/m^2 a$
LTO	Lämmöntalteenottolaitteisto
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
Q_{iv}	Ilmanvaihdon nettoenergia tarve, kWh
Q_{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
Q_{lto}	ilmanvaihdosta talteen otettu energia, kWh
$Q_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a
$Q_{lämpökuorma}$	rakennuksen lämpökuorma, kWh
$Q_{sähk}$	sähkölaitteiden ja valaistuksesta sisään tuottama lämpö, kWh
q_v	ilmanvaihtokoneen tai puhaltimen ilmavirta, m^3/s
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, $kW/(m^3/s)$
t_d	rakennukseen kohdentuva keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
t_v	rakennukseen kohdentuva keskimääräinen viikonpäiväinen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk

1 Johdanto

Kansainvälisesti haetaan jatkuvasti keinoja tehostaa eri tekniikoiden energiatehokkuutta. Kiinteistötekniikka ei ole tästä poikkeus vaan Euroopan unionin arvion mukaan 40 % energiankulutuksesta liittyy juuri kiinteistöihin. Uusissa rakennustekniikkaohjeistuksissa ja määräyksissä energiatehokkuus katsotaankin kuuluvaksi keskeiseksi osaksi rakentamista. Kiinteistön turvatekniikkaan energiatehokkuutta ei kuitenkaan yleisesti ensisijaisesti sovelleta. Turvallisuustekniikkaa pidetään pääsääntöisesti täysin erillisenä osana kiinteistötekniikassa. Tähän liittyy monesti sekä hallinnollisia, toteutusteknillisiä että joskus myös säädöksellisiä asioita. Kuitenkin turvallisuustekniikka kerää kiinteistöistä laajan määrän toiminnallista tietoutta, jota voidaan suoraan tai jatkojalostaen hyödyntää muissa kiinteistöautomaation osa-alueissa. Tämä jää usein huomioimatta esimerkkien ja toteutustapojen puuttuessa. Pahimmassa tapauksessa jo kerätty tieto jää täysin hyödyntämättä ja joskus jopa sama informaatio joudutaan toistamiseen mittaamaan toisessa järjestelmässä. [5.]

Esimerkkikohteessa sekä Stanley Security Oy:n asiakaskohteissa ei liitännöitä ole tehty kiinteistöautomaatioon. Tilanne on kuitenkin muuttumassa ja kohteita on kansainvälisesti rakenteilla, joissa haetaan synergiaa eri tekniikoiden väliltä. Tämä viitoittaa tietä tulevaisuuteen, sillä kiinteistöautomaation energia kustannukset ovat merkittävä osa kiinteistön käyttökustannuksia. Esimerkkikohteessa ei ole dynaamisesti ohjattavaa ilmanvaihtoa, joka säätäisi todellisen käytön mukaan. Lisäksi valaistuksen hallintajärjestelmät, ilmanvaihdon tapaan, perustuvat ajastukseen tai käyttäjän aktiiviseen ohjaukseen. Todelliseen käyttöön perustuva tietoa on kuitenkin olemassa kulunvalvonta ja murtosuojausjärjestelmässä. Esimerkiksi henkilömäärän laskennasta saatavaa mittaustulosta voitaisiin, joko suoraan tai jatkojalostaen, viedä ohjaustietona kiinteistön muihin järjestelmiin. Muilla ohjattavilla järjestelmillä tarkoitetaan usein ilmastointia ja valaistusta, mutta mukaan voi lukea sekä hissien järjestelmät että kiinteistön ilmastointiin vaikuttava aurinkosuojaus.

Opinnäytetyöhön liittyvä ennako-odotus on, että jo nykyisistä tekniikoista saatavasta tiedosta voidaan hyödyntää osaa suoraan tai jatkojalostaen ohjaamaan järjestelmiä energiatehokkaampaan suuntaan.

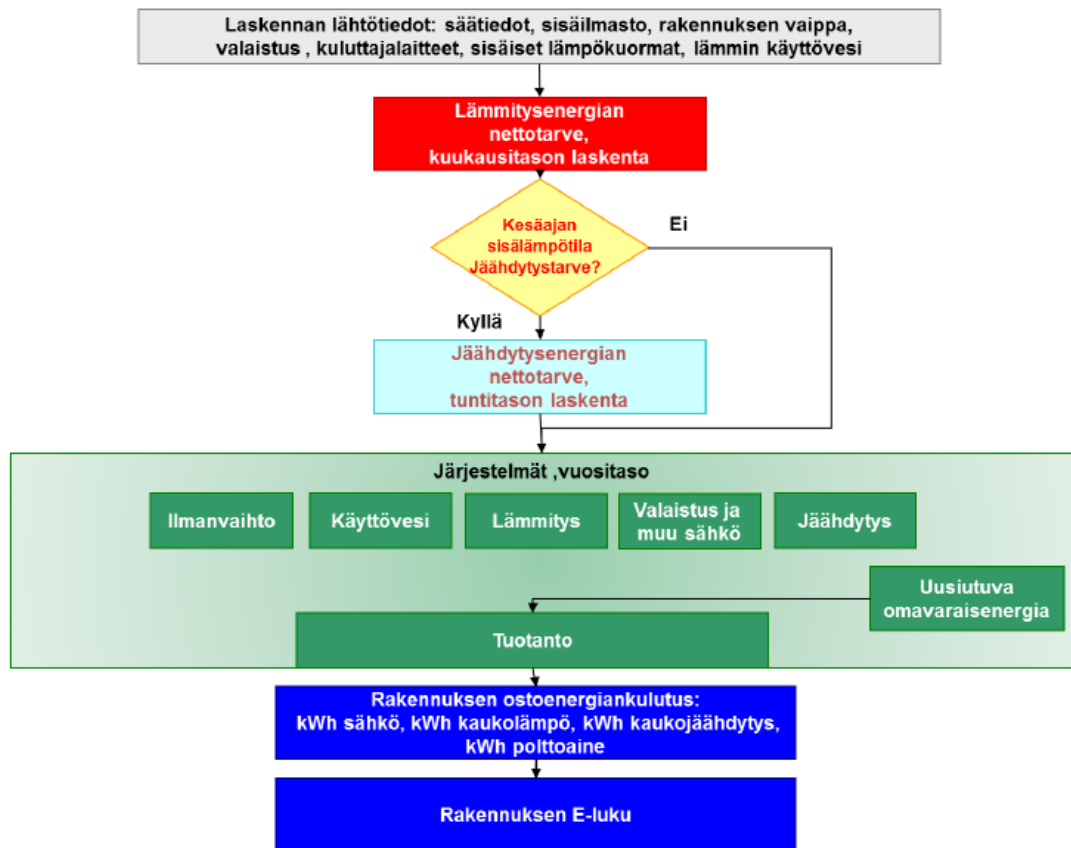
Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa mahdollisuuksia ja osoittaa, että hyödyntämällä turvallisuustekniikan laitteistoja, voidaan saavuttaa etuja myös kiinteistön energiatehokkuudessa. Tämän todentamiseen tehtiin noin vuoden mittainen seurantajakso (2014–2015) kiinteistön todellisesta käytöstä, joka perustuu kulunvalvonta- ja murtosuojausjärjestelmiltä kerättyihin tietoihin. Mahdolliseksi hyödyiksi tämän tasoisessa integraatiossa voidaan lukea sekä käyttöä tukeva ympäristönsäätö että kustannussäästöt. Näiden todentamiseksi lasketaan teoreettinen kiinteistön ostoenergian kulutusarvo, joka saadaan hyväksikäyttäen eri käyttöasteita. Lopuksi vastaavia arvoja verrataan jatkuvaan käyttöön ja D2-rakentamismääräyskokoelman käyttöarvoihin.

2 Pohjatiedot

Pohjatiedot tutkimukseen perustuvat esimerkki kiinteistön huoltotoimintaa ylläpitävältä Securitas Oy:ltä saatuihin ilmastointipiirustuksiin ja konekortteihin. Nämä toimivat vertailupohja-arvoina, joihin on täydennetty Suomen rakennuskokoelmista saatuja oletusarvoja.

2.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan ostoenergiaa ja sen tehokkuutta suhteutettuna käyttötarkoitukseen. Mallia laskentaperiaatteeseen esitetään D5-rakennuskokoelmasta saadun kuvan 1 mukaisesti. Ensisijaisia energiatehokkuuden parannuskeinoja tulisivat olla aina passiiviset ratkaisut. Varsinkin vanhoissa ja olemassa olevissa kiinteistöissä näihin ei voida jälkikäteen vaikuttaa.



Kuva 1. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet [4, s.12].

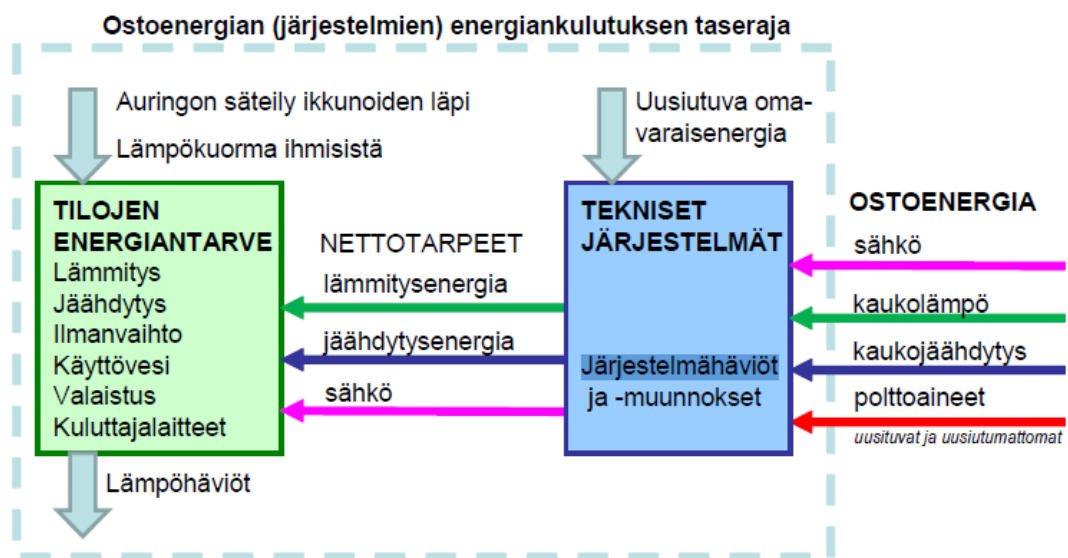
Kuten kaikki toimivat kokonaisuudet lähtee energiatehokkuus myös huolellisesta kohdekohtaisesta suunnittelusta. Rakennussuunnittelun periaatteiden tulee noudattaa kiinteästi olemassa olevia ja tarpeiden mukaisia vaatimuksia sekä hyviä rakennustapoja. Näiden yhdenmukaistamiseksi julkaistuissa rakentamismääräyskokoelmissa sanotaan mm. rakennuksen lämmityksestä:

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. [1, s. 5].

Tämä lause korostaa energiatehokkuutta rakentamisessa ja kiteyttää myös käyttötarkoituksen mukaisen energian käytön. [1, s. 5-6]

Järjestelmien hienosäädön tarve kasvaa entisestään 1/2014 annetun ympäristöministeriön asetuksen mukaan, jossa 31.12.2018 jälkeen kaikkien viranomaisten käytössä olevien talojen on oltava lähes nollaenergiatasoa. Vuoden 2020 loppuun mennessä kaikkien uusien talojen on oltava nollaenergiatasoa. Tämä perustuu Euroopan unionin direktiivin 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuudesta. Se velvoittaa jäsenvaltioita vahvistamaan direktiivissä määritellyn laskentakaavan mukaan energiatehokkuutta koskevat vähimmäisvaatimukset. Tämän direktiivin voimaan tulon jälkeen vaatimusten taso tarkistetaan viiden vuoden välein. Jäsenvaltioilla jää tulkinnallinen rooli tehdä ero uusien ja olemassa olevien rakennusten sekä eri rakennusluokkien välillä. Tästä johtuen opinnäytetyö keskittyy uudisrakennuksen asemasta olemassa olevan kiinteistön uusimiseen. [2, s. 2; 5.]

Opinnäytetyö energiatehokkuuden määrittämiseksi on tutkittava todelliset energiakulutusravot. Kiinteistön ostoenergia-analysissä on laskettava energiatarpeita, joita kuvan 2 ostoenergian energiakulutuksen taseessa on kuvattu.



Kuva 2. D5-rakennusmääräyksen ostoenergiakulutuksen taserajakuva [3, s. 2].

Aikaisemmin esitetystä kuvassa 1 voidaan havainnoida kunkin energiatarpeen kuvainnollinen vaikutus energiakulutukseen. Jotta näitä voidaan tarkemmin analysoida, D5-rakentamismääräyskokoelma antaa oletuksellisen kaavan mm valaistusenergian laske- miselle. [4, s. 27]

Kiinteistön tarkoituksenmukaisuudenhallinta perustuu suoraan kiinteistön käytön laskentaan, joka on jo normaalia kulunvalvonta järjestelmän toiminnassa. Tällaisten järjestelmien ja kiinteistön suojauksen käyttöä suosittavat nykyisin useat tahot: Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset (E1, E2 ja E4) ja Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton (SVK:n) suositukset. Viimeisimpänä on 11.3.2014 voimaan tullut standardi EN 60839-11-1:2013. Tällä standardilla yhdenmukaistetaan Euroopan alueella hälytysjärjestelmien ja sähköisten turvajärjestelmien toteutuskäytäntöjä. Nämä mahdollistavat standardoidummat toteutustavat, joihin on helpompi rakentaa yhdenmukaisia integraatioita kiinteistön muuhun automaatioon. Itse integraatioiden toteutus ja taso jää toteutuskohtaisen harkinnan varaan. [4, s. 27; 7, s. 8; 8, s. 151].

13 vuoden kokemuksellani Suomen turvallisuustekniikka-alalla olen huomannut, että Suomessa turvallisuus- ja automaatiojärjestelmistä haetaan myös käyttöön liittyviä etuja. Tämä johtaa usein nk. älytalojen kehittymiseen, jotka dynaamisesti muokkautuvat ympäristön eri integrointi ärsykkeiden mukaan. Parhaimmillaan kaikkia järjestelmiä voidaan hallita yhden helppokäyttöisen grafiikan kautta, tai ne voidaan automatisoida toimimaan ennalta määriteltujen arvojen mukaan. [10, s. 108].

Suurimpana esteenä uusien järjestelmien käyttöönotolle on investoinnin aloittamisen perustelu, säädökset ja loppujen lopuksi puhtaasti hinta. Näiden asioiden ja standardoimisen ymmärtämisen sekä esimerkki rakentamisen myötä voidaan tulevaisuudessa saavuttaa automaatiotaso, jolla sekä tehostetaan että parannetaan kiinteistöjen toimintaa. [10, s. 124].

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 esittää energiatehokkuuslaskentaan arvot, joita täydentää D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskentaohjeistus. Näissä kiinteistöissä käytettävää energiaa tarkastellaan seuraavin perustein:

- rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku) [6, s.8–9]
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset [6, s.27]
- kesäaikainen huonelämpötila [6, s.9–10]
- rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus [6, s.11]

Näihin laskentamalleihin voidaan kiinteistön perusenergiatehokkuus arvioida, mutta turvallisuustekniikkaa ei näissä laskelmissa ole huomioitu. Turvallisuustekniikan huomioinnissa on kaksi lähtökohtaa. Laitteistoon kohdistuva energiatarve ja laitteistosta saatava mittaustieto, jota voidaan hyödyntää muun laitteiston säätöarvoina.

Säätöarvoja voidaan hyödyntää D5-rakentamismääräyskokoelman mukaisten laskentojen lähtötiedon analyysissä seuraavin osin:

- Säättiedot, joihin turvallisuustekniikalla ei voida vaikuttaa.
- Sisäilmasto, joita turvallisuustekniikalla voidaan säätää.
- Rakennuksen vaippa, johon turvallisuustekniikka voi vaikuttaa esimerkiksi säätämällä käyttötarpeenmukaista aurinkosuojausta.
- Valaistus, johon turvallisuustekniikalla voidaan vaikuttaa kohdentamalla käyttö ajoitukset käyttötarpeiden mukaisiksi.
- Kuluttajalaitteet, turvallisuustekniikka voi sulkea tarpeettomia laitteita, mutta myös laskea osaksi kuluttajalaitteita.
- Sisäinen lämpökuorma, johon turvallisuuslaitteet tuova lämpökuormaa, mutta pystyvät myös säätämään muiden laitteiden käyttöä.
- Lämminkäyttövesi säätyy käytön mukaan eikä sen reaaliaikaisella säätämällä saataisi käyttötarkoituksen mukaista energiategokkuutta aikaan. Näin ollen turvatekniikalla ei voida saada lisäarvoa lämpimänkäyttöveden energiategokkuuteen.

Laskenta-arvot perustuvat kuitenkin jo toteutuneisiin arvoihin ja voivat näin dynaamisessa ympäristössä vaikuttaa molempiin suuntiin. Kohdekiinteistön kuitenkin ollessa ilman reaaliaikaista muokattavuutta joudutaan käyttöaste laskemaan yö- ja käyttötilan kesken.

Tästä syystä täytetään pohjatietojen säätöosuudesta kolmea erillisarvoa. Lisäksi saadulla arvoilla laskettiin keskihajonta. Näin vertailu arvoiksi saatiin myös käytön vaikutuksessa laskettu keskihajonta arvon summa suurempaan ja pienempään arvoon kohden.

2.1.1 Ilmanvaihto

Ilman vaihdolla käsitellään kiinteistössä vaihtuvan ilman määrän hallintaa. Siihen liittyy myös oleellisesti vaihtuvaan ilmaan koskeva lämmitys sekä jäähdytys. Kiinteistön ilmanlaadusta D2:n mukainen hiilidioksidivaatimus on huonetilan käyttöaikana enintään 2160 mg/m³ (1200 ppm). Huoneen hiilidioksidiarvoa säädellään kiinteistön ilmanvaihdolla, joka D2-rakentamismääräyskokoelman mukaan tulee olla yli 0,35 dm³/s mutta jokainen henkilö tulisi lisätä ilmanvaihtoon arvolla 6 dm³/s. Käyttöajan ulkopuolella rakennuksen ulkoilmavirta on vähintään 0,15 (dm³/s)/m². [1, s. 7;10;11].

2.1.2 Lämmitys

Toimistotiloihin kohdistuvaa sisäilman lämmitystä on määritelty D2-rakentamismääräyskokoelmassa, jossa tarkennetaan rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihdon yleiset määräykset sekä ohjeistukset. Toimistotilojen ihannelämpötilaksi on määritelty 21 °C ja kesäkauden arvoksi 23 °C eikä oleskelualueen lämpötila saa ylittää 27 °C:ttä. Porraskäytävät ja hissitilat ovat taulukossa 17 °C. [1, s. 6].

Näihin lämmitysarvoihin vaadittavat lämpöenergiat lasketaan ja mukaan huomioidaan peruspohja-arvot kiinteistön lämmönjohtamisessa. Vertailuarvona tämä on kuitenkin riittävä osoittamaan turvajärjestelmistä saatavien informaatioiden vaikutuksesta energioiden tarpeiden ohjaamiseen kiinteistössä. Ja lämmitys nettoenergia tarve saadaan laskemalla D3:ssa saatujen ohjearvojen mukaiset henkilöistä, valaistuksesta ja sähkölaitteista johtuvien sisäisten lämpökuormien energia. Mukaan lasketaan myös hyväksikäytettävät energiat, jotka otetaan talteen poistoilmasta, jätevedestä ja muista energialähteistä, sekä ikkunan kautta saatava aurinkoenergia säteily.

2.1.3 Jäähdytys

Kesäajaksi luokiteltavassa 1. kesäkuuta ja 31. elokuuta välisenä aikana on varmistettava, että huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuus pystytään toteuttamaan kullekin eri tilatyypeille. Toimistohuoneiden lämpötilalaskennalla tulee osoittaa, että lämpötila säilyy sallituissa alle 27 °C:n lämpötiloissa. Lämpökuorma lasketaan kesäajalla tilatyypeille, joissa lämpökuorma on korkeinta. Tässä laskennassa huomioidaan ilmansuunta sekä

laitteet että henkilömäärä. Jäähdytystarpeen laskentaan käytetään D2:sta saatuja käyttöasteoletusarvoja. Laskennassa käytetään kuitenkin keskiarvoja, joita on kulunvalvonnasta saatu. Tällä saadaan eroavaisuutta oletettuun laskentaan perustuvan ja tutkitun todellisen ajanjakson välillä. [6, s. 7].

2.1.4 Valaistus

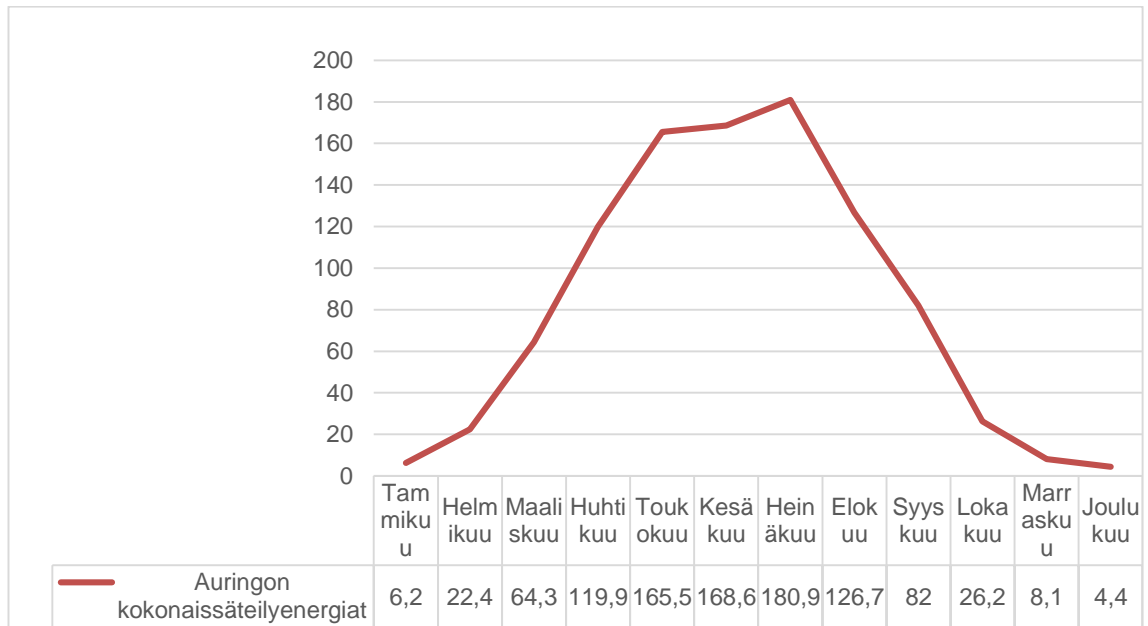
Kiinteistön valaistus perustuu pääosin kytkinpohjaiseen valojen ohjaamiseen. Mitään erillistä valaistuksen katkaisua aikarajoilla ei ole käytössä. Tästä johtuen valojen päälle jääminen ja tarpeellisen valaistuksen ylläpitäminen on käyttäjistä kiinni. Valaistusta voitaisiin ohjata keskitetyllä järjestelmällä, jolloin läsnäolotieto voisi kohdentaa valaistusta ja säätää samalla kuin kiinteistön muutakin käyttöä säädetään.

2.1.5 Aurinkosuojaus

Ikkunan kautta tulevan lämmön vaikutus on Suomessa ehkä ymmärrettyäkin suurempi. Tätä on myös korostettu D5-rakennusmääräyskokoelman tätä koskevassa osuudessa. Merkitys kasvaa, koska auringon kaltevuus ikkunaan nähden on suurempi verrattuna eteläisempää Eurooppaa, jossa katon räystäs saattaa usein suojata suoralta auringon säteeltä.

Suomessa aurinkosuojaus on kesällä merkittävä lämpökuormantekijä. Tällöin aurinkosuojaamattomat ikkunat turhaan kuormittavat talon jäähdytysjärjestelmää, aikana jolloin huoneita ei käytetä. Vastaavasti kiinteistön lämmitysaikana, auringon lämpösäteilyn käyttämien kiinteistöön käyttöajan ulkopuolella, tukee kiinteistön lämmitystä. Kiinteistöön kohdistuva aurinkosäteily on ositettu kuvassa 3.

Aurinkosuojausten oikea-aikainen käyttö myös vähentää tarvetta ylimääräiselle valaistukselle. Ohjauksen aktiiviseen aurinkosuojaukseen tulee näin toimia vastaavin periaattein kuin valaistukseen tai ilmanvaihdon, eli perustuen tilojen käyttöön.



Kuva 3. Aurinkosäteily vyöhykkeelle 1 (Helsinki)

2.1.6 Lämminkäyttövesi

Veteen liitettävä lämmitysenergia sekä itse veden kulutus liittyvät veden käyttöön ja käyttötarkoitukseen. Näin turvatekniikasta ei ole lisäarvoa yleiseen käyttöön, mutta vika tilanteiden havaitsemiseen voidaan käyttää esim. kosteusantureita. Lisäksi veden kulku käyttämättömiin tiloihin voidaan estää ajalta, jolloin vedenkäyttöä ei tulisi olla. Tämän kaltaisilla varotoimilla voidaan estää sekä rakenteellista vahinkoa että vika tai vahinkotilanteen aiheuttamaa veden hukkaa.

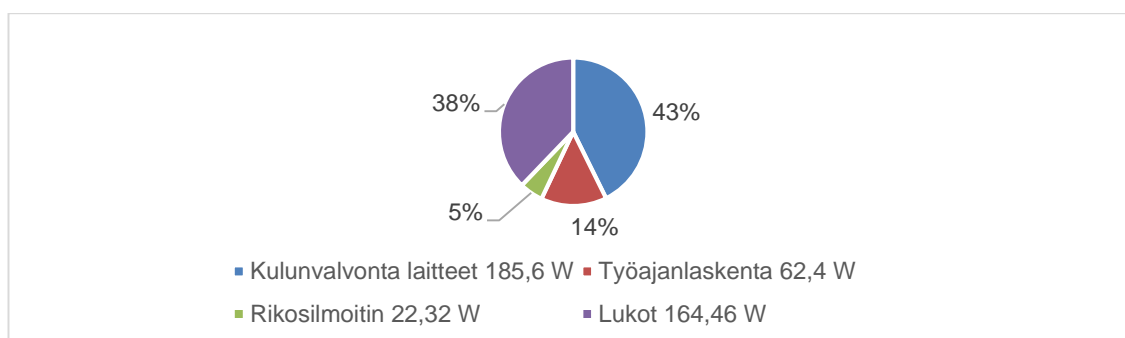
2.2 Turvallisuustekniikka

Turvatekniikalla tarkoitetaan tässä yhteydessä laitteita, jolla suojataan kiinteistön osia ja sen käyttöä. Turvatekniikkaa pidetään usein nk. pakollisena pahana. Näin myös siihen liitettävät kustannukset, osto ja käyttö, mitoitetaan vain turvallisuus käyttötarkoituksiin sopivaksi. Turvallisuustekniikan käyttömahdollisuuksia laajentamalla voidaan saatavaa tietoa hyväksikäyttää myös muussa kiinteistön analysoinnissa.

Tämän raportin yhteydessä turvatekniikalla tarkoitetaan kulunvalvontaa, murtosuojauksia ja kameravalvontaa. Yleisesti kiinteistön turvatekniikkaan voidaan katsoa kuuluvaksi eril-

liset ilmaisianturit, henkilö- ja tavarasuojalaitteet sekä Suomessa myös mukaan luetuna työajanhallintajärjestelmä. Työaika katsotaan usein olevaksi osa turvallisuuslaitteistoja. Timecon 22 -kulunvalvontajärjestelmän kehitys onkin lähtenyt liikkeelle ovia avaavasta työajan seurantalaitteesta.

Kokonaisuudessaan turvatekniikan energiat jakaantuvat oletuksellisen virrankulutuksen mukaan kohdekiinteistössä kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4. Turvatekniikan laitteiden yhteiskulutuksen jakautuminen esimerkki kiinteistössä

2.2.1 Työajanlaskentajärjestelmä

Työajanlaskennan käyttämisestä kiinteistön käyttöasteen laskentaan haittaa se, ettei se sido ihmisiä mihinkään kohteeseen, vaan työnteon ajalliseen tekemiseen. Lisäksi nykyisin myös etätö voidaan leimata joko web-ohjelmien tai mobiilisovellusten kautta ja näin pelkkä työssäolo tila ei riitä. Etuna kuitenkin työajan käytölle on se, että mikäli käytäntö on pakollinen ja käytössä oleva, voidaan sitä käyttää teoriassa ennakoimaan kiinteistön tulevaa käyttöä. Esimerkki kiinteistössä käytössä olevassa Timecon 22 -järjestelmässä on olemassa tulevaisuudenleima käytäntö, johon voidaan ennakkoon syöttää mm. etäpäivät, sairaspöissaolon pituus ja lomat. Näillä tiedoilla voidaan hahmottaa tulevaisuuden ennakoivaa läsnäolotietoa.

2.2.2 Murtosuojausjärjestelmä

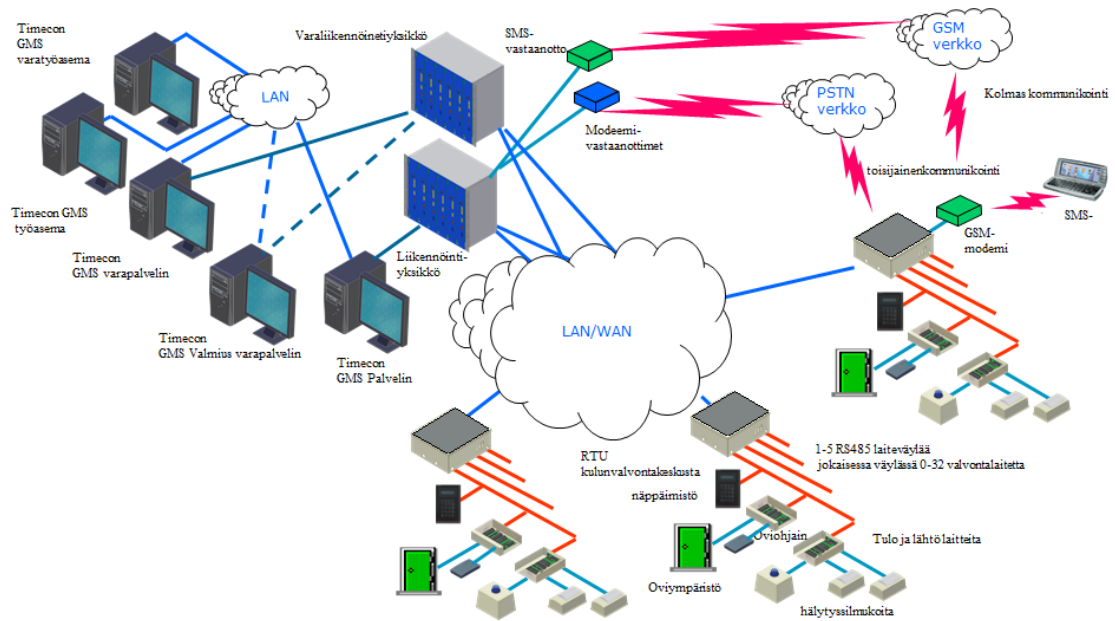
Murtosuojausjärjestelmä on oleellinen osa kiinteistön turvallisuutta. Murtosuojausjärjestelmä koostuu yleisesti murtosuojauslaitteista ja liiketunnistimista. Vaikkakin murtosuojaus laitteet, kuten lasirikoilmaisimet ovat usein aina tunnistustilassa, niin liiketunnistimet

ohitetaan kiinteistön käytönajaksi. Nämä ohitukset tehdään aluekohtaisesti. Alueiden päälle- ja poiskytkentää voidaan ohjata mm. käyttöpaneelilta ajallisella ohjauksella tai kulunvalvonnan kautta. Koska murtosuojausjärjestelmän hälytykset ohjataan usein kiinteistön omaan tai ulkopuoliselta palveluntarjoajalta ostettuun hälytyskeskuspalveluun, on virheellisestä käytöstä usein lisäkustannuksia esim. vartijan kohteella käynti kulut.

Kiinteistön hälytystilan ohjaaminen ajallisesti pakottaa henkilöt kiinteisiin työaikoihin. Usein kuitenkin tähän malliin liitetään hälytysjärjestelmän käyttöpaneeli sekä kulunvalvontaohjaus. Jatkoaikojen käyttäminen käyttöpaneelin kautta vaatii aina aktiivista toimintaa käyttäjiltä. Kulunvalvonta ohjauksen käyttäminen vaatii myös käyttäjän kirjautumista toiseen alueeseen. Tämä voi tapahtua joko sijoittamalla kulunvalvontalukija myös ulos johtaviin oviin tai aktiivisesti luettamalla jotakin poistumislukijaa. Näiden käytössä ongelmana on se, että henkilökunta ei välttämättä tiedosta olevansa viimeinen: Ohjeistus voi olla henkilökunnalle puutteellinen tai käytössä tapahtuu inhimillinen erehdys. Esimerkkinä jälkimmäiseen on kahden henkilön poistuminen yhdellä oven avauksella. Tämä johtaa virheellisiin laskentoihin kiinteistössä olevista henkilöistä ja näin myös virheellisiin hälytyksiin.

2.2.3 Kulunvalvontajärjestelmä

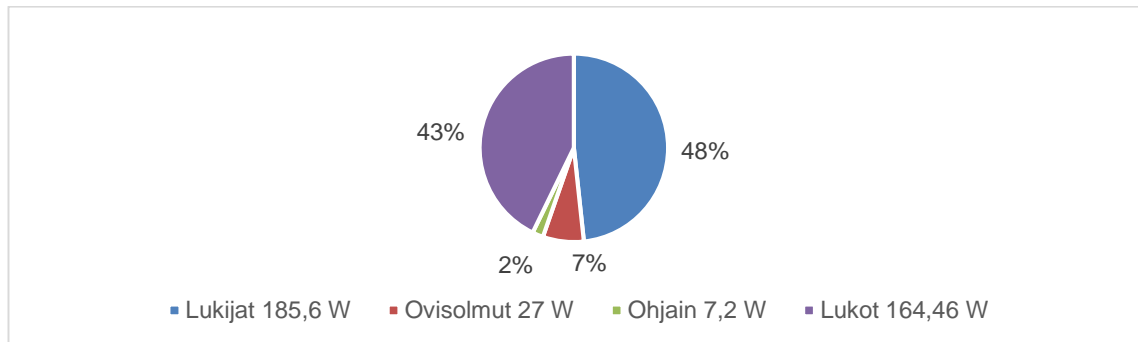
Kulunvalvontajärjestelmän kokonaisuus koostuu perinteisesti palvelinkeskeisistä järjestelmistä, johon on liitetty työasemia. Näillä käyttöliittymillä hallitaan kenttälaitehallintayksiköitä eli kulunvalvontakeskuksia (access control unit). Jossain järjestelmissä, kuten Timecon 22:ssa, ei perinteisesti keskusta ole tarvittu, vaan valvontaa hallitaan suoraan ovia hallitsevalla valvontalaitteella (controller). Tässä tutkimuksessa keskitytään Pacom laitteisto pohjaiseen asennukseen sekä oheislaitteisiin kuten lukitus. Timecon GMS (Pacom GMS) -järjestelmä edustaa nykyaikaista väyläpohjaista järjestelmää ja näin on verrattavissa useaan muuhun markkinoilla nykyisin tarjolla olevaan kulunvalvontajärjestelmään. Timecon GMS -järjestelmän rakenne voidaan todentaa järjestelmän lohkokaaviosta, joka on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Timecon GMS -lohkokaavio

2.2.4 Lukitus

Liitteen 2 tehoista koostetussa kuvassa 6, huomataan että merkittävä kulunvalvonnan oviympäristöön kohdistuvasta energiasta, menee lukon ohjaukseen.

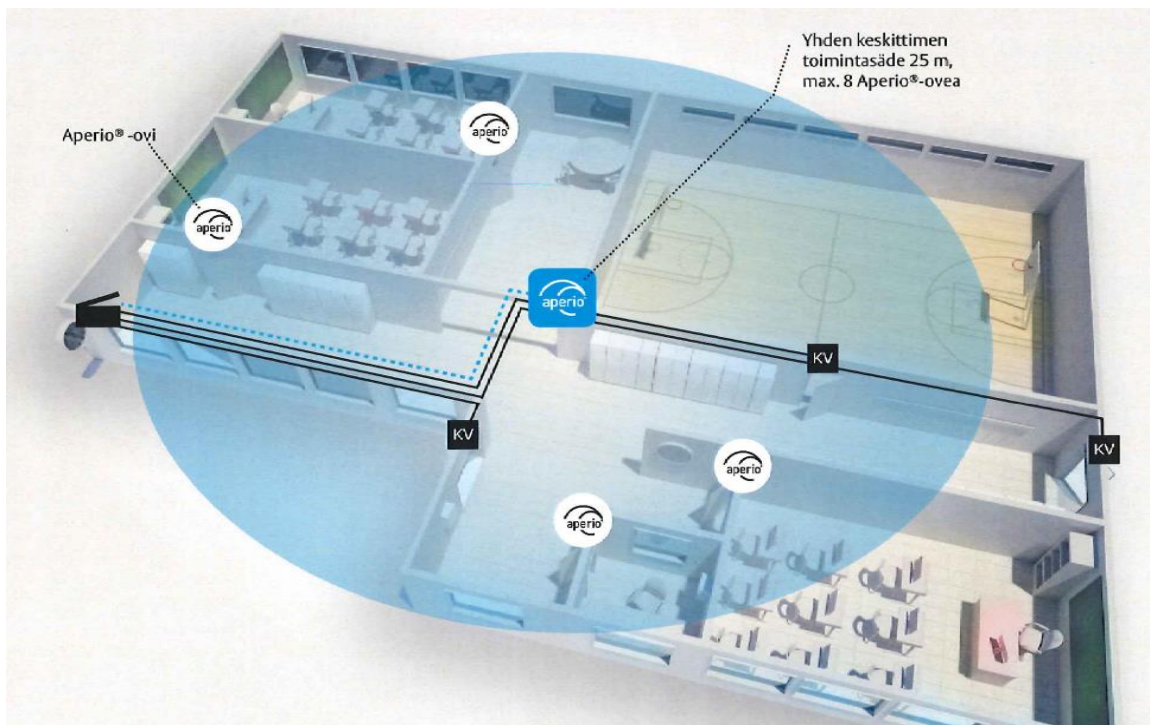


Kuva 6. Esimerkkikohteen kulunvalvonnan sähkönkulutus jakautuma

Tällä hetkellä ulkomailla vallitseva trendi on, että merkittävä osa ovista toteutetaan normaalia kulunvalvontaa kevyemmällä lukitusjärjestelmällä. Vaihtoehtoja markkinoilla on monia, mm. Assa-Abloy- tai Salton-tuotteet. Näillä voidaan toteuttaa täysin johdottomia ratkaisuja. Näin itse lukon ja lukijan virrankulutus perustuu vain paristoihin. Paristokäyt-

töisinä ja langattomina ne eivät aina ole käyttötarkoituksen mukaisia. Tämä johtuu monesti kohdekohtaisesta tai yleisistä turvallisuusmäärityksistä. On myös huomioitava, että paristot kuluvat jatkuvassa käytössä nopeammin kuin Assa-Abloyn Aperio®:lle esittämä 3,5 vuotta, joka mm. toimisto-ovissa pidetään normaalina paterin vaihtovälinä. Tästä johtuen valmistajat, kuten Assa-Abloy, antaakin paristoille myös käyttökertaa koskevat vaihtovälisuositukset. Aperio® lukituksessa tämä on 70000 käyttökertaa. [9, s. 4].

Tämänkaltainen lukitus on omiaan korvaamaan periteisen fyysisen avaimen ja se vastaa erinomaisesti muokattavien avokonttorien vaatimukseen. Ulko-ovet ja turvallisuusalueiden rajaukset toteutetaan kuvan 7 mukaisesti kiinteistöjen turvamääräyksistä johtuen perinteisillä solenoidi- tai moottorilukoilla. Näihin oviin liittyy usein myös erillinen turvalukitus.



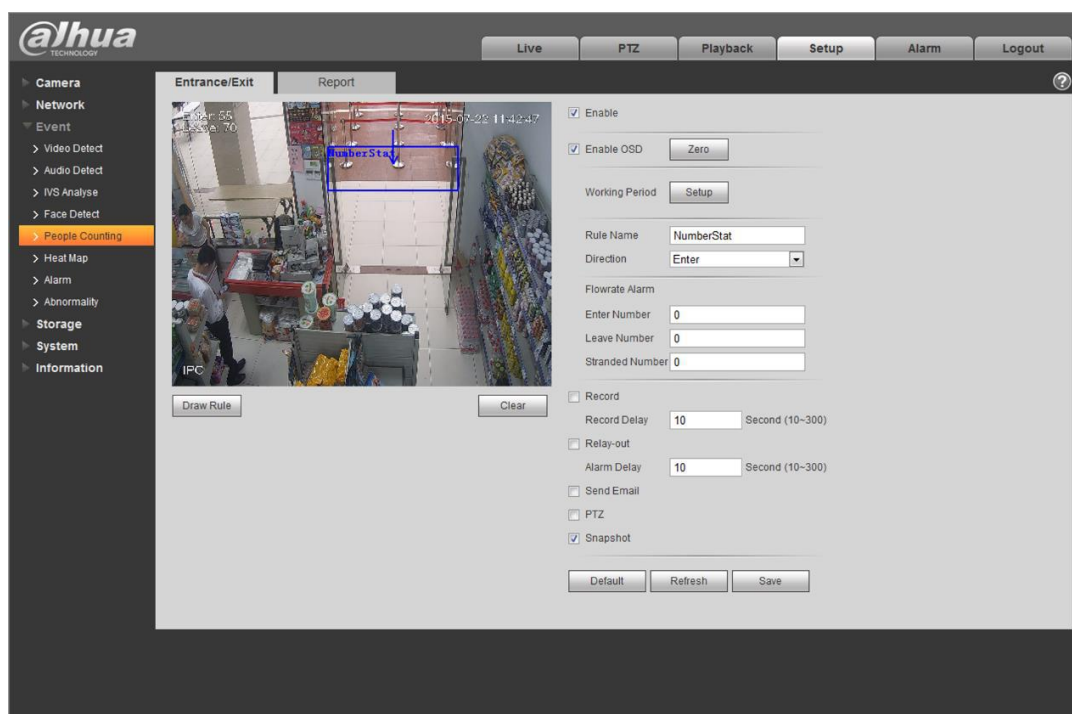
Kuva 7. Assa-abloy Aperio® ”Laajenna kulunvalvontaasi”-esitteen mallinnus kulunvalvonnan ja ovenhallinnan sijoittumiseen kiinteistössä

Assa-Abloyn Aperio®:n kaltainen kevytlukitus voi kuitenkin tuottaa yhteydellisessä tilassa vastaava kulkutapahtuma tietoa kuin perinteinen sähkölukitus. Näin se voi toimia myös osana kiinteistön käytöstä kertovaa verkkoa, mutta samalla laskee lukkojen sarjoituksen käyttökustannuksia normaalilukitukseen nähden ja sähkön kulutusta perinteiseen kulunvalvontalukitukseen nähden.

2.2.5 Kameravalvonta

Kameravalvonta on kokenut suuren muutoksen viimeisten vuosien aikana. Vanhat ja kalliit analogiset kamerat ovat siirtymässä historiaan ja tilalle ovat tulleet hyvälaatuisen mutta halvat IP-kamerat tai vanhaan koaksiaalikaapelointiin pohjautuvat HD-tasoiset kamerat. Samalla myös itse kameroiden ja tallentimien toiminnot ovat parantuneet.

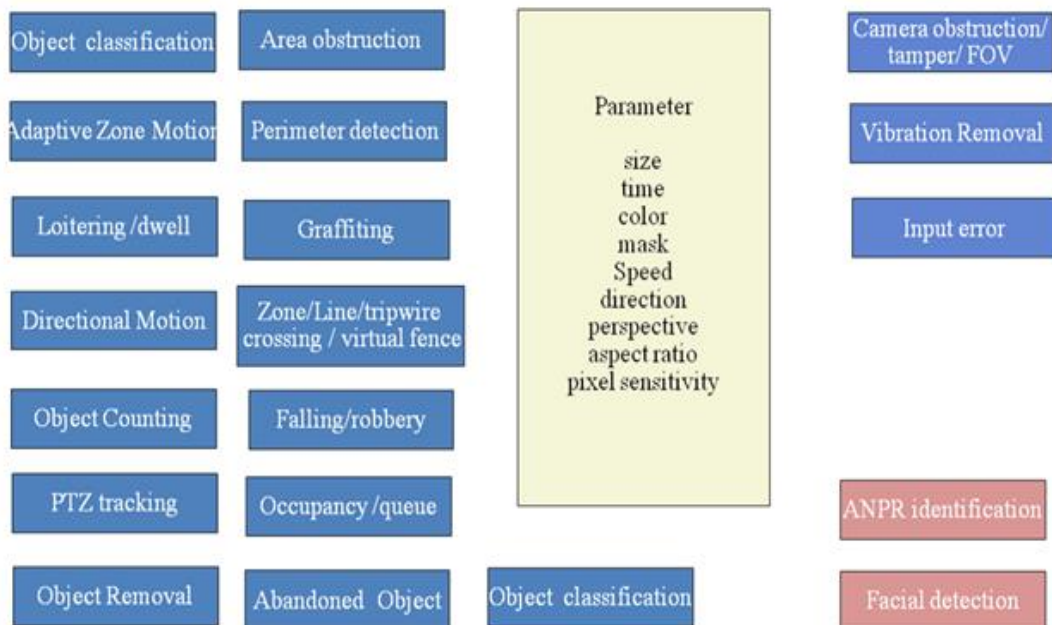
Osa kameroista voidaan itsenäisesti ohjata jo tallentamaan sisäisiin muisteihin tapahtumia, mutta myös laukaisemaan tallennuksen reletiedosta tai antamaan reletiedon tapahtumasta. Näitä voidaan hallita kuvan 8 mukaisesti kameroiden omilla ohjelmistoilla.



Kuva 8. Dahuan smart IPC-kameran hallintaohjelmasta [19, s24].

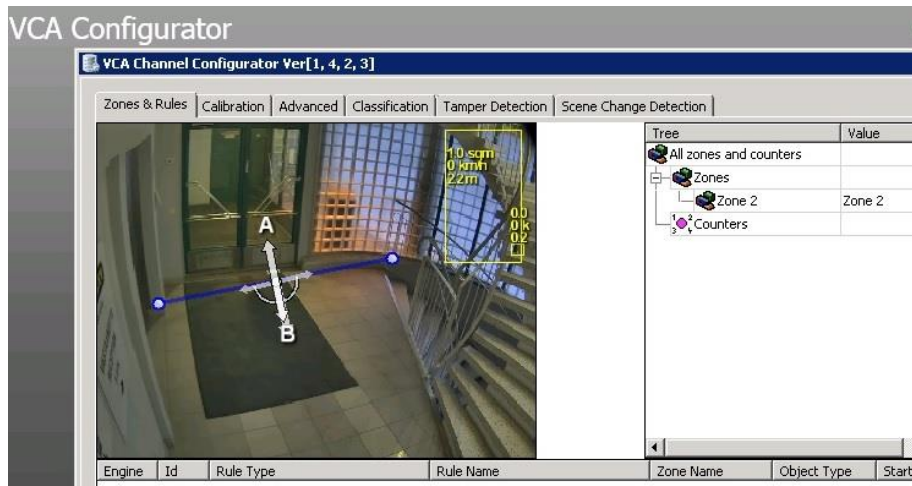
Tallentimissa videoanalyysi on viety pitemmälle. Markkinoilla on useita toimijoita videoanalytiikan toimittajia. Kohteessa käytössä on ollut Mirasys IVMS -järjestelmä, joka päivitettiin opinnäytetyön yhteydessä uuteen 7.4.4 versioon. Samalla käyttöön otettiin Mirasys-järjestelmän VCA (Video Content Analytics) -analytiikkaominaisuus ja WEB-raportointi.

Mirasys VCA -analytiikalla voidaan toteuttaa kuvassa 9 esitetyjä useita erilaisia video-analytiikkatoimintoja. Integroitaessa Mirasys IVMS -järjestelmään, kuten Unisoniin, voidaan siirtää kuvan 9 mukaisia virtuaalisia hälytyksiä järjestelmästä toiseen



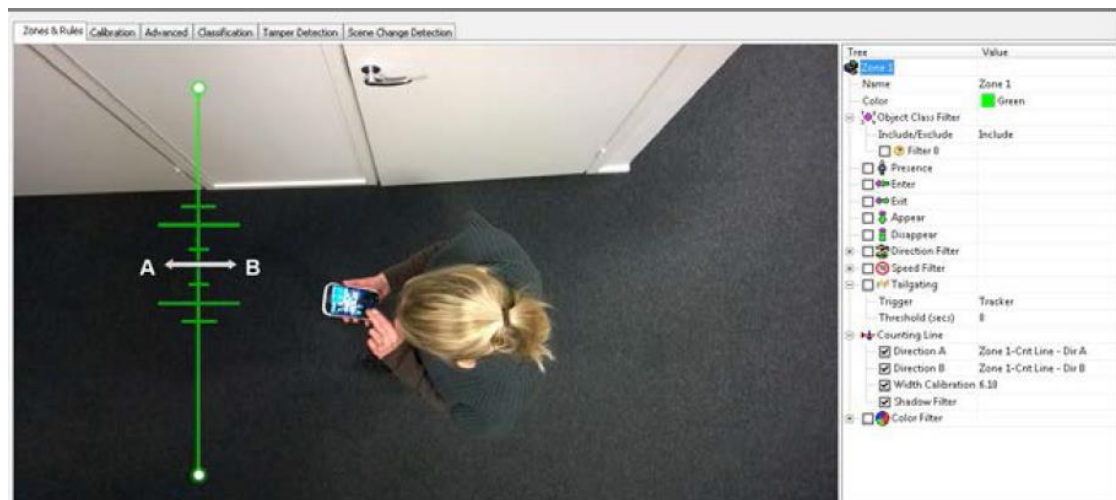
Kuva 9. Mirasys-kameravalvontajärjestelmän VCA-analytiikan kuva analytiikkaominaisuuksia

Tietoina voidaan kerätä esimerkiksi henkilöiden siirtyminen alueelta toiseen. Tällä tavalla on toteutettu kuvassa 10 esitetty Stanley Securityn pääovi. Samalla voidaan tehdä henkilönlaskentaa ja analysoida muita tapahtumaan liittyviä toimintoja. Tämän työn periaatteen mukaisesti kameral toimivat kuitenkin edelleen pääosaksi turvallisuus eli tapahtuman tallennus- ja tunnistustehtävissä.



Kuva 10. Stanley Securityn sisäänkäynnin 3.2.2016 Mirasys VCA –analytiikka ohjelmasta katsottuna.

Kuvien käyttöanalytiikka perustuu kameran kuvan pinta-alaan, nopeuteen sekä suuntaan ja näin alkukonfiguroinnilla on suuri merkitys luotettavuuteen. Analytiikan tarkkuutta kasvattamalla myös virheet lisääntyvät. Virheitä voidaan pyrkiä poistamaan asettamalla kamera kuvan 11 mukaisesti pystysuoraan asentoon kulkuaukon päälle.



Kuva 11. Mirasys VCA ohjeistus pystysuoran kameran seimerkki sijoittamisesta [21, s.34]

Tällöin menetetään kuitenkin turvallisuusmielessä tärkeä henkilön tunnistaminen. Kaikissa kuva-analytiikkalogiikoissa pystysuoraa asennusta ei välttämättä vaadita. Dahuan kameroiden analytiikassa suositeltava asennuskulma henkilön tunnistamiseen on kuvan 12 mukainen 40° – 60°:n välinen kulma. [19, s 5-7].



Kuva 12. Dahuan analytiikan ohjeistus ja mallikuva kameran sijoittamisesta [19, s. 5,7].

Tällöin tunnistettavuus kuvasta paranee, mutta koska tämä on kameraan sidottu ominaisuus tarkoittaa tämä myös olemassa olevien kameroiden vaihtamista uusiin.

Markkinoilla on myös järjestelmiä, joiden tarkoitus on pelkästään analysoida kulkua kuvan perusteella.. Esimerkkinä voidaan käyttää Ariki OY:n maahantuomaa IEEE PC (Person Counter) tuoteperhettä, joista kuvassa 13 on muutama tuote. Tällä tuotteella päästään toimittajan mukaisesti hyvin tarkkaan 99 %:n laskentaan. Sen pääasiallinen tarkoitus tuotteena onkin poistaa henkilöseuranta, joka tahallaan tai vahingossa tehtynä aiheuttaa kulunvalvontaturvallisuusriskejä, mutta myös kulunvalvonnallisten alueiden laskentavirheitä. [20].



Kuva 13. IEEE PC henkilöseuranta tuotteita ja esitys havainnointi tavasta. [20]

2.2.6 Paloilmoitin

Paloilmoitinjärjestelmä on oleellinen ja pakollinen osa kiinteistöturvallisuutta. Sitä säätelevät tarkka turvallisuus laki ja säädökset. Itse paloilmoitinjärjestelmään ei näin saa liittää

erikseen sitä ohittavia tai hallinnoivia laitteita ilman paloviranomaisen hyväksyntää. Säännökset jotka määrittelevät toteutuksen ovat mm. Pelastuslaki (379/2011), E1 Rakennusten paloturvallisuus sekä näissä ilmoitetut standardit.

Paloilmoitinjärjestelmässä kuitenkin käytetään laajasti antureita, joilla mitataan ilman hiukkaspitoisuuksia ja lämpötiloja. Näistä voidaan saada ohjaus tietoa muun järjestelmän ohjaamiseen. Kuitenkin ilmaisimet, joita kohteissa mm. Stanley Securityn toimesta käytetään, on suunniteltu nimenomaan analysoimaan mm. hiukkasia sisäilmasta. Näin ne eivät keskity esim. CO²-mittaamiseen, jolla voitaisiin säätää erikseen ilmanvaihtoa. Vaikka lämpötilojen seurannasta saataisiinkin hyödyllistä tietoa joissain kiinteistöissä, ja hälytysääriarvot voitaisiin asettaa hälyttämään tai ohjaamaan muuta järjestelmää. Tämä ei tuo jatkuvasti käytettävien kiinteistöjen osalta merkittävää parannusta kiinteistön muuhun toimintaan tai sen tehokkuuteen.

2.2.7 Henkilö- ja tavarapaikannusjärjestelmä

Suomessa ja varsinkin sairaalaympäristöissä käytössä on muutamia erillisiä henkilöitä reaaliaikaisesti paikantavia tuotteita. Stanley Security edustaa suomessa Stanley Healthcaren AeroScout -tuotetta. Tämä tuote perustuu kiinteistön oman WLAN-verkon hyödyntämiseen. Huoneeseen tai haluttuun osakokonaisuuteen sijoitetaan ”ärsykelaite”. Laite voi toimia mm. UHF- tai mikroaalloilla. Ärsykelaite laukaisee henkilön mukana olevan lähettimen lähettämään tarkan ja reaaliaikaisen tiedon WLAN yhteydellä AeroScout-palvelimelle. Järjestelmän lähettimien hinnan ollessa riittävän alhaisia voidaan henkilöä tai laitteita sekä näiden liikennettä reaaliaikaisesti seurata kuvan 14 mukaisella grafiikalla. Henkilön kulkutieto voidaan puolestaan ohjata kulunvalvontajärjestelmään, kuten Lenel OnGuard tai integrointijärjestelmään, kuten Timecon Unison. Jälkimmäiseen ei vielä kirjoitushetkellä ole toteutettu integraatiota, mutta kehitystyö on työn alla.



Kuva 14. Stanley Heathcaren AeroScout myyntimateriaalissa esitetty henkilönpaikannus sekä yleinen paikannuksessa käytettävä paikannuslaite

Toteutuessaan integraatio ei välttämättä ole suunnattu normaalia toimistohenkilön tarpeisiin. AeroScoutin käyttötarkoitus suomessa ei suoranaisesti ole seurata henkilöä vaan esim. sairaalaympäristössä paikantamaan hälytyksen antanut sairaalahenkilöstön jäsen esim. päällekkäustilanteessa.

AeroScoutin perustuu kiinteistön sisäiseen paikannukseen, mutta markkinoilta löytyy ulkotiloihin ja esim. kännykän paikallistamiseen liittyviä järjestelmiä. Tällaisia ovat mm. Everon ja Stanley Guard. Jatkossa tällaiset sovellukset ja esim. mobiililähtöiset sovellukset voivat paikallistaa puhelimen olevan oven vieressä ja toimia näin toissijaisena varmistuksena järjestelmälle. Vielä pitemmälle vietyä henkilön paikkatieto voi olla jatkossa myös ärsyke kiinteistön toiminnan, kuten esim. pihavalaistuksen, sytytykselle.

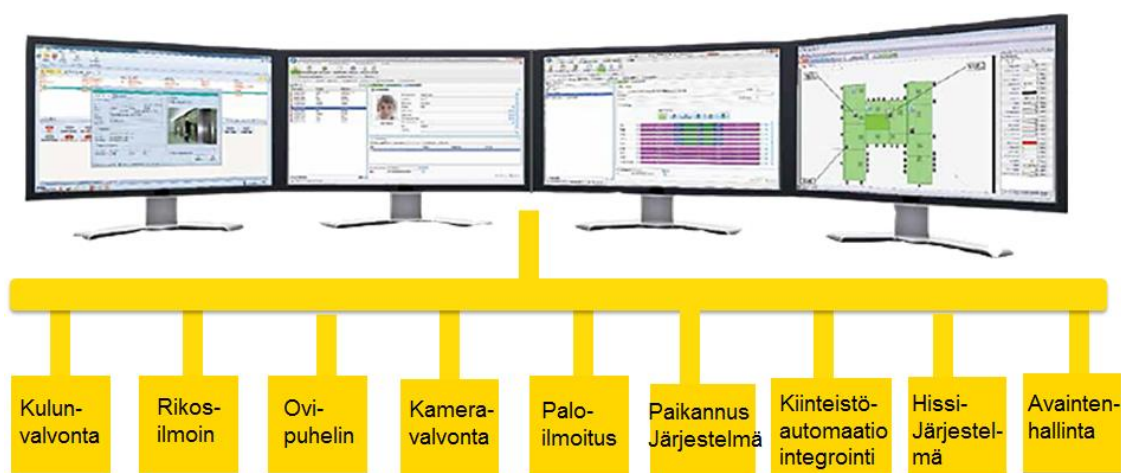
2.2.8 Integrointijärjestelmä

Kiinteistöön on opinnäytetyön toteutushetkellä asennettu integrointijärjestelmä Timecon Unison. Integrointijärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa itsessään ei ole välttämättä mitään erillistoimintoja vaan järjestelmä käyttää eri alijärjestelmien ominaisuuksia. Kirjoitus hetkellä järjestelmän piiriin on asennettu Pacom kulunvalvonta ja murtosuojausjärjestelmä, Mirasys IVMS -järjestelmä ja Axis-kameroita.

Integrointijärjestelmä mahdollistaa kuitenkin useiden eri toimijoiden järjestelmien liittämisen kiinni osaksi järjestelmää. Integrointijärjestelmässä liittäminen tapahtuu palvelinta-

solla, jolloin alijärjestelmät voivat hyödyntää näiden omia asennustyökaluja ja parhaimpia ominaisuuksia niillä tehtyyn toteutukseen. Integrointijärjestelmä hyödyntää näin ominaisuuksia, joita alajärjestelmät tarjoavat sille käytettäväksi.

Yhden yhteisen käyttöliittymän lisäksi integrointijärjestelmään voidaan automatisoida yhden tai useamman järjestelmän keskinäiset toiminnot. Tällä voidaan saavuttaa käyttöä avustavia ja tehostavia toimenpiteitä. Toimenpiteiden automatisointi tapahtuu täysin käyttäjistä riippumatta ennalta annettujen ehtojen täytyessä. Ehdot ja mahdolliset toimenpiteet ovat jokaisen alajärjestelmän tarjoamia erillisominaisuuksia.



Kuva 15. US EMPASY 31.3.2016 esittelytilaisuuden kuvaus Timecon Unison –integrointijärjestelmästä.

3 Esimerkkikiinteistö

Opinnäytetyössä käytettävä esimerkkikiinteistö on Stanley Security Oy:n pääkonttori. Pääkonttori sijaitsee osoitteessa Kumpulantie 13, Helsingissä. Stanley Security Oy (entinen Niscayah Oy) muutti kiinteistöön 2011.

3.1 Kiinteistön nykytilanne

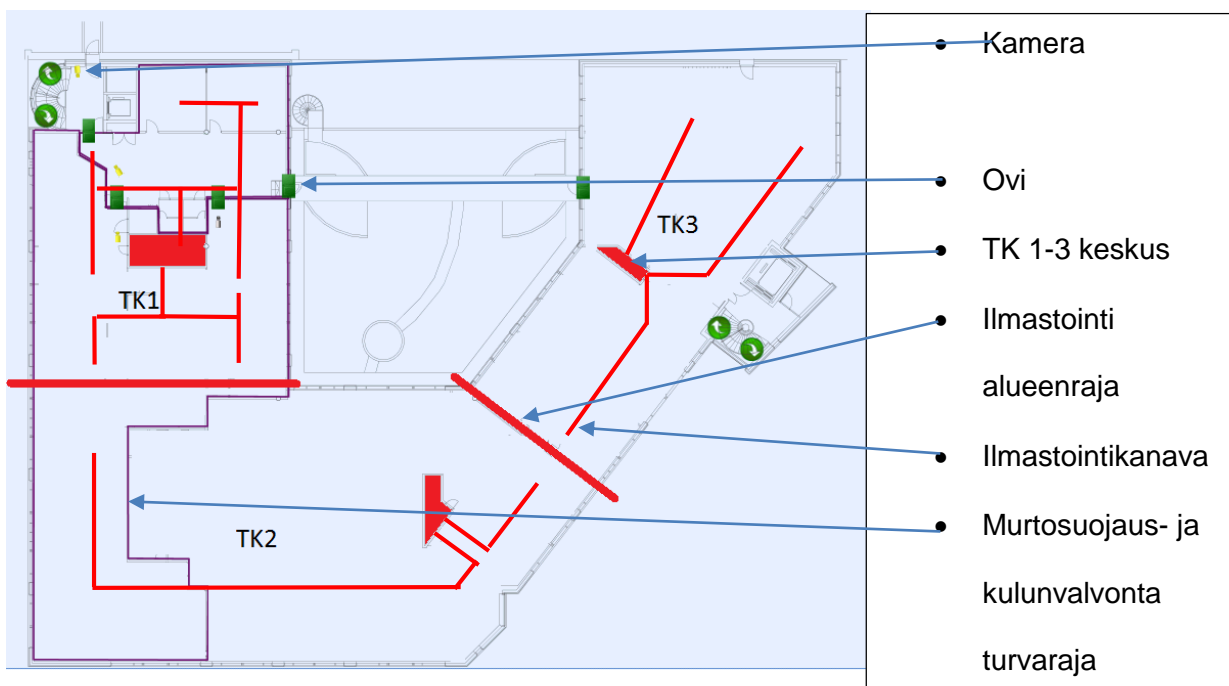
Kiinteistössä on katolla toimiva kolmiosainen ilmastointi laitteisto. Ilmanvaihdon ja rakennuksen valmistusvuosi on 1998. Ilmastointia ajetaan näistä TK1 – TK3 tuloilmakonein kaikkiin kerroksiin. Poistoilma poistetaan huippumurein samoilta tuloilmakoneiden

alueilta ja WC:n, tupakkahuoneiden sekä liikuntatilojen alueelta erillisillä huippuimureilla, joiden konekorteista saadut tehoarvot on esitetty taulukossa 1

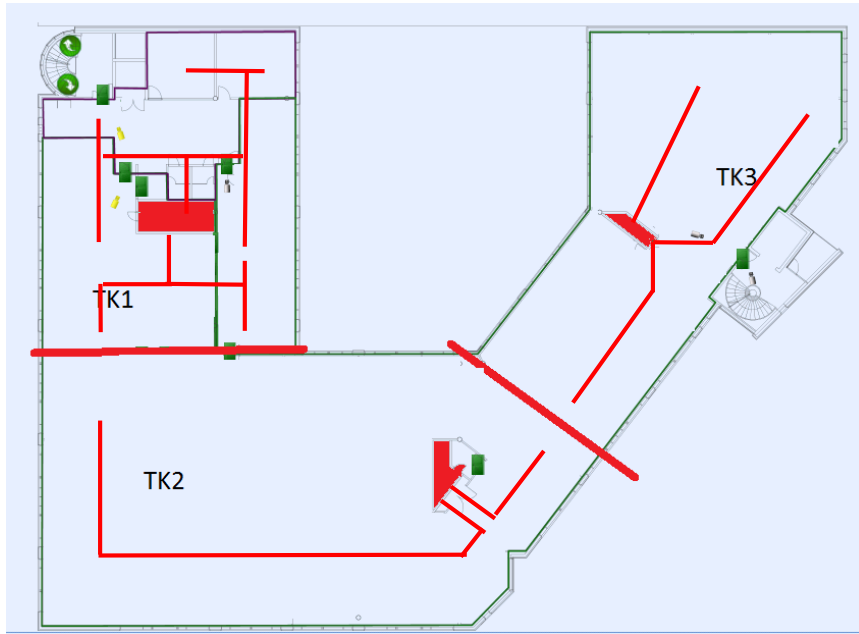
Taulukko 1. Konekorteista saadut energian käyttötiedot [23]

	Lämmitys	Jäähdytys	teho	Tuloilma	Poistoilma
TK1	126	84,8	69,91	3,5	4,01
TK2	129,6	87,1	80,2	3,6	3,5
TK3	194	131,1	316,57	5,4	6,21
Yht.	449,6	303	466,68	12,5	13,72

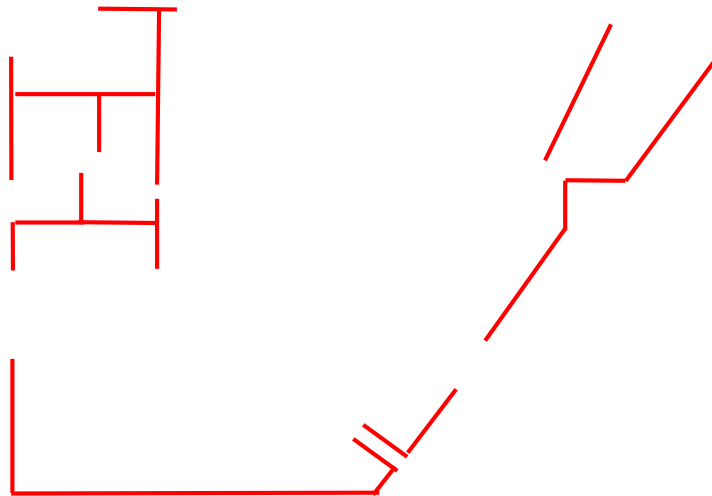
Laitteiston elinkaaren aikana on muutoksia tehty paljon kiinteistön sisätiloihin. Tästä johtuen alueet eivät jakaudu ilmastointialueiden suhteen eivätkä myöskään yritysrajat. Alueiden rajat on alun perin ohjattu aikaohjelmassidonnaisesti. Tämä ei kuitenkaan ole toiminut erilaisten käyttötarpeiden ja mm. jatkuvasti miehittyjen valvomoiden takia. Ilmastointia on myös yritetty ohjata manuaalisella jatkoaikatoiminnolla. Mutta lopputuloksena on kuitenkin päädytty jatkuvaan ilmastointiin. Tämä antaa vertailukohdan kuinka paljon voidaan säästää verrattuna aikaohjaukseen tai jatkuvan ajoon.



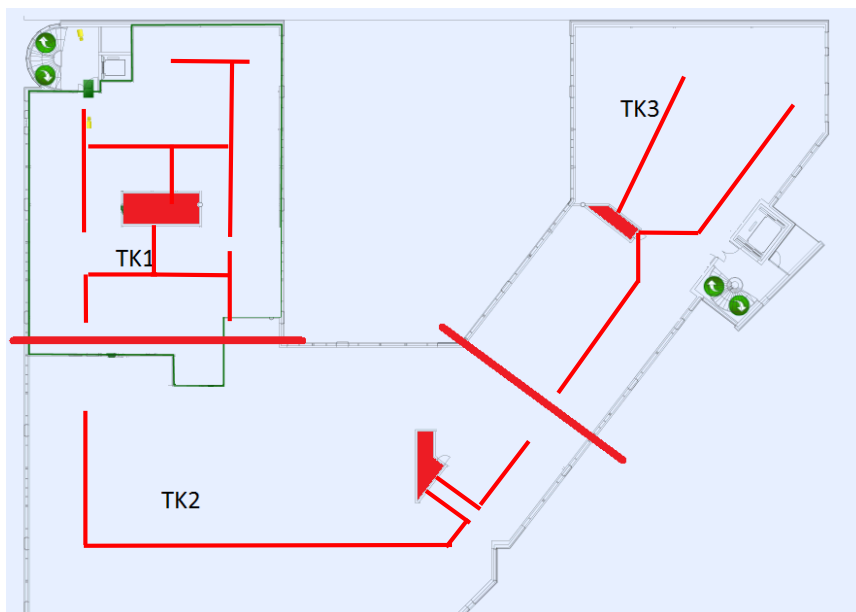
Kuva 16. Kerros 3 turvallisuuslaittein, turva- sekä ilmastointialuerajauksin ja ilmastointilaitteittain kuvattuna. [22].



Kuva 17. Kerros 4 turvallisuuslaittein, turva- sekä ilmastointialuerajauksin ja ilmastointilaitteittain kuvattuna. [22].



Kuva 18. Kerros 5 toteuttaa samaa ilmastointisuunnitelmaa, mutta kuva ja rajaukset joudutaan pitämään arkaluonteisuuden takia salaisina. [22].



Kuva 19. Kerros 6 turvallisuuslaittein, turva- sekä ilmastointialuerajauksin ja ilmastointilaitteittain kuvattuna. [22].

Timecon Unison -grafiikasta johdetuissa kuvissa 16–19 on esitetty kiinteistön alueet. Samat alueet jakautuvat kirjoitushetkellä kolmeen erillisen yrityksen alaisuuteen. Yritysrajauksesta johtuen tiedot ilmastoinnin tarpeesta ja sen käyttösuuksista muiden yritysten osalta ei voida arvioida. Laskelmat perustuvat näin tulokonealueiden TK1 - TK3 ilmanvaihtoon ja tästä siihen, joka on Stanley Securityn käyttämää osuutta. Kuvat on yksinkertaistettu käsittämään vain murtosuojaus- sekä kulunvalvonta-alueet. Kuviin on lisätty vain tätä ja laskennallisia merkityksiä omaavat sisältävät ovet, muut ovet ovat selkeyden vuoksi poistettu kuvista. Kuvista löytyy myös valitut kamerat, jotka ovat olennaisessa osassa mahdollisuudesta käyttää kameroita henkilölaskennassa.

3.2 Energiahävikit

Turvatekniikan käyttäminen osana energiahäviön estämistä ei ole nykyisillä tuotteilla järkevää. Näin olemassa olevat hävikit kiinteistön osalta jäävät voimaan. Mikäli ikkunoihin liitettäisiin ohjattavissa oleva aktiivinen aurinkoverhoilu, säästettäisiin kesän aikana jäähdytykseen liittyvää energiaa. Kiinteistössä on tällä hetkellä kosteuspiesteeseen perustuva jäähdytys, joka estää laajamittaisen jäähdytyksen käytön. Näin ollen jäähdytyksen täysi-

määräinen toimivuus rajoittuu ja energiamäärä jää rajalliseksi. Ilman lämpötila huoneympäristössä saattaa kuitenkin nousta, joka ei täytä aina toimistoon D2-rakennusmääräyskokoelman asettamia vaatimuksia.

3.3 Kiinteistötekniikan kartoitus

Kiinteistön ilmanvaihtotekniikka on toteutettu vuonna 1998 ja siihen liittyviä dokumentteja oli rajallisesti hallinnoivilla henkilöillä käytössä. Näin ollen tiedot perustuvat ilmanvaihdon kerroskohtaiseen IV-piirustuksiin ja konekortteihin.

Laskennassa käytetyt tulokoneet jakautuminen eri yritysten alueisiin johtaa laskennan keskittymiseen vain Stanley kiinteistö osuuteen. Se toimii kuitenkin suhteellisen osan taustavertailussa. Mutta samalla koko kiinteistön kulutusarvojen esittämisessä joudutaan tekemään oletuksia, joka johtaa tarkkuuden vähenemiseen. Koska muihin osuuksiin sekä joihinkin pohjatietoihin ei löydy riittävästi arvoja tarkan tuloksen saavuttamiseksi, on merkittävin tieto saatujen arvojen keskinäinen erotus.

3.4 Nykyiset energiankulutukset

Energiakulutuksessa asiakkaalle merkittävä asia on ostoenergiaan kuluvat eurot. Näin ollen energiatehokkuuteen tuotantomallin kertoimien käyttäminen ei myöskään muutu vanhoissa kiinteistöissä eikä se suoraan muutu käytettäessä turvalaitteiden laskenta tietoja. Näin ollen ostoenergia tulee selvittää D5:n esittämällä tavalla, koska omaa sähkötuotantoa ei ole, siten voidaan käyttää kaavaa 1 liitteessä 19.

3.4.1 Lämmitysenergian tarve

Lämmitysenergian tarve ($Q_{Lämmitys}$) lasketaan liitteen 20 kaavalla 8. Tässä voidaan hyödyntää arvoa laskien ulkomateriaalien ilmastointipiirustuksista saatuja johtavuusarvoja sekä sisäpintojen mittakaavoja. Piirustuksista selviää sisähuoneiden korkeudeksi 2200 mm. Koska ikkunoiden ylä- ja alapohjan lämmön läpäisyarvoa ei tunneta, käytän niihin vertailuarvona RakMK:n vuoden 2010 voimaan tullutta vähimmäisvaatimusta. Näitä arvoja käytettäessä saadaan taulukon 2 mukaiset pohja-arvot.

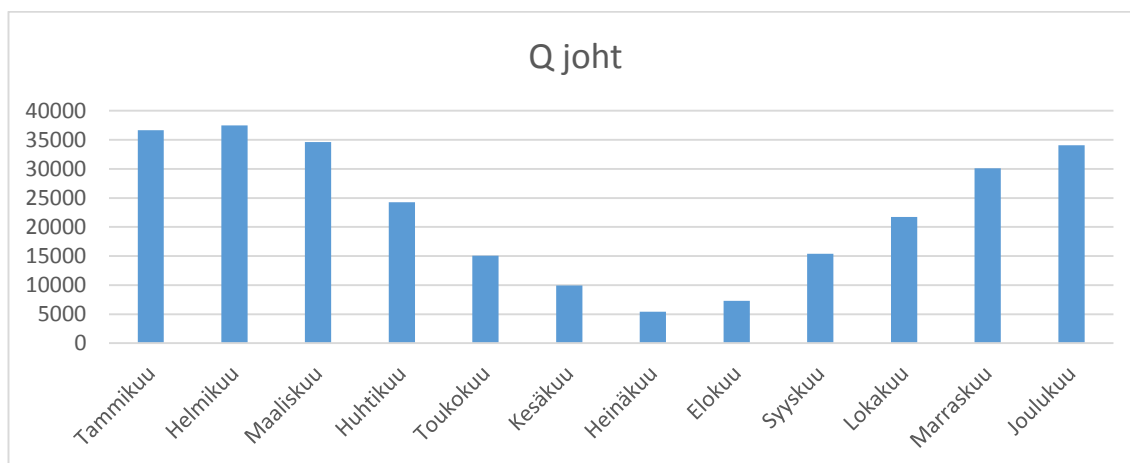
Taulukko 2. Taulukko laskennallisista pinta-aloista ja lämmönläpäisykertoimista jotka käytetään osoittamaan suuntaavaa arvoa lämmönläpäisyn vaikutukseen laskennassa. [22]

	Pintaala ($k \times l = a$) mm, m^2			Lämmönläpäisykerroin (W/m^2)
US1	2200	85806	106,757	0,28
US5	720	46605	82,016	0,25
Ikkuna	1480	132770	196,500	1 (tuntematon joten käytetään RakMK:n minimi 2010)
Ikkunan ylä- ja alapuoli	720	86165	201,810	0,28
Yläpohja			1447,22	0,09 (tuntematon joten käytetään RakMK:n minimi 2010)
Alapohja			1447,22	0,16 (tuntematon joten käytetään RakMK:n minimi 2010)

Tilaan liittyy vertailuarvo, jossa kiinteistön johtamisavo ei poikkea toisista lasketuista arvoista. Arvo lasketaan näin vertailuarvon vuoksi käyttäen ilmastointikuvien U-arvoa ulkoseinille. Laskenta tehdään aikaisemmin esitetyllä laskentaan kaavalla 11 liitteessä 4. Koska kuvia ei ole kuin yhden kerroksen osalta, lasketaan vertailuarvossa tämä sama kaikille kerroksille. Näin muutetaan todellinen johtamisarvo (Q_{joht}) arvoksi, joka vastaa laskennan tarpeita Q_{joht} (vertailu)

$$Q_{joht} \approx Q_{joht}(\text{vertailu})$$

Laskettaessa $Q_{joht}(\text{vertailuarvo})$ arvoja saadaan kuvan 20 mukaiset johtamisarvot, joiden tarkempi kuvaus löytyy liitteestä 4.



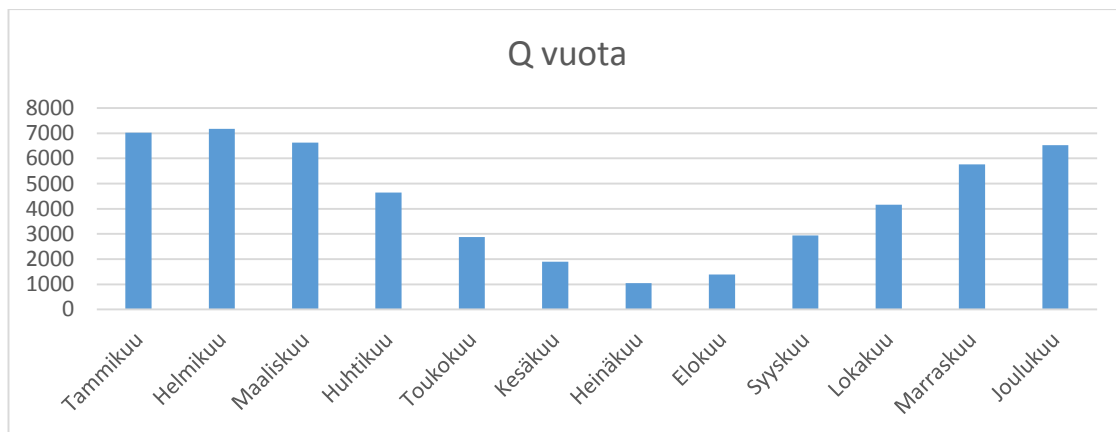
Kuva 20. Esimerkkirakennuksen lämpinpintarajoista materiaalin läpi johtava energia kuukausittain esitettynä.

Vuotoilma ($Q_{vuoto(vertailuarvo)}$) lasketaan liitteen 5 kaavan 12 mukaisesti yleisillä oletusarvoilla ja saadun tiedon pohjalla. Kuten johtamisarvon yhteydessä, vuotoilman laskentaan käytettävät arvot eivät ole tarkkoja vaan laskennallisia ja tarkoitukseltaan esittää suhteellista osuutta itse kuorman arviointiin. Muun muassa kylmäsiltoja ei erikseen vertailuun lasketa.

Kaavassa 12 esitettyä vuotoilmaa q_{50} lasketaan periaatteen $4 \text{ m}^3\text{W}/\text{hm}^2$ mukaan, koska oikeaa vuotoilmaa ei tunneta.

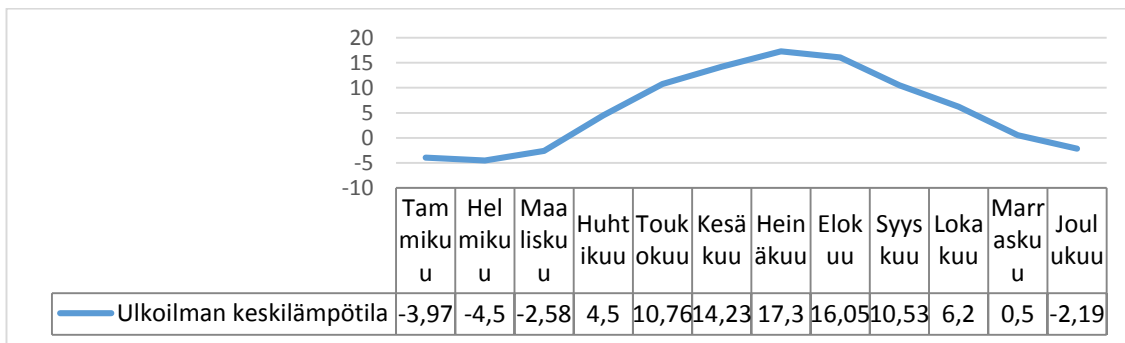
$$q_{v,vuoto} = \frac{q_{50}}{3600 \times x} A_{vaippa}.$$

Koska tarkasteltava kiinteistö on 6-kerroksinen, on x kerroin tällöin 15, jolloin arvoiksi saadaan kuvan 21 mukaiset arvot. Tarkemmat kuvaukset saaduista arvoista on esitettyä liitteessä 5.



Kuva 21. Esimerkki kiinteistöstä vuotoilman kautta menetettävä energia arvot kuukausittain esitettynä

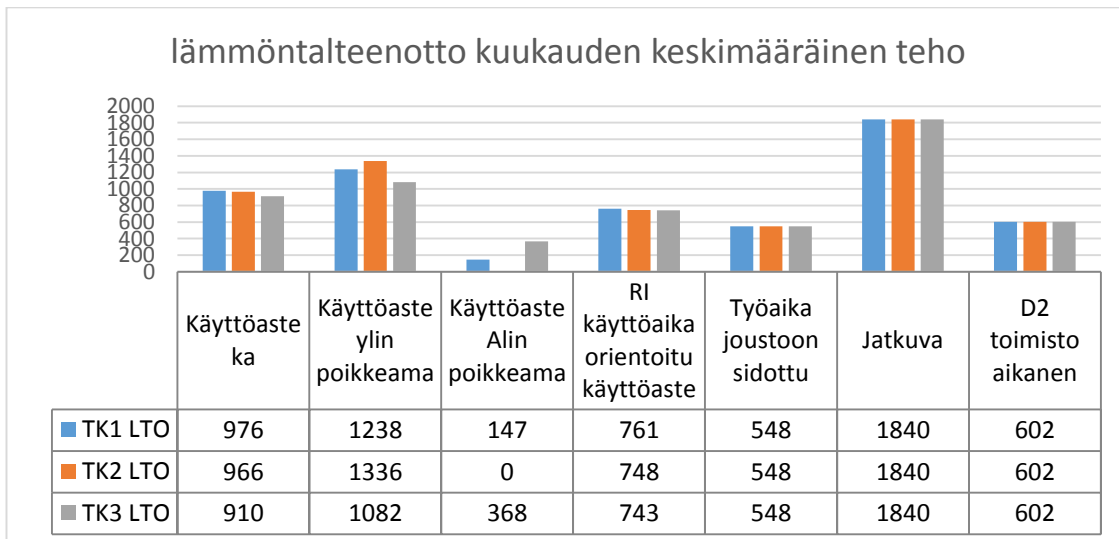
Ilmanvaihdon lämmöntarpeen (Q_{iv}) voidaan kaavan 2 mukaan ja alaluvussa 2.1.2.1 esitetyn oletusarvoin. Tästä voidaan kääntää laskenta arvoksi TK1–TK3:lle, käyttäen D3-rakennusmääräyskokoelmasta saatavia vyöhyke 1 ulkolämpötiloja (T_u). Laskennoissa käytetyt ulkolämpötilat ovat esitettynä kuvassa 22.



Kuva 22. D3 mukainen vyöhyke 1 ulkolämpötilat eri kuukausina

Kaavassa lasketaan jokaiselle tuloilmakoneelle erilliset arvot. Laskentakaavaan sijoitetaan jokaiselle tuloilma-alueella lämmöntalteenotolla talteen otettu teho. Teho lasketaan D5-rakennusmääräyskokomemasta saatavalla kaavalla [4, s. 21].

LTO1:n, LTO2:n ja LTO3:n lämmöntalteenoton kuukauden keskimääräinen teho lasketaan käyttäen käyttöastetta jokaiselle tuloalueelle erikseen. Kun laskennassa huomioidaan vertailuissa käytettävät käyttöasteet, voidaan lasketut ja liitteessä 3 osoitetut arvot esitetään kuvan 23 mukaisina.

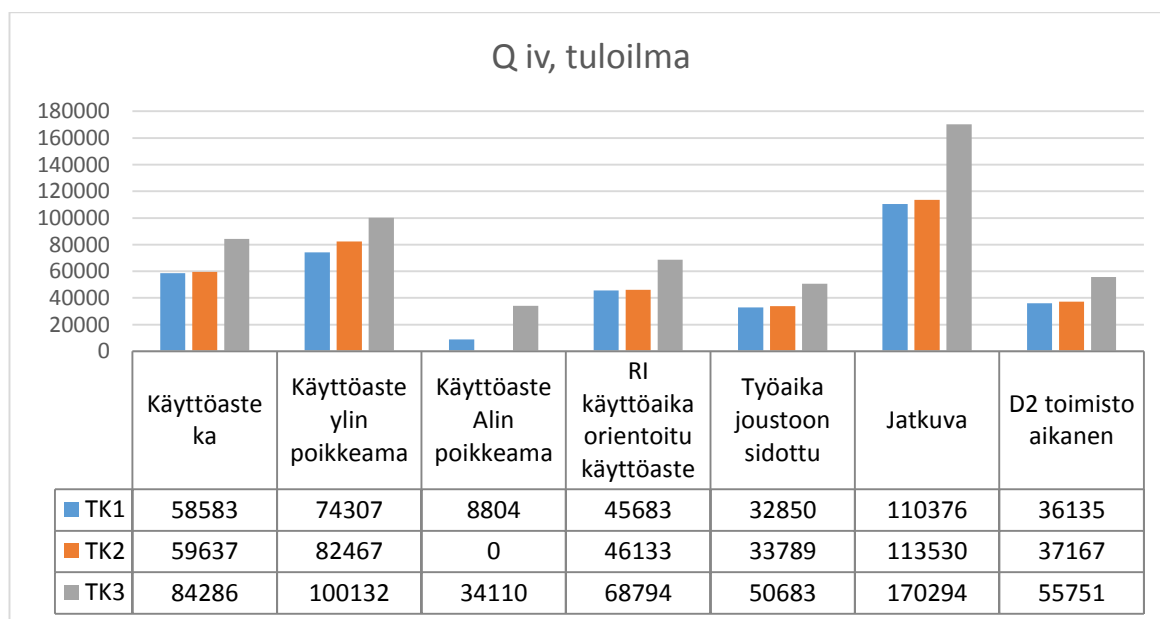


Kuva 23. Lämmön talteenottolaitteiston talteenottama energia vuositasolla erikäyttöasteitakäyttämällä.

Talteenotosta saatu lämpö lasketaan näin myös käyttäen kuvan 22 lämpötiloja. Lämpötila lasketaan jokaiselle kuukaudelle ja siitä yhteen jokaiselle tulokoneelle erikseen kaavalla 3 liitteessä 6.

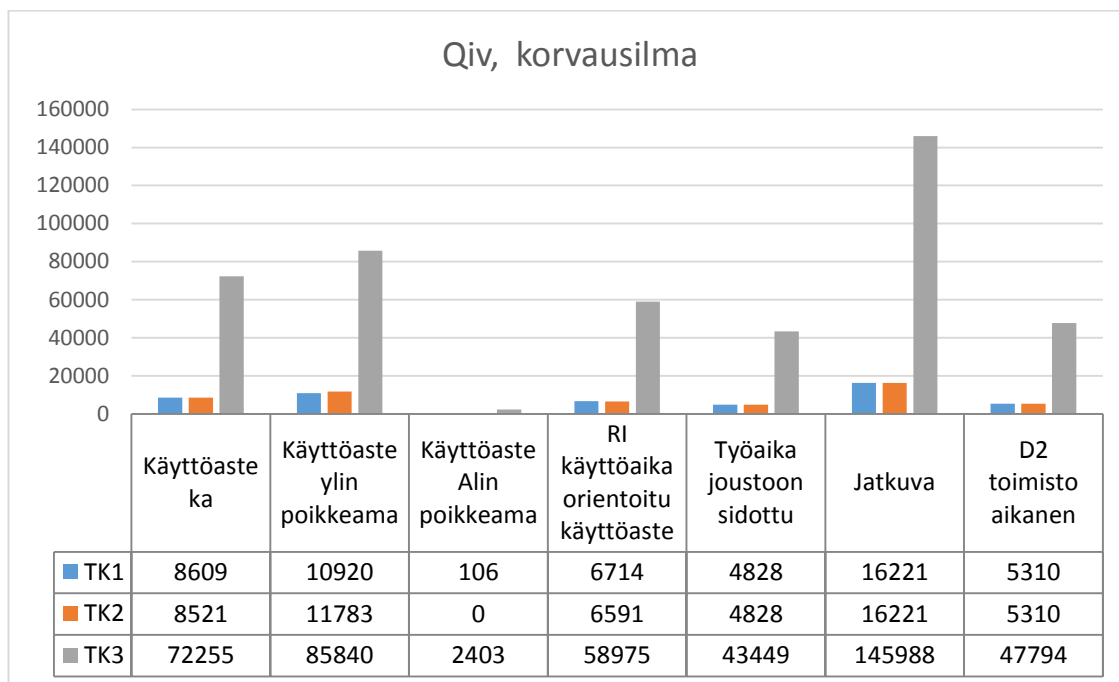
Vertaamalla liitteen 6 arvoja, joita erikäyttöasteella saavutetaan, voidaan nähdä että LTO:n käyttöön ei käyttömäärällä ole merkittävää vaikutusta. Saatava lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila asetetaan iv:n tehokaavioon (T_{ltoTKx}) kuukausikohtaisesti. Saatu arvo vähennetään sisälämpötilan (T_s) ja tuloilmavirran ($T_{puhallin}$) lämpötilan erotuksesta. Tarkkojen lämpötila-arvojen puuttuessa D5-rakennusmääräyskokoelman mukaisesti käytetään tuloilmavirran lämpötilaa arvoa 0,5 sekä sisään puhalluslämpötilana voidaan käyttää 21 °C:ttä. [4, s. 22; 1, s.6].

$Q_{iv,tuloilma,TKx}$ on tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, joka lasketaan tuloilmakonekohtaisesti ja jokaiselle kuukaudelle erikseen. Tuloilma lasketaan liitteessä 8 kaavalla 4 ja laskennan tulokset on esitettyä myös esitettyä liitteessä 8. Yhteenlaskettuna vuoden osalta saadaan kuvan 24 osoittamat tulokset.



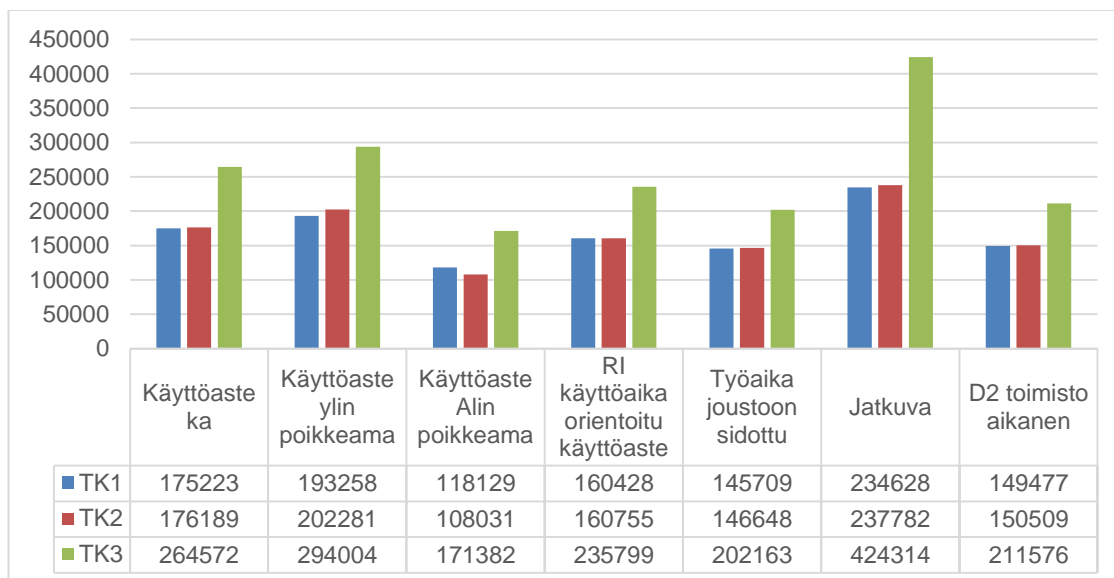
Kuva 24. Tuloilma tuloilmakoneittain ja eriteltynä ohjaustiedon mukaan.

Korvausilma ($q_{v,korvausilma}$) puolestaan lasketaan liitteessä 9 kaavalla 5. Se määräytyy tulokoneille käyntiajan mukaan ja käyntiaika saadaan suoraan turvalaitteista. Turvalaitteiden käytöstä, voidaan johdatettuja arvoja verrata laskennallisiin arvoihin liitteessä 9 ja kuvassa 25 osoitetuin arvoin.



Kuva 25. Korvausilmaan käytettävä energia tarve tulokoneittain.

Tällöin voidaan liitteen 10 kaavan 9 mukaisesti laskea kuukausittaiset erot ja tuloilmakoneiden käyttöasteen energiatarve arvot. Laskennan tulokset on esitettyinä liitteessä 10 ja kooste esitetään kuvassa 26.



Kuva 26. Tilaan kohdistuva energiatarve (Q_{tila} (vertailuarvo)) käyttöasteittain ja tulokoneittain eroteltuna.

Rakennuksen lämmityksen nettoenergiatarpeet saadaan vähentämällä tilaan liittyvät lämpökuormat lämmitystarpeesta (liite 11 kaava 10).

Lämpökuorma voidaan laskea D5-rakennusmääräyskokoelman kaavan mukaan

$$Q_{henk} = \frac{kn\phi_{henk}\Delta t}{1000}$$

Q_{henk} on henkilöiden luovuttama lämpöenergia

k on rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä

läsnäoloa rakennuksessa

n on henkilöiden lukumäärä

ϕ_{henk} on yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä

haihtumislämpöä)

1000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Henkilöiden lämpökuorma on kuitenkin reaaliaikaiseen tilanteeseen vaihteleva ja näin laskennan vertailupohjaksi asetetaan D3-rakennusmääräyskokoelmasta saatavat oletusarvo 0,65 ja lämpökuormiin käytetään Taulun 3 mukaisia oletus arvoja.

$$Q_{henk} = kP \frac{t_d}{24} \frac{t_w}{7} \frac{8760}{1000}$$

K on käyttöaste joka toimistorakennuksessa oletuksena on 0,65

P on lämpökuorma W/m^2

τ_d on rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa joka annetuissa arvoissa on

11 h

τ_w on rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa, joka annetuissa arvoissa on 5d

Taulukko 3. Toimistossa käytettävien lämpökuormien oletus laskennalliset arvot

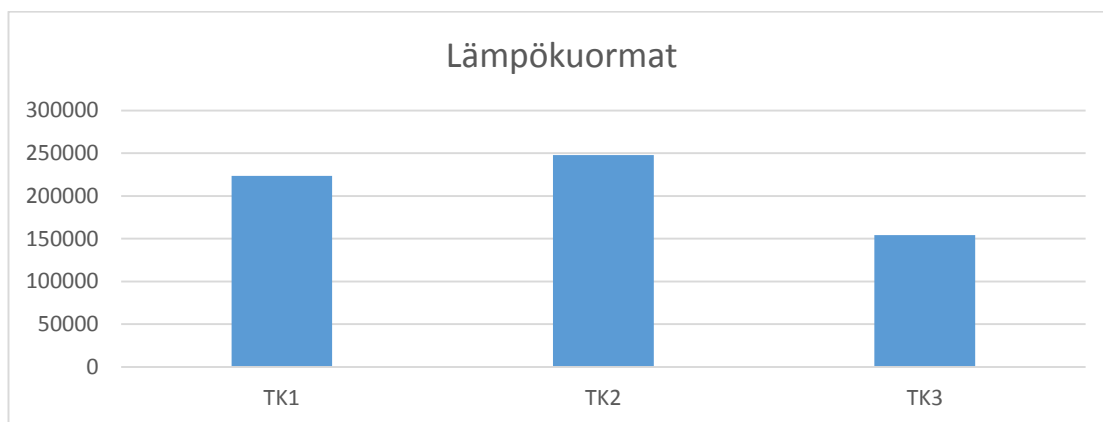
Valaistus	12 W/m^2
Kuluttajalaitteet	12 W/m^2
Ihmiset	5 W/m^2
Yhteensä (P)	29 W/m^2

Näin annetuilla arvoilla verrattavaksi oletusarvoksi laitteiden ja ihmisten osalta saadaan

$$Q_{henk} = 0,65 \times 29 \frac{5}{24} \frac{11}{7} \frac{8760}{1000}$$

$$Q_{henk} = 54,06 \text{ kWh/m}^2$$

Näin keskimääräisen henkilöiden tuoma lämpökuorma eri tuloilma-alueille voidaan laskea pinta-alaan perustuen vertailuarvoksi, joka on esitettyä kuvassa 27. [11, s.19].



Kuva 27. Henkilöiden aiheuttama lämpökuorma kiinteistölle tuloilmakoneittain jaettuna.

Sisään tulevan auringon säteilyn voi laskea Liitteen 23 kaavalla 20. Kiinteistössä on merkittävä määrä ikkunoita, joiden eteen ei ole minkäänlaista automaattista estettä. Ikkunoissa on kuitenkin kaihtimet mutta niiden käyttö perustuu jälleen käyttäjien toimintaan. Näin ollen on tärkeä laskea valon tuoma lämpökuorma niin että ikkunat suojattaisiin turhalta lämpösäteilyltä. Lämpökuorma auringossa voidaan laskea Stanley'n kiinteistöosan käytön kohdalta. Tämä tarkoittaa, että muissa osissa oleva käyttö katsotaan vakioksi ja lasketaan vain ero tiedetyn osan uudistamisen kohdalta.

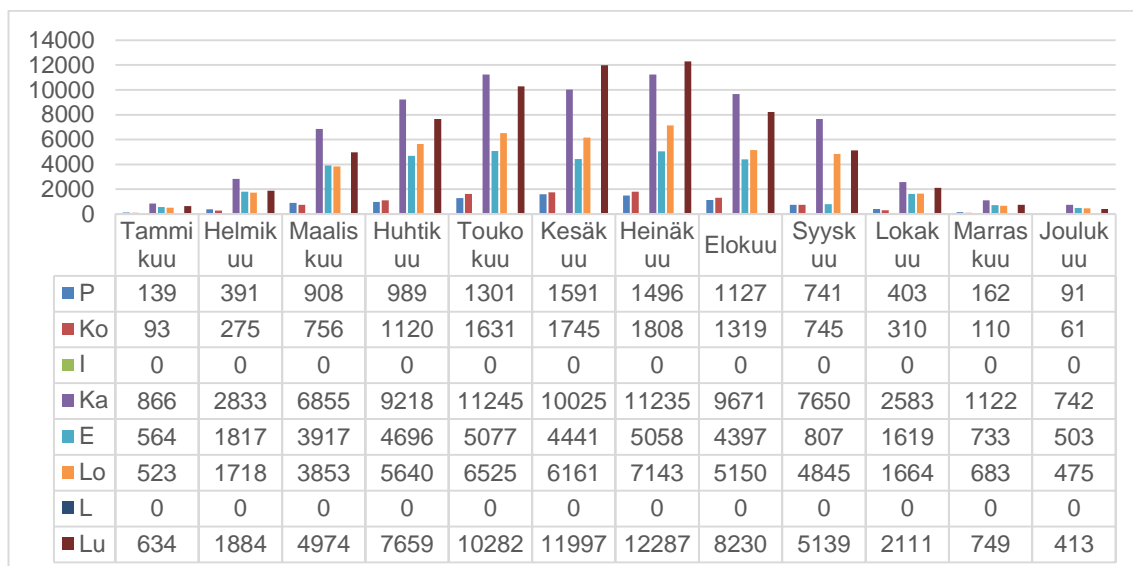
Kiinteistön suunta ei ilmene pohjapiirustuksessa mutta se voidaan varmistaa mm. Google maps-ohjelman satelliittikuvasta. Saadun ilmansuunnan perusteella voidaan pohjakuvasta jakaa ikkuna pinta-alat ilmansuunnittain taulun 4 mukaisesti [13; 22].

Taulukko 4. Ikkuna pinta-alat ilman suunnittain

P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
33,37	29,44	0,00	135,11	64,83	82,27	0,00	199,65

Ikkunoiden ollessa kolmilasinen ja yhteispinta-ala on taulukon 4 mukainen. Tällöin käytetään D5-rakennusmääräyskokoelman mukaisesti valoaukon auringon kokonaissäteily läpäisykertoimena (g) oletusarvoa 0,9. Myös Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimen ($g_{kohtisuora}$) käytetään oletusarvo 0,70 sekä auringon läpäisykokonaiskertoimena ($F_{läpäisy}$) käytetään oletusarvoa 0,75.

D3-rakennusmääräyskokoelman mukaisesti, aurinkosäteily kohteella on vyöhykkeen 1 mukainen. Näin laskennoissa käytetään myös D3:sta saatavia ja alla kuvassa 28 esitetyjä arvoja. Ikkunoista rakennuksen sisälle tulevan energia voidaan laskea ikkunapinta-aloja ja suuntauksia hyväksikäyttäen.. [4, s. 30-33; 11, s. 30].



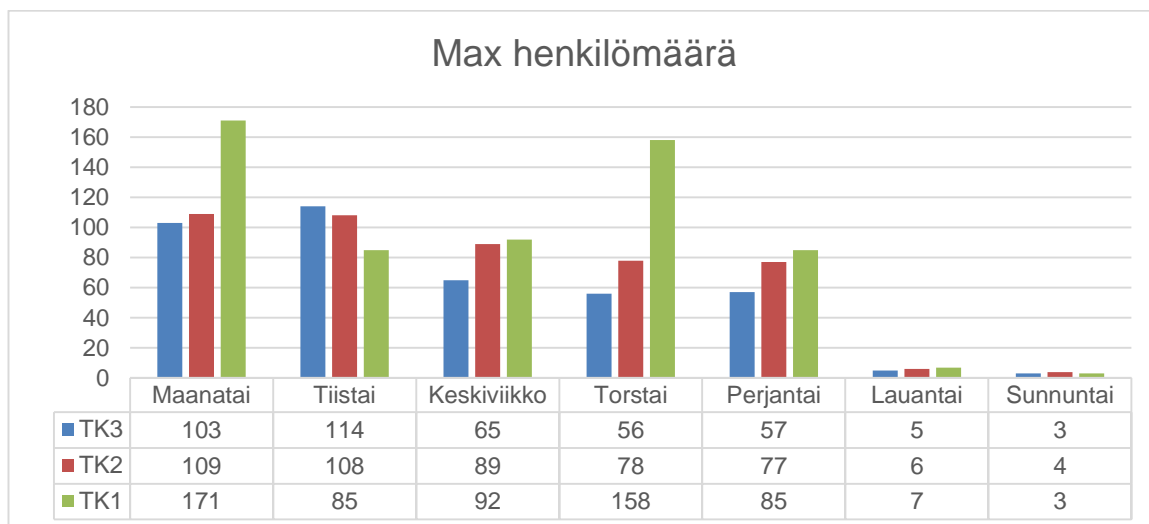
Kuva 28. Esimerkkikohteen lämpökuorman kohdentuva auringosta absorvoituva energia esitettynä ilmansuunnittain ja kuukausittain.

Lämmitetyn käyttöveden energiatarve lasketaan liitteen 24 kaavalla 21. Tällä kaavalla saatava arvo kuukaudelle on 29193 kWh/kk, josta D3:n mukaan voidaan 50 % hyödyntää lämpökäyttöön. Lopullinen lämpökuorma arvo kiinteistölle kuukaudessa on 14596 kWh/kk.

Henkilöiden tuottama lämpökuorma (Q_{henk}) lasketaan D5-rakennusmääräyksen oletusarvon mukaan. Eli yksittäistä henkilö vastaa 125 W lämpötuottoa, josta todelliseksi arvoksi lasketaan 85 W. Lisäksi käyttöasteena (k) käytetään D3:sen mukaisia arvoja. Tällä voidaan hahmottaa kiinteistön laskennallista käyttöä. [11, s. 20]

Henkilöiden tuoman lämpökuorman henkilömäärä (n) lasketaan sen mukaiseen, että käytetään laskenta-ajan aikaisesta suurinta arvoa. Tämä on esitettynä kuvassa 29. Itse todellista arvoa on vaikea arvioida, koska käyttöaste vaihtelee päivittäin. Haasteen muodostaa D3:n vaatimus, jossa ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaika saadaan rakennuksen käyttöajasta taulukon 3 perusteella niin, että ilmanvaihto käynnistetään 1 tunti ennen

rakennuksen käyttöajan alkua ja kytetään käyttöajan ulkopuoliseen tilaan 1 tunti käyttöajan päättymisen jälkeen. Tämä ei koske jatkuvasti käytettäviä rakennuksia. Kuten kuvassa 29 voi todeta että, käyttömäärät ja ajat vaihtelevat satunnaisesti ja ennakointi on näin vaikeaa. [11, s. 20]



Kuva 29. Suurin määrä viikonpäivänä henkilöitä eri tulokone alueella mittaus ajalla 2014–2015

Näin ollen lasketaan arvo kaavalla:

$$Q_{henk} = \frac{kn\phi_{henk}\Delta t}{1000}$$

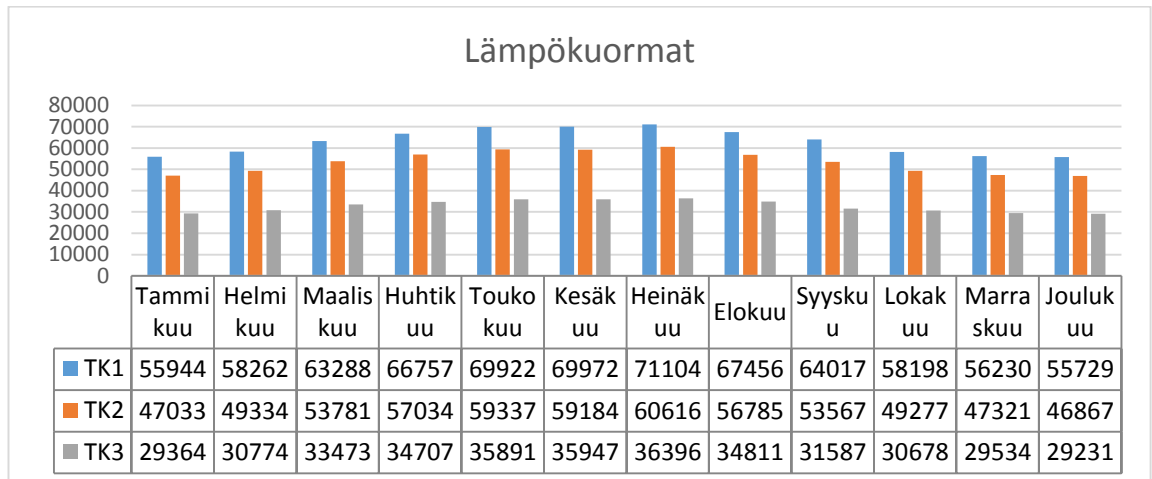
Valaistukselle ja kuluttajalaitteille voidaan laatia vuotuinen lämpökuorma kaavalla.

$$Q_{kuluttaja} = kP \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7} \frac{8760}{1000}$$

$$Q_{lamput} = kP \frac{\tau_d \tau_w}{24 \cdot 7} \frac{8760}{1000}$$

$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{säh} + Q_{aur} + Q_{lvk,netto}$$

Koska lämpökuormat vaihtelevat eri osin eri kuukausina saadaan jokaiseen tulokone alueeseen liittyvä lämpökuorma kuvan 30 mukaisesti.



Kuva 30. Esimerkki kiinteistön lämpökuormat kuukausittain ja tulokoneittain esitettynä.

Lämpökuormassa ei tarvitse analysoida eri käyttöasteita. Käytännössä niiden katsotaan olevan aina sama. Jotta tästä saadaan oikea lämpökuorman hyötykuorma ($Q_{sis\ lämpö}$), on lämpökuorma kerrottava kuukausikohtaisella hyötykertoimella

$$Q_{sis\ lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma}$$

Jossa

$$\eta_{lämpö} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}}$$

$$a = 1 + \frac{\tau}{15}$$

$$\gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}}$$

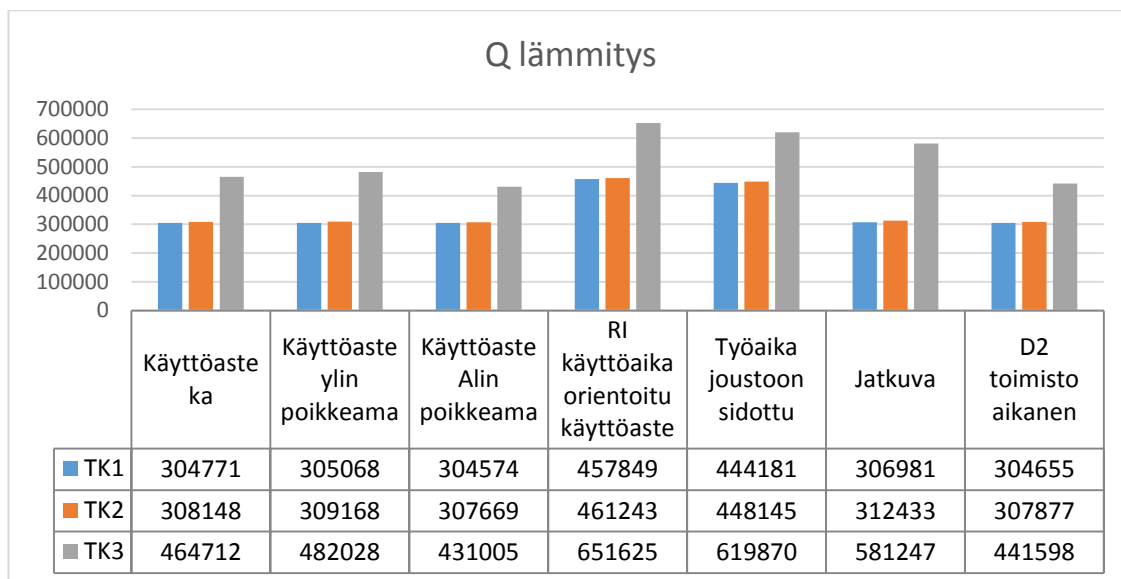
$$H_{tila} = \frac{Q_{tila}}{(T_s - T_U)\Delta t} 1000$$

$$\tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}}$$

Koska kiinteistö voidaan lukea keskiraskaaksi toimistorakennukseksi, käytetään rakennuksen sisäpuoliseksi teholliseksi lämpökapasiteetiksi (C_{rak}) 110 Wh/(m² K)

Asettamalla saadut lämpökuormat ja lämmitystarpeet liitteen 11 kaavaan 10 saadaan lämmitettyyn tilaan liittyvä nettolämmitystarve. Saadun netto-vertailuarvon siirtäminen laskennalliseen tilojen lämmitystarpeeseen tehdään liitteen 20 kaavalla 8.

Koska lämpöjärjestelmän vuosihyötysuhde on kaukolämmön mukainen 0,97, saadaan tiloille kuvan 31 mukaiset lämmitystarvearvot.



Kuva 31. Esimerkkikohteen vuosittainen lämmitys tarve eri tuloilmakoneittain jaettuna.

Tilojen lämpökuorman jakautuminen on laskettu käytön keskiarvon pohjalle. Tämä johtaa siihen, että turhassa käytössä olevien alueiden nettolämmitys arvo kasvaa.

3.4.2 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus ($W_{lämmitys}$) lasketaan lämmitysenergian nettotarpeesta ottamalla huomioon järjestelmähäviöt, jotka muodostuvat lämmitysenergian luovutuksen, jakelun ja varastoinnin häviöistä, sekä hyötysuhteet ja lämmitysjärjestelmään tuotettu omavaraisenergia. Lämmitysjärjestelmän energia eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta. Koska omavaraisenergiaa ei ole jää sen arvoksi 0

Lämmitys lasketaan D5-rakennusmääräyskokoelman mukaisella liitteen 12 kaavalla 14 ja tulokset on esitetty myös liitteessä 12.

Tilanne huoneiston osalta on joskus ollut huonekohtainen ohjaus omilla hallintayksiköillä, mutta huoneiden tarkoitusten ja väliseinien muuttuessa huoneiden tilat ovat muuttuneet. Konekorteista saaduista tiedoista voidaan laatia taulukot 5 ja 6, jossa lämmityslaitteiden ja näiden apulaitteiden tehontarpeista on eritelty

Taulukko 5. Ilmastointilaitteiden tehontarve

	TK1	TK2	TK3	Yht
W tilat (toimistot)				
kWh/a	1654	1376	856	3887

Taulukko 6. Apulaitteiden tehontarve

$$W_{tuotto,apu} = e_{tuotto} A_{netto}$$

	TK1	TK2	TK3	Yht.
W_(tuotto, apu) kWh/a	145	120	75	340

3.4.3 Lämminvesipumppu

Lämminvesipumppuenergian käyttö (W_{lkv}) lasketaan D5 mukaisella liitteen 25 kaavalla 22. Alkutietoja ei ole, joten tässä käytetään oletusarvoja. D5 oletuksissa mainitaan, että lämpimän käyttöveden käyttö on 24 h/vrk, mutta toimistorakennuksissa käyttöastetta voitaisiin kuitenkin laskea. Tätä ei kuitenkaan voida toteuttaa kyseisessä kiinteistössä, koska kiinteistössä on valvomo toimintaa ja näin oletuksellisen yhteisen pumpun ansiosta ei toimintaa voida sulkea. D3-rakennusmääräyskokoelman taulukko 5. mukaan toimiston keskikulutus on $103 \text{ dm}^3/\text{m}^2$. Ja tämän pohjalta eri käyttöasteille voidaan laatia taulukon 7 mukaiset arvot. [11, s. 21]

Taulukko 7. Lämminkäyttövesipumpun laskennallinen tehonkäyttö erikäyttöasteilla

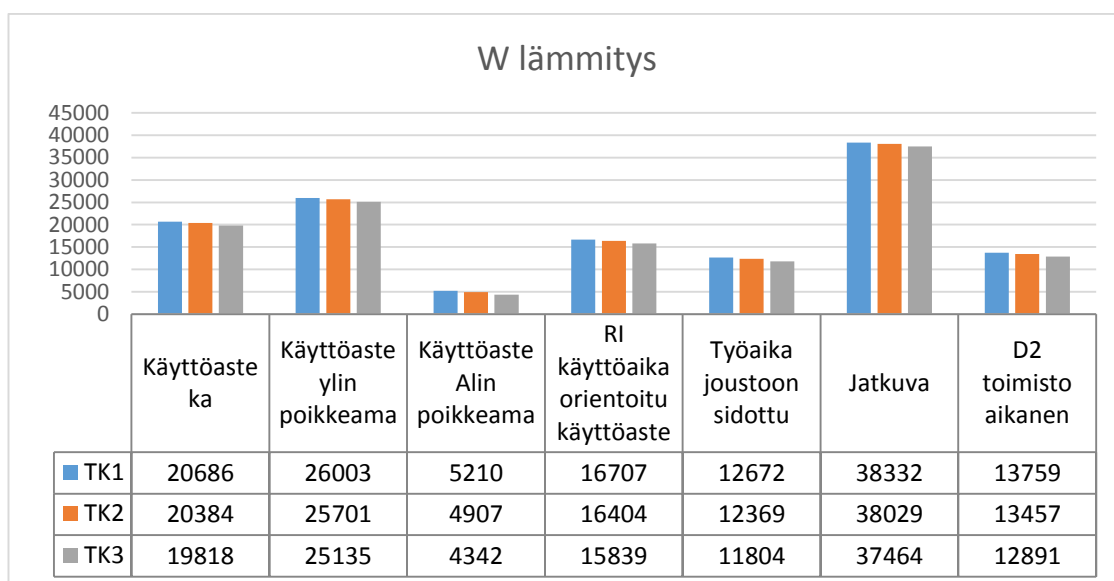
W lkv, pumppu	
Käyttöaste ka	18887
Käyttöaste ylin poikkeama	24204
Käyttöaste alin poikkeama	3410
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	14908
Työaika joustoon sidottu	10873
Jatkuva	36532
D2 toimisto aikanen	11960

Kaikki arvot lasketaan taulukkoon jakaen LKV:n energia pinta-alan suhteen alueille. Turvalaitteista saatavilla tiedoilla ei ole vaikutusta reaaliaikaiseen käyttöveden käyttöön. Näin käyttöaste pysyy samana kaikille tilan käyttöasteiden suhteen taulukon 8 mukaan.

Taulukko 8. Lämpimänkäyttöveden käyttämä vuotuinen energiamäärä, käyttäen laskennallisia arvoja.

TK1	23203,71
TK2	63594,38
TK3	3203,339
yht.	103393,3

Näin ollen lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen liitteen 12 kaavan 14 mukaisesti saadaan kuvan 33 arvot



Kuva 32. Esimerkkikohteen lämmitykseen ja sen jakeluun käytettyjen laitteiden energiankulutus tulokoneittain.

3.4.4 Ilmanvaihtojärjestelmän energiakulutuksenlaskenta

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkön energiakulutus ($W_{ilmanvaihto}$) määritellään D5:n mukaisella liitteen 13 kaavalla 6.

Ilmanvaihtokoneiden ja säätölaitteiden yhteinen tehontarve voidaan laskea yhteen taulukon 9 mukaisesti. Laskuissa on huomioonotettu liikuntatilojen, WC:n ja tupakkahuoneiden poistoilmakoneet, jotka aiheuttavat tihettyihin tiloihin toivotun 50 Pa:n alipaineen.

Taulukko 9. Ilmanvaihtokoneiden ja säätölaitteiden yhteinen tehontarve

			P puh
TK1	9,6	3,5	2,7429
TK1 Huippuimuri	0,41	0,61	0,6721
TK2	10,1	3,6	2,8056
TK3	13,5	5,4	2,5000
PK1	20,6	3,4	6,0588
PK2	15,2	3,5	4,3429
PK3	15,6	4,5	3,4667
PK3 huippuimuri 1	1,85	1	1,8500
PK3 huippuimuri 2	0,41	0,45	0,9111
PK3 huippuimuri 3	0,41	0,26	1,5769
			26,9269

Jos verrataan todellista käyttöastetta kuvaavia malleja jatkuvaan aikaperusteeseen malliin, saadaan taulukko, joka osoittaa merkittävää säästöä. Taulukossa 10 on käyttöaika laskettu kahdessa osassa, toinen on päiväaikainen käyttötila joka ($q_{v,(päivä)}$) on mitoitetun käyttöilman mukainen ja toinen on yötilan aikainen ilmanvaihto ($q_{v,(yö)}$). Muiden alueiden laskennat löytyvät liitteestä 13.

Taulukko 10. Esimerkki käytettäessä keskiarvoista käyttöastetta

Käyttöaste ka	P puh	qv (päivä) kWh	qv (yö) kWh	Päiväti- lassa h / kk	Yöti- lassa h / KK	kWh / kk
TK1	2,743	3,500	0,620	382,143	337,857	4243,503
TK1 Huippuimuri	0,672	0,610	0,000	382,143	337,857	156,679
TK2	2,806	3,600	0,688	378,214	341,786	4479,835
TK3	2,500	5,400	0,428	356,357	363,643	5200,010
PK1	6,059	3,400	0,639	382,143	337,857	9179,489
PK2	4,343	3,500	0,708	378,214	341,786	6799,488
PK3	3,467	4,500	0,514	356,357	363,643	6206,782
PK3 huippuimuri 1	1,850	1,000	0,000	356,357	363,643	659,261
PK3 huippuimuri 2	0,911	0,450	0,000	356,357	363,643	146,106

PK3 huippuimuri 3	1,577	0,260	0,000	356,357	363,643	146,106
						37217,260

Kun tähän lisätään LTO laitteiden sähkönkulutus, voidaan vertailu suorittaa eri käyttöasteiden välillä taulukon 11 mukaisesti.

Taulukko 11.

	kWh/a	%
Käyttöaste keskiarvo	452243,1	59 %
Käyttöaste ylin poikkeama	541574,8	71 %
Käyttöaste alin poikkeama	188946,5	25 %
Murtosuojaus käyttöaika orientoitu käyttöaste	383373	50 %
Työaikalaskennan joustoon sidottu aika	312581,4	41 %
Jatkuva	763191,2	100 %

3.4.5 Jäähdytysenergian tuotto prosessin energiantarve

Laskennassa käytetään jäähdytyslaskentaoppaan lasketa mallia, joka perustuu järjestelmän käyttämä sähköenergia tuottoon laskentatunnin aikana. [14].

Tuntikohtaisen järjestelmän käyttämä lämpö- tai kylmäenergia lasketaan asettamalla kuhunkin tuloilmakoneeseen jäähdytyspatterin käyttämät arvot taulukon 12 mukaisesti.

Taulukko 12. Tuntikohtaiset jäähdytyslaitteen tehoarvot

TK1	84,8 kWh
TK2	87,1 kWh
TK3	131,1 kWh

Huonelaitteiden käyttämä jäähdytysenergia laskentatunnin aikana on jäähdytysjärjestelmään kuuluvien paikallisten puhaltimien sähkönkulutus. Kohteessa tämä on keskitetty yhdeksi puhaltimeksi. Puhaltimen arvot sisällytetään $q_{\text{jäähdytys}}$ kaavaan käyttäen konekorteista saatuja arvoja. Putkistosta ei ollut tarkkaa tietoa, joten käytettiin konekortin

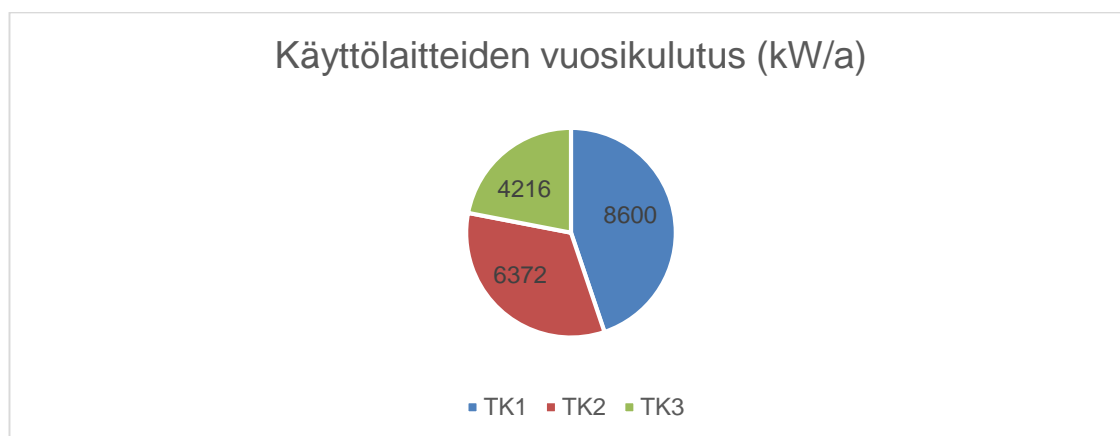
DN80 putkityypille yleisiä verrannollisarvoja. Näissä putken suojauksen paksuuden ollessa tuntematon käytetään valmistajan Paroc-asennusohjeen mukaisia verrannollisarvoja. Samalla tuntemattoman muuttujan korvaamiseen käytin PAROC Hvac arvoa λ_{10} 0,034 W/mK verrannolliseksi lämmönjohtavuusarvoksi putkien suojaukseen.

Järjestelmä voidaan tulkita kompressorimalliseksi, koska kompressorikylmälaitoksessa jäähdytysenergia tuotetaan kompressorien avulla. Kylmäteho siirretään tilaan joko jäähdyttämällä välittömästi tuloilmaa tai jäähdyttämällä ensin vettä, jolla edelleen voidaan jäähdyttää tuloilmaa. Tällöin jos järjestelmä tulkitaan yksivyöhykejärjestelmä taajuusmuuttaja säädöllä toimivaksi järjestelmäksi, voidaan käyttää keskimääräisiä osatehoker-toimia kompressorijäähdytyslaitteistoille rot-laskentaoppaan arvoa 1,37. [13; 14; 23]

Näin ollen jäähdytysenergian tuottoprosessin kylmäkerroin laskentatunnin aikana $\varepsilon_Q = r_{ot}\varepsilon_{en}$ ja lasketaan liitteen 15 kaavan 18 mukaisesti.

3.4.6 Kuluttajalaitteiden laskenta

Kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutus ($W_{kuluttajalaitteet}$) asetetaan D5-rakennusmääräyskokoelmasta saatavan laitetaulukon mukaisesti. Laitteet on laskettu pääpiirteittäin liitteeseen 18 ja tulokoneittain kuvaan 33.



Kuva 33. Esimerkkikohteen käyttölaitteiden vuosittainen energiakulutus

Valaistukseen käytetty energia ($W_{valaistus}$) voidaan laskea D3-rakennusmääräyskokoel-
massa annettujen arvojen mukaan käyttäen hyväksi tietoa, että käytössä olevassa koh-
teessa on loisteputkivalaistus. Tämän muuttaminen suoraan LED-valaistukseksi pudot-
taisi valaistukseen käytettävää energiaa ja vähentää näin energian todellista erotusta.
Valaistukseen voidaan käyttää verrokkiarvona D3:ssa esitettyä toimistomallia, jossa aika
on määritelty ilmanvaihtokoneen toimistolle laatiman käyttötarkoituksen mukaisuus suo-
situksen mukaan (klo 7 – 18, maanantai – perjantai). Käyttöaste on tällöin 0,65 ja valaistu
 12 W/m^2 kuluttajalaitteet 12 W/m^2 ja ihmiset 5 W/m^2 . Nämä arvot lasketaan käyttä-
mällä aikaisemmin esitetty liitteen 22 kaavaa 19. [11, s 19].

Nykyisellään käytössä on keskitetty päälle-poiskytkin, jonka f-kertoimen arvo 1. Jos tur-
vallisuusjärjestelmistä johdettaisiin läsnäolotieto, voitaisiin f-kertoimena käyttää 0,75:stä.
Tätä voitaisiin parantaa vielä lappu- tai tilakohtaisella päivänvalosäätimellä, jolloin ker-
toimeksi saataisiin 0,70. Nyt laskennoissa käytetään kuitenkin kertoimia 1 ja 0,75, niin
että aika- ja jatkuva-ohjanteisessa on käytössä 1 ja käyttöaste ohjanteisissa 0,75. Myös
jatkuvasti ohjanteisessa laskennassa lasketaan käyttöaika (Δt) D5:n kaavion maksisesti
2500h vuodessa. [4, s. 26-27]

Valaistuksen teho ($P_{valaistus}$) lasketaan kaikille vartailuarvoille vastaavalla ja näin verrat-
tavissa olevalla suhteella, jossa:

$$P_{valaistus} = \frac{1}{\beta \eta \eta_{\phi}} E_i$$

$P_{valaistus}$ on valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-
alaa kohti

E_i on tilan i valaistusvoimakkuus

β on valaistuksen alenemakerroin

η on valaistushyötysuhde

η_{ϕ} on lamppujen valotehokkuus

Kun valitaan valaistuksen muodoksi loisteputket, on lamppujen valotehokkuus (η_{ϕ}) tyypp-
piarvoltaan 80 lm/W . Valaistuksen alenemana (β) käytetään D5:n antamaa keskinker-

taista arvoa 0,6 ja samoin valaistuksen hyötysuhteeksi (η) valitaan yhdistetty suora-epäsuora ympäristö, jolle kerroin on 0,35. Tilan valoisuus saadaan D3:n ohjeisarvojen mukaisesta taulukosta.

Valaistuksen tehokkuus asetetaan laskelmissa keskimääräiseen oletusarvoon. Ilman mittaustulosta käytän OAMK dokumentoimaa taulukkoa, joka perustuu Suomen Valoteknillisen Seuran julkaisuun nro 9. Tällöin valaistusvoimakkuudeksi (E_i) annetaan toimistohuoneistolle 300 – 750 lx, jolloin käytän puoliväliarvoa 525 lx. Vastaavasti autotalliin valaistukseksi esitetään 100 – 200 lx jolloin käytän oletusarvona 150 lx.

Näin valaistuksen kokonaistehoksi ($P_{valaistus}$) saadaan alla esitetyn kaavan mukainen arvo. [16, s.6]

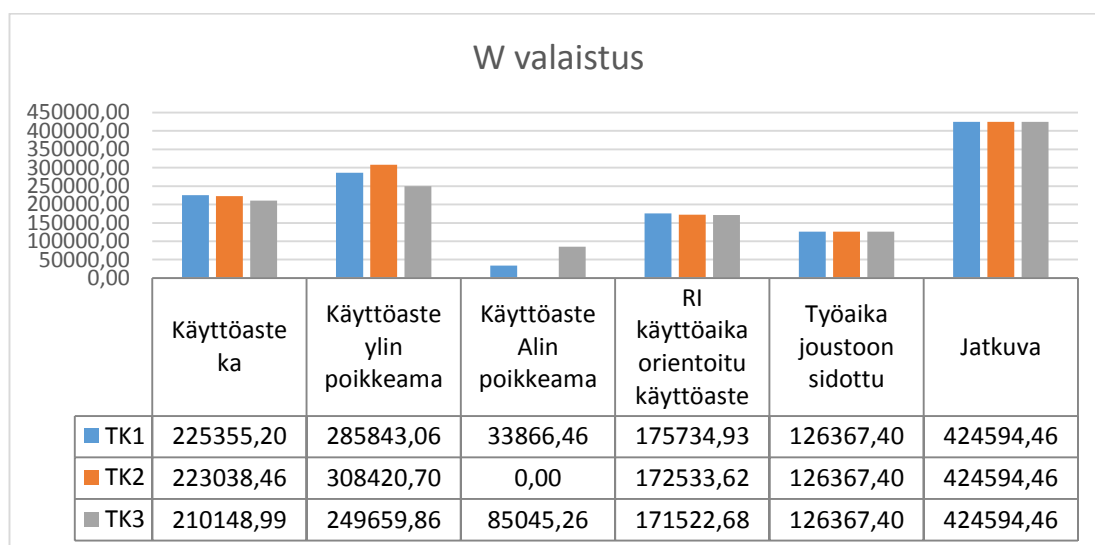
$$P_{valaistus, toimisto} = \frac{1}{0,6 \times 0,35 \times 80 \text{ lm/W}} 525 \text{ lx}$$

$$P_{valaistus} = 31,25 \text{ W/hum}^2$$

$$P_{valaistus, autotalli} = \frac{1}{0,6 \times 0,35 \times 80 \text{ lm/W}} 150 \text{ lx}$$

$$P_{valaistus} = 8,93 \text{ W/hum}^2$$

Kun käytetään Stanley Security Oy:n sekä yhteistilojen pinta-aloja ja lasketaan toimistotilueille sekä autotalliin pinta-alojen mukaisen valaistusarvo, saadaan oletettavaksi valaistustehotarpeeksi kuvaan 34 osoittamat vuosittaisarvot.



Kuva 34. Esimerkkikohteen valaistukseen käytettävä vuosittainen energia jaettuna tulokoneittain ja käyttöasteittain

Näin ollen valaistuksen käyttöasteen vaikutus voidaan havaita vuosi arviossa Rakennuksen pinta-ala (A_{netto}) esitetään taulukossa 13.

Taulukko 13. Kiinteistön pinta-alat tulokoneittain.

	TK 1	TK 2	TK 3	yht
Toimisto	2068	1720	1070	4858
autotalli	0	0	4362	4362

3.4.7 Jäähdytystarpeiden laskenta

Jäähdytyksen lämpöenergian kulutuksen ($Q_{jäähditys}$) voidaan laskea liitteen 16 kaavasta 16 ja 17. Koska jäähdytyksen menoveden arvo on konekorteissa merkitty 7 °C:ksi ja laitteisto perustuu ns. kuivaan patteriin, voidaan käyttää D5:n jäähdytyksenhäviökertoimen yhteisarvoja. Tällöin ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia ($\beta_{hji} = 0,3$) ja huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia ($\beta_{hju} = 0,2$).

Koska todellista esimerkkitalan käyttämää vuotuista huonelaitteiden jäähdytysenergiaa (Q_{μ}) ja ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia (Q_{ju}) ei tunneta, joudutaan arvio, kuitenkin tekemään muilla johtopäätöksillä. [23].

Vertailuarvon saamiseksi olemassa olevilla tiedoilla on tarkkuus erittäin heikko, mutta suuntaa antava arvio voidaan laskea käyttöasteen mukaan. Laskennassa käytettävä jäähdytysarvo saadaan kesä kuukausilta (kesäkuu – elokuu) taulukon 14 mukaisista lämpökuormista johtamalla.

Taulukko 14. Tulokonealueiden lämpökuormat kesäkuukausina

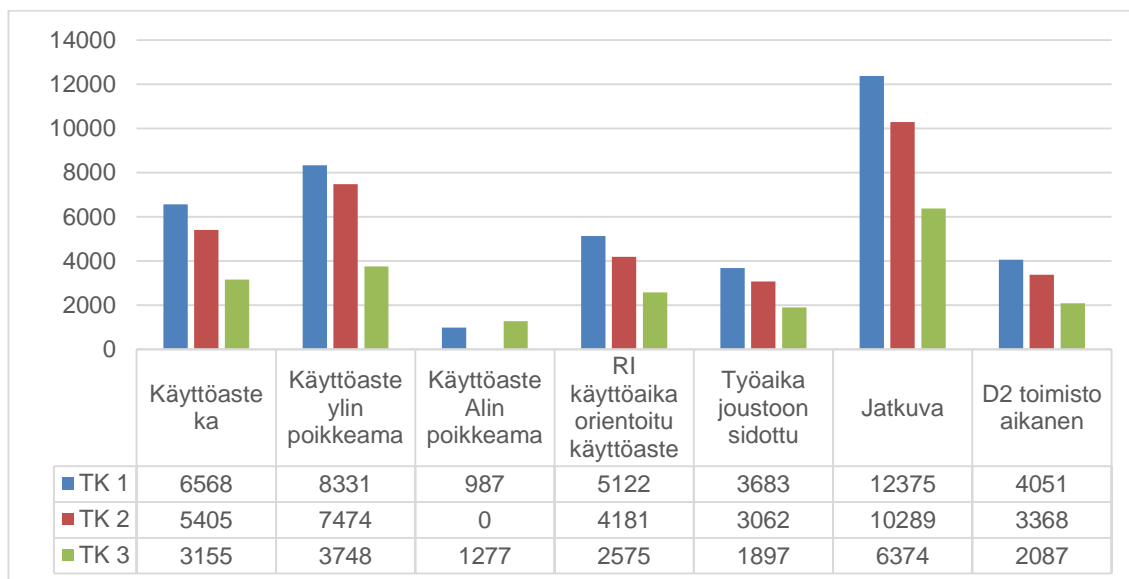
	TK 1	TK 2	TK 3
Kesäkuu	4536930	3775214	2347682
Heinäkuu	4538062	3776646	2348131
Elokuu	4534413	3772815	2346547

Tällöin lämpeneminen kesäkuukausina voidaan laskea ilman lämpenemiseen tarvittavalla energialla eli $1,2 \text{ kJ} = 1,2 \text{ kWs} = 1,2/3600 \text{ kWh}$. Näin ollen tilavuuksien ollessa toimiston eriosilla pinta-alaltaan seuraavat taulukon 15 arvoja.

Taulukko 15. Tuloilmakoneiden toiminta-ala

TK 1	4547
TK2	3785
TK3	2355

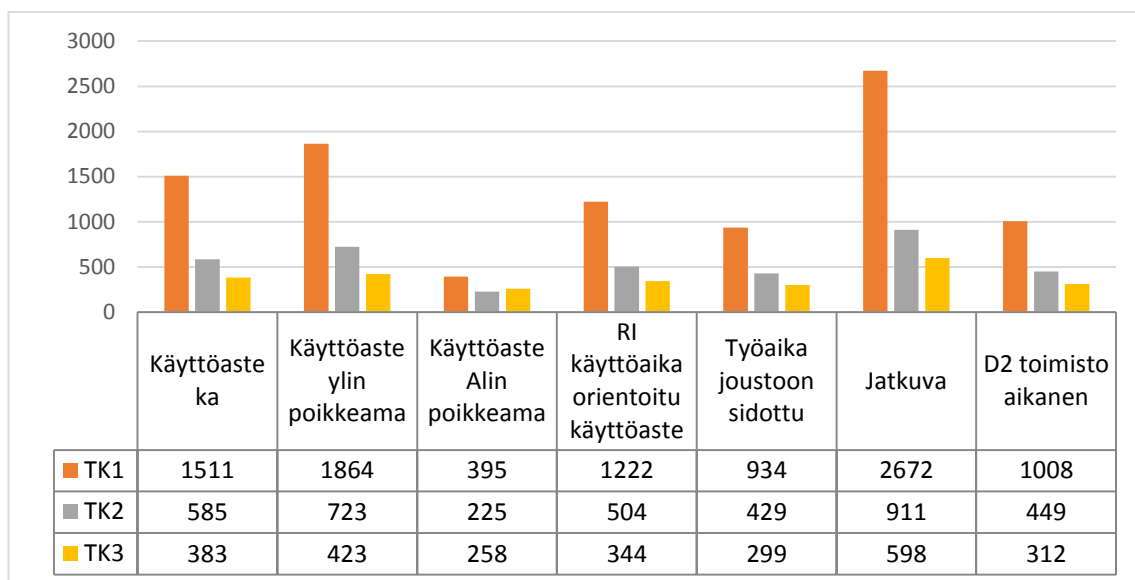
Lämmön nousuksi kesäkuukausina hyväksytään 2°C :n muutos. Tällöin oletukseksi saatava 23°C :n käyttölämpötilaan sidottulämpöarvo voidaan se vähentää kiinteistöön kohdistuvasta lämpökuormasta. Tästä ylimenevä osuus oletetaan jäädytettäväksi käyttöasteen pohjalta. Tällä kuvataan jäädytyskoneen käyttöä kiinteistön käytön aikana poistamaan ulkoa tuleva lämpökuorma kesä kuukausina ja saadaan liitteen 17 ja kuvan 35 osoittamat arvot.



Kuva 35. Esimerkkikohteen laskennallinen jäädytystarve jaettuna tulokoneittain ja käyttöasteittain

Kuva 35 osoittaa edellisen periaatteen mukaisia laskennallisia arvoja. Todellisuudessa jäädytyslaitteiden tekninen toteutus estää niiden täysimääräisen käytön, jolloin lämpötila nousee todellisuudessa hetkittäin käyttösuosituksia korkeammaksi.

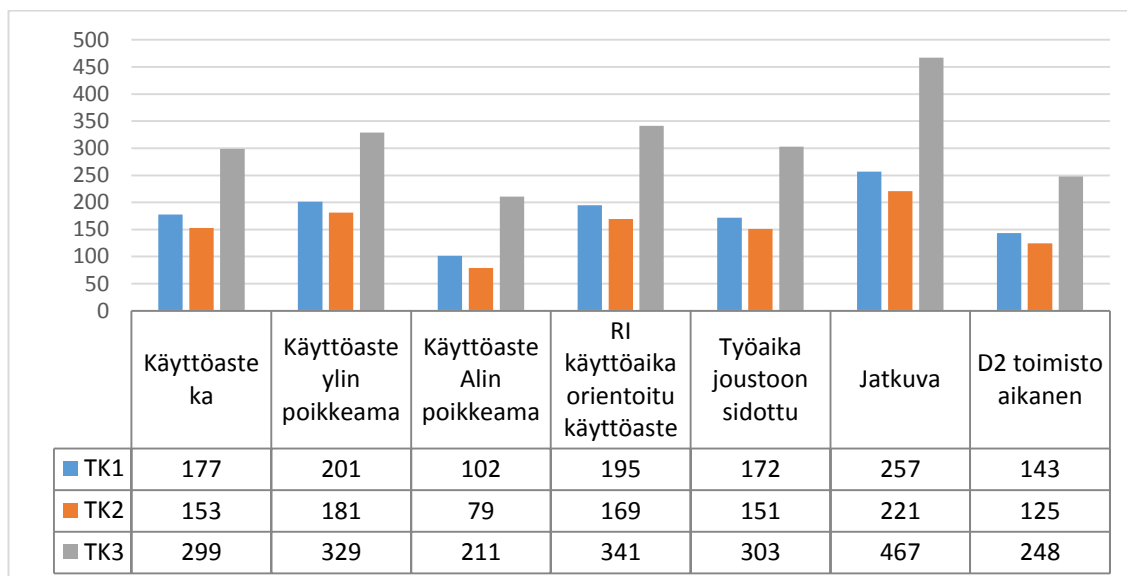
Jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus ($W_{j\ddot{a}ahdytys}$) lasketaan liitteellä 15 kaavalla 18. Koska kyseessä on kuiva vapaajäähdytys, on jäähdytysenergian tuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin (ϵ_E) 5. Jäähdytysjärjestelmän vuositarpeeksi saadaan arvio, joka sisältää yhteisen laskenta-arvon ja käyttöasteen vaikutuksen. Nämä esitetään kuvassa 36 ja tarkemmat laskennat liitteessä 18.



Kuva 36. Esimerkkikohteen jäähdytys laitteistoja ja jakoon käytettävä energia tulokoneittain ja käyttöasteittain jaettuna.

3.4.8 Ostoenergia

Lasketuista arvoista voidaan yhdistää arvot ostoenergian liitteen 19 kaavalla 1, jolloin saadaan kuvan 37 mukaiset arvot.



Kuva 37. Esimerkkikohteen vuosittainen energianosto arvo tulokoneittain ja käyttöasteittain esitettyinä.

Tällöin voidaan huomata, että erot jatkuvaan käyttöön ovat prosentuaalisesti taulukon 16 mukaiset.

Taulukko 16. Ostoenergia arvot prosentuaalisesti verrattuna.

	jatkuvaan verraten	D2 aikoihin Verraten
Käyttöaste ka	36 %	-20 %
Käyttöaste ylin poikkeama	30 %	-33 %
Käyttöaste Alin poikkeama	55 %	15 %
Murtosuojaus käyttöaika orientoitu käyttöaste	27 %	-37 %
Työaikalaskennan joustoon sidottu käyttöaika	35 %	-22 %
Jatkuva	0 %	-88 %

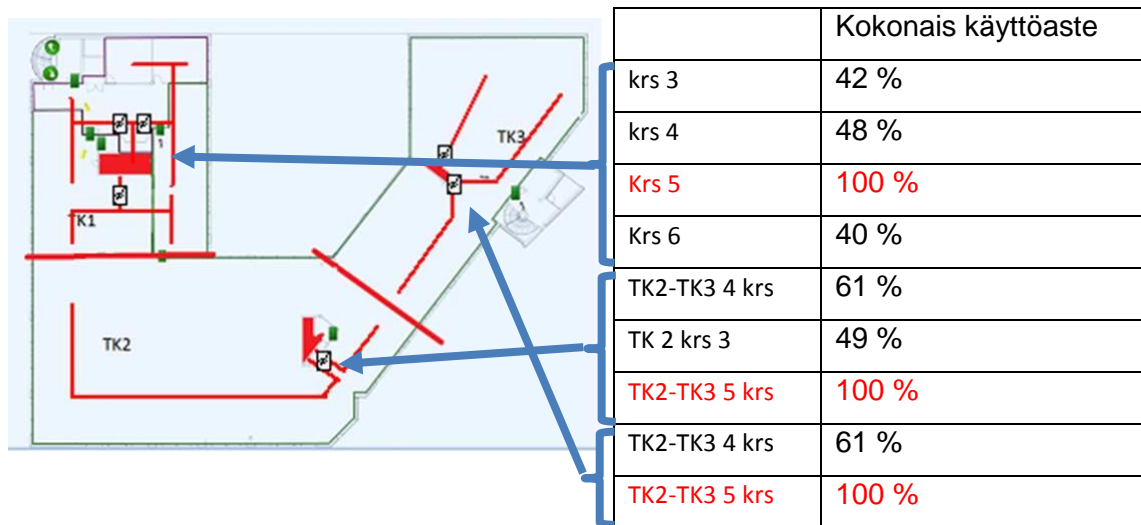
Taulukosta 16 voidaan havainnoida, että jatkuvasta käytöstä siirryttäessä takaisin D2:n määrittelemiin käyttöaikoihin, saavutetaan 88 % säästö ostoenergiasta. D2:n oletuskäyttöaikoihin verrattuna voidaan myös todeta, että alimmillaan käytössä voidaan saada 15 % ostoenergian säästöt, mutta tosiasiaa keskimäärin 20 %:n ostoenergian nousu tapahtuu todellisilla tapahtumilla. On kuitenkin muistettava, että kyseinen säästö tulee huoneilman määritysten kustannuksilla. Tuolloin henkilöitä on talossa ilman tätä vastaavaa ilmastointia.

3.4.9 Ostoenergia moottorisulkupeltien ohjauksella

Kiinteistössä joudutaan käyttämään jatkuvaa ilmastointia, koska kiinteistössä on sekä Securitaksen että Stanley'n valvontakeskustoimintaa. Tämä toiminta velvoittaa vähintään aina kahden henkilön läsnäoloa kussakin valvomossa. Jos kuitenkin muut suljetut alueet erotettaisiin omiin osioihin ja niitä ohjattaisiin moottorisulkupellein, voidaan olettaa saavutettavan merkittävämpiä säästöjä. Tämä on täsmennetty taulukossa 17.

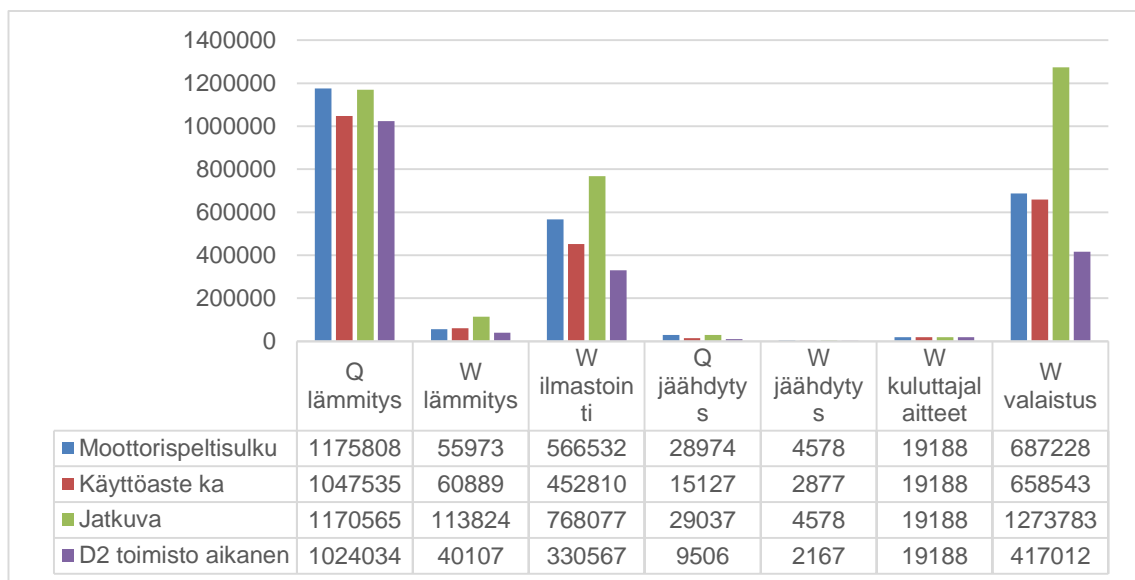
Taulukko 17. Taulussa on esitetty moottorisulkupelti jakautuma eri tuloilmakone alueisiin, sekä keskiarvot läsnäoloajoista minuutein eri viikonpäiville. Punaisella tekstilla on merkitty jatkuvan ohjauksen alaiset ilmastointialueet. Keltaisella pohjalla on merkitty alueet jotka kuuluvat ulkopuoliseen järjestelmään ja näin henkilö seurannan ulkopuolelle.

		MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU	Moottorisulkupelti
TK1	krs 3	1071	810	761	880	709	0	0	TK1-FZ (3.1.1/3.1.2/3.1.3)
	krs 4	824	1071	1071	799	1074	0	0	TK1-FZ (4.1.1/4.1.2/4.1.3)
	Krs 5	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	TK1-FZ (4.1.1/4.1.2/4.1.3)
	Krs 6	1068	767	858	708	672	0	0	TK1-FZ (4.1.1/4.1.2/4.1.3)
TK2	TK2-TK3 4 krs	1069	1075	1073	1068	1070	831	10	TK2-FZ (4.1.1), TK3-FZ (4.1.1/4.1.2)
	TK 2 krs 3	1052	1034	723	1051	1035	0	0	TK2-FZ (3.1.1)
	TK2-TK3 5 krs	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	TK2-FZ (5.1.1),TK3-FZ (5.1.1/5.1.2)
	KRS 6	660	660	660	660	660	0	0	D2 ajastus (Ei Stanley'n tilaa)
TK3	krs 3	660	660	660	660	660	0	0	D2 ajastus (Ei Stanley'n tilaa)
	TK2-TK3 4 krs	1069	1075	1073	1068	1070	831	10	TK3-FZ (4.1.1/4.1.2)
	TK2-TK3 5 krs	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	TK3-FZ (5.1.1/5.1.2)
	krs6	660	660	660	660	660	0	0	D2 ajastus (Ei Stanley'n tilaa)



Kuva 38. Käyttöaste jakautuma taulukon 14 mukaisiin tulokone ja moottoripeltisulkuihin jaettuna

Kuvan 38 mukaisesti voidaan ohjata käyttötehoa eri alueisiin saadulla murto-suojaus- ja kulunvalvontatiedolla. Alueissa joista ei tietoa voida saada, käytetään D2 rakennusmääräyskokoelman aikaohjeistuksen mukaista 33 %:n käyttöastetta. Tällä tavalla saatua hyötyä voidaan verrata aikaisemmin laskettuihin arvoihin liitteiden 14 ja 17 sekä kuvan 39 mukaisesti.



Kuva 39. Esimerkkikohteen laskennalliset tehoarvot graafisesti verrattuna.

3.4.10 Nykyisin käytössä olevat turvatekniikanlaitteistot

Opinnäytettään kirjoittamisen aikana turvallisuustekniikka pohjautui Timecon GMS 3 (Pacom GMS 3) -järjestelmään. Järjestelmä sisältää sekä kulunvalvonta- että murtosuojausjärjestelmän ominaisuudet. Järjestelmä pohjautuu palvelin- ja käyttöliittymiin sekä irrallisiin valvontalaitteisiin. Järjestelmässä hallintapäätökset on hajautettu valvontalaitteyksiköihin nk. RTU:hin. Yksi RTU pystyy tyypistä (1057,1058,8001,8002) ja lisenssistä riippuen hallitsemaan 8:sta 64:ään oviyksikköön. Oviyksiköt pohjautuvat ovisolmuihin, jotka on liitetty keskitettyyn valvontalaitteeseen RS485-liikenteeseen perustuvalla kaapeloinnilla. Ohjaimessa on yksi oviohjain, joka voi hallita mallista riippuen yhtä (1064) tai kahta ovea (1076). Oven lukot liitetään kiinni lukon ohjaukseen potentiaalivapaalla releellä ja samalla saadaan lukosta tilatieto ohjaimeen. Oven ohjaus ja tilatieto liitetään suoraan lukon ohjaukseen tai lukon ohjaus yksikköön. Jälkimmäistä käytetään usein turvalukollisissa ovissa. Turvalukollisissa ovissa on myös usein tehty turvalukkojen ohjaus liittyväksi suoraan murtosuojausaluetilaan. RS485-tiedonsiirron rinnalla kuljetetaan myös 24 VDC:n jännitettä. Jännitelähteinä käytetään ADA-virtalähdettä, jossa 4,7 A:n virralla voidaan hoitaa 3–4 ovea riippuen etäisyydestä ja lukkotyypistä.

Murtosuojauksen osuus kiinteistössä on liitetty samaan GMS 3 -järjestelmään. Hälytykset on jaettu hallinnallisiin hälytyspisteisiin: lasirikkoihin, liiketunnistimiin ja magneettikoskettimiin. Nämä ilmaisimet ovat liitetty analogisella tulolla keskitettyyn murtosuojauksen laajennuslaitteeseen (1065).

3.4.11 Turvatekniikan laitteista saatavien mittaus tietojen määrä

Mittaustuloksia tehdessä käytössä olleen GMS 3 -kulunvalvonta- ja murtosuojausjärjestelmän yhteydessä ei ole käytetty erikseen määriteltävää laskentatoimintaa. Järjestelmässä voidaan erikseen laukaista mm. aluetieto tai ohjelmallinen liipaisin ennalta määritellyn henkilömäärän ylittyessä. Järjestelmässä olisi myös mahdollista syöttää tämä tieto eteenpäin nk. BMS-moduulin (Building Management system) avulla. Tällöin käytössä olisivat Bacnet- ja Modbus-väyläliityntä. Tätä ei kuitenkaan ole yhdessäkään suomalaisessa kohteessa vielä toistaiseksi käytetty.

Koska mittaustulos viittaa menneeseen, on mittaustulokset otettu kulkuraporteista koosteena. Tällä tavalla samoin kuin alue tapahtumatiedon keruussa yksittäisen henkilön

kulku ja näin tapahtuman identiteetti jää pois analysoitavasta materiaalista. Koska useassa kohteessa käytetään henkilötietoihin henkilörekisteriin viittaavia tietoja, on tärkeää että aina materiaali, jota tähän käytetään, täyttää nämä edellytykset.

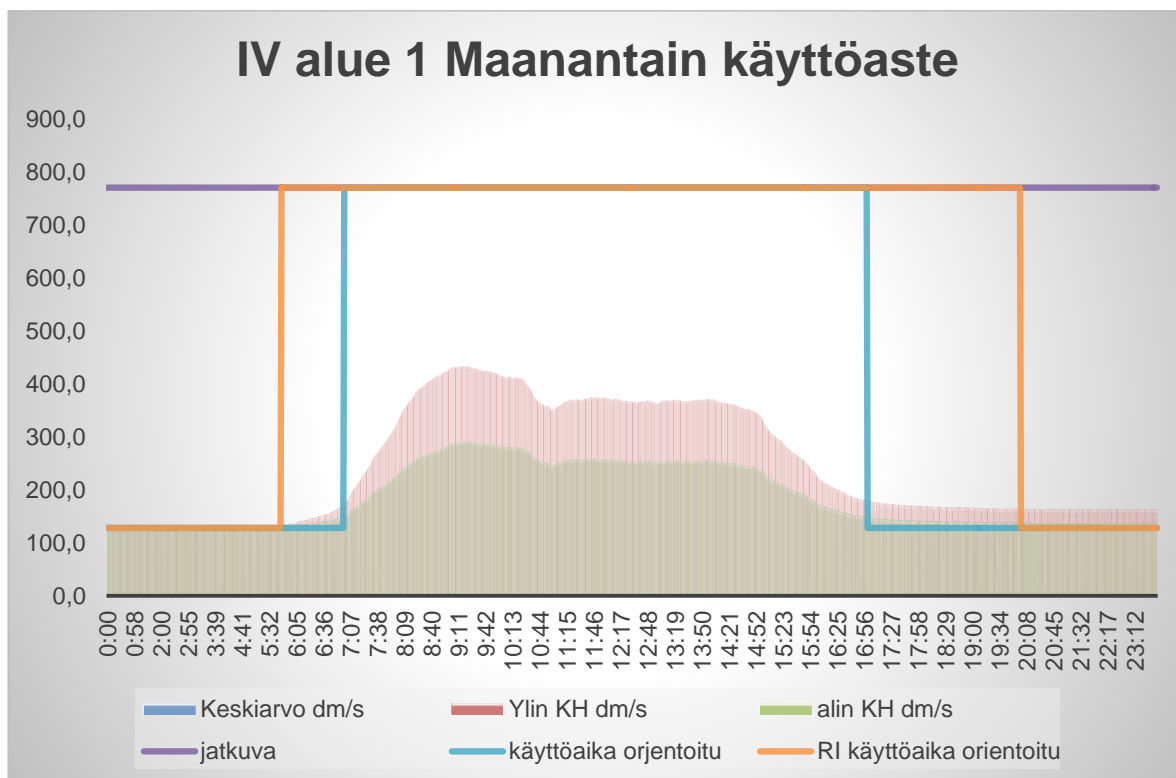
Koostetuissa kulkuraporteissa on kulkutapahtumat ajettu kunkin ilmanvaihtoalueeseen johtavan oven sisään tulevan oven lukijasta. Pois lähtevät laskennat on puolestaan laskettu suoraan ulos johtavasta lukijasta. Kaikissa ilmastointialueiden ovissa on myös käytössä kaksipuoliset lukijat, joten laskenta on näin teoreettisesti mahdollista.

Tällä laskentatavalla laskettaessa virheet luetuksissa, esim. seuraaminen, johtaa joissakin tilanteissa negatiivisiin arvoihin. Näitä arvoja voidaan poistaa nyt käyttöön otetussa Timecon Unison (Pacom Unison) -integroitijärjestelmässä. Tällöin käytössä oleva kulkualuelaskuri laskee reaaliaikaiset henkilöt alueella. Järjestelmä estää negatiivisten arvojen laskemisen ja siihen voi liittää aikarajan, jonka jälkeen henkilön katsotaan poistuneen alueelta.

Laskentaan käytettiin seurantajaksoa 2014 – 2015 välillä. Laskenta perustui tapahtumamuutos hetkiin minuutin tarkkuudella. Laskentaan saadut arvot korjataan vastaamaan vain positiivisia arvoja. Korjaus tapahtuu poistamalla negatiiviset arvot vastaamaan aina 0-arvoa. Jos negatiiviseksi Excelissä osoitetut arvot kasvavat, muutetaan se vastavaksi kasvuksi 0-arvon päälle. Tämä tehdään käyttämällä Excelin IF-lausekkeella suoraan laskennan päälle seuraavasti:

```
=IF(Sunnuntai!C3<0;IF(Sunnuntai!C3<Sunnuntai!D3;Sunnuntai!D3-Sunnuntai!C3;0);Sunnuntai!C3)
```

Lopuksi laskenta vielä yhdistettiin yhdeksi TK1-, TK2- ja TK3- laskentapohjaksi. Tällöin saatiin jokaista mittauksen alaista päivää edustava vertailuasteikko. Vertailutaulukosta voidaan esittää suoraan Excel-ohjelmiston antama keskiarvo ja keskihajonta kullekin päivälle ja kellonajalle mittausajan kohdalta. Tällä saadaan kiinteistön todellista käyttöä viikospäivittäin osoittava grafiikka, joka on helppo verrata kuvassa 40 muihin ilmanvaihdonohjaus toteutusvaihtoehtoihin.



Kuva 40. Kuvassa TK1 laskennallinen käyttötarve käyttäen henkilöön perustuvaa ilmanvaihtoa

Kuvan 40 kaaviossa TK1 vaikutus alueen pinta-alan minimi ilman vaihto laskettiin D5:n suositus arvoon $0,15 \text{ dm}^2$. Vertailuarvo ilmastointiin on D2:n mukainen kaavio jonka pohjalle on myös ilmastointiratkaisu alkujaan suunniteltu.

Suunnittelu perustuu tuolloiseen tilojen käyttösuunnitelmaan eikä tämä ole päivittynyt huoneiden todellisten käyttötarkoitusten muuttuessa. Tästä johtuen myös tiloihin johtava D2:n mukainen ilmanvaihtolaskenta ei enää pidä paikkaansa todelliseen käyttöön nähden. Osaltaan tämä myös tukee dynaamisen laskennan tarvetta ja korostaa näin laskenta-arvojen eroja olemassa olevaan ilmanvaihtoon.

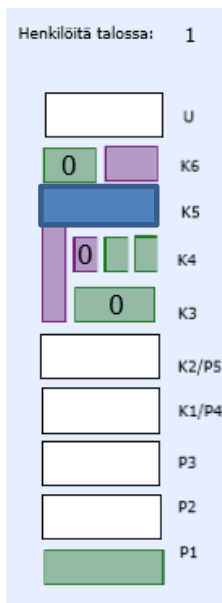
Kaaviosta löytyy myös minimi ja oletusarvoille erilliset kytkentä arvot jotka eivät suoraan perustu käyttöasteeseen.

- Oletustyyöaika perustuu normaali liukumaan eli maanantaista perjantaihin klo 7:00–17:00

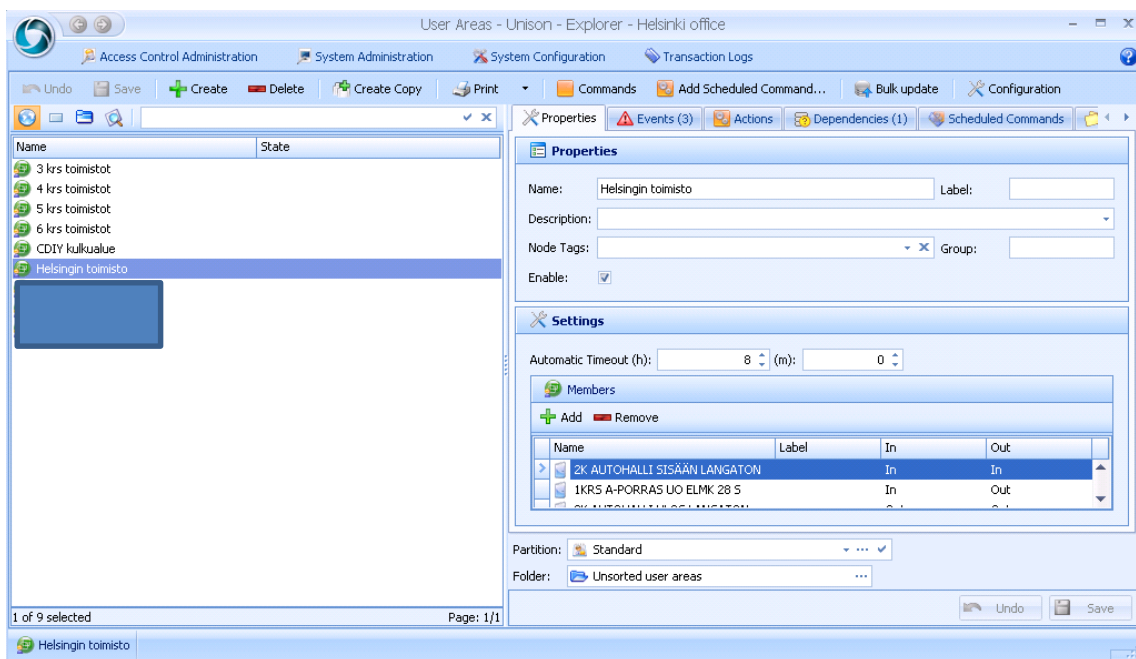
- Hälytysten päälle kytkentä, tällöin ensimmäinen sisään tuleva henkilö aktivoi alueen päivätilaan ja viimeistään klo 20 henkilöt kirjataan ulos, jolleivät henkilöt uudelleen kirjaudu alueelle.
- D2:n ohjeisarvossa, jossa oletukselliseksi laskentapohjaan käytetään maanantaista perjantaihin kello 7:00-18:00 välistä aikaa.

Hälytysten päällekytkentä on aamuisin potentiaalinen dynaaminen laukaisutieto ilmastoinnin päivätehon laukaisuun, mutta inhimillisistä syistä johtuen päälle kytkentä iltaisin ja viikonloppuisin menee usein aikaraja-asetuksiin. Hälytykseen pohjautuva ilmastointi on tässä laskelmassa simuloitu keskimääräisen läsnäoloarvon noustessa yhteen tai suurempaan. Hälytysten päälle kytkeytyminen tapahtuu automaattisesti klo 20. Tällöin henkilöiden tulee uudelleenkirjautua alueelle. Tämän jälkeen voidaan asettaa nk. ylityölasentaaika jonka jälkeen uudelleenaktivointi alkaa. Toinen vaihtoehto on, että henkilöt itse aktivoivat hälyttimen työtilaan tai henkilölaskuri nollaantuu. Henkilö laskurien tyhjeneminen on normaalia mm. viikonloppuisin, jolloin henkilömäärä alueella on pieni eikä virhe laskentaa juuri tapahdu. Tällainen laskentamalli toimii vain TK3-alueella, koska toimistojen ulkopuolisen ajan käyttö on vähäistä.

Hälytysten päällekytkennän toimintaa voi sekä ohjeistuksella ja ohjelmallisesti parantaa. Ohjelmallisesti nykyisessä Timecon Unison -järjestelmässä on aluekohtainen henkilölasenta, jossa hyödynnetään kuvien 41 ja 42 mukaisia käyttäjäalueita. Kyseistä laskuria voidaan hyödyntää mm. asettamaan hälytyksen päälle tai ohjaamaan muuta hallintalaitteistoa esim. kiinteistön hallintaohjelmistoja.



Kuva 41. Timecon Unison Helsingin konttorin päägraafiikasta Timecon Unison näytössä sunnuntaina 28.8.2016. Vihreät osuudet ovat hälytys tilassa ja Violetit tiloja joista hälytys on "unohnutun" kytkeä päälle. Numerot kertovat henkilöistä joita järjestelmä laskee olevan edelleen sisällä alueella.



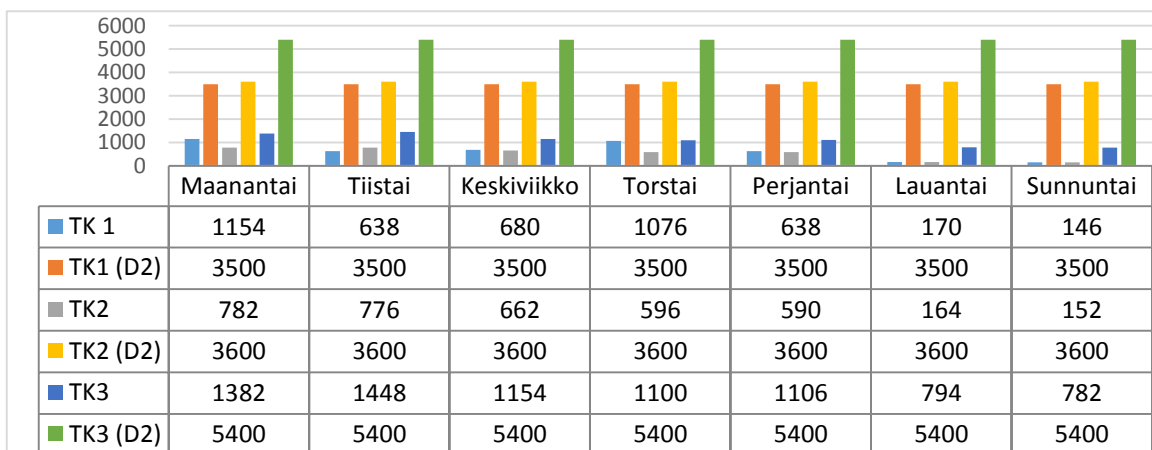
Kuva 42. Käyttäjäalueista Timecon Unisonissa. Kyseisessä näkyy koko kiinteistöön Stanleyn osuuteen johtavan autotallin oven liittyminen käyttäjäalueen laskuriin. Laskuri nollataan kun automaattinen aikakatkaaisu täyttyy. Tässä tapauksessa 8 tuntia.

Aikaisemmassa kuvan 40 vertailusta voidaan graafisesti osoittaa, että kiinteistön käyttö ei ikinä kohoa alkuperäisten laskentatietojen tasolle. Tämä voidaan suoraan laskea hukkaan käytettynä energiana, joka selviää käyttöasteen ja todellisen ilmastoinnin erona.

Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteen mukaan. Jos henkilökuormituksen mukaiselle ilmavirtojen mitoitukselle ei ole riittäviä perusteita, käytetään pinta-alaan perustuvaa mitoitusta. [1, s. 10]

Kuvassa 43 on esitetty laskentajakson suurimpiin määriin pohjautuva ilmanvaihto kokonaisalueelta. Luvun erotuksissa on huomioitava, että henkilöt jakautuvat TK2:ssa ja TK3:ssa kahden muun yrityksen henkilökunnan kanssa eikä heidän osuuksien käytöstä ole materiaalia käytettävissä. Lisäksi laskenta ylettyy parkkipaikka-alueeseen, joka on myös yhteisaluetta ja kaikkien käytössä.

Kuvasta 43 ja liitteestä 1 selviää käytetyn ilmastoinnin huippuarvojen vaihtelevuus eri tulokonealueiden välissä. Tämä vaihtelevuus kasvattaa samalla päiväkohtaisia eroja verrattuna D2:n mukaisiin arvoihin ja näin myös kiinteistön alkuperäisiin ilmanvaihtoarvoihin.



Kuva 43. Tuloilmakoneiden ilmanvaihtotarve henkilöperujaisessa laskennassa ja tilaan sidoksissa olevalla laskennalla

Kuvasta 43 voi tulkita, että vaikka ilmastointia ohjattaisiin huippuarvon pohjautuen, niin eri päivinä on toisistaan eroavia käyttökuormia kiinteistön eri osiin. Mikäli kiinteistä jaettaisiinkin huippukäyttöasteen mukaan, ei tämä pätsi muina päivinä saatikka muihin osiin kiinteistöä. Näin ollen kiinteistön tekniikan ohjaus pitäisi olla jokaiselle viikonpäivälle erilainen, jotta tehoa käytön mukaan voisi maksimoida.

Pelkkä ilmanvaihdon määrittäminen ei rajaa energian käyttöä. Ilma jota käytön aikana tarvitaan, on D3:n luokituksen mukaan mitoitettava kesä- ja talviajan huonelämpötilan hallinnan mukaan. Tässä määritellään, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että tilat eivät lämpene tai kylmene käyttöön nähden haitallisesti. Ensisijaisiksi keinoiksi esitetään rakenteellisia ja muita passiivisia keinoja ja yöllä tapahtuvaa tehostettua ilmanvaihtoa. Näistä jälkimmäinen tietenkin kasvattaa ilmastoinnin käyttöasetta. [11].

3.5 Mahdollisuudet integroida kiinteistötekniikka turvatekniikkaan

Opinnäytetyön kirjoitushetkellä kiinteistön järjestelmiä liitettiin Timecon Unison (Pacom Unison) -integroitijärjestelmään. Järjestelmä mahdollistaa kulunvalvonnan, murtosuojauksen, kameravalvonta-, ovipuhelin- ja paloilmoitinjärjestelmätietojen välittämisen keskenään. Timecon Unison tarkoitus on pääasiassa hallita näiden alajärjestelmien tietojen tai tiedoista tuotettujen ärsykkeiden lähettämisestä muihin järjestelmiin. Tällainen on esimerkiksi kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmä. Tällä hetkellä järjestelmässä voidaan käyttää joko OPC-komentoja liittämään erillisen OPC-palvelimen välityksellä kenttälaite verkkoon tai käyttää Timecon Unisonin omaan Modbus-ajuria välittämään tiedon suoraan esim. ilmastointijärjestelmälle.

Modbus-integraatio

Modbus on kaksisuuntainen, sarjaliikenteinen kommunikointi-standardi, joka on laajasti tuettu esim. palo- ja kiinteistöautomaatio puolella. Timecon Unison tukee Modbus Application Protocol Specification versiota 1.1B (www.modbus.org). Timecon Unison tukee Modbus-laitteistoja TCP/IP-ajurin yli. Modbus-integraatio on tehtävä erilliseen Modbus-palvelimeen, jonka muuttujia (coil, discrete input, holding, input) voidaan erikseen lukea tai kirjoittaa. Näille näitä tietoja lukemalla voidaan saada erilaisia liipaisutietoja joilla voidaan toista järjestelmää ohjata. Jos Timecon Unisoniin on määritelty jokin laukaiseva tieto, ohjataan tämä Modbus-verkkolaitteille lähtörekisteriin kirjoittamalla tarkoitukseen varattu arvo. Myös jos Modbus-laitteiston anturi saa liipaisuvarvon aikaan, voidaan se lukea ja toimia omana laukaisutietona Timecon Unison -integraatiossa. Tällä tavalla voidaan esim. kiinteistön analogisista lämpöantureista saada tietoa, joka laukaisee tarvittaessa Timecon Unisonissa halutut toimenpiteet tai vastaavasti henkilölaskennan tiedosta voidaan ohjata ilmanvaihtoa vastaamaan tarvetilaa. [15].

OPC-integraatio

Timecon Unison tukee classic OPC DA v2.0 (Integer Types) OPC -liityntää. Tällä kaksisuuntaisella viestityksellä voidaan liittää kolmannen osapuolen järjestelmä suoraan Timecon Unisoniin käyttämällä viestin siltaavaa laitetta viestien välittämiseen toiseen ympäristöön. [15].

BACnet

Timecon Unisonissa on myös tehty ASHRAE BACnet -integraatio Siemens Desigo Insight -ohjelmaan. Tällä voidaan vastaanottaa tai ohjata muita samaan laiteverkkoon liitettyjä laitteita. Tämä kyseinen integraatio on käytössä Ruotsissa toimivassa Karolinska University Hospital -sairaalassa. Integraation tarkoitus kohteella on lähinnä hälyttävien tietojen ohjaus kiinteistöjärjestelmän käyttöön. Näin ollen käyttöön ei ole otettu tois- taiseksi kuin osa tämän alan integraation mahdollisuuksista. [15].

I/O -integraatio

Timecon Unisonissa on mahdollista ohjata suurimman osan siihen liitettyjen laitteiden yksittäisiä lähtöjä eri ärsykkeiden mukaan. Samalla Timecon Unisoniin liitettyjen järjestelmien tuloista voidaan analysoida tietoa ja käyttää tätä lipputietona eteenpäin. Näin voidaan toteuttaa parhaimmillaan hyvin yksinkertainen integraatio ilmanvaihtojärjestelmään, jossa esim. ilmanvaihdon jatko aika kytkimen virkaa hoitaa releliitäntä.

Tämä on myös nopein tapa suorittaa ohjaus, sillä nykyiset katoajan laajennuspainikkeet on sijoitettu turva-alueiden ja näin tuloilmakone alueiden rajoille. Pääosin asennussijainti ohjauspainikkeelle on sama turvalaitteiden kanssa, jonka voidaan huomata kuvasta 44.

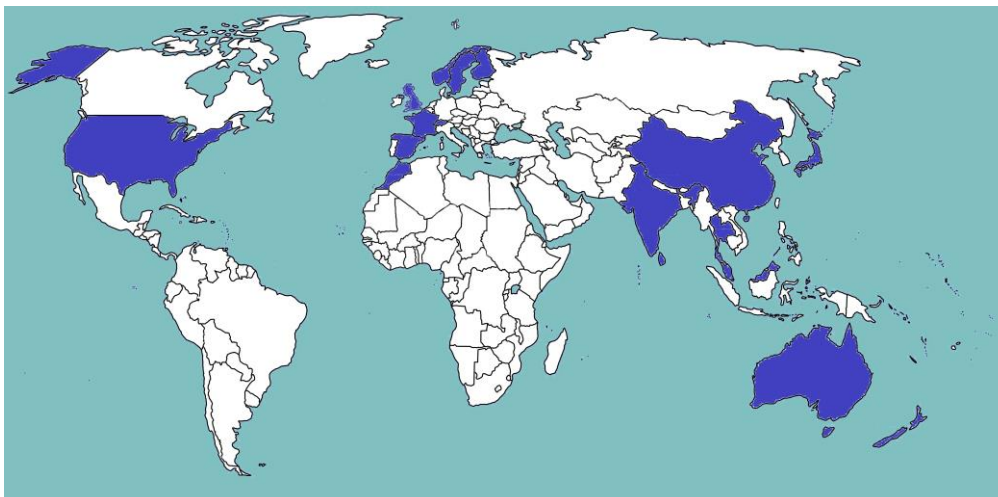


Kuva 44. Murtosuojauksen käyttöpaneeli, Timecon Touch–työaikapäätte ja ilmastoinin jatkoaikapainike.

3.6 Integraatio jatkuvuus

Kiinteistöautomaation liittäminen yhteen turvallisuustekniikan kanssa on ollut mahdollista jo aikaisemman Timecon GMS -kulunvalvontajärjestelmän aikana. Yhtään kohdetta ei Suomessa ole Stanley Securityn toimesta opinnäytetyön kirjoitushetkeen mennessä tehty. Toiminnanohjaukselle ja luotettavuudelle antaa kuitenkin laajennuksen integrointijärjestelmän käyttö kulunvalvonnan ja muiden turvatekniikkajärjestelmien päällä. Tämän lisäarvon hyödyntäminen on kuitenkin vasta Suomessa alussa sillä kansainvälises-tikin kyseinen integraatiojärjestelmä on varsin nuori.

Maailman ensimmäiset kaksi asennusta asennettiin Ruotsiin vuonna 2007 ja Suomeen vasta vuonna 2012. Nykyisin tuotetta markkinoidaan kuvassan 45 mukaisesti eri puolilla maailmaa ja näin kehitys on tuotteelle tarpeiden kasvaessa jatkuvaa.



Kuva 45. Kooste Timecon Unison (Pacom Unison) markkinointi ja toteutus maista lokakuussa 2016 perustuen Pacomin julkaisemiin markkinointi materiaaliin.

3.7 Integraatioiden hallittavuus

Esitetyn materiaalin pohjalta voidaan todeta, että kiinteistön ilmanvaihdon elinkaaren aikana tilojen käyttö voi muuttua paljonkin. Tällöin varsinkin huoneiden käyttöön liittyvien laskennallisten arvojen käyttö voi aiheuttaa mm. ilmanvaihdon virheellistä käyttöä. Jos laskenta olisi dynaamista, voitaisiin tilannetta muokata käyttötarkoituksen muuttuessa vaikka vain väliaikaisesti.

Vaikka ilmanvaihdon laitteiston tilaseuranta tulisi olla aina valvottavissa, on kuitenkin nimenomaan turvalaitteiden valvontaan sidottu vartiointihenkilöstöä. Mikäli valvontaa halutaan molempiin suorittaa, on etuna saada hälytykset johdettua yhteen ja samaan järjestelmään. Timecon Unison -järjestelmässä voidaan myös automatisoida eri hälytyksittä saatavia lipputietoja. Tällä menetelmällä voidaan automatisoida ennakoituihin toimenpiteitä laukaisevat jatko toimenpiteet. Tämä tapahtuu ilman erillisiä käyttäjän toimenpiteitä. Tällainen automatisoitutoiminto voisi olla esimerkiksi murtosuojausalueen siirtyminen päivätilaan, jolloin integrointijärjestelmä välittää käskyn Modbus-väylään. Käsky voi kirjoittaa vastaanottavalle modbus-väylän ilmastointilaitteelle muuttuja-arvon asettaa ilmastointialue käyttö-aikaiseen tilaan. Samalla kiinteistön käyttötilaa ja hälytyksiä voidaan seurata ja hallinnoida reaaliaikaisesti yhdeltä ja samalta grafiikalta.

3.8 Matemaattiset perusteet mahdollisten ja investointien tuomat energia- ja kustannus-säästöt

D2:ssa annetaan taulukko toimistoon kuvatuista oletusilmastointiarvoista. Näiden perusteiden mukaan ilma lasketaan pinta-alan mukaan. Kuitenkin D2:n mukaan ensisijaiseksi tuloilman määrän laskuriksi henkilömäärää. D2:ssa myös määritellään vähimmäisarvot sekä jokaisen henkilön tähän lisäämät tuloilmamäärä.

Perinteisessä läsnäolotietoon pohjautuvasta tiedosta saadaan laukaisuarvo nk. Käyttöajan ulkopuoliselle ajalle. Sama koskee myös murtosuojausilmaisimesta, ajoitetusta laukaisusta tai työajasta saatavaa tietoa. Tämä ei kuitenkaan määritä ilman tuloa eikä kohdennusta D3:ssa esitetyn käyttötarkoituksen mukaisesti.

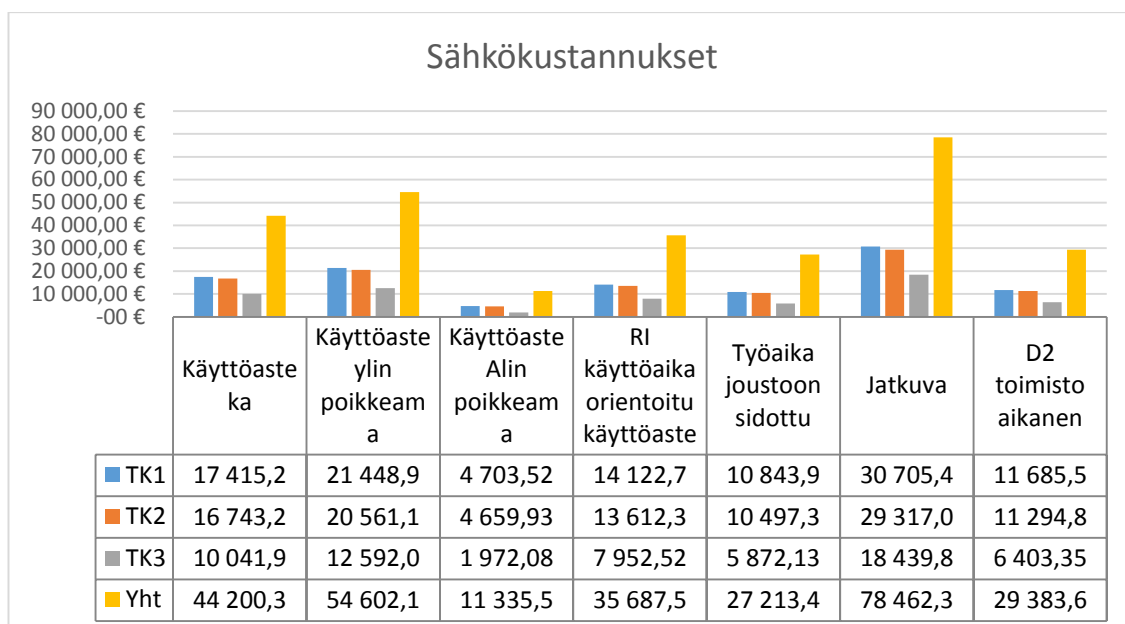
Seuraavaksi esitetyt tulokset kiinteistön käytöstä perustuvat olemassa olleeseen Timecon GMS -kulunvalvontajärjestelmän kulkutietoihin. Kulkutiedoissa esiintyvä vääristymä näkyy parhaiten läsnäolo tiedon negatiivisella arvolla, eli kulkuja on tehty enemmän pois kuin on tultu sisälle. Virheen arvo korostuu aikana tai tiloissa joissa tehdään paljon kulkuja. Laskennassa havaittuja negatiivisia arvoja ei juuri ole viikonloppuisin eikä vähän käytetyissä osissa rakennusta. Johtopäätöksenä voidaankin todeta, ettei kulunvalvonnan käyttö henkilölaskentaan, ilman kaksi puoleisia paluuesto-ominaisuuksilla varustettuja ovia tai pyöröportteja, ole suoraan mahdollista. Todellisuudessa tilalaskuri ei tallenna negatiivista arvoa ja näin arvot tulee korjata pois negatiivisesta osuudesta.

Jos henkilölaskurinarvot ohjaisivat suoraan ilmanvaihtoa ja D3:sen mukaisesti $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$ alkuarvoon jokainen henkilön kasvattaisi ilmanvaihtoa $6 \text{ dm}^3/\text{s}$, tulisi kameravalvonta tai vastaava järjestelmä asettaa tukemaan kulunvalvonnan laskentaa.

3.9 Rahallisen kustannusten arvio

Jotta laskennallisille energioille saadaan laskennallinen hinta, jaetaan ostoenergiat ja niiden kulut sekä sähkөөn että kaukolämpöön. Kaukolämpö liittyy suoraan tilojen lämmittämiseen kuluvaan energiaan, kun taas laitteisiin ja jäähdytykseen liittyy sähkö.

Näin ollen sähkökustannukset perustuen 2014–2015 sähkön keskihintaan luokassa (T2) ostoenergiasta eri ohjaustavoin on kuvan 46 mukaiset. [17]



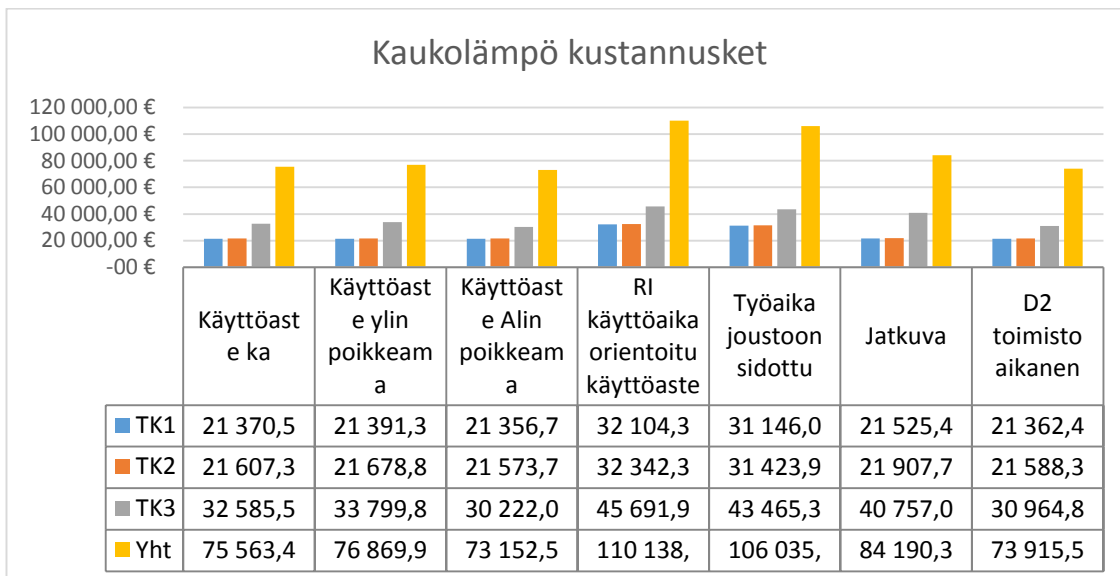
Kuva 46. Sähkökustannukset jaettuna tuloilmakonealueisiin ja käyttöasteisiin

Kaukolämmön hintana käytetään keskiarvoa kaukolämpöhinnoinnille vuosina 2014–2015. Keskihinta saadaan kaukolämmölle Energia.fi sivuston luvuista, joista saatujen kolmen taulussa 18 esitettyjen keskiarvojen keskiarvo laskettiin oletukseksi [18].

Taulukko 18. Energia.fi sivuston julkaisemat kaukolämmön keskiarvohinnat vuosille 2014–2015.

1.1.2014	70,02 € /MWh (päivitetty 5.2.2015)
1.7.2014	69,66 € /MWh (päivitetty 5.2.2015)
1.1.2015	70,68 € /MWh (päivitetty 3.9.2015)

Keskiarvon ollessa 70,12 € /MWh eli 0,07012 €/kWh vuotuinen energiatarve lasketuille arvoille on kuvan 48 mukainen



Kuva 47. Kaukolämpökustannukset jaettuna tuloilmakonealueisiin ja käyttöasteisiin

Aikaisemmin esitetyn kuvan 39 mukaisesti tehon tarve on paljon vähäisempi kuin muilla ohjaustavoilla. Tällöin käyttäen aiemmin esitettyjä laskentamalleja saadaan taulun 19 mukaiset vuosikustannukset.

Taulukko 19. Moottoripeltisulkun ohjauksella laskennallisesti saadut vuosikustannukset.

sähkö	55 316,43 €
kaukolämpö	61 022,24 €
Yht	116 338,67 €

Taulukon 19 arvoja verrattaessa huomataan, että nykytilan jatkuvaan ohjauksen verrattuna ostoenergiakustannuksia saadaan laskettua 24888,62 €/v. Rahallisesti D2:n mukainen aikaan sidoksissa oleva ohjaus on kuitenkin taloudellisesti kannattavampaa 34464,87 €/v ja myös keskiarvoon sidoksissa oleva ohjaus on 18000,25 €/v edullisempaa. Tämä johtuu siitä huomiosta, ettei taulukon 14 mukaisia jatkuvia ohjauksia ole huomioitu. Kuten taulukosta 20 voi todeta, vain keskihajonnan alimpaan käyttöasteosuuteen osuvat käyttöasteet alittavat D2:n esittämät käyttöarvot

Taulukko 20. Lasketut rahalliset hyödyt verrattuna D2 laskentamallin mukaiseen toteutukseen

Käyttöaste ka	-16 464,62 €
Käyttöaste ylin poikkeama	-28 172,89 €
Käyttöaste alin poikkeama	18 811,11 €
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	-42 527,03 €
Työaika joustoon sidottu	-29 949,44 €
Moottoripeltisulku ohjauksella	-34464,87 €

Taulukon 20 arvoista voidaan huomata, ettei ilmaston D2-laskentamalli tue kiinteistön nykyistä käyttötarkoitusta. Tämä on johtanut kiinteistössä jo nyt henkilöstön tarpeista johtuviin muutoksiin ilmaston suhteen.

3.10 Investoinnit

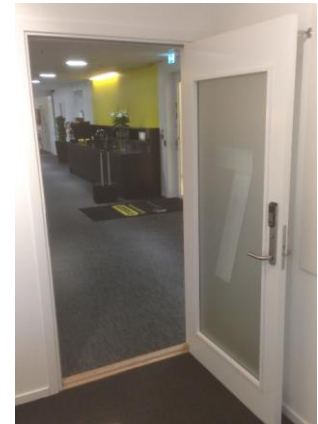
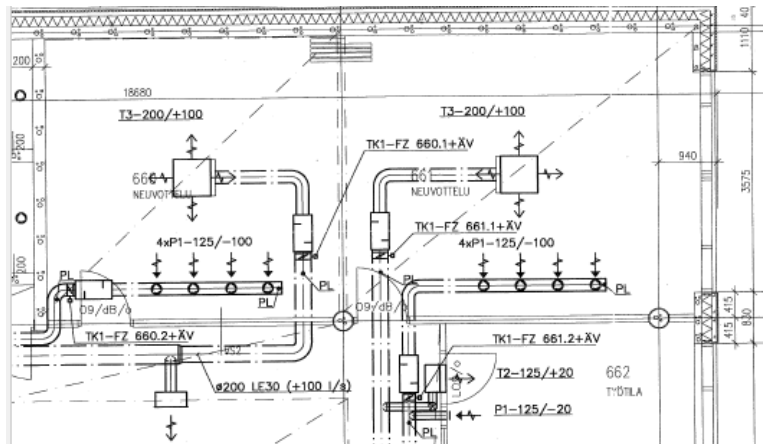
Käytännössä kulunvalvontajärjestelmät, kuten Timecon GMS, pystyvät jo nyt laskemaan alueella olevat henkilöt ja välittämään tiedon joko releillä tai BMS-rajapinnan kautta kiinteistöautomaatioon. Kulunvalvonta on jo paikalla, ja laskelmat perustuvat olemassa olevasta asennuksesta saatuun tietoon.

Opinnäytetyön yhteydessä on jo hallittavista syistä johtuen siirrytty käyttämään Timecon Unison -integraatiojärjestelmään. Tarkoituksena parantaa useiden eri järjestelmien käyttöä keskenään. Tässä yhteydessä ei ole liitetty kiinteistöautomaatiota osaksi järjestelmäkokonaisuutta, mutta osaksi tämä johtuu tilan kaupallisesta neuvottelusta.

Mikäli järjestelmää ei uusita integraation yhteydessä, on vaihtoehtona aktivoida käyttöastelaskenta uudelleen, mutta ohittaa aikaisemmin käyttöajan jatkoa ohjaavat katkaisijat releohjauksella suoraan lähimmästä mahdollisesta järjestelmän releestä. Näitä ovat joko ovisolmut tai murtosuojaussilmukoiden lähtöreleet.

Luotettavuutta mittaukseen voidaan myös nykyisellään saavuttaa käytössä olevan Mirasys VCA -moduulin avulla. Tällöin myös vieraat ja ilman tunnisteita liikkuvat henkilöt lasketaan osaksi henkilökuormaa.

Koska kiinteistön Mirasys VCA -lisenssit kattavat tällä hetkellä vain viisi kameraa, on näiden käyttöä harkittava tarkkaan tai laajennettava lisenssiä. Toinen vaihtoehto on vaihtaa kamerat ja käyttää esim. Dahua smart IPC -kameroihin. Tämä kuitenkin vaatisi nykyisen Mirasys-version päivittämistä ja murtosuojaustulolaitteiden hallintaa vastamaan kamerasta saatavia reletietoja. Samalla myös kytkentöjä täytyisi uudistaa ja kaikki nämä tarkoittavat työkustannuksia. Hinnallisesti muutos olisi noin 770 €/kamera ja siihen liittyvät työkustannukset. Tämä tarkoittaisi 14 kameran vaihtamista eli 10780 €



Kuva 48. Neuvotteluhuoneiden toteutus Stanley Securityn Helsingin konttoreissa. Kuvassa näkyy kumpaankin huoneeseen johtava moottorisulut (FZ). Vieressä on Stanley Security Tukholman konttorin ovi toteutus Aperio-lukituksella.

Neuvotteluhuoneissa on erilliset moottorisulut ilmastoinnissa. Näiden käyttö perustuu vain käyttöaikaan tai käyttäjien laajennettuun ajankäyttöön. Moottoripeltisulkujen ohjaus voitaisiin helposti toteuttaa liittämällä kuvan 46 oviin Aperio-tyyppiset ovenhallintajärjestelmät ja liittämällä ne osaksi kulunvalvontaa. Kuvasta löytyy myös Stanley Securityn Tukholman konttorin ovi toteutus, jossa hyödynnetään Aperio-lukitusta. Ilmastoinnin ohjausta voitaisiin tällöin tehdä käyttöalueen mukaisella ratkaisulla, kuten kuvissa 41 ja 42. Hintaa kahden oven kokonaisuudelle tulisi noin 1500 €, mutta samalla se tukisi huoneisiin liittyvää turvallisuutta ja valvontaa. Koska vastaavia toimintoja tarvittaisiin kaikkiin neljään Kumpulantie 13b:n puoleisiin neuvottelutunneluihin, olisi yhteiskustannus kaikkiaan noin 6000€. Kuinka paljon tämä tuo energiatehokkuutta, on kuitenkin vain arvailujen varassa sillä nykytilassa käyttöastetta ei lasketa.

4 Yhteenvedo

Yhteenvedona voidaan sanoa, että turvatekniikan osuus energiankäytöstä kiinteistötekniikassa on pieni, mutta mittaustekniikkana tätä potentiaalia ei ole osattu hyödyntää. Kiinteistö, johon integraatiota näiden tekniikoiden välillä verrattiin, on jo osaksi vanhaa tekniikka. Jos ei sen järjestelmiä peruskorjata, jää varmasti moni muukin asia uusista ympäristötavoitteista. Muun muassa jatkuvan ilmastoinnin käyttö on todellista energian ja rahan tuhlausta. Samoin on kiinteän ilmastointiarvon käyttäminen ilman riippuvuutta talon todelliseen käyttöön. Tällaiset käytöt ovat huono tapa kompensoida kiinteistön

muuttunutta käyttöä. Muuttunut käyttö on osittain jatkuvaa ja jokainen päivä kuormittaa jollakin asteella kiinteistöä energia mielessä eri tavoin. Näin muokattavuus käytön mukaan on energiatehokasta, ja se tukee parhaiten käyttötarkoitusta. Jos järjestelmä mahdollistaisi myös dynaamisen muokkauksen mittaustietojen pohjalta, olisi tarpeidenmukaisuus vielä parempaa.

Turvataso nosto

Turvataso nosto liittyen uusiin EN-määräyksiin ei ole tarpeen sillä, kulunvalvonta nykyisellään on toteutettu ympäristöllä, joka täyttää kulunvalvontalaitteillakin murtosuojausluokituksen EN50131 tason 3. Jatkon kannalta kuitenkin on huomioitavaa, että erillisten huoneiden lukituksen uusimisen yhteydessä olisi hallittavuuden ja tilaseurannan parantamiseksi tarkasteltava mahdollisuuksia siirtyä käyttämään ovenhallintajärjestelmää. Kuvan 46 mukaisella toteutuksella saavutettaisiin oviin kyseinen turvataso nosto ja huoneiden ilmastointiin käytönmukainen ohjaus.

Tukemaan tilojen kulunvalvontaa ja murtosuojausta, voidaan hyödyntää valvontakameroiden analytiikkaa. Samalla voidaan seurata tunnistautumattomien henkilöiden määrää ja valvoa näiden liikkeitä. Tällöin voidaan tukea sekä kulunvalvonnan laskentaa että ilmastoinnin- ja murtosuojauksen ohjausta, näin tehostaen molempia.

Loppupäätelmät ja laskennalliset tulokset

Saavutetuiksi tuloksiksi voidaan todeta, ettei muuttuvan ympäristön tarpeita ole tarpeeksi huomioitu perustoteutus malleissa. Kiinteistön tarkoitus on muuttunut vuodesta 1998 ja tästä syystä ilmanvaihdossa ei enää voida noudattaa D2:n ohjeisarvoja.

Muokkaamalla olemassa olevilla ohjausmenetelmillä ilmanvaihtoa käyttötarkoituksen mukaiseksi kasvatetaan lähes poikkeuksetta kuluja. Ympäristössä voidaan saada rahallista hyötyä vain erikoispäivinä, mutta samalla kiinteistön käyttötarpeita ei dynaamisesti tueta. Hyötyjen määrä ja turvalaitteiden tiedon hyödynnettävyys riippuu oikeasta suunnittelusta, käyttöön vallituista laitteista ja kiinteistön jakamisesta ilmastointia tukeviin turva-alueisiin.

Esimerkkikiinteistössä on jouduttu turvautumaan poikkeukselliseen jatkuvaan käyttöön, eikä tätä voida verrata todelliseen energiatehokkaaseen kiinteistöön. Tästä syystä mielekkäämpää on verrata aika-ohjantaisia arvoja kiinteistön keskiarvolliseen käyttöön, jota vasten myös erikseen ohjattavuus tulee kalliimmaksi. Tämä johtuu jatkuvasti miehiteytistä valvomoista ja näiden aiheuttamasta virheestä kulunvalvontalaskentaan. Valvomoiden merkitys myös koostuu, koska ne jakautuvat useammalle tulokonealueelle, jotka on suunniteltu toimimaan rinnan yhteiseen tulokonealueeseen. Mikäli näin ei olisi, voitaisiin jatkuvasta käytöstä luopua suuremmassa määrin kuin nyt. Käyttöasteen laskiessa myös kustannukset laskisivat. Mutta nykyisellään integraatiosta ei ole apua direktiivin 2010/31/EU täyttämiseen.

Opinnäytetyön toimeksiantajana Stanley Security on jo aloittanut laskentapohjaisten kaupallisten sovellutusten kehittämisen ja niistä ensimmäiset nk. SATS -osaston (Stanley Advanced Technology Solutions) tuotteet on otettu pilottikäyttöön. Kaupalliset sovellukset laskennan hyödyttämiseksi ovat kuitenkin rajoittuneet toistaiseksi muihin kuin kiinteistöautomaatioihin.

Raportissa esitetysti voidaan todeta, että rahallista etua ei voida saavuttaa kiinteistöissä joissa käyttö vaihtelee yli normaalityötuntien. Näiden normaalitoimistotuntien ulkopuolisille tunneille löytyy kuitenkin kiinteistössä paljon tapahtumia. Niiden ennakointi esim. viikonloppuisin on mahdotonta. Kiinteistössä kuitenkin on kulkujen ja hälytysohjauksen takia olemassa järjestelmä, joka tiedostaa henkilöiden läsnäolon. Näin ollen käytettävyyttä, lähtökohdista järjestelmien liittäminen yhteen tuo helpon ja automaattisen tavan hallita kiinteistöautomaatiota.

Esimerkkikohteessa on myös jatkuvaa valvomotoimintaa. Valvomotoiminta keskittyy sekä vartiointipalvelun tarjontaan että itse kiinteistön valvontaan. Valvontajärjestelmään, joka kiinteistössä on, ei kuitenkaan johdeta nykyisellään kiinteistöjärjestelmän vikahälytyksiä. Näin valvomossa ei ole mahdollista seurata ja reagoida kaikkiin tapahtumiin yhden käyttöliittymän kautta. Lisäämällä hälytykset myös osaksi Timecon Unison -integroitijärjestelmää mahdollistaisi vikahälytyksistä saatavien toimintojen automatisoinnin sekä toimintojen välittymisen muihin järjestelmiin. Tämä tehostaisi toimintaa vikatilaa tai hälytystilanteen sattuessa.

Jatkokehityksen ja toistettavuuden arvio

Kiinteistön arvot ja lähtötiedot olivat suuntaa antavia. Kustannussäästöjä voidaan säästää, mikäli ilmastointi modernisoitaisiin tarpeiden mukaan säätyväksi ja huonekohtaisuutta lähestyväksi. Samalla tämä kasvattaisi turvallisuutta henkilön ja jakautumien selvittämiseksi esim. evakuointitilanteen varalle.

Näihin voidaan täysimittaisesti hyödyntää jo tässä opinnäytetyössä käytettyjä henkilökapasiteetin laskentaperiaatteita. Osoituksena kiinteistönkäytön tarpeiden ja kiinteistöautomaation toteutuksen poikkeamasta voidaan pitää esimerkkikuvaa 40. Kuvassa esitetyn esimerkkikiinteistön käyttötiedot perustuvat kiinteistön omasta turvatekniikkajärjestelmästä saatuun tietoon. Vastaavanlaiset turvatekniikan toteutukset ovat useassa kohteessa jo käytössä. Kiinteistöjä uusittaessa sekä suunniteltaessa onkin outoa, ettei integraatiota turvatekniikan ja muun kiinteistötekniikan välillä yleisesti käytetä.

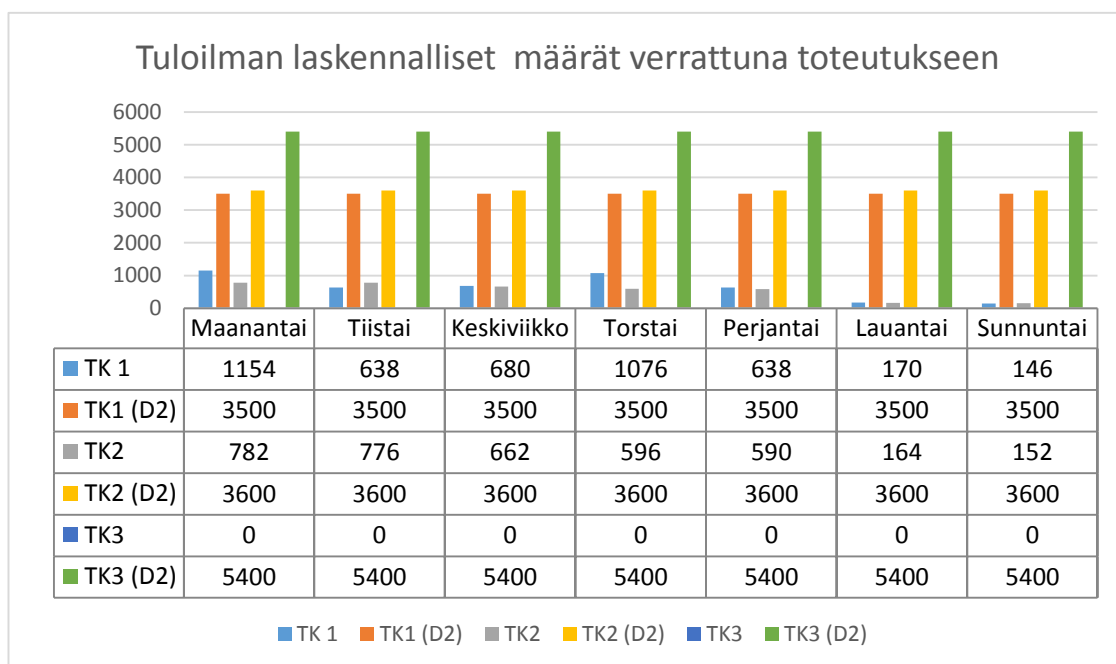
Lähteet

1. Kalliomäki, Pekka. 2012. "37187-D2-2012_Suomi.pdf" D2 (2012) Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet
2. 19.8.2014. 1/2014 Ympäristöministeriön astus rakennusten energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Ympäristöministeriö, Verkkodokumentti <<http://www.ymp.fi/download/noname/%7BF48C187B-90DB-4789-AA94-A88C9A83C0D3%7D/102477>>
3. 27.2.2013. 5/2013 Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta, Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö, <www.ymp.fi/download/noname/%7BC37A4FE8-8D22-4D6A-A75E-437F14AB2975%7D/31395>. julkaistu
4. Kalliomäki, Pekka. 2012. D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta
5. Tiivistelmät EU:n lainsäädännöstä, Rakennusala: <http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_fi.htm>. luettu 14.4.2015.
6. 14.9.2012. D3 laskentaopas Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmuutoksen osoittaminen RakMK D3 2012 mukaan, Ympäristöministeriö.
7. Hälytysjärjestelmät ja sähköiset turvajärjestelmät OSA 11-1: Sähköiset kulunvalvontajärjestelmät järjestelmävaatimukset ja komponenttivaatimukset, Suomen Standardisointiliitto SFS RY
8. Piikkilä Veijo. ST-käsikirja 17:Rakennusautomaatiojärjestelmät. Tampereen ammattikorkeakoulu
9. Asennusohje Aperio™ L100 langaton lukko, Abloy oy
10. Piikkilä Veijo. ST-käsikirja 22: Kiinteistöjen valvontajärjestelmät. Tampereen ammattikorkeakoulu
11. Kalliomäki Pekka, D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto
12. Googlemaps Verkkodokumentti. <<https://www.google.fi/maps/place/Kumpulantie+13,+00520+Helsinki/@60.1973995,24.944237,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x469209852bb01e2b:0x3e9ef91d157ee910!8m2!3d60.1973969!4d24.946431>>
13. HVAC-Installation-guide-Paroc-FI.pdf, Paroc AirCoat, Verkkodokumentti. <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/tuotteet/pages/kivivillakourut/paroc-hvac-aircoat/> ,

14. 12.9.2011. Jäähdytysjärjestelmien energialaskentaopas, Verkkodokumentti. <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahU-KEwjxkZaOo9_PAhXDESwkHc2iDn4QFgg-bMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fno-name%2F%257BB9D6D2F2-A816-4ECF-BE33-B8D56869253D%257D%2F30752&usg=AFQjCNE5sjt6szNu1h7SI3I9ii29Z82NOw&cad=rja>
15. 10.6.2016. Unison 57 Help program v11, Pacom Systems.,
16. TTT-käsikirja 2000-07. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/21_Valaistustekniikka.pdf. ABB
17. Sähkön siirron verollinen keskihinta tyyppikäyttäjittäin eri jakeluverkonhaltijoiden vastuualueilla, Energiamarkkinavirasto, Verkkodokumentti. <<https://www.energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>>
18. Verkkodokumentti. <<http://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla/>>. Energiateollisuus ry
19. Dahua Smart IPC User Manual, Installation and configuration guide. Zhejiang Dahua Vision Technology
20. FS-People-Counter-2013-05-06-EN_Ariki, Ariki Oy
21. Mirasys VMS 7.3 - VCA Installation and Configuration Guide EN.PDF, Mirasys Ltd.
22. 7.9.1998. Ilmanvaihto pohjapiirustus 6 krs. Insinööritoimisto Tuomi OY. Helsinki
23. 9.10.1998. Konekortti työnnumero 4834, KOJA tekniikka Oy. Helsinki

Käyttöön pohjautuvaan ilmanvaihtoon vertailu

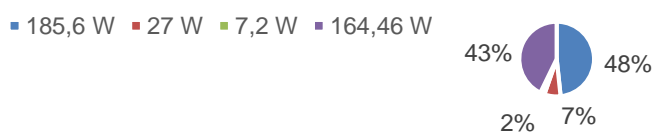
	Maanan- tai	Tiis- tai	Keski- viikko	Tors- tai	Perjan- tai	Lauan- tai	Sunnun- tai
TK 1	1154	638 350	680	1076	638	170	146
TK1 (D2)	3500	0	3500	3500	3500	3500	3500
TK2	782	776 360	662	596	590	164	152
TK2 (D2)	3600	0	3600	3600	3600	3600	3600
TK3	0	0 540	0	0	0	0	0
TK3 (D2)	5400	0	5400	5400	5400	5400	5400



Kiinteistön kulunvalvontalaitteiden kulutukset

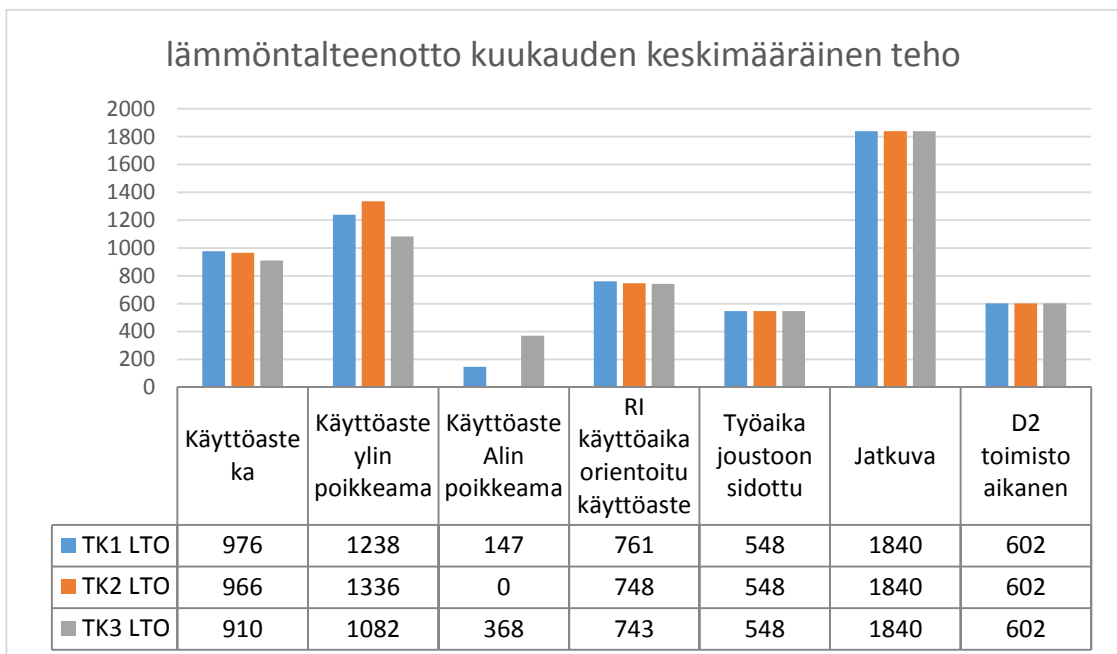
Lukot	keskimääräinen teho / kpl	kpl
Tyyppi		
Abloy 4190		3
Abloy 8329	0,1	5
Abloy EL651 35	0,15	2
Abloy EL491	0,25	1
Abloy EL655	0,15	4
Abloy EL580	0,11	8
Abloy EL590	0,25	6
Abloy EL490	0,25	4
Abloy EL582	0,11	1
Abloy 8904F		6
Abloy EL557		3
tuntemattomia	0,17125	10
teho	164,46	W
Ovisolmut		
Pacom 1064	0,035	36
Pacom 1067	0,066	5
Pacom 1076	0,066	10
	27	W
Lukijat		
TPRW	0,2	0
TPRW PIN	0,1	62
Timecon Touch 3.1	0,52	5
	211,2	W
Hälytys paneli		
Pacom 8101A	0,31	6
	22,32	W
Hälytys silmukat		
Pacom 1065	0,1	
Ohjaimet		
Pacom 1057	0,3	2
	7,2	W

Kulunvalvonta



lämmöntalteenotto kuukauden keskimääräinen teho (W)

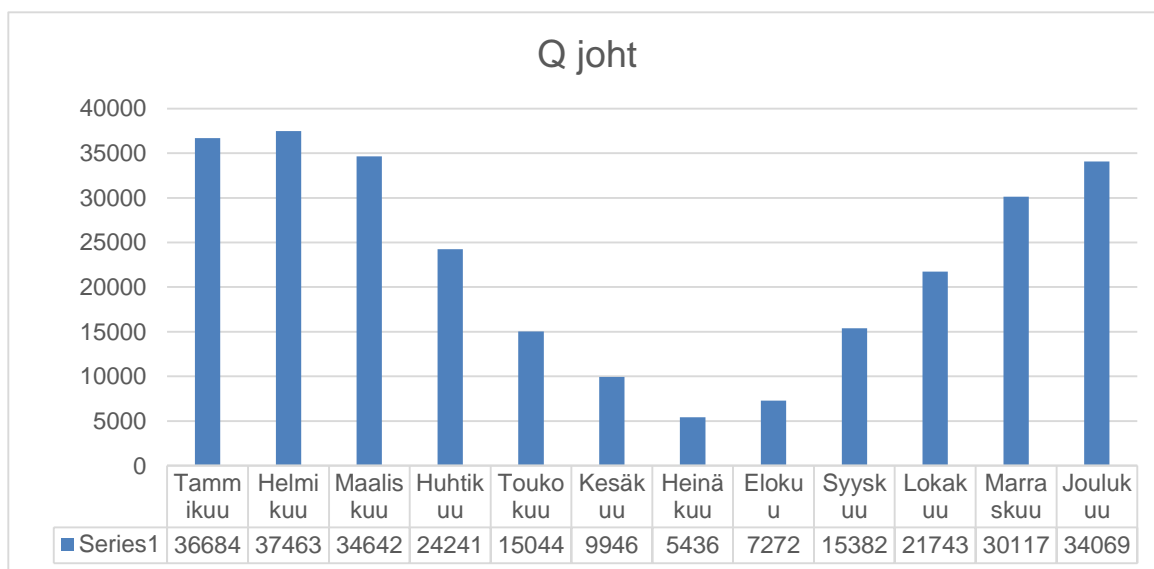
	TK1 LTO	TK2 LTO	TK3 LTO
Käyttöaste ka	976	966	910
Käyttöaste ylin poikkeama	1238	1336	1082
Käyttöaste alin poikkeama	147	0	368
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	761	748	743
Työaika joustoon sidottu	548	548	548
Jatkuva	1840	1840	1840
D2 toimisto aikanen	602	602	602



Q johtavuusJohtamisarvon (Q_{joht}) laskennan kaavalla

$$Q_{joht} = \sum AU \quad (11)$$

	US1	US5	Ikkuna	Ikkunan ylä ja ala- puoli	Yläpohja	Alapohja	Yht
Tammikuu	5780,841	917,482	21490,886	1899,827	2374,210	4220,819	36684
Helmikuu	5903,542	936,956	21947,040	1940,152	2424,604	4310,407	37463
Maaliskuu	5459,040	866,409	20294,557	1794,070	2242,046	3985,859	34642
Huhtikuu	3819,939	606,266	14201,026	1255,392	1568,862	2789,087	24241
Toukokuu	2370,677	376,252	8813,243	779,104	973,645	1730,924	15044
Kesäkuu	1567,333	248,753	5826,724	515,091	643,709	1144,371	9946
Heinäkuu	856,592	135,951	3184,473	281,512	351,805	625,432	5436
Elokuu	1145,982	181,880	4260,308	376,618	470,658	836,726	7272
Syyskuu	2423,925	384,703	9011,197	796,604	995,514	1769,803	15382
Lokakuu	3426,369	543,802	12737,890	1126,049	1407,221	2501,727	21743
Marraskuu	4745,985	753,239	17643,699	1559,730	1949,192	3465,230	30117
Joulukuu	5368,751	852,079	19958,897	1764,397	2204,964	3919,935	34069
							272038



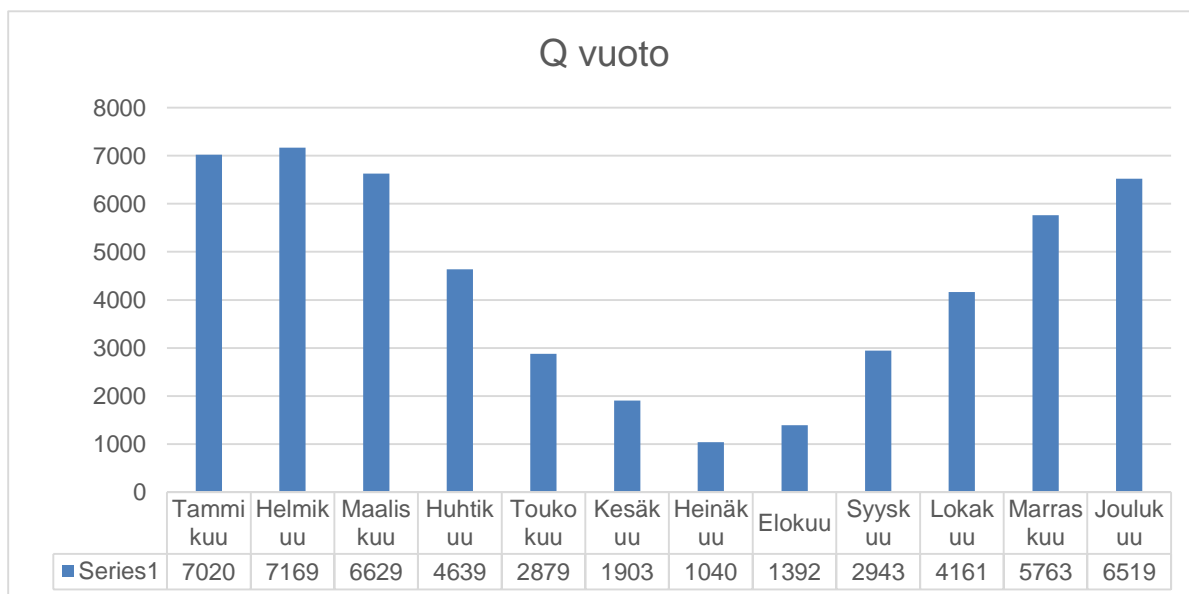
Q vuoto

$$Q_{vuoto} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,vuoto} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (12)$$

qv, vuoto 0,320920422

Qvuoto

Tammikuu	7020
Helmikuu	7169
Maaliskuu	6629
Huhtikuu	4639
Toukokuu	2879
Kesäkuu	1903
Heinäkuu	1040
Elokuu	1392
Syyskuu	2943
Lokakuu	4161
Marraskuu	5763
Joulukuu	6519
yht	52056



T lto

$$T_{lto} = T_u + \frac{\Phi_{lto}}{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo}} \quad (3)$$

T_{lto} on lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila

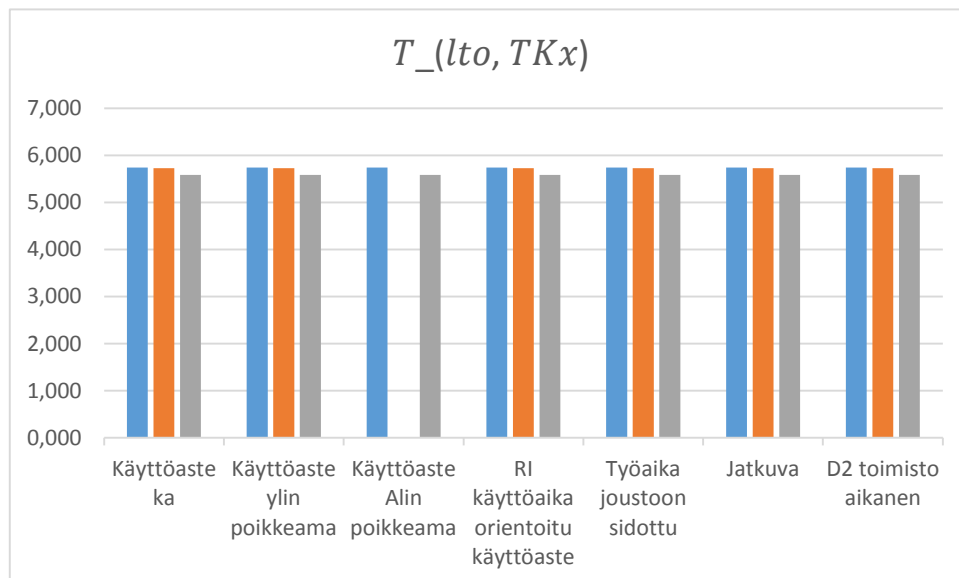
Φ_{lto} on lämmöntalteenotolla talteen otettu kuukauden keskimääräinen joka lasketaan kaavalla

$$\Phi_{lto} = \eta_{a, ivkone} t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} j$$

$\eta_{a, ivkone}$ on ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde .

$q_{v, tulo}$ on jokaisesta tuloilmakoneesta erikseen ilmoitettu poistoilmavirta

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	5,738	5,726	5,584
Käyttöaste ylin poikkeama	5,738	5,726	5,584
Käyttöaste Alin poikkeama	5,738	0,000	5,584
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	5,738	5,726	5,584
Työaika joustoon sidottu	5,738	5,726	5,584
Jatkuva	5,738	5,726	5,584
D2 toimisto aikanen	5,738	5,726	5,584



	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka			
Tammikuu	-3,532	-3,532	-3,532
Helmikuu	-4,062	-4,062	-4,062

Maaliskuu	-2,142	-2,142	-2,142
Huhtikuu	4,938	4,938	4,938
Toukokuu	11,198	11,198	11,198
Kesäkuu	14,668	14,668	14,668
Heinäkuu	17,738	17,738	17,738
Elokuu	16,488	16,488	16,488
Syyskuu	10,968	10,968	10,968
Lokakuu	6,638	6,638	6,638
Marraskuu	0,938	0,938	0,938
Joulukuu	-1,752	-1,752	-1,752

Käyttöaste ylin poikkeama

Tammikuu	-3,532	-3,532	-3,532
Helmikuu	-4,062	-4,062	-4,062
Maaliskuu	-2,142	-2,142	-2,142
Huhtikuu	4,938	4,938	4,938
Toukokuu	11,198	11,198	11,198
Kesäkuu	14,668	14,668	14,668
Heinäkuu	17,738	17,738	17,738
Elokuu	16,488	16,488	16,488
Syyskuu	10,968	10,968	10,968
Lokakuu	6,638	6,638	6,638
Marraskuu	0,938	0,938	0,938
Joulukuu	-1,752	-1,752	-1,752

Käyttöaste Alin poikkeama

Tammikuu	-3,532	-3,532	-3,532
Helmikuu	-4,062	-4,062	-4,062
Maaliskuu	-2,142	-2,142	-2,142
Huhtikuu	4,938	4,938	4,938
Toukokuu	11,198	11,198	11,198
Kesäkuu	14,668	14,668	14,668
Heinäkuu	17,738	17,738	17,738
Elokuu	16,488	16,488	16,488
Syyskuu	10,968	10,968	10,968
Lokakuu	6,638	6,638	6,638
Marraskuu	0,938	0,938	0,938
Joulukuu	-1,752	-1,752	-1,752

RI käyttöaika orientoitu käyttöaste

Tammikuu	-3,532	-3,532	-3,532
Helmikuu	-4,062	-4,062	-4,062
Maaliskuu	-2,142	-2,142	-2,142
Huhtikuu	4,938	4,938	4,938

Toukokuu	11,198	11,198	11,198
Kesäkuu	14,668	14,668	14,668
Heinäkuu	17,738	17,738	17,738
Elokuu	16,488	16,488	16,488
Syyskuu	10,968	10,968	10,968
Lokakuu	6,638	6,638	6,638
Marraskuu	0,938	0,938	0,938
Joulukuu	-1,752	-1,752	-1,752

Työaika joustoon sidottu

Tammikuu	-3,532	-3,532	-3,532
Helmikuu	-4,062	-4,062	-4,062
Maaliskuu	-2,142	-2,142	-2,142
Huhtikuu	4,938	4,938	4,938
Toukokuu	11,198	11,198	11,198
Kesäkuu	14,668	14,668	14,668
Heinäkuu	17,738	17,738	17,738
Elokuu	16,488	16,488	16,488
Syyskuu	10,968	10,968	10,968
Lokakuu	6,638	6,638	6,638
Marraskuu	0,938	0,938	0,938
Joulukuu	-1,752	-1,752	-1,752

Jatkuva

Tammikuu	-3,532	-3,532	-3,532
Helmikuu	-4,062	-4,062	-4,062
Maaliskuu	-2,142	-2,142	-2,142
Huhtikuu	4,938	4,938	4,938
Toukokuu	11,198	11,198	11,198
Kesäkuu	14,668	14,668	14,668
Heinäkuu	17,738	17,738	17,738
Elokuu	16,488	16,488	16,488
Syyskuu	10,968	10,968	10,968
Lokakuu	6,638	6,638	6,638
Marraskuu	0,938	0,938	0,938
Joulukuu	-1,752	-1,752	-1,752

D2 toimisto aikanen

Tammikuu	-3,532	-3,532	-3,532
Helmikuu	-4,062	-4,062	-4,062
Maaliskuu	-2,142	-2,142	-2,142
Huhtikuu	4,938	4,938	4,938
Toukokuu	11,198	11,198	11,198
Kesäkuu	14,668	14,668	14,668

Heinäkuu	17,738	17,738	17,738
Elokuu	16,488	16,488	16,488
Syyskuu	10,968	10,968	10,968
Lokakuu	6,638	6,638	6,638
Marraskuu	0,938	0,938	0,938
Joulukuu	-1,752	-1,752	-1,752

Q IV

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} ((T_s - T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (2)$$

Q_{iv} on ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

$t_d t_v$ on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaika-suhde kerrottuna jaettuna 7 päivän kertaa 24 tunnin kanssa

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_{v,tulo}$ on poistoilmavirta käytetään jokaiseen tuloilmakoneeseen konekor-tista saatua arvoa.

T_{sp} on sisäänpuhalluslämpötila joka oletuksena käytetään 18 °C

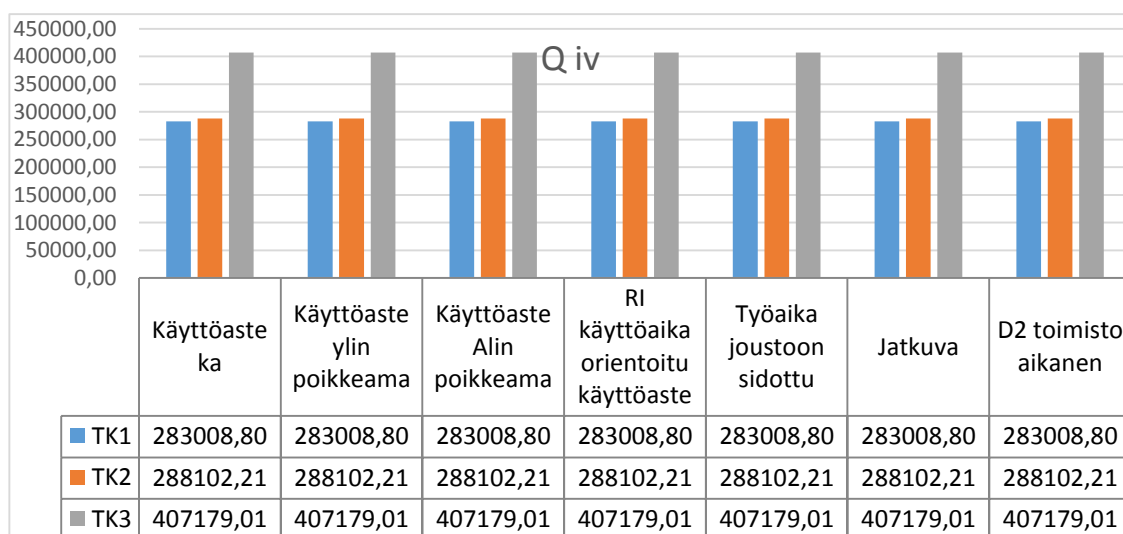
$\Delta T_{puhallin}$ on lämpötilan nousu puhaltimessa jonka oletuksena käytetään 0,5°C

T_{lto} on lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila liitteestä 6

Δt on ajanjakson pituus on vuosi eli 8760h

1000 on kilowattitunneiksi muuttava kerroin

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	283008,80	288102,21	407179,01
Käyttöaste ylin poikkeama	283008,80	288102,21	407179,01
Käyttöaste Alin poikkeama	283008,80	288102,21	407179,01
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	283008,80	288102,21	407179,01
Työaika joustoon sidottu	283008,80	288102,21	407179,01
Jatkuva	283008,80	288102,21	407179,01
D2 toimisto aikanen	283008,80	288102,21	407179,01



Käyttöaste ka

TK1

TK2

TK3

Tammikuu	39107,0733	39810,8962	56265,3148
Helmikuu	39969,5379	40688,8829	57506,186
Maaliskuu	36845,1379	37508,252	53010,9545
Huhtikuu	25323,9129	25779,6757	36434,7882
Toukokuu	15137,0671	15409,4939	21778,4603
Kesäkuu	9490,365	9661,16623	13654,2658
Heinäkuu	4494,57958	4575,47001	6466,57788
Elokuu	6528,69417	6646,19323	9393,16091
Syyskuu	15511,3442	15790,5069	22316,9516
Lokakuu	22557,5171	22963,4922	32454,6352
Marraskuu	31833,0796	32405,99	45799,8539
Joulukuu	36210,4942	36862,1864	52097,8606
	283008,803	288102,206	407179,01
Käyttöaste ylin poikkeama			
Tammikuu	39107,0733	39810,8962	56265,3148
Helmikuu	39969,5379	40688,8829	57506,186
Maaliskuu	36845,1379	37508,252	53010,9545
Huhtikuu	25323,9129	25779,6757	36434,7882
Toukokuu	15137,0671	15409,4939	21778,4603
Kesäkuu	9490,365	9661,16623	13654,2658
Heinäkuu	4494,57958	4575,47001	6466,57788
Elokuu	6528,69417	6646,19323	9393,16091
Syyskuu	15511,3442	15790,5069	22316,9516
Lokakuu	22557,5171	22963,4922	32454,6352
Marraskuu	31833,0796	32405,99	45799,8539
Joulukuu	36210,4942	36862,1864	52097,8606
	283008,803	288102,206	407179,01
Käyttöaste alin poikkeama			
Tammikuu	39107,0733	39810,8962	56265,3148
Helmikuu	39969,5379	40688,8829	57506,186
Maaliskuu	36845,1379	37508,252	53010,9545
Huhtikuu	25323,9129	25779,6757	36434,7882
Toukokuu	15137,0671	15409,4939	21778,4603
Kesäkuu	9490,365	9661,16623	13654,2658
Heinäkuu	4494,57958	4575,47001	6466,57788
Elokuu	6528,69417	6646,19323	9393,16091
Syyskuu	15511,3442	15790,5069	22316,9516
Lokakuu	22557,5171	22963,4922	32454,6352
Marraskuu	31833,0796	32405,99	45799,8539
Joulukuu	36210,4942	36862,1864	52097,8606
	283008,803	288102,206	407179,01
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste			
Tammikuu	39107,0733	39810,8962	56265,3148
Helmikuu	39969,5379	40688,8829	57506,186

Maaliskuu	36845,1379	37508,252	53010,9545
Huhtikuu	25323,9129	25779,6757	36434,7882
Toukokuu	15137,0671	15409,4939	21778,4603
Kesäkuu	9490,365	9661,16623	13654,2658
Heinäkuu	4494,57958	4575,47001	6466,57788
Elokuu	6528,69417	6646,19323	9393,16091
Syyskuu	15511,3442	15790,5069	22316,9516
Lokakuu	22557,5171	22963,4922	32454,6352
Marraskuu	31833,0796	32405,99	45799,8539
Joulukuu	36210,4942	36862,1864	52097,8606
	283008,803	288102,206	407179,01
Työaika joustoon sidottu			
Tammikuu	39107,0733	39810,8962	56265,3148
Helmikuu	39969,5379	40688,8829	57506,186
Maaliskuu	36845,1379	37508,252	53010,9545
Huhtikuu	25323,9129	25779,6757	36434,7882
Toukokuu	15137,0671	15409,4939	21778,4603
Kesäkuu	9490,365	9661,16623	13654,2658
Heinäkuu	4494,57958	4575,47001	6466,57788
Elokuu	6528,69417	6646,19323	9393,16091
Syyskuu	15511,3442	15790,5069	22316,9516
Lokakuu	22557,5171	22963,4922	32454,6352
Marraskuu	31833,0796	32405,99	45799,8539
Joulukuu	36210,4942	36862,1864	52097,8606
	283008,803	288102,206	407179,01
Jatkuva			
Tammikuu	39107,0733	39810,8962	56265,3148
Helmikuu	39969,5379	40688,8829	57506,186
Maaliskuu	36845,1379	37508,252	53010,9545
Huhtikuu	25323,9129	25779,6757	36434,7882
Toukokuu	15137,0671	15409,4939	21778,4603
Kesäkuu	9490,365	9661,16623	13654,2658
Heinäkuu	4494,57958	4575,47001	6466,57788
Elokuu	6528,69417	6646,19323	9393,16091
Syyskuu	15511,3442	15790,5069	22316,9516
Lokakuu	22557,5171	22963,4922	32454,6352
Marraskuu	31833,0796	32405,99	45799,8539
Joulukuu	36210,4942	36862,1864	52097,8606
	283008,803	288102,206	407179,01
D2 toimisto aikainen			
Tammikuu	39107,0733	39810,8962	56265,3148
Helmikuu	39969,5379	40688,8829	57506,186
Maaliskuu	36845,1379	37508,252	53010,9545
Huhtikuu	25323,9129	25779,6757	36434,7882

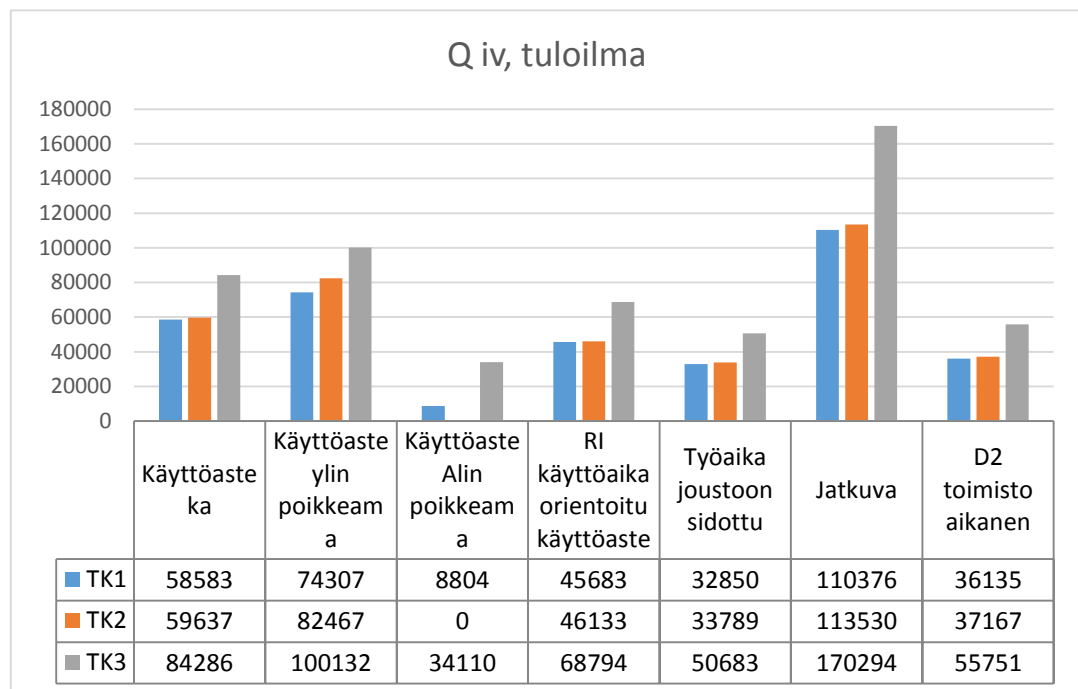
Toukokuu	15137,0671	15409,4939	21778,4603
Kesäkuu	9490,365	9661,16623	13654,2658
Heinäkuu	4494,57958	4575,47001	6466,57788
Elokuu	6528,69417	6646,19323	9393,16091
Syyskuu	15511,3442	15790,5069	22316,9516
Lokakuu	22557,5171	22963,4922	32454,6352
Marraskuu	31833,0796	32405,99	45799,8539
Joulukuu	36210,4942	36862,1864	52097,8606
	283008,803	288102,206	407179,01

Q iv tuloilma

Tuloilma ($Q_{iv,tuloilma}$) lasketaan D5-kaavalla

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} Q_{v,tulo,TKx} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (4)$$

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	58583	59637	84286
Käyttöaste ylin poikkeama	74307	82467	100132
Käyttöaste Alin poikkeama	8804	0	34110
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	45683	46133	68794
Työaika joustoon sidottu	32850	33789	50683
Jatkuva	110376	113530	170294
D2 toimisto aikanen	36135	37167	55751



Käyttöaste ka	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	4881,88	4969,74	7023,80
Helmikuu	4881,88	4969,74	7023,80
Maaliskuu	4881,88	4969,74	7023,80
Huhtikuu	4881,88	4969,74	7023,80
Toukokuu	4881,88	4969,74	7023,80
Kesäkuu	4881,88	4969,74	7023,80
Heinäkuu	4881,88	4969,74	7023,80

Elokuu	4881,88	4969,74	7023,80
Syyskuu	4881,88	4969,74	7023,80
Lokakuu	4881,88	4969,74	7023,80
Marraskuu	4881,88	4969,74	7023,80
Joulukuu	4881,88	4969,74	7023,80
	58582,5	59636,8286	84285,5914
Käyttöaste ylin poikkeama			
Tammikuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Helmikuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Maaliskuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Huhtikuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Toukokuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Kesäkuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Heinäkuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Elokuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Syyskuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Lokakuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Marraskuu	6192,225	6872,22	8344,36929
Joulukuu	6192,225	6872,22	8344,36929
	74306,7	82466,64	100132,431
Käyttöaste Alin poikkeama			
Tammikuu	733,65	0	2842,46357
Helmikuu	733,65	0	2842,46357
Maaliskuu	733,65	0	2842,46357
Huhtikuu	733,65	0	2842,46357
Toukokuu	733,65	0	2842,46357
Kesäkuu	733,65	0	2842,46357
Heinäkuu	733,65	0	2842,46357
Elokuu	733,65	0	2842,46357
Syyskuu	733,65	0	2842,46357
Lokakuu	733,65	0	2842,46357
Marraskuu	733,65	0	2842,46357
Joulukuu	733,65	0	2842,46357
	8803,8	0	34109,5629
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste			
Tammikuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Helmikuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Maaliskuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Huhtikuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Toukokuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Kesäkuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Heinäkuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Elokuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Syyskuu	3806,95	3844,38857	5732,79429

Lokakuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Marraskuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
Joulukuu	3806,95	3844,38857	5732,79429
	45683,4	46132,6629	68793,5314
Työaika joustoon sidottu			
Tammikuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Helmikuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Maaliskuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Huhtikuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Toukokuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Kesäkuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Heinäkuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Elokuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Syyskuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Lokakuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Marraskuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
Joulukuu	2737,5	2815,71429	4223,57143
	32850	33788,5714	50682,8571
Jatkuva			
Tammikuu	9198	9460,8	14191,2
Helmikuu	9198	9460,8	14191,2
Maaliskuu	9198	9460,8	14191,2
Huhtikuu	9198	9460,8	14191,2
Toukokuu	9198	9460,8	14191,2
Kesäkuu	9198	9460,8	14191,2
Heinäkuu	9198	9460,8	14191,2
Elokuu	9198	9460,8	14191,2
Syyskuu	9198	9460,8	14191,2
Lokakuu	9198	9460,8	14191,2
Marraskuu	9198	9460,8	14191,2
Joulukuu	9198	9460,8	14191,2
	110376	113529,6	170294,4
D2 toimisto aikanen			
Tammikuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Helmikuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Maaliskuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Huhtikuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Toukokuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Kesäkuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Heinäkuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Elokuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Syyskuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Lokakuu	3011,25	3097,28571	4645,92857
Marraskuu	3011,25	3097,28571	4645,92857

Joulukuu

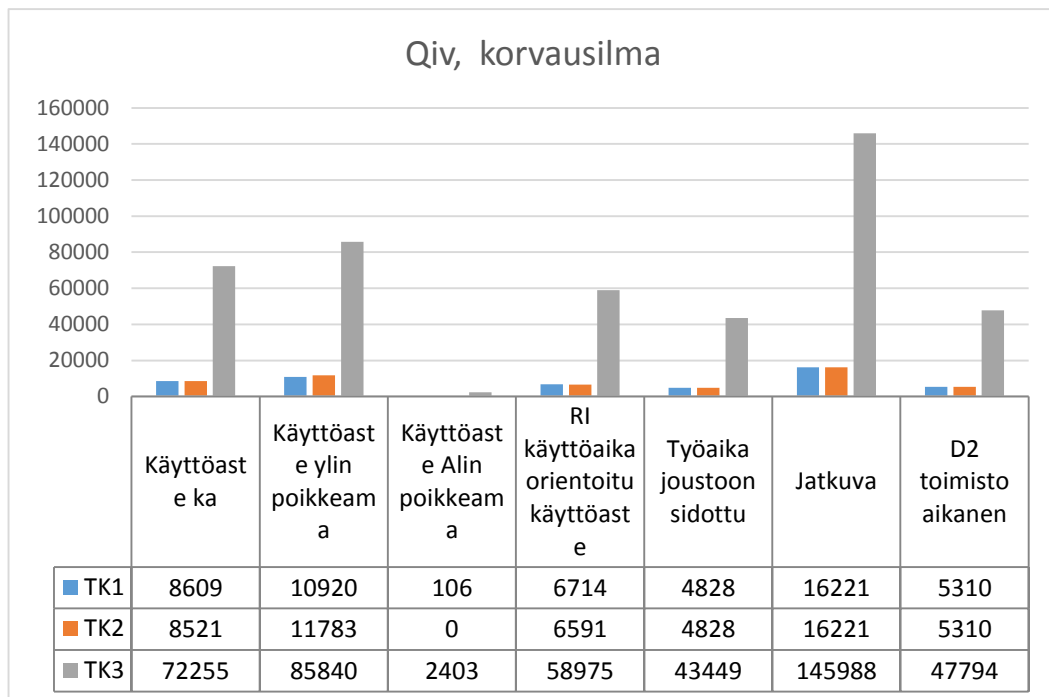
3011,25	3097,28571	4645,92857
36135	37167,4286	55751,1429

Q iv korvausilma

Korvaavailma ($Q_{iv, korvaus\ ilma}$) lasketaan kaavalla

$$Q_{iv, korvaus\ ilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v, korvausilma} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (5)$$

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	8609	8521	72255
Käyttöaste ylin poikkeama	10920	11783	85840
Käyttöaste Alin poikkeama	106	0	2403
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	6714	6591	58975
Työaika joustoon sidottu	4828	4828	43449
Jatkuva	16221	16221	145988
D2 toimisto aikanen	5310	5310	47794



Käyttöaste ka

Tammikuu	1160,956369	1149,021304	9743,570454
Helmikuu	1185,598214	1173,409821	9950,382321
Maaliskuu	1096,329643	1085,058964	9201,177064
Huhtikuu	767,1517857	759,2651786	6438,482679
Toukokuu	476,0990476	471,2045714	3995,761371
Kesäkuu	314,7647024	311,5288036	2641,728954

Heinäkuu	172,0279762	170,2594643	1443,780964
Elokuu	230,1455357	227,7795536	1931,544804
Syyskuu	486,7926786	481,7882679	4085,509918
Lokakuu	688,1119048	681,0378571	5775,123857
Marraskuu	953,1279762	943,3294643	7999,326964
Joulukuu	1078,196964	1067,112696	9048,994746
	8609,302798	8520,795946	72255,3841
Käyttöaste ylin poikkeama			
Tammikuu	1472,570079	1588,882717	11575,4945
Helmikuu	1503,826071	1622,6075	11821,18982
Maaliskuu	1390,596814	1500,4347	10931,12376
Huhtikuu	973,0639286	1049,9225	7649,005179
Toukokuu	603,8893714	651,5882667	4747,018971
Kesäkuu	399,2510786	430,7863833	3138,410004
Heinäkuu	218,2022143	235,4371667	1715,231464
Elokuu	291,9191786	314,97675	2294,701554
Syyskuu	617,4532929	666,22355	4853,641468
Lokakuu	872,8088571	941,7486667	6860,925857
Marraskuu	1208,958214	1304,449167	9503,309464
Joulukuu	1367,597121	1475,61835	10750,3291
	10920,13622	11782,67572	85840,38115
Käyttöaste Alin poikkeama			
Tammikuu	174,4689571	0	3943,128632
Helmikuu	178,1721429	0	4026,823393
Maaliskuu	164,7568286	0	3723,627279
Huhtikuu	115,2878571	0	2605,591607
Toukokuu	71,54834286	0	1617,045943
Kesäkuu	47,30295714	0	1069,082132
Heinäkuu	25,85242857	0	584,2841786
Elokuu	34,58635714	0	781,6774821
Syyskuu	73,15538571	0	1653,366311
Lokakuu	103,4097143	0	2337,136714
Marraskuu	143,2364286	0	3237,250179
Joulukuu	162,0318429	0	3662,040568
	106,3404857	0	2403,374336
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste			
Tammikuu	905,3289667	888,8368762	7952,659629
Helmikuu	924,545	907,7028571	8121,458571
Maaliskuu	854,9322	839,3581714	7509,960514
Huhtikuu	598,235	587,3371429	5255,061429
Toukokuu	371,2682667	364,5049905	3261,322971
Kesäkuu	245,4576333	240,9862095	2156,167629
Heinäkuu	134,1496667	131,7059048	1178,407714
Elokuu	179,4705	176,2011429	1576,518429

Syyskuu	379,6073	372,6921143	3334,575343
Lokakuu	536,5986667	526,823619	4713,630857
Marraskuu	743,2616667	729,7219048	6529,015714
Joulukuu	840,7921	825,4756571	7385,749971
	6713,646967	6591,34659	58974,52877
Työaika joustoon sidottu			
Tammikuu	651,0035714	651,0035714	5859,032143
Helmikuu	664,8214286	664,8214286	5983,392857
Maaliskuu	614,7642857	614,7642857	5532,878571
Huhtikuu	430,1785714	430,1785714	3871,607143
Toukokuu	266,9714286	266,9714286	2402,742857
Kesäkuu	176,5035714	176,5035714	1588,532143
Heinäkuu	96,46428571	96,46428571	868,1785714
Elokuu	129,0535714	129,0535714	1161,482143
Syyskuu	272,9678571	272,9678571	2456,710714
Lokakuu	385,8571429	385,8571429	3472,714286
Marraskuu	534,4642857	534,4642857	4810,178571
Joulukuu	604,5964286	604,5964286	5441,367857
	4827,646429	4827,646429	43448,81786
Jatkuva			
Tammikuu	2187,372	2187,372	19686,348
Helmikuu	2233,8	2233,8	20104,2
Maaliskuu	2065,608	2065,608	18590,472
Huhtikuu	1445,4	1445,4	13008,6
Toukokuu	897,024	897,024	8073,216
Kesäkuu	593,052	593,052	5337,468
Heinäkuu	324,12	324,12	2917,08
Elokuu	433,62	433,62	3902,58
Syyskuu	917,172	917,172	8254,548
Lokakuu	1296,48	1296,48	11668,32
Marraskuu	1795,8	1795,8	16162,2
Joulukuu	2031,444	2031,444	18282,996
	16220,892	16220,892	145988,028
D2 toimisto aikanen			
Tammikuu	716,1039286	716,1039286	6444,935357
Helmikuu	731,3035714	731,3035714	6581,732143
Maaliskuu	676,2407143	676,2407143	6086,166429
Huhtikuu	473,1964286	473,1964286	4258,767857
Toukokuu	293,6685714	293,6685714	2643,017143
Kesäkuu	194,1539286	194,1539286	1747,385357
Heinäkuu	106,1107143	106,1107143	954,9964286
Elokuu	141,9589286	141,9589286	1277,630357
Syyskuu	300,2646429	300,2646429	2702,381786
Lokakuu	424,4428571	424,4428571	3819,985714

Marraskuu	587,9107143	587,9107143	5291,196429
Joulukuu	665,0560714	665,0560714	5985,504643
	5310,411071	5310,411071	47793,69964

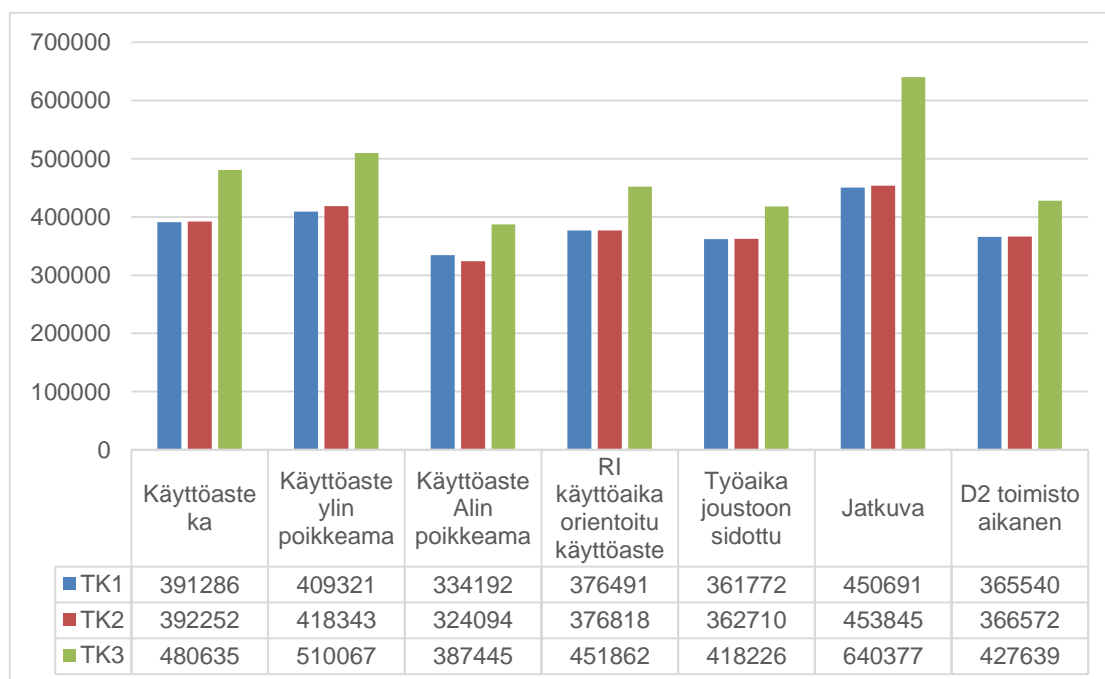
Q tila

$$Q_{\text{Lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{Lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{tuotto}}} + Q_{\text{jakelu ulos}} + Q_{\text{varastointi ulos}} \quad (9)$$

Käyttöaste ka	TK1	TK2	TK3	
Tammikuu	49746,620	49822,546	60471,159	
Helmikuu	50698,896	50774,568	61605,604	
Maaliskuu	47249,144	47325,734	57495,915	
Huhtikuu	34528,183	34608,157	42341,438	
Toukokuu	23280,553	23363,519	28942,140	
Kesäkuu	17045,845	17130,470	21514,733	
Heinäkuu	11529,835	11615,927	14943,512	
Elokuu	13775,767	13861,262	17619,091	
Syyskuu	23693,805	23776,661	29434,446	
Lokakuu	31473,714	31554,501	38702,651	
Marraskuu	41715,166	41793,228	50903,289	
Joulukuu	46548,413	46625,189	56661,135	
	0	391285,940	392251,762	480635,113
Käyttöaste ylin poikkeama				
Tammikuu	51368,584	52164,892	63623,653	
Helmikuu	52327,474	53126,250	64796,982	
Maaliskuu	48853,761	49643,594	60546,432	
Huhtikuu	36044,445	36801,298	44872,530	
Toukokuu	24718,693	25446,387	31013,967	
Kesäkuu	18440,681	19152,211	23331,984	
Heinäkuu	12886,359	13583,589	16535,533	
Elokuu	15147,891	15850,943	19302,818	
Syyskuu	25134,815	25863,581	31523,148	
Lokakuu	32968,761	33717,696	41109,023	
Marraskuu	43281,346	44056,832	53727,842	
Joulukuu	48148,163	48936,179	59683,039	
	0	409320,974	418343,453	510066,950
Käyttöaste Alin poikkeama				
Tammikuu	44611,908	43703,789	50489,381	
Helmikuu	45543,245	44631,423	51500,709	
Maaliskuu	42169,346	41270,939	47837,030	
Huhtikuu	29728,094	28879,156	34327,211	
Toukokuu	18727,777	17922,579	22382,089	
Kesäkuu	12630,158	11849,205	15760,751	
Heinäkuu	7235,434	6475,932	9902,680	
Elokuu	9431,983	8663,747	12287,888	
Syyskuu	19131,942	18325,137	22820,967	

Lokakuu	26740,787	25903,728	31083,328
Marraskuu	36757,050	35880,163	41959,877
Joulukuu	41484,023	40588,341	47092,845
0	334191,747	324094,137	387444,755
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste			
Tammikuu	48416,068	48437,014	57389,243
Helmikuu	49362,918	49383,514	58485,675
Maaliskuu	45932,821	45954,686	54513,694
Huhtikuu	33284,341	33310,881	39867,011
Toukokuu	22100,797	22131,473	26916,696
Kesäkuu	15901,613	15934,580	19738,167
Heinäkuu	10417,032	10452,026	13387,134
Elokuu	12650,167	12684,336	15973,059
Syyskuu	22511,694	22542,218	27392,507
Lokakuu	30247,276	30274,940	36350,153
Marraskuu	40430,375	40454,274	48141,973
Joulukuu	45236,083	45258,205	53706,885
0	376491,184	376818,147	451862,198
Työaika joustoon sidottu			
Tammikuu	47092,293	47170,507	53786,393
Helmikuu	48033,744	48111,958	54838,387
Maaliskuu	44623,203	44701,417	51027,389
Huhtikuu	32046,834	32125,049	36974,334
Toukokuu	20927,051	21005,265	24548,893
Kesäkuu	14763,209	14841,423	17661,309
Heinäkuu	9309,896	9388,110	11567,682
Elokuu	11530,300	11608,515	14048,800
Syyskuu	21335,605	21413,819	25005,419
Lokakuu	29027,085	29105,299	33600,013
Marraskuu	39152,127	39230,342	44913,913
Joulukuu	43930,437	44008,651	50253,280
	361771,784	362710,355	418225,812
Jatkuva			
Tammikuu	55089,161	55351,961	77581,337
Helmikuu	56063,223	56326,023	78926,823
Maaliskuu	52534,547	52797,347	74052,611
Huhtikuu	39522,556	39785,356	56078,956
Toukokuu	28017,603	28280,403	40186,995
Kesäkuu	21640,257	21903,057	31377,873
Heinäkuu	15998,052	16260,852	23584,212
Elokuu	18295,367	18558,167	26757,527
Syyskuu	28440,309	28703,109	40770,885
Lokakuu	36398,208	36661,008	51763,248
Marraskuu	46873,963	47136,763	66233,563

Joulukuu	51817,785	52080,585	73062,537
	450691,029	453844,629	640376,565
D2 toimisto aikanen			
Tammikuu	47431,143	47517,179	54794,653
Helmikuu	48373,976	48460,012	55859,083
Maaliskuu	44958,430	45044,465	52003,034
Huhtikuu	32363,602	32449,638	37783,852
Toukokuu	21227,498	21313,533	25211,525
Kesäkuu	15054,609	15140,645	18242,519
Heinäkuu	9593,293	9679,328	12076,857
Elokuu	11816,956	11902,991	14587,306
Syyskuu	21636,652	21722,687	25673,447
Lokakuu	29339,420	29425,456	34369,642
Marraskuu	39479,324	39565,360	45817,288
Joulukuu	44264,647	44350,682	51219,774
	365539,549	366571,977	427638,980
Q tila	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	391286	392252	480635
Käyttöaste ylin poikkeama	409321	418343	510067
Käyttöaste Alin poikkeama	334192	324094	387445
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	376491	376818	451862
Työaika joustoon sidottu	361772	362710	418226
Jatkuva	450691	453845	640377
D2 toimisto aikanen	365540	366572	427639



Q lämmitys tila netto

$$Q_{\text{Lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila (vertailuarvo)}} - Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (10)$$

Q lämmitys, tila, netto

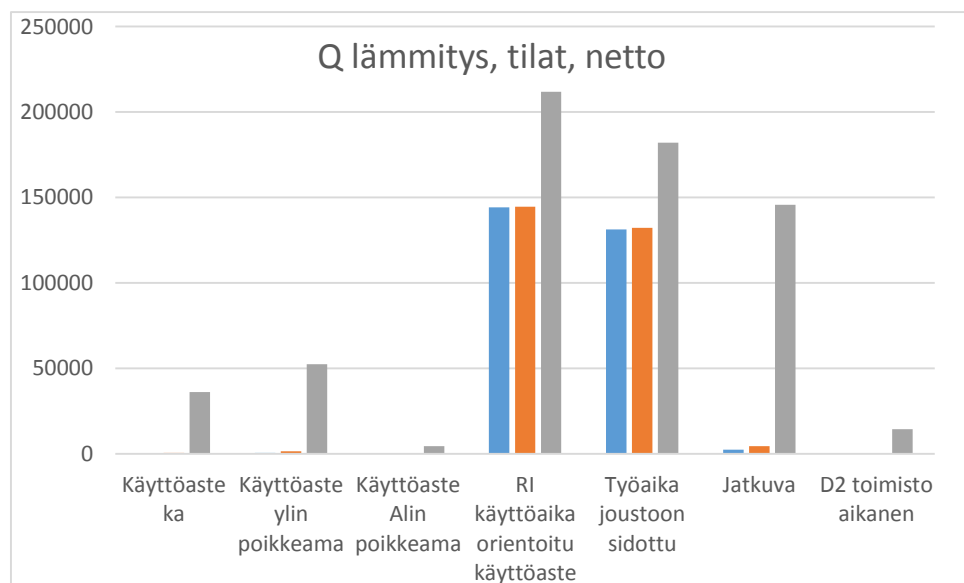
Käyttöaste ka	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	42,49	106,27	6972,52
Helmikuu	37,13	90,34	6659,35
Maaliskuu	18,37	44,36	4663,53
Huhtikuu	5,33	12,23	1919,31
Toukokuu	2,49	5,49	757,68
Kesäkuu	2,89	5,91	496,47
Heinäkuu	6,69	11,67	418,04
Elokuu	4,82	9,32	466,16
Syyskuu	3,68	8,60	1085,79
Lokakuu	8,41	19,57	2105,05
Marraskuu	21,68	53,55	4502,97
Joulukuu	33,52	83,51	5999,35
	187,51	450,80	36046,20
Käyttöaste ylin poikkeama	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	93,00	282,49	9486,69
Helmikuu	81,67	243,29	9141,22
Maaliskuu	43,67	133,36	6724,64
Huhtikuu	15,79	49,24	3090,82
Toukokuu	9,25	29,44	1360,24
Kesäkuu	11,66	34,99	927,39
Heinäkuu	25,57	64,11	772,68
Elokuu	19,08	53,22	865,50
Syyskuu	13,08	42,99	1861,08
Lokakuu	24,79	77,39	3330,39
Marraskuu	53,12	165,41	6467,58
Joulukuu	76,38	234,13	8310,77
	467,07	1410,05	52338,99
Käyttöaste Alin poikkeama	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	0,94	0,00	1126,99
Helmikuu	0,82	0,00	1022,24
Maaliskuu	0,26	0,00	524,72
Huhtikuu	0,02	0,00	105,14
Toukokuu	0,00	0,00	18,84

Kesäkuu	0,00	0,00	8,06
Heinäkuu	0,00	0,00	5,67
Elokuu	0,00	0,00	6,81
Syyskuu	0,00	0,00	35,12
Lokakuu	0,02	0,00	121,99
Marraskuu	0,22	0,00	501,31
Joulukuu	0,57	0,00	854,80
	2,85	0,00	4331,69
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	18222,49	18242,29	26703,40
Helmikuu	18555,26	18574,75	27187,94
Maaliskuu	17348,83	17369,43	25431,21
Huhtikuu	12866,64	12890,98	18902,81
Toukokuu	8794,27	8820,84	12965,96
Kesäkuu	6382,96	6409,26	9443,57
Heinäkuu	3841,44	3863,49	5718,18
Elokuu	4971,93	4996,65	7377,04
Syyskuu	8947,98	8974,51	13190,27
Lokakuu	11776,89	11801,99	17314,91
Marraskuu	15407,01	15429,31	22603,30
Joulukuu	17103,44	17124,25	25073,86
	144219,14	144497,74	211912,45
Työaika joustoon sidottu	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	16971,34	17045,26	23298,20
Helmikuu	17297,49	17371,50	23736,58
Maaliskuu	16115,29	16188,97	22147,43
Huhtikuu	11731,88	11803,60	16250,28
Toukokuu	7777,54	7845,29	10914,87
Kesäkuu	5474,91	5537,30	7786,64
Heinäkuu	3144,18	3193,44	4567,07
Elokuu	4161,98	4218,55	5983,75
Syyskuu	7925,76	7993,75	11115,44
Lokakuu	10669,64	10740,61	14819,31
Marraskuu	14214,18	14287,16	19590,94
Joulukuu	15874,92	15948,51	21824,26
	131359,10	132173,93	182034,78
Jatkuva	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	363,89	761,24	22034,33
Helmikuu	323,96	667,60	21683,87
Maaliskuu	197,11	408,05	17883,24
Huhtikuu	96,88	192,24	10631,47
Toukokuu	73,15	138,52	6029,54
Kesäkuu	94,58	166,72	4471,73
Heinäkuu	171,93	265,88	3604,88

Elokuu	140,59	234,67	4079,34
Syyskuu	96,48	189,53	7322,98
Lokakuu	146,56	289,46	10897,24
Marraskuu	244,92	507,59	16963,19
Joulukuu	316,92	660,80	20092,69
	2266,96	4482,29	145694,51

D2 toimisto aikanen	TK1	TK2	TK3
Tammikuu	26,78	66,13	3646,41
Helmikuu	26,55	62,65	3507,40
Maaliskuu	8,11	20,27	2077,52
Huhtikuu	0,08	0,26	291,57
Toukokuu	0,00	0,00	6,53
Kesäkuu	0,00	0,00	0,11
Heinäkuu	0,00	0,00	0,00
Elokuu	0,00	0,00	0,00
Syyskuu	0,00	0,00	18,10
Lokakuu	0,04	0,18	260,21
Marraskuu	3,55	10,43	1666,56
Joulukuu	13,51	35,50	2823,61
	78,63	195,41	14298,02

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	188	451	36046
Käyttöaste ylin poikkeama	467	1410	52339
Käyttöaste Alin poikkeama	3	0	4332
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	144219	144498	211912
Työaika joustoon sidottu	131359	132174	182035
Jatkuva	2267	4482	145695
D2 toimisto aikanen	79	195	14298



W lämmitys

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus ($W_{\text{lämmitys}}$) lasketaan

$$W_{\text{Lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{lkv,pumppu}} + W_{\text{aurinko,pumput}} + W_{\text{LP,lämmitys}} \quad (14)$$

Jossa lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden, kuten kiertopumppujen ja säätölaitteiden, sähköenergian kulutus (W_{tilat})

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{tilat } i} \quad (15)$$

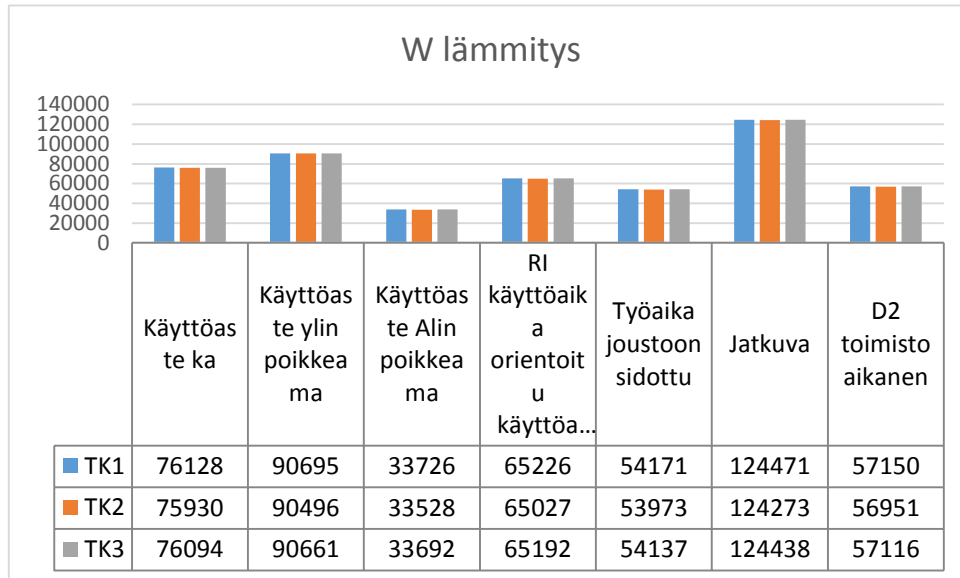
	TK1	TK2	TK3	yht
W tilat (toimmistot)	1034,02	860,1938	1070,25	2964,464

	TK1	TK2	TK3	yht
W_(tuotto,apu)	144,7628	120,4271	74,9175	340,1074

W lkv, pumppu	
Käyttöaste ka	51745,62
Käyttöaste ylin poikkeama	66312,11
Käyttöaste alin poikkeama	9343,603
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	40843,1
Työaika joustoon sidottu	29788,32
Jatkuva	100088,8
D2 toimisto aikanen	32767,15

W lkv	
TK1	23203,71
TK2	63594,38
TK3	3203,339
yht	103393,3

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	76128	75930	76094
Käyttöaste ylin poikkeama	90695	90496	90661
Käyttöaste Alin poikkeama	33726	33528	33692
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	65226	65027	65192
Työaika joustoon sidottu	54171	53973	54137
Jatkuva	124471	124273	124438
D2 toimisto aikanen	57150	56951	57116



W ilmanvaihto

Illanvaihtojärjestelmän sähkö energiakulutus ($W_{ilmanvaihto}$) määritellään

$$W_{ilmanvaihto} = \sum SFPq_v \Delta t + W_{iv, muu} \quad (6)$$

Jossa konekohtainen ominaisteho (SPF) lasketaan kaavalla

$$SPF = \frac{P_{puh}}{q_v} \quad (7)$$

Käyttöaste ka	P puh	qv (päivä)	qv (yö)	Päivätilassa	Yötilassa	W
TK1	2,743	3,500	0,620	387,450	342,550	4302,441
TK1 Huippuimuri	0,672	0,610	0,000	387,450	342,550	158,855
TK2	2,806	3,600	0,688	383,467	346,533	4542,055
TK3	2,500	5,400	0,428	361,307	368,693	5272,233
PK1	6,059	3,400	0,639	387,450	342,550	9306,982
PK2	4,343	3,500	0,708	383,467	346,533	6893,925
PK3	3,467	4,500	0,514	361,307	368,693	6292,987
PK3 huippuimuri 1	1,850	1,000	0,000	361,307	368,693	668,417
PK3 huippuimuri 2	0,911	0,450	0,000	361,307	368,693	148,136
PK3 huippuimuri 3	1,577	0,260	0,000	361,307	368,693	148,136
						37734,166
Käyttöaste ylin poikkeama						
TK1	2,7429	3,5000	0,620412	491,45	238,5536	5123,833
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,6100	0	491,45	238,5536	201,493
TK2	2,8056	3,6000	0,69	530,26	199,7361	5741,287
TK3	2,5000	5,4000	0,43	429,24	300,7629	6116,592
PK1	6,0588	3,4000	0,64	491,45	238,5536	11046,89
PK2	4,3429	3,5000	0,71	530,26	199,7361	8673,989
PK3	3,4667	4,5000	0,51	429,24	300,7629	7231,726
PK3 huippuimuri 1	1,8500	1,0000	0	429,24	300,7629	794,0886
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,4500	0	429,24	300,7629	175,9872
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,2600	0	429,24	300,7629	175,9872
	0					45281,87
Käyttöaste Alin poikkeama						
TK1	2,7429	3,5000	0,620412	58,23	671,7738	1702,13
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,6100	0	58,23	671,7738	23,87274
TK2	2,8056	3,6000	0,69	0,00	730	1409,38
TK3	2,5000	5,4000	0,43	146,22	583,7827	2598,727
PK1	6,0588	3,4000	0,64	58,23	671,7738	3798,905
PK2	4,3429	3,5000	0,71	0,00	730	2243,981

PK3	3,4667	4,5000	0,51	146,22	583,7827	3320,646
PK3 huippuimuri 1	1,8500	1,0000	0	146,22	583,7827	270,5019
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,4500	0	146,22	583,7827	59,94908
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,2600	0	146,22	583,7827	59,94908
	0					15488,04
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste						
TK1	2,7429	3,5000	0,620412	302,14	427,8611	3628,625
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,6100	0	302,14	427,8611	123,8769
TK2	2,8056	3,6000	0,69	296,63	433,3651	3832,692
TK3	2,5000	5,4000	0,43	294,90	435,1032	4446,776
PK1	6,0588	3,4000	0,64	302,14	427,8611	7879,68
PK2	4,3429	3,5000	0,71	296,63	433,3651	5840,992
PK3	3,4667	4,5000	0,51	294,90	435,1032	5375,264
PK3 huippuimuri 1	1,8500	1,0000	0	294,90	435,1032	545,5591
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,4500	0	294,90	435,1032	120,9077
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,2600	0	294,90	435,1032	120,9077
	0					31915,28
Työaika joustoon sidottu						
TK1	2,7429	3,5000	0,620412	217,26	512,7381	2958,241
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,6100	0	217,26	512,7381	89,07738
TK2	2,8056	3,6000	0,69	217,26	512,7381	3184,267
TK3	2,5000	5,4000	0,43	217,26	512,7381	3481,794
PK1	6,0588	3,4000	0,64	217,26	512,7381	6459,648
PK2	4,3429	3,5000	0,71	217,26	512,7381	4878,51
PK3	3,4667	4,5000	0,51	217,26	512,7381	4302,419
PK3 huippuimuri 1	1,8500	1,0000	0	217,26	512,7381	401,9345
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,4500	0	217,26	512,7381	89,07738
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,2600	0	217,26	512,7381	89,07738
						25934,05
Jatkuva						
TK1	2,7429	3,5000	0,620412	730,00	0	7008
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,6100	0	730,00	0	299,3
TK2	2,8056	3,6000	0,69	730,00	0	7373
TK3	2,5000	5,4000	0,43	730,00	0	9855
PK1	6,0588	3,4000	0,64	730,00	0	15038
PK2	4,3429	3,5000	0,71	730,00	0	11096
PK3	3,4667	4,5000	0,51	730,00	0	11388
PK3 huippuimuri 1	1,8500	1,0000	0	730,00	0	1350,5
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,4500	0	730,00	0	299,3
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,2600	0	730,00	0	299,3
						64006,4
	0					
TK1	2,7429	3,5000	0,620412	238,99	491,0119	3129,841
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,6100	0	238,99	491,0119	97,98512

TK2	2,8056	3,6000	0,69	238,99	491,0119	3361,755
TK3	2,5000	5,4000	0,43	238,99	491,0119	3751,845
PK1	6,0588	3,4000	0,64	238,99	491,0119	6823,137
PK2	4,3429	3,5000	0,71	238,99	491,0119	5141,963
PK3	3,4667	4,5000	0,51	238,99	491,0119	4602,655
PK3 huippuimuri 1	1,8500	1,0000	0	238,99	491,0119	442,128
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,4500	0	238,99	491,0119	97,98512
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,2600	0	238,99	491,0119	97,98512
						27547,28

	kk	a	Pros
Käyttöaste ka	38203,830	458445,9559	59 %
Käyttöaste ylin poikkeama	45751,532	549018,3884	71 %
Käyttöaste Alin poikkeama	15957,703	191492,4405	25 %
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	32384,944	388619,3308	50 %
Työaika joustoon sidottu	26403,709	316844,5062	41 %
Jatkuva	64476,063	773712,7584	100 %
D2 toimisto aikanen	28016,944	336203,3304	43 %

	TK1	tk2	tk3
Käyttöaste ka	165219,335	137231,767	150358,895
Käyttöaste ylin poikkeama	196466,53	172983,3168	173932,58
Käyttöaste Alin poikkeama	66298,89	43840,32523	75717,267
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	139586,19	116084,2058	127312,98
Työaika joustoon sidottu	114083,6	96753,32367	100371,62
Jatkuva	268143,6	221628	278305,2
D2 toimisto aikanen	120611,57	102044,6235	107911,18

W ilmastointi Moottoripeltisulku

krs 6	P puh	qv (päivä)	qv (yö)	Päivätilassa	Yötilassa	W /a
TK1	2,743	0,875	0,078	3676,940	5083,060	9905,888
TK1 Huippuimuri	0,672	0,153	0,000	3676,940	5083,060	376,886
TK2	2,806	0,900	0,688	0,000	0,000	0,000
TK3	2,500	1,350	0,428	0,000	0,000	0,000
PK1	6,059	0,850	0,080	0,000	0,000	0,000
PK2	4,343	0,875	0,708	0,000	0,000	0,000
PK3	3,467	1,125	0,514	0,000	0,000	0,000
PK3 huippuimuri 1	1,850	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000
PK3 huippuimuri 2	0,911	0,113	0,000	0,000	0,000	0,000
PK3 huippuimuri 3	1,577	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000
						10282,775
krs 5						
TK1	2,7429	0,8750	0,0776	8760,000	0,000	21024
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,1525	0,0000	8760,000	0,000	897,9
TK2	2,8056	0,9000	0,6882	8760,000	0,000	22119
TK3	2,5000	1,3500	0,4281	8760,000	0,000	29565
PK1	6,0588	0,8500	0,0798	8760,000	0,000	45114
PK2	4,3429	0,8750	0,7078	8760,000	0,000	33288
PK3	3,4667	1,1250	0,5137	8760,000	0,000	34164
PK3 huippuimuri 1	1,8500	0,2500	0,0000	8760,000	0,000	4051,5
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,1125	0,0000	8760,000	0,000	897,9
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,0650	0,0000	8760,000	0,000	897,9
	0					192019,2
krs 4						
TK1	2,7429	0,8750	0,0776	4205,321	4554,679	11061,60934
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,1525	0,0000	4205,321	4554,679	431,0454464
TK2	2,8056	0,9000	0,6882	5384,619	3375,381	20112,86624
TK3	2,5000	1,3500	0,4281	5384,619	3375,381	21785,59075
PK1	6,0588	0,8500	0,0798	4205,321	4554,679	23860,46049
PK2	4,3429	0,8750	0,7078	5384,619	3375,381	30837,29201
PK3	3,4667	1,1250	0,5137	5384,619	3375,381	27011,21672
PK3 huippuimuri 1	1,8500	0,2500	0,0000	5384,619	3375,381	2490,38631
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,1125	0,0000	5384,619	3375,381	551,9234524
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,0650	0,0000	5384,619	3375,381	551,9234524
	0					138694,3142
Krs 3						
TK1	2,7429	0,8750	0,0776	3676,940	5083,060	9905,888386
TK1 Huippuimuri	0,6721	0,1525	0,0000	3676,940	5083,060	376,8863988
TK2	2,8056	0,9000	0,6882	4253,988	4506,012	19440,88374
TK3	2,5000	1,3500	0,4281	0,000	0,000	0
PK1	6,0588	0,8500	0,0798	3676,940	5083,060	21394,87148

PK2	4,3429	0,8750	0,7078	4253,988	4506,012	30016,39317
PK3	3,4667	1,1250	0,5137	0,000	0,000	0
PK3 huippuimuri 1	1,8500	0,2500	0,0000	0,000	0,000	0
PK3 huippuimuri 2	0,9111	0,1125	0,0000	0,000	0,000	0
PK3 huippuimuri 3	1,5769	0,0650	0,0000	0,000	0,000	0
0						81134,92318

W jäähdytys

$$W_{\text{jäähdytys}} = \frac{q_{ji} + q_{jv} + \Delta q_{hi} + \Delta q_{hv}}{\varepsilon_Q} \quad (18)$$

 Δq_{hv}

		800							
Tym	Tvä	hu	Du	Ds	L	I	Dt		
27	14,8	5	1	0,8				3600	
27	14,8	5	1	0,8	22,5	0,034		3600	
27	14,8	5	1	0,8	2,5	0,034		3600	

 Δq_{hv}

		400							
Tym	Tvä	hu	Du	Ds	L	I	Dt		
27	14,8	5	0,56	0,4	1,75	0,034		3600	
27	14,8	5	0,56	0,4				3600	
27	14,8	5	0,56	0,4				3600	

 Δq_{hv}

		315							
Tym	Tvä	hu	Du	Ds	L	I	Dt		
27	14,8	5	0,435	0,315				3600	
27	14,8	5	0,435	0,315	10,75	0,034		3600	
27	14,8	5	0,435	0,315	11,95	0,034		3600	

 Δq_{hv}

		250							
Tym	Tvä	hu	Du	Ds	L	I	Dt		
27	14,8	5	0,37	0,25	39,5	0,034		3600	
27	14,8	5	0,37	0,25				3600	
27	14,8	5	0,37	0,25	6,35	0,034		3600	

 Δq_{hv}

		200							
Tym	Tvä	hu	Du	Ds	L	I	Dt		
27	14,8	5	0,32	0,2	14,35	0,034		3600	
27	14,8	5	0,32	0,2	4,9	0,034		3600	
27	14,8	5	0,32	0,2	14,6	0,034		3600	

 Δq_{hv}

		160							
Tym	Tvä	hu	Du	Ds	L	I	Dt		

0,05	0	0,5
0,05	0	0,5
0,05	0	0,5

0,05	0	0,5
0,05	0	0,5
0,05	0	0,5

0,05	0	0,5
0,05	0	0,5
0,05	0	0,5

0,05	0	0,5
0,05	0	0,5
0,05	0	0,5

*W_{jäähdytys}**Δq_{hv}*

		<i>q_{ji}</i>	<i>q_{jv}</i>	<i>Δq_{hi}</i>		<i>ε_Q</i>
	TK1	84,8	4,1	46,64	#NAME?	116,176
18,71311	TK2	87,1	4,6	47,905	2093,374	119,327
12,80754	TK3	131,1	6	72,105	2091,118	179,607

		<i>q_{ji}</i>	<i>q_{jv}</i>	<i>Δq_{hi}</i>	<i>Δq_{hv}</i>	<i>ε_Q</i>
28,2144	TK1	84,8	4,1	46,64	3142,297	116,176
	TK2	87,1	4,6	47,905	#DIV/0!	119,327
	TK3	131,1	6	72,105	#DIV/0!	179,607

		<i>q_{ji}</i>	<i>q_{jv}</i>	<i>Δq_{hi}</i>	<i>Δq_{hv}</i>	<i>ε_Q</i>
	TK1	84,8	4,1	46,64	#DIV/0!	116,176
26,52546	TK2	87,1	4,6	47,905	3025,599	119,327
18,01204	TK3	131,1	6	72,105	3025,884	179,607

		q_{ji}	q_{jv}	Δq_{hi}	Δq_{hv}	ε_Q
32,81706	TK1	84,8	4,1	46,64	3677,015	116,176
	TK2	87,1	4,6	47,905	#DIV/0!	119,327
21,59845	TK3	131,1	6	72,105	3670,028	179,607

		q_{ji}	q_{jv}	Δq_{hi}	Δq_{hv}	ε_Q
39,07214	TK1	84,8	4,1	46,64	4403,705	116,176
37,97578	TK2	87,1	4,6	47,905	4391,931	119,327
25,68394	TK3	131,1	6	72,105	4403,81	179,607

		q_{ji}	q_{jv}	Δq_{hi}	Δq_{hv}	ε_Q
40,28989	TK1	84,8	4,1	46,64	4545,178	116,176
39,27047	TK2	87,1	4,6	47,905	4546,422	119,327
26,43573	TK3	131,1	6	72,105	4538,837	179,607

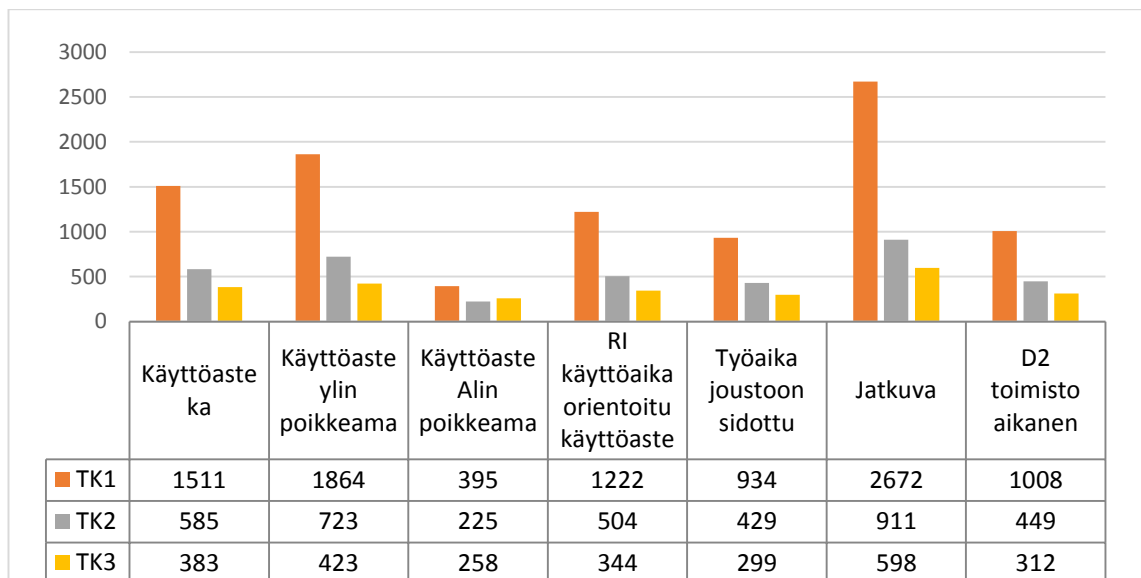
		q_{ji}	q_{jv}	Δq_{hi}	Δq_{hv}	ε_Q
	TK1	84,8	4,1	46,64	#DIV/0!	116,176
47,10316	TK2	87,1	4,6	47,905	5481,074	119,327
31,76169	TK3	131,1	6	72,105	5495,416	179,607

		q_{ji}	q_{jv}	Δq_{hi}	Δq_{hv}	ε_Q
56,95156	TK1	84,8	4,1	46,64	6480,864	116,176
55,38742	TK2	87,1	4,6	47,905	6469,609	119,327
36,70431	TK3	131,1	6	72,105	6383,146	179,607

Yhteensä laskettu apu jäähditys arvo

TK1	197,3451
TK2	224,9754
TK3	173,0037
Yht	595,3241

	TK1	TK2	TK3	Yht
Käyttöaste ka	1511	585	383	2479
Käyttöaste ylin poikkeama	1864	723	423	3009
Käyttöaste Alin poikkeama	395	225	258	878
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	1222	504	344	2070
Työaika joustoon sidottu	934	429	299	1662
Jatkuva	2672	911	598	4180
D2 toimisto aikanen	1008	449	312	1769



Q jäähdytys

$$Q_{\text{jäähdytys}} = \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_q} \quad (16)$$

Jossa

$$Q_{jk} = (1 + \beta_{nji})Q_{\mu} + (1 + \beta_{njv})Q_{jv} \quad (17)$$

	TK 1	TK 2	TK 3
Kesäkuu	4123,555	3428,1379	2122,529
Heinäkuu	4126,209	3430,7928	2126,516
Elokuu	4125,128	3429,7118	2124,915

Q jäähdytys, käyttöaste

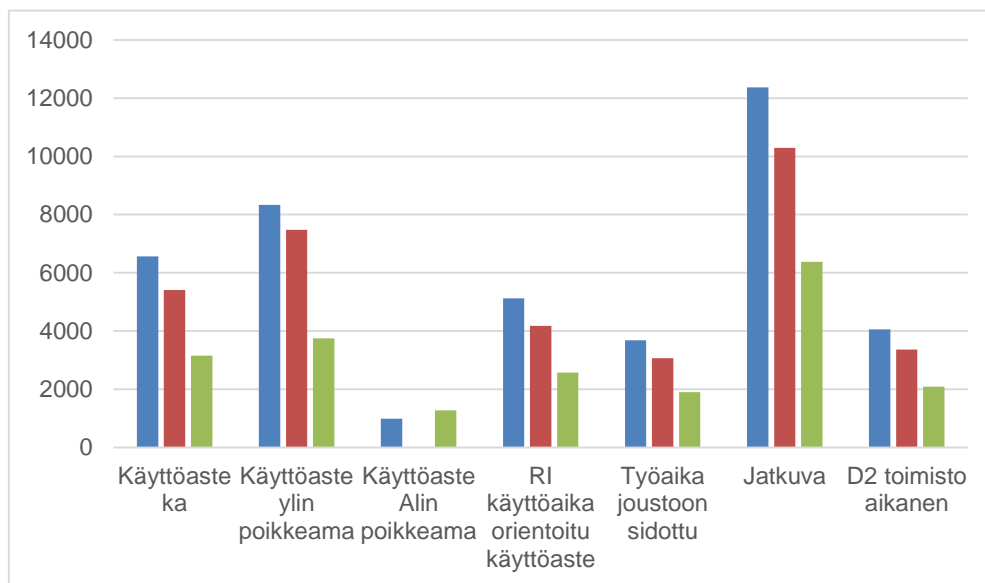
	TK 1	TK 2	TK 3
Kesäkuu	TK 1	TK 2	TK 3
Käyttöaste ka	2188,593	1800,7927	1050,526
Käyttöaste ylin poikkeama	2776,036	2490,1613	1248,039
Käyttöaste Alin poikkeama	328,9026	0	425,1375
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	1706,693	1393,0211	857,4344
Työaika joustoon sidottu	1227,248	1020,2791	631,7051
Jatkuva	4123,555	3428,1379	2122,529
D2 toimisto aikanen	1349,973	1122,307	694,8756

	TK 1	TK 2	TK 3
Heinäkuu	TK 1	TK 2	TK 3
Käyttöaste ka	2190,002	1802,1873	1052,499
Käyttöaste ylin poikkeama	2777,823	2492,0898	1250,383
Käyttöaste Alin poikkeama	329,1143	0	425,9361
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	1707,792	1394,1	859,045
Työaika joustoon sidottu	1228,038	1021,0693	632,8917
Jatkuva	4126,209	3430,7928	2126,516
D2 toimisto aikanen	1350,842	1123,1762	696,1809

	TK 1	TK 2	TK 3
Käyttöaste ka	2189,428	1801,6195	1051,706
Käyttöaste ylin poikkeama	2777,095	2491,3046	1249,442
Käyttöaste Alin poikkeama	329,0281	0	425,6154
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	1707,345	1393,6607	858,3982
Työaika joustoon sidottu	1227,717	1020,7476	632,4152
Jatkuva	4125,128	3429,7118	2124,915

D2 toimisto aikanen 1350,488 1122,8223 695,6567

Kooste	TK 1	TK 2	TK 3
Käyttöaste ka	6568	5405	3155
Käyttöaste ylin poikkeama	8331	7474	3748
Käyttöaste Alin poikkeama	987	0	1277
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	5122	4181	2575
Työaika joustoon sidottu	3683	3062	1897
Jatkuva	12375	10289	6374
D2 toimisto aikanen	4051	3368	2087

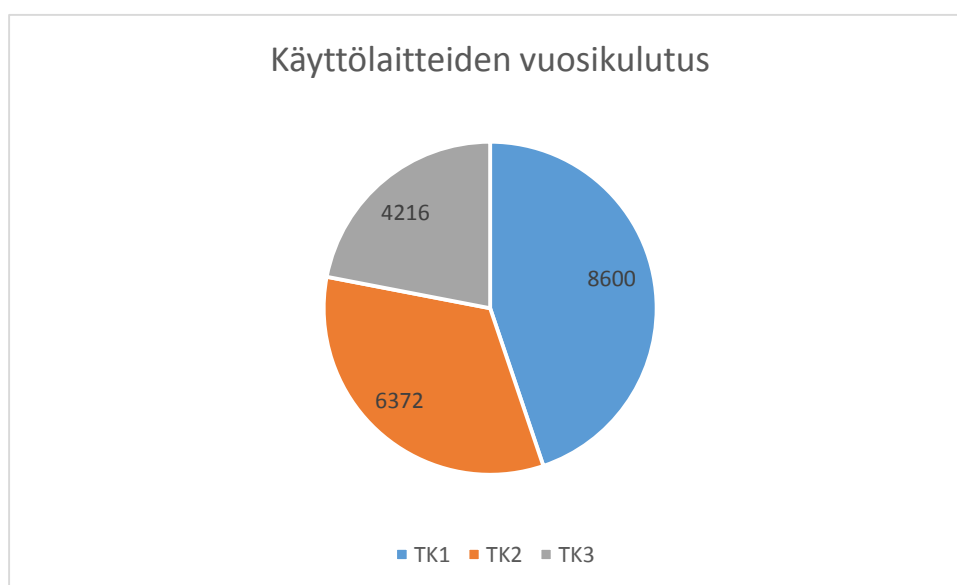


Moottoripeltisulkujen arvot

Q tila	Q joht	Q vuoto	Q tulo	Q korvaus	Q valasitus	
591327	272038	52056,2	101770	165462	krs 3	44555
					krs 4	50958
Q lämmitys, tila, netto					Krs 5	106149
46289,62884	591327	563326			Krs 6	42891
					TK2-TK3 4 krs	72372
Q lämmitys					Q jäähdy-	
					tys	
					28974	
	lkv				TK 2 krs 3	57176
1175808,089	29193				TK2-TK3 5 krs	117739
					KRS 6	38546
					krs 3	38546
					TK2-TK3 4 krs	45023
					TK2-TK3 5 krs	73245
W lämmitys	W tila	W apu	W lkv		krs6	23979
55973	3887	340	51746			687228

Käyttölaitteet (verrannolliset)

W kuluttaja laitteet	TK1			TK2			TK3		
	KPL	kWh/a	kWh/a	KPL	kWh/a	kWh/a	KPL	kWh/a	kWh/a
Kerros 6									
Hissi	2	2000	4000	0	2000	0	0	2000	0
Kannettava PC	18	24	432	0	24	0	0	24	0
Kopiokoneet	1	1700	1700	0	1700	0	0	1700	0
			6132			0			0
Kerros 5									
Kannettava PC	10	24	240	24	24	576	14	24	336
Kopiokoneet	0	1700	0	1	1700	1700	1	1700	1700
			240			2276			2036
Kerros 4									
Kannettava PC	11	24	264	20	24	480	20	24	480
Kopiokoneet	0	1700	0	1	1700	1700	1	1700	1700
			264			2180			2180
Kerros 3									
Kannettava PC	11	24	264	9	24	216	0	24	0
Kopiokoneet	1	1700	1700	1	1700	1700	0	1700	0
			1964				1916		0



Ostoenergia

$$E_{osto} = \frac{Q_{Lämmitys} + W_{lämmitys} + W_{ilmanvaihto} + Q_{jäähdytys} + W_{jäähdytys} + W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus}}{A_{netto}} \quad (1)$$

$Q_{Lämmitys}$ on tilojen lämmitystarve

$W_{lämmitys}$ on lämmityslaitteisiin käytettävät teho

$W_{ilmanvaihto}$ on ilmanvaihtoon käytettävä teho

$Q_{jäähdytys}$ on jäähdytykseentarvittava teho

$W_{jäähdytys}$ on jäähdytys laitteistoon käytettäväteho

$W_{kuluttajalaitteet}$ on kuluttajalaitteisiin käytettäväteho

$W_{valaistus}$ on valaitukseen käytettävä teho

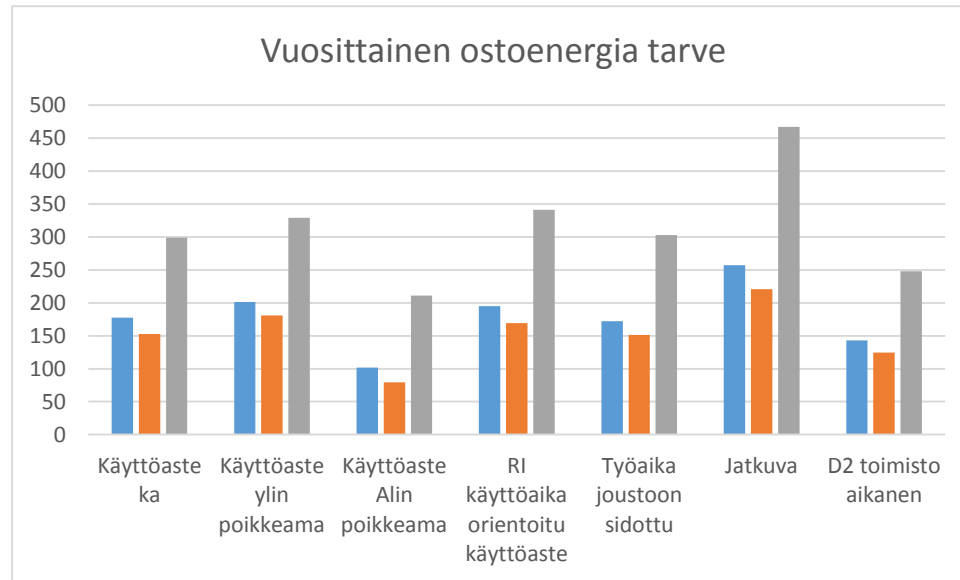
	$Q_{Lämmitys}$	$W_{lämmitys}$	$W_{ilmanvaihto}$	$Q_{jäähdytys}$	$W_{jäähdytys}$	$W_{kuluttajalaitteet}$	$W_{valaistus}$	A_{netto}	E_{osto}
TK1									
Käyttöaste ka	304771	20686	165219	6568	2479	8600	225355	4136	177
Käyttöaste ylin poikkeama	305068	26003	196467	8331	3009	8600	285843	4136	201
Käyttöaste Alin poikkeama	304574	5210	66299	987	878	8600	33866	4136	102
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	457849	16707	139586	5122	2070	8600	175735	4136	195
Työaika joustoon sidottu	444181	12672	114084	3683	1662	8600	126367	4136	172
Jatkuva	306981	38332	268144	12375	4180	8600	424594	4136	257
D2 toimisto aikanen	304655	13759	120612	4051	1769	8600	139004	4136	143
TK2									
Käyttöaste ka	308148	20384	137232	5405	225	6372	223038	4588	153

Käyttöaste ylin poikkeama	309168	25701	172983	7474	225	6372	308421	4588	181
Käyttöaste Alin poikkeama	307669	4907	43840	0	225	6372	0	4588	79
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	461243	16404	116084	4181	225	6372	172534	4588	169
Työaika joustoon sidottu	448145	12369	96753	3062	225	6372	126367	4588	151
Jatkuva	312433	38029	221628	10289	225	6372	424594	4588	221
D2 toimisto aikanen	307877	13457	102045	3368	225	6372	139004	4588	125

	E_{osto}	$Q_{Lämmitys}$	$W_{Lämmitys}$	$W_{ilmanvaihto}$	$Q_{jäähdytys}$	$W_{jääh}$	$W_{kuluttajalait}$	$W_{valaistus}$	A_{netto}
TK3									
Käyttöaste ka	464712	19818	150359	3155	173	4216	210149	2854	299
Käyttöaste ylin poikkeama	482028	25135	173933	3748	173	4216	249660	2854	329
Käyttöaste Alin poikkeama	431005	4342	75717	1277	173	4216	85045	2854	211
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	651625	15839	127313	2575	173	4216	171523	2854	341
Työaika joustoon sidottu	619870	11804	100372	1897	173	4216	126367	2854	303
Jatkuva	581247	37464	278305	6374	173	4216	424594	2854	467
D2 toimisto aikanen	441598	12891	107911	2087	173	4216	139004	2854	248
Käyttöaste ka	1077631	60889	452810	15127	2877	19188	658543	11578	2298642
Käyttöaste ylin poikkeama	1096263	76839	543382	19552	3407	19188	843924	11578	2614134
Käyttöaste Alin poikkeama	1043249	14458	185856	2264	1276	19188	118912	11578	1396780
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	1570717	48950	382983	11877	2468	19188	519791	11578	2567553
Työaika joustoon sidottu	1512197	36845	311209	8642	2060	19188	379102	11578	2280821
Jatkuva	1200661	113824	768077	29037	4578	19188	1273783	11578	3420727
D2 toimisto aikanen	1054129	40107	330567	9506	2167	19188	417012	11578	1884255
Moottoripeltisulku	1175808	55973	566532	28974	4578	19188	687228	11578	2549860

Vuositainen ostoenergia tarve

	TK1	TK2	TK3	jakuvaan verra- ten	D2 aikoihinverra- ten
Käyttöaste ka	177	153	299	36 %	-20 %
Käyttöaste ylin poikkeama	201	181	329	30 %	-33 %
Käyttöaste Alin poikkeama	102	79	211	55 %	15 %
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	195	169	341	27 %	-37 %
Työaika joustoon sidottu	172	151	303	35 %	-22 %
Jatkuva	257	221	467	0 %	-88 %
D2 toimisto aikanen	143	125	248	47 %	0 %

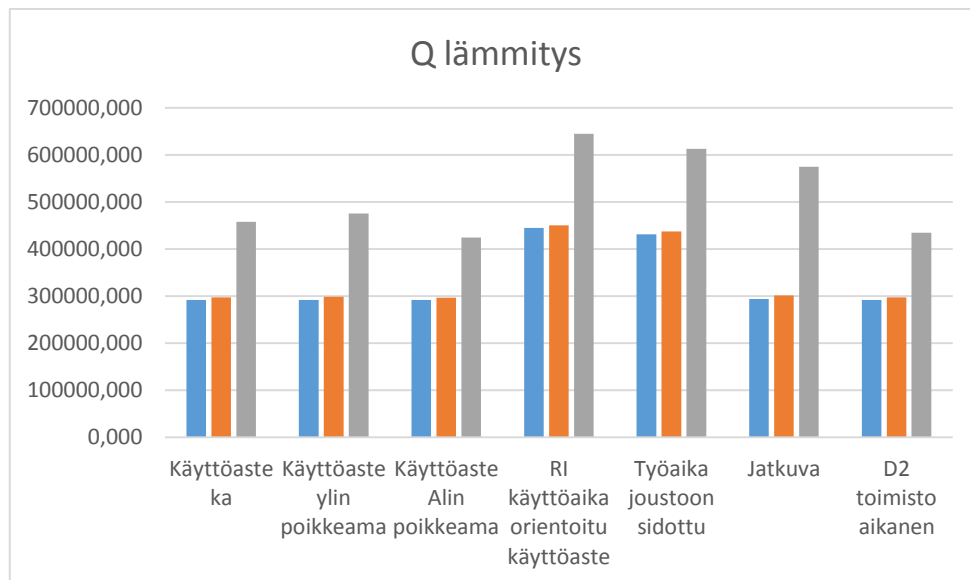


Lämmitysenergia

Lämmitysenergia tarve ($Q_{Lämmitys}$) lasketaan D5-rakennusmääräyskokoelman kaavalla

$$Q_{Lämmitys} = \frac{Q_{Lämmitys,tilat} + Q_{iv} + Q_{lkv} - Q_{omatuotanto}}{\eta_{tuotto}} \quad (8)$$

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	291960,942	297491,700	458082,521
Käyttöaste ylin poikkeama	292258,058	298511,202	475398,695
Käyttöaste Alin poikkeama	291764,686	297012,583	424375,949
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	445039,509	450586,547	644995,317
Työaika joustoon sidottu	431371,702	437488,647	613240,961
Jatkuva	294171,010	301776,416	574618,073
D2 toimisto aikanen	291845,217	297220,272	434968,284



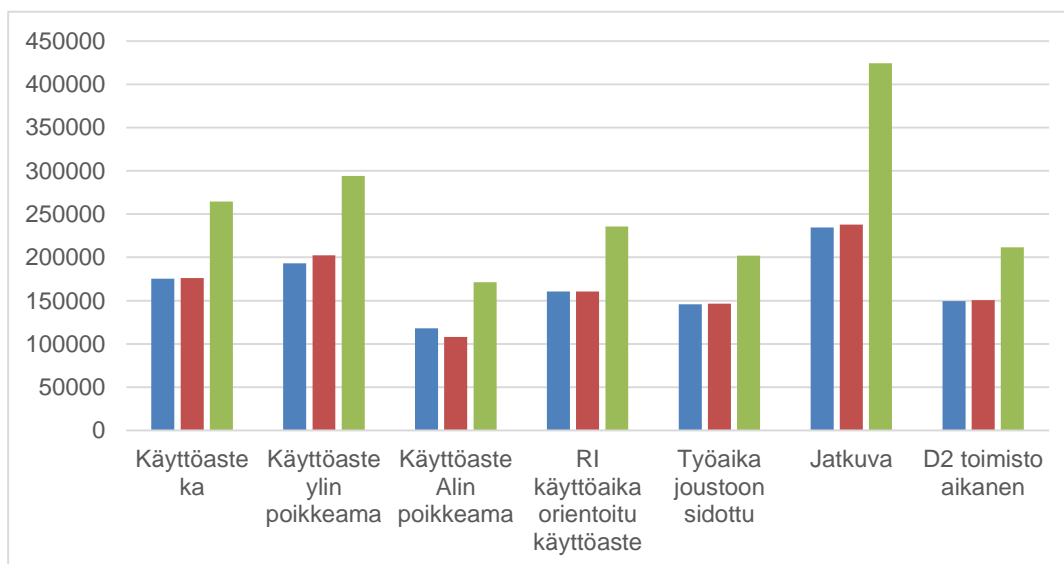
Tilojen lämmitykseen tarvittavan energia

$$Q_{tila} (\text{vertailuarvo}) = Q_{joht}(\text{vertailuarvo}) + Q_{vuoto} (\text{vertailuarvo}) + Q_{iv,tuoilma} + Q_{iv,korvaus} \quad (13)$$

Käyttöaste ka	TK1	TK2	TK3	
Tammikuu	20610,761	20686,687	31335,299	
Helmikuu	20944,614	21020,286	31851,322	
Maaliskuu	19735,184	19811,774	29981,956	
Huhtikuu	15275,412	15355,386	23088,667	
Toukokuu	11332,167	11415,133	16993,754	
Kesäkuu	9146,375	9231,000	13615,263	
Heinäkuu	7212,547	7298,639	10626,224	
Elokuu	7999,936	8085,431	11843,260	
Syyskuu	11477,047	11559,903	17217,688	
Lokakuu	14204,563	14285,349	21433,499	
Marraskuu	17795,057	17873,120	26983,181	
Joulukuu	19489,519	19566,295	29602,241	
	0	175223,182	176189,004	264572,355
Käyttöaste ylin poikkeama				
Tammikuu	22232,725	23029,032	34487,793	
Helmikuu	22573,192	23371,968	35042,700	
Maaliskuu	21339,801	22129,634	33032,473	
Huhtikuu	16791,674	17548,528	25619,760	
Toukokuu	12770,307	13498,001	19065,581	
Kesäkuu	10541,211	11252,741	15432,514	
Heinäkuu	8569,071	9266,301	12218,245	
Elokuu	9372,060	10075,112	13526,986	
Syyskuu	12918,057	13646,823	19306,390	
Lokakuu	15699,610	16448,545	23839,871	
Marraskuu	19361,238	20136,724	29807,733	
Joulukuu	21089,269	21877,285	32624,145	
	0	193258,215	202280,695	294004,192
Käyttöaste Alin poikkeama				
Tammikuu	15476,049	14567,930	21353,522	
Helmikuu	15788,963	14877,141	21746,428	
Maaliskuu	14655,386	13756,980	20323,070	
Huhtikuu	10475,323	9626,385	15074,440	
Toukokuu	6779,391	5974,193	10433,703	
Kesäkuu	4730,688	3949,735	7861,281	
Heinäkuu	2918,146	2158,644	5585,392	

Elokuu	3656,152	2887,916	6512,057
Syyskuu	6915,184	6108,379	10604,209
Lokakuu	9471,636	8634,576	13814,176
Marraskuu	12836,941	11960,054	18039,768
Joulukuu	14425,129	13529,447	20033,951
	0	118128,988	108031,379
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste			
Tammikuu	19280,209	19301,155	28253,384
Helmikuu	19608,636	19629,232	28731,394
Maaliskuu	18418,862	18440,726	26999,734
Huhtikuu	14031,570	14058,111	20614,241
Toukokuu	10152,411	10183,087	14968,310
Kesäkuu	8002,143	8035,110	11838,697
Heinäkuu	6099,744	6134,738	9069,846
Elokuu	6874,336	6908,505	10197,228
Syyskuu	10294,936	10325,460	15175,749
Lokakuu	12978,125	13005,788	19081,001
Marraskuu	16510,266	16534,165	24221,864
Joulukuu	18177,189	18199,311	26647,991
	0	160428,426	160755,389
Työaika joustoon sidottu			
Tammikuu	17956,433	18034,648	24650,533
Helmikuu	18279,462	18357,677	25084,105
Maaliskuu	17109,244	17187,458	23513,430
Huhtikuu	12794,064	12872,278	17721,564
Toukokuu	8978,664	9056,879	12600,507
Kesäkuu	6863,739	6941,953	9761,839
Heinäkuu	4992,608	5070,823	7250,394
Elokuu	5754,469	5832,683	8272,969
Syyskuu	9118,847	9197,061	12788,661
Lokakuu	11757,933	11836,147	16330,862
Marraskuu	15232,019	15310,233	20993,804
Joulukuu	16871,543	16949,758	23194,386
		145709,026	146647,597
Jatkuva			
Tammikuu	25953,302	26216,102	48445,478
Helmikuu	26308,941	26571,741	49172,541
Maaliskuu	25020,588	25283,388	46538,652
Huhtikuu	20269,785	20532,585	36826,185
Toukokuu	16069,217	16332,017	28238,609
Kesäkuu	13740,787	14003,587	23478,403
Heinäkuu	11680,764	11943,564	19266,924

Elokuu	12519,536	12782,336	20981,696
Syyskuu	16223,551	16486,351	28554,127
Lokakuu	19129,056	19391,856	34494,096
Marraskuu	22953,854	23216,654	42313,454
Joulukuu	24758,891	25021,691	46003,643
	234628,271	237781,871	424313,807
D2 toimisto aikanen			
Tammikuu	18295,284	18381,319	25658,794
Helmikuu	18619,694	18705,730	26104,802
Maaliskuu	17444,470	17530,506	24489,075
Huhtikuu	13110,832	13196,867	18531,082
Toukokuu	9279,112	9365,147	13263,139
Kesäkuu	7155,139	7241,175	10343,049
Heinäkuu	5276,005	5362,040	7759,569
Elokuu	6041,125	6127,160	8811,475
Syyskuu	9419,894	9505,929	13456,689
Lokakuu	12070,269	12156,304	17100,490
Marraskuu	15559,215	15645,251	21897,179
Joulukuu	17205,753	17291,789	24160,880
	149476,790	150509,219	211576,222
Q tila	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	175223	176189	264572
Käyttöaste ylin poikkeama	193258	202281	294004
Käyttöaste Alin poikkeama	118129	108031	171382
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	160428	160755	235799
Työaika joustoon sidottu	145709	146648	202163
Jatkuva	234628	237782	424314
D2 toimisto aikanen	149477	150509	211576



Valaistus

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{\sum P_{\text{valaistus}} A_{\text{huone}} \Delta t f}{1000} \quad (19)$$

$W_{\text{valaistus}}$ on valaistuksen sähköenergian kulutus

$P_{\text{valaistus}}$ on valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti,

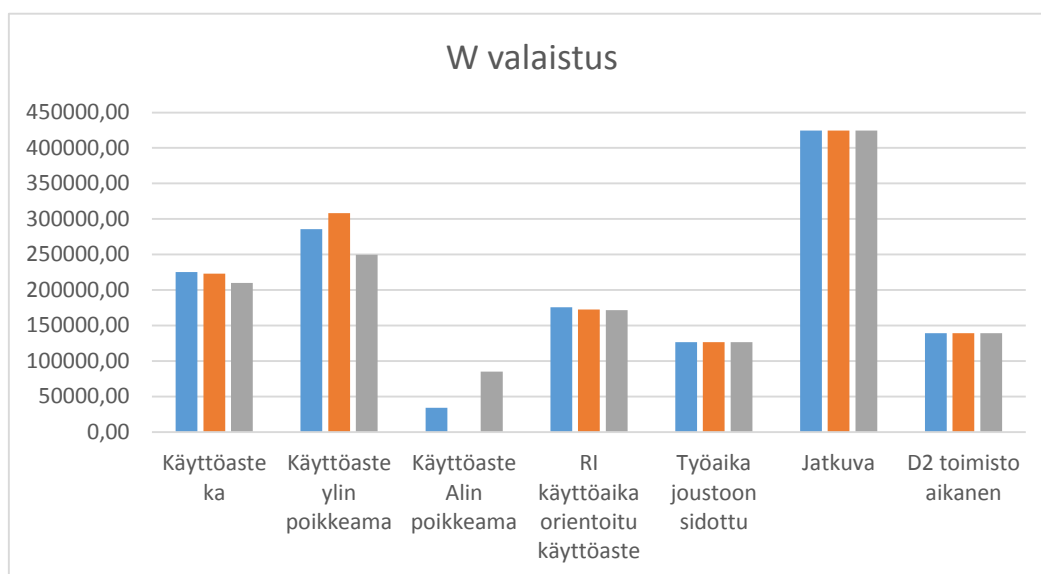
W/hum^2

A_{huone} on valaistavan tilan huonepinta-ala

Δt on valaistuksen käyttöaika

f on valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauskertoimia

	TK1	TK2	TK3
Käyttöaste ka	225355,20	223038,46	210148,99
Käyttöaste ylin poikkeama	285843,06	308420,70	249659,86
Käyttöaste Alin poikkeama	33866,46	0,00	85045,26
RI käyttöaika orientoitu käyttöaste	175734,93	172533,62	171522,68
Työaika joustoon sidottu	126367,40	126367,40	126367,40
Jatkuva	424594,46	424594,46	424594,46
D2 toimisto aikanen	139004,14	139004,14	139004,14



Aurinkosäteily

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäivy} A_{ikk} g \quad (20)$$

Q_{aur} on ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
 $G_{säteily,vaakapinta}$ on vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia
 pinta-alan

yksikköä kohti, kWh/m^2kk

F_{suunta} on muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia

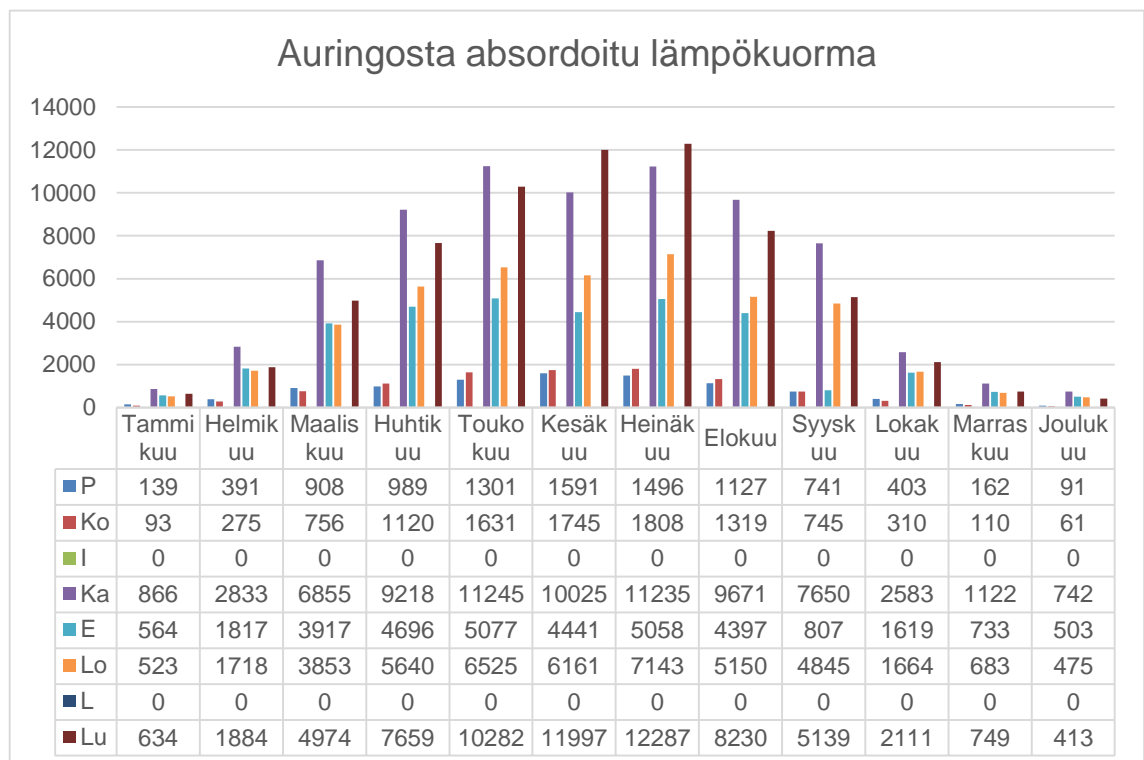
muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi

$F_{läpäivy}$ on säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin.

A_{ikk} on ikkuna-aukon pinta-ala kokonaispinta-ala kehyksineen ja karmirakenteineen.

g on valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin joka on esitetty Helsingin osalta kuvaan 3

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu	
Tammikuu		139	93	0	866	564	523	0	634
Helmikuu		391	275	0	2833	1817	1718	0	1884
Maaliskuu		908	756	0	6855	3917	3853	0	4974
Huhtikuu		989	1120	0	9218	4696	5640	0	7659
Toukokuu		1301	1631	0	11245	5077	6525	0	10282
Kesäkuu		1591	1745	0	10025	4441	6161	0	11997
Heinäkuu		1496	1808	0	11235	5058	7143	0	12287
Elokuu		1127	1319	0	9671	4397	5150	0	8230
Syyskuu		741	745	0	7650	807	4845	0	5139
Lokakuu		403	310	0	2583	1619	1664	0	2111
Marraskuu		162	110	0	1122	733	683	0	749
Joulukuu		91	61	0	742	503	475	0	413
		9339	9973	0	74046	33630	44380	0	66358



Lämminkäyttövesi

$$Q_{lvk,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_v (T_{lkv} - T_{kv})}{3600} - Q_{lvk,LTO} \quad (21)$$

$Q_{lkv, netto}$ on lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve

ρ_v on veden tiheys, 1000 kg/m³

c_{pv} on veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)

V_{lkv} on lämpimän käyttöveden kulutus, m³ joka D3:ssa annetusti on 0,103 m³

$T_{lkv} - T_{kv}$ on lämpimän ja kylmän käyttöveden ero °C, oletuksena käytetään annettu 50 °C

3600 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

$Q_{lkv, LTO}$ on jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä

hyväksikäytetty energia.

	TK1	TK2	TK3	Yhteensä
Q lkv	12425,474	10336,662	6430,419	29192,554

Lämminvesipumppuenergia

Lämminvesipumppuenergian käyttö (W_{lkv}) lasketaan D5-rakennusmääräyksen mukaisella kaavalla

$$W_{lkv} = P_{lkv,pumppu} t_{lkv,pumppu} \frac{365}{1000} \quad (22)$$

W lkv, pumppu	
Käyttöaste ka	18887
Käyttöaste ylin poikkeama	24204
Käyttöaste Alin poikkeama	3410
R1 käyttöaika orientoitu käyttöaste	14908
Työaika joustoon sidottu	10873
Jatkuva	36532
D2 toimisto aikanen	11960