

Mikko Niemi

Liikekiinteistön lämmitystapamuutos

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööriytyö

12.05.2016

Tekijä Otsikko	Mikko Niemi Liikekiinteistön lämmitystapamuutos
Sivumäärä Aika	41 sivua + 3 liitettä 12.05.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaaja	lehtori Hanna Stammeier LVI-Insinööri Toni Maljojoki
<p>Tässä insinöörityössä tarkasteltiin lämmitystapamuutosta yleisesti, keskittyen liikekiinteistöihin ja ilmalämmityksestä luopumiseen. Esimerkkikohteena oli liiketalo Myyrinraitti. Erityinen kiinnostus työssä oli nykyisen järjestelmän tehostusvaihtoehdoissa, lämmitystapamuutoksessa ja sen energiankulutuksessa sekä investoinnin elinkaarikustannuksissa.</p> <p>Työn alussa käydään lävitse lämmitystapoja keskittyen esimerkkikohteen nykyisen ja mahdollisen lämmönjakotapamuutoksen lämmitystapoihin ja lämmitystapamuutosta yleisesti.</p> <p>Lopuksi työssä käydään lävitse esimerkkikohteeseen lämmitysjärjestelmään ja lasketaan lämmönjakotapamuutokselle takaisinmaksuaika.</p> <p>Lopputulokseksi lämmönjakotapamuutokselle vesikiertoiseen radiaattorijärjestelmään Liiketalo Myyrinraittiin on investoinnin takaisinmaksuaikana 7,8 vuotta ja vuosikustannusten erotuksena on $39\,000 \frac{e}{a}$. Tämän lisäksi lämmönjakotapamuutoksella saisi nykyiset olosuhdeongelmat kiinteistössä korjattua.</p> <p>Tämän insinöörityön hyöty suunnittelijoille ja omistajatahoille on auttaa kumpaakin ymmärtämään, että huonolla lämmityksen perusratkaisulla on rajansa ja rajoitteensa. Tällaiselle kohteelle on mahdollista, että ei ole muuta kustannuksiltaan järkevää vaihtoehtoa kuin lämmitystapamuutos.</p>	
Avainsanat	lämmitystapamuutos, ilmalämmitys, lämmityssaneeraus, liikekiinteistö, elinkaari

Author Title	Mikko Niemi Heating method change for commercial building
Number of Pages Date	41 pages + 3 appendices 12 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Hanna Stammeier, Senior Lecturer Toni Maljojoki, HVAC engineer
<p>The purpose of the Bachelor's thesis was to look into a heating method change as a concept, focusing on commercial properties and calculating of the cost effectiveness associated with changing away from air heating systems. The final year project included a case study on a commercial building with air heating. The project studied the energy consumption and the lifetime costs associated with the investment of changing the heating method.</p> <p>The return on investment for the heating method change was established by calculating the energy consumption of the current system and for the system after the change, respectively, and then comparing these two.</p> <p>As a result, it was recommended that the heating system would be changed into a water radiator system. The return on invest for the heating method change was 7.8 years and the difference between the annual costs was $39\,000 \frac{e}{a}$. In addition to this, the current multiple in-door climate problems in the system would be solved.</p> <p>This thesis provides the designers and the proprietors with information about poor base solutions for heating systems, and how it may not even be cost effective try to enhance them. For such systems, the only cost effective solution may be a heating method change.</p>	
Keywords	Heating method change, air heating, commercial building, return of invest, heating renovation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lämmitysjärjestelmät	2
2.1	Lämmönjakotavat	2
2.1.1	Vesikiertoiset lämmönjakotavat	2
2.1.2	Ilmalämmitys	2
2.2	Aikaisemmat lämmitystavat	5
2.3	Nykymääräysten mukaiset lämmitystavat	6
2.4	Lämmitystapamuutos yleisesti	7
3	Lämmitysjärjestelmän energiankulutus	8
3.1	Tehontarpeen laskeminen	8
3.2	Vesikiertoisen radiaattorilämmityksen tehontarpeen laskeminen	11
3.3	Lämmitysjärjestelmän vuositason energiankulutuksen laskenta	12
4	Elinkaarikustannusten laskenta lämmitysjärjestelmälle	14
4.1	Elinkaarikustannusten koostuminen	14
4.2	Elinkaarikustannusten laskenta perusteet	14
5	Esimerkkikohteen lähtötiedot	15
5.1	Liiketalo Myyrinraitin esittely	15
5.2	Nykyinen lämmitysjärjestelmä	16
5.2.1	Nykyisen järjestelmän ongelmat	18
5.2.2	Nykyisen järjestelmän lämmönjaon ongelmat	19
5.3	Nykyisen järjestelmän eri tehostamisvaihtoehdot	19
5.3.1	Nykyisen järjestelmän tehostusvaihtoehdot	20
5.3.2	Nykyisen järjestelmän tehostamisen yhteenveto	21
5.4	Suunniteltu vesikiertoinen radiaattorilämmitys	23
6	Energiankulutuslaskennan tulokset	23
6.1	Laskentaperiaatteista	23

6.2	Nykytilanteen energian kulutuslaskelmat	24
6.2.1	Nykyisen ilmalämmitysjärjestelmän teho ja ominaislämmitysteho	24
6.2.2	Nykyjärjestelmän puhallusenergian kulutus	27
6.2.3	Nykyjärjestelmän kokonaisenergian kulutus	28
6.3	Lämmitystapamuutoksen jälkeinen energiankulutus	29
6.3.1	Vesikiertoisen radiaattorilämmityksen energiankulutus	29
6.3.2	Ilmanvaihdon energiankulutus lämmitystapamuutoksen jälkeen	29
6.3.3	Lämmitystapamuutoksen jälkeinen kokonaisenergian kulutus	32
7	Elinkaarilaskennan tulokset	34
7.1	Laskennan perusteet	34
7.2	Energiakustannusten muuttaminen rahaksi	34
7.3	Elinkaarilaskennan lopputulokset	35
7.4	Elinkaarilaskelmien lopputulosten analysointi	36
8	Päätelmät	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Liiketalo Myyrinraitin ilmanvaihdon yleiskaavio	
	Liite 2. Liiketalo Myyrinraitin lämmitystapamuutoksen kustannusarvio	
	Liite 3. Liiketalo Myyrinraitin ilmanvaihtokonesaneerauksen kustannusarvio	

Lyhenteet

D2	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, Rakennusten sisäilmasto- ja ilmanvaihto- määräykset ja ohjeet
D3	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3, Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet
D5	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5, Rakennusten energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet
IV-kone	Ilmanvaihtokone
LJK	Lämmönjakokeskus
LTO	Lämmöntalteenottojärjestelmä
PTS	Pitkän aikavälin suunnitelma

1 Johdanto

Tämä insinööri työ on yleisesti lämmitystapamuutoksen tarkastelua, keskittyen ilmalämmityksestä siirtymisestä vesikiertoiseen radiaattorilämmitykseen liikekiinteistöissä. Esimerkkikohteena työssä on Liiketalo Myyrinraitin nykyisen ilmalämmitysjärjestelmän tehostamisen ja lämmitystapamuutoksen arviointia rakennuksen olosuhteiden ja energiansäästön kannalta. Tämän työn pohjana olevan toimeksiannon on antanut Insinööritoimisto FIN-LVI OY.

Työn ensisijainen tavoite on auttaa vanhojen lämmitysjärjestelmien saneeraussuunnitteluissa, antamalla käsityksiä kustannusten takaisinmaksuajoista ja erilaisten saneerauksien mahdollisuuksista. Eri ratkaisumallien tiedostamisella on tavoitteena saada rakennuksiin energiatehokkaita kokonaisratkaisuja, jotka olisivat elinkaarikustannuksiltaan mahdollisimman edullisia.

Olosuhdeongelmien ilmetessä vanhoissa rakennuksissa, usein ratkaisut niiden korjaamiseen ovat vanhojen järjestelmien tehostamista tai pienempien järjestelmien lisäämisiä vanhojen järjestelmien rinnalle. Silloin lämmitysjärjestelmien kokonaisuus jää tarkastelematta. Tällöin perusongelmat usein jäävät rakennukseen, kuten korkeat käyttökustannukset ja epätasapainossa olevat olosuhteet.

Tämän vuosituhannen aikana rakennusten energiatehokkuuteen on panostettu usealta eri taholta. Viranomaiset ovat rakentamismääräysten kautta vaikuttaneet rakennusten energiatehokkuuteen. Yleensä alkujärkytyksen jälkeen muutokset on eri tahoilla koettu positiivisina asioina. Tällainen energiatehokkuustrendi on tarttunut myös rakennuttajiin. Energiatehokkailla ratkaisuilla saadaan rakennuksen elinkaarikustannuksia madallettua. Samainen energiatehokkuustrendi on levinnyt myös jo olemassa oleviin rakennuksiin. Tämä on näkynyt parannetuilla rakennusten vaippojen lämmöneristävyyksillä, tehostetuilla lämmitys- ja ilmanvaihtosaneerausratkaisuilla ja asetuksella korjausrakentamisen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä.

Tässä insinööri työssä tutustutaan Liiketalo Myyrinraitin mahdolliseen lämmönjakotapamuutokseen kaukolämpö- ilmanvaihtolämmityksestä, kaukolämpö-

vesikiertoiseen radiaattorilämmitykseen taloudellisten, energiatehokkuuden ja olosuhteiden syiden kannalta.

2 Lämmitysjärjestelmät

2.1 Lämmönjakotavat

Rakennuksien lämmönjakotavat voidaan pääosin jakaa kolmeen yleisimpään vaihtoehtoon: nestekiertoisiin järjestelmiin, ilmanvaihdon rinnalla toimiviin tai suorasähkötoimisiin järjestelmiin.

Lämmönjakotavalla tarkoitetaan sitä, mitä väliainetta/aineita käytetään lämmitysenergian kuljettamiseen käyttökohteeseen. [22]

2.1.1 Vesikiertoiset lämmönjakotavat

Normaalisti lämpöenergia johdetaan joko putkistoa pitkin lämmitettävään kohteeseen esimerkiksi radiaattoriin, jossa se luovuttaa nesteestä lämpöenergiaa johtumalla, konvektiona ja säteilemällä ilmaan. Yleisesti ajatellaan nestekiertoisten järjestelmien olevan energiatehokkaimpia. Tämä johtuu helposti toteutettavasta kohdekohtaisesta säätömahdollisuudesta, matalan potentiaalisen nestelämmön tuottamisen edullisuudesta ja helposta lämmitysenergian kuljetuksesta lämmöntarvekohteeseen, esimerkiksi: radiaattorit ikkunoiden alla. [12; 23]

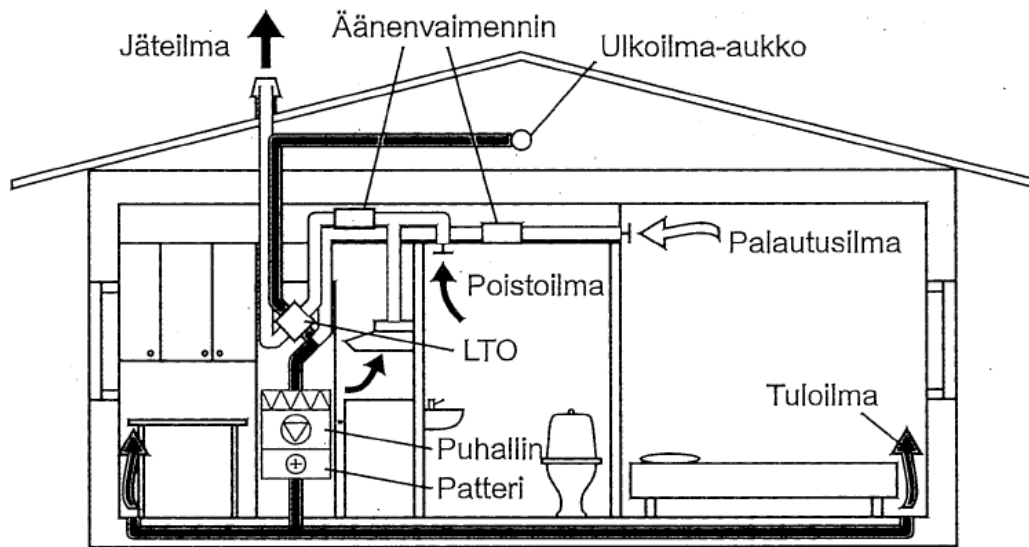
Erilaiset vesikiertoiset järjestelmät ovat yleisin käytössä oleva lämmitysmuoto Suomessa. Yleisimmät vaihtoehdot ovat lattialämmitys ja vesikiertoinen radiaattori. Lämmöntuottotavoissa veteen on eri kiinteistöissä suuria eroja riippuen kiinteistön omasta lämmönjakotavasta ja kiinteistön sijainnista. [12; 23]

2.1.2 Ilmalämmitys

Ilmalämmityksessä korotetaan ilmanvaihdon tuloilman lämpötilaa ja mitoitetaan ilmamäärät lämpöhäviöiden mukaan, kuitenkin minimissään rakentamismääräyskokoelman D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto,

määräykset ja ohjeet mukaan. Tuloilma luovuttaa lämpöä huoneeseen ja jäähtyneenä siirtyy poistoilmanvaihtoon. Tuloilman ja poistoilman välisen tehosiirtymän pitäisi kattaa rakenteiden johtumis- ja vuotoilmahäviöt. [1; 14]

Periaatekuva ilmalämmityksestä pientalossa on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Ilmalämmityksen periaatekuva pientalossa [21].

Ensimmäinen suora ongelma ilmalämmityksessä on se, että lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät ovat samassa järjestelmässä. Tästä seuraa lähes aina suurempia ilmamääriä kuin D2:n ohjeen mukaisessa mitoituksessa, jotta saadaan tarvittavat lämpötehot kaikille alueille. Kasvaneista ilmamääristä seuraa ylimääräistä puhallintehon tarvetta ja ylimääräisen tuloilman lämmittämistä. [14]

Toinen suora ongelma ilmalämmityksestä lämmityskaudella on IV-koneiden ohjaaminen käyttöaikataulujen mukailemana. Lämmityskaudella on IV-konetta, käyttöaikojen ulkopuolellakin, käytettävä mitoitusilmavirtojen mukaan, jotta saadaan tarvittava sisälämpötila pysymään. Yleensä ilmalämmitysjärjestelmissä on käyttöaikojen ulkopuolelle kiertoilma-asetus. Raitisilmaa ei vaihdeta, vaan kierrätetään samaa ilmaa, jolla voidaan vähentää lämmitysenergian hukkaa tilanteissa, jolloin ilmanvaihdolle ei ole tarvetta. Vaihtoehtoisesti, jos järjestelmät olisivat erillään,

käyttöaikojen ulkopuolella rakennuksessa olisi pelkästään perusilmanvaihto käytössä. Esimerkiksi liikekiinteistössä käyttöaikojen ulkopuolella vessojen huippumurit olisivat pelkästään käytössä tai kaikki IV-koneet kävisivät pienellä osateholla. Tilanteessa, jossa käyttöaikataulutus on mahdotonta, seuraa suuria ylimääräisiä kuluja lämmitysenergiassa ja sähköenergiassa puhallintehon vuoksi. [6]

Kolmas suora ongelma ilmalämmityksessä muodostuu lämmönjaossa eri alueiden välillä, joissa lämmitystehojen tarpeet ovat toisistaan poikkeavia. Tähän ongelmaan on monia eri ratkaisumalleja, kuten alue (fasadi) -kohtaiset jälkilämmityspatterit. Kuitenkin tuloilmanlämpötila on vakio IV-kone/alue/fasadi kohtaisesti, riippumatta tilakohtaisesta tehontarpeesta. Ainoat tapaukset, joissa huonekohtaista jälkilämmityspattereita on käytetty, ovat neuvotteluhuoneet tai jotkin muut tilat, joissa kuormitus vaihtelee voimakkaasti. Ilmamäärät mitoitetaan kuitenkin minimissään D2:n ohjeiden mukaan. Tästä seuraa väistämättä huomattavaa lämmitystehon ylimitoitusta tiloihin, joissa on vähäiset lämpöhäviöt mutta kuitenkin tuloilman tarve on, esimerkiksi toimistohuone, joka ei ole rakennuksen ulkoseiniä vasten. Jos olosuhteita halutaan hallita tällaisissa tiloissa, on pakko käyttää lämmityskaudella erillistä jäähdytystä yllälämpenemisen vuoksi. [6]

On myös kiinteistötyyppejä, joihin ilmalämmitys soveltuu hyvin, kuten teollisuuteen ja kauppoihin. Näissä kiinteistötyypeissä on yhtenäisiä piirteitä, joista suurimpina ovat isot yhtenäiset tilat ja korkeat huonekorkeudet. Tällöin ilmalämmityksellä vältytään ongelmilta lämmönjaon osalta. Kaupoissa käytetään käyttöaikojen ulkopuolella 100-prosenttisesti kiertoilmaa, jolloin lämmitysenergian hukka ei ole suurta. Myös ”ilmainen” lauhdelämpö kaupan kylmäjärjestelmistä on tarjolla ympäri vuorokauden. Teollisuudessa usein prosessit pyörivät ympäri vuorokauden ja tarvitsevat useasti suuria määriä ilmaa. Silloin energiatehokkuus itse ilmanvaihdossa on yleisesti aivan toissijainen asia ja kokonaisenergiankäytössä ”pisara meressä”. Kummassakin kiinteistötyypissä lattiatilan yhtenäisyys on tärkeä asia ja seinien edustat ovat yleensä käytössä, joten lämmityspattereiden sijoittaminenkin olisi haastavaa. [6; 20]

Ilmalämmityksellä on oma aikansa ja paikkansa, se vaatii kuitenkin omat erityispiirteensä rakennukselta.

2.2 Aikaisemmat lämmitystavat

Rakentamismääräykset eivät ole ottaneet kantaa suoraan lämmönjakotapoihin tai lämmitysjärjestelmiin. Rakentamismääräykset ovat ottaneet kantaa esimerkiksi: eristepaksuuksiin, ilmanvaihtokoneiden SFP-lukuihin ja lämmöntalteenottojärjestelmien hyötysuhteisiin. Nämä kannanotot lämmöntalteenottojärjestelmän pakollisuudesta tulivat vuonna 1987, ja määräykset SFP-luvuista ovat tulleet vasta vuonna 2003 ilmestyneen D2:n mukana. [1; 2]

Tämä tarkoittaa, että ennen vuotta 1987, ei ole seurattu talotekniikan energiatehokkuutta ollenkaan, vain eristepaksuuksien suhteen on ollut määräyksiä. Vuonna 2012 ilmestyneen D3:n myötä tulivat ensimmäiset vaatimukset rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle, vuositasolla neliötä kohden, $\frac{kWh}{m^2a}$. [1; 2; 3]

Eri järjestelmien, kuten ilmanvaihdon, jäähdytyksen ja valaistuksen, energiankulutus on jo esimerkiksi vuonna 1990 rakennetussa liikerakennuksessa huomattavasti suurempi kuin rakennuksen vaipasta peräisin oleva lämmitysenergian tarve. Se tukee tätä muutosta kokonaisenergian kulutuksen rajoittamiseksi. [11]

Vanhoista ja suppeista määräyksistä johtuen, on ollut mahdollista toteuttaa hyvinkin epäedullisia ratkaisuja energiankulutuksen puolesta, jotka eivät olisi nykymääräysten mukaisia uudiskohteissa. Ennen yleiset normit energiansäästöä kohtaan ovat olleet huomattavasti keveämmät. [6; 15]

Olosuhteista esimerkkinä voi olla varsin yleinen vanhan tavan ratkaisu eli runsaan kiertoilman käyttämisen ilmanvaihdossa, eli raitisilmaa korvattu kiertoilmalla. Ennen LTO-järjestelmien yleistymistä 2000-luvulla, oli normaalia käyttää kiertoilmaa lähes aina, kun se oli mahdollista määräysten puolesta. Myös sellaisissa rakennuksissa, jotka eivät olleet ilmalämmitteisiä, käytettiin kiertoilmaa. Ennen suunnittelijat ovat pitäneet kiertoilman käyttöä LTO-järjestelmänä, tai ainakin sen korvikkeena. Tämä kiertoilman käyttäminen päiväkäytössä on nykyään lähes kokonaan hävinnyt rakennuksista, jotka eivät ole ilmalämmitteisiä. Tähän on vaikuttanut LTO-järjestelmien pakollisuuden valvonta, järjestelmien hintojen lasku ja hyötysuhteiden nouseminen. [6]

Tekniikan etenemisestä ja hintojen laskusta, on seurannut, että Suomessa on paljon vanhaa rakennuskantaa, joissa olisi paljon varaa energiatehokkuuden optimoinnissa. Vanhan rakennuksen tekniikan saneerauksessa on huomioon otettavaa myös suorat olosuhdevaikutukset. Esimerkiksi vanhassa rakennuksessa voidaan luopua kiertoilmankäytöstä parantuneiden LTO-järjestelmien myötä ilmanvaihtokonesaneerauksen yhteydessä. Sisäilman laadusta toimistotiloissa on keskusteltu viimeisen reilun vuosikymmenen aikana. Suurten kiertoilmasuhteiden käytöstä, johtuva vähäinen raitisilman kokonaismäärä on ollut osassa kohteita yhtenä syynä sisäilmaongelmiin. [13]

Useasti investoinnit vanhan järjestelmän saneeraukseen tai optimointiin on kannattavaa, eli takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta. [11]

Entisajan asenteita energiatehokkuutta kohtaan kuvastaa erään kunnan rakennuspäällikön kommentti 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa: ”Energian säästäminen on harrastus, ja kaikki harrastukset maksavat” . [6]

2.3 Nykymääräysten mukaiset lämmitystavat

Vuoden 2012 D3 Rakennusten energiatehokkuusmääräys ja ohjekokoelma toi maksimiarvot rakennuksille käytetyn energian suhteesta vuositasolla, joissa on huomioitu rakennuksen käyttötarkoitus $\frac{kWh}{m^2a}$ [2, s. 9].

Tämä määräys on ensi kertaa antanut rakennusten kokonaisenergian käyttöön rajoituksia. Laki rakennusten energiatodistuksesta on tullut vuonna 2007. Energiatodistus, joka on nykyään lähes kaikille uusille rakennuksille pakollinen, vaaditaan rakennuslupavaiheessa, myös asuntoa vuokratessa ja myydessä, poikkeuksia lukuun ottamatta. Tämä on käytännössä suoraan johtanut siihen, että kaikista epäedullisimmat energiatehokkuusratkaisut ovat vaikeita toteuttaa uudisrakennuksissa. Energiatodistus helpottaa normaalia kuluttajaa rakennusten energiankulutuksen vertailussa, esimerkiksi asuntoa ostaessa. [2; 16]

Käytännössä nämä uudet energiatehokkuusmääräykset ovat näkyneet parempina järjestelminä, joissa on kiinnitetty useampaan energiatehokkuuden osa-alueeseen huomioita. Mitään ei ole varsinaisesti kielletty. Monia ratkaisuja voi vieläkin toteuttaa,

ne pitää vain kompensoida jollain muulla osa-alueella. Kuitenkin osa ratkaisuista on tehty lähes mahdottomiksi toteuttaa. [2; 6; 15]

Suurin ero nykymääräyksissä vanhaan on kokonaissuunnittelun aste. Kaikki suunnittelijat joutuvat ottaa huomioon energiatehokkuuden ja ainakin miettimään omia ratkaisujaan. Kokonaissuunnittelun aste energiatehokkuudessa on riippuvainen yleensä kohteen koosta ja haastavuudesta. [2]

2.4 Lämmitystapamuutos yleisesti

Suomessa uudisrakentamisessa on talotekniikka ja etenkin lämmitystekniikka lämmöntuotannon puolella yksi maailman johtavia maita energiataloudellisissa ratkaisuissaan [17]. Suomessa on paljon vanhaa rakennuskantaa, jossa on toteutettu käyttökustannuksiltaan korkeita ratkaisuja, kuten suorasähkö- ja ilmalämmitysjärjestelmiä, tai ilmanvaihdossa huonoja ratkaisuja, kuten poistoilmanvaihto ilman LTO-järjestelmää, tai korvattu LTO-järjestelmä kiertoilmalla. [15; 17]

Asenne yleensä vanhaa kiinteistöä kohtaan on hyvin selkeä, se on oman aikansa ratkaisu ja niin se saa pysyä. Vanhaankin kiinteistöön, jossa on oman aikansa (huonot) ratkaisut, on mahdollista toteuttaa täysimittaisia järjestelmämuutoksia. [6]

Yleisesti rakennuksissa käytettävät pitkän aikavälin suunnitelmat (PTS) tukevat vanhojen järjestelmien säilyttämistä. PTS-suunnitelmissa esitetään tulevat korjaustarpeet laitteiden teknisen käyttöiän ja tarkastuksessa havaittujen asioiden perusteella. Niissä ei oteta kantaa järjestelmämuutoksiin. Syynä tähän on oletettavasti järjestelmämuutosten esittämiseen vaadittavan osaamisen puuttuminen ja työhön käytettävän ajan rajallisuus.

Lämmitystapamuutoksessa vaihdettaisiin kokonaan joko lämmöntuottotapa tai lämmönjakotapa. Esimerkiksi suorasähkökiinteistö siirtyisi kaukolämpöön tai maalämpöön tai ilmalämmitteinen kiinteistö siirtyisi vesikiertoiseen radiaattorilämmitykseen. [19]

Ongelmana laajamittaisten saneerausmuutosten toteuttamisessa on yleensä ennakkoluulot remonttia kohtaan ja vaihtoehtojen puuttuminen. Kukaan ei tarjoa vaihtoehtoja omistajatahoille. Perusratkaisultaan huonon lämmitysjärjestelmän ongelmia yritetään korjata pienillä muutoksilla, joita usein vuosien saatossa kertyy paljon, lisäämällä lämmitysjärjestelmään toisia pienempiä järjestelmiä, kuten erillisiä sähköpattereita ja lämpöpuhaltimia. Nämä pienet järjestelmät aina vaikeuttavat kokojärjestelmän säätöitä ja tuovat haasteita automatiikan kanssa. Tästä seuraa lisäyksiä huollonkohteiden määrässä ja kustannuksia olemassa olevista järjestelmistä. Järjestelmän kokonaisuus alkaa myös häilyä nopeasti kokonaiskustannuksiltaan. Esimerkiksi vuokralaisella on oma sähkömittaus, sähköpattereita tiloihin lisättäessä vuokralainen maksaa sähkön. Tällaisissa tilanteissa on vaikea seurata lämmityksen kokonaisenergiakustannuksia. [7]

Osajärjestelmäkorjauksia toteutetaan yleensä tarpeen ja mahdollisuuden tullen, kuten vuokralaisen vaihtuessa, remontin tai jonkun muun käyttökätkön yhteydessä. Useasti tarve toteuttaa muutoksia, tulee nopealla aika-tilalla ja seuraavaan osasaneeraukseen voi olla pitkäkin aika. Tällöin alkuperäinen suunnittelija ja urakoitsija voi vaihtua. Tästä seuraa väistämättä järjestelmien erilaisuutta ja erilaatuisuutta keskenään. Järjestelmän hinta karkaa helposti. Tämä on pakko ottaa huomioon, kun ajatellaan rakennuksen kustannustehokasta saneerausta lämmitysjärjestelmille. Saneerauksen kertatoteutuksella saadaan koko rakennukseen yhdenmukaiset järjestelmät, joita on helppo huoltaa ja säätää. Täysimittainen lämmityssaneeraus on kiinteistön arvoa nostava tilanteissa, joissa alkuperäinen järjestelmä on ollut puutteellinen. [6]

3 Lämmitysjärjestelmän energiankulutus

3.1 Tehontarpeen laskeminen

Ilmalämmityksen energiankulutus riippuu laitteiston hyötysuhteista, sisäpuhalluslämpötilasta, ilmavirtojen- ja paineenkorotuksen määrästä. On otettava huomioon myös rakennuksen ominaisuudet, paljonko joudutaan viemään ilmaa alueille, joissa lämmitykselle ei ole tarvetta, esimerkiksi toimistohuoneessa, jossa ei ole johtumishäviöitä. Huoneeseen on pakko viedä tuloilmaa, ja tällaisessa tapauksessa

tuloilma myös yllämmittää huoneen, mikä ei ole haluttu lopputulos. Tämä on vaikea asia ottaa tarkasti huomioon.

Toinen ilmalämmityksen hyötysuhteeseen vaikuttava asia on ilmanvaihdon säätämisen vaikeus tilanteissa, joissa huoneessa syntyy omia lämpökuormia ihmisten tai jonkun muun toimesta. Ilmamäärän pienentäminen ylikuumenemisen mukaan vaatii IMS-järjestelmän. IMS-järjestelmällä tarkoitetaan tarpeenmukaista ilmanvaihtojärjestelmää, jossa on huone/tila/aluekohtainen sisäilman laadunmittaus, jonka mukaan ilmamääriä säädetään. IMS-järjestelmän soveltuvuuteen ilmalämmityksen yhteydessä palaan luvuissa 5.3. [20].

Ilmalämmitysjärjestelmän vaikeasäätöisyyttä on erittäin vaikea ottaa huomioon suoran faktaluvun kanssa ilmalämmityksen energiankulutuksen laskemisessa. Ylikuumenemis tilanne ei vaikuta laskennalliseen energiankulutukseen, mutta vaikuttaa todelliseen energian kulutukseen.

Ilman lämmittämisen vaadittu teho saadaan laskettua kaavalla 1 [3, s. 23].

$$P = (t_1 - t_2) * Cp_i * \rho_i * q_{vt} \quad (1)$$

tossa

P on teho kW

t_1 on haluttu lämpötila lämmityspatterin jälkeen °C

t_2 on patterille tulevan ilman lämpötila °C

Cp_i on ilman ominaislämpökapasiteetti $1 \frac{kJ}{kg}$

ρ_i on ilmantiheys $\frac{kg}{m^3}$

q_{vt} on tuloilmavirta $\frac{m^3}{s}$

Massa- ja tilavuusvirran yhteys saadaan laskettua kaavalla 2 [21].

$$q_m = q_v * \rho_i \quad (2)$$

jossa

q_m on massavirta $\frac{kg}{s}$

q_v on ilmavirta $\frac{m^3}{s}$

ρ_i on Ilmantiheys $\frac{kg}{m^3}$, riippuvainen ilmanlämpötilasta

Lämmöntalteenottojärjestelmän lämpötilahyötysuhde n , voidaan laskea kaavalla 3 [3, s. 63].

$$n = \frac{t_p - t_{jäte}}{t_p - t_r} \quad (3)$$

jossa

n on lämpötilahyötysuhde

$t_{jäte}$ on poistoilma (jäteilma) LTO-järjestelmän jälkeen °C

t_p on poistoilman lämpötila °C

t_r on ulkoilman lämpötila (raitis) °C

Puhaltimien energiakulutuslaskennassa käytetään hyväksi koneista valmistajien ilmoittamia SFP lukua tai mitattua SFP lukua. SFP-luku kertoo, IV-koneen tarvitseman sähkötehon tulo ja poistoilman kummatkin huomioiden, ilman liikuttamiseen $\frac{kW}{\frac{m^3}{s}}$. Koneen puhallusenergian kulutuksen saa SFP lukua käyttämällä. SFP-luvun voi laskea kaavalla 4. [3, s. 52]

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaitteet}}{q_{max}} \quad (4)$$

jossa

SFP on $\frac{kW}{\frac{m^3}{s}}$

P_{tulo} on tuloilmapuhaltimen teho kW

P_{poisto} on poistoilmapuhaltimen teho kW

$P_{apulaitteet}$ on IV-koneen apulaitteiden käyttämä sähköteho, kuten LTO-pumput ym.

kW

q_{max} on suurempi ilmavirroista, tulo tai poisto $\frac{m^3}{s}$

q_v on IV-koneen suurempi ilmavirta, tulo tai poisto $\frac{m^3}{s}$

SFP-luvulla voidaan määrittää ilmanvaihtokoneen tai koneiden kokonaistehon tarve.

Tämä lasketaan kaavalla 5 [3, s. 52].

$$P = SFP * q_v \quad (5)$$

P on sähköteho kW

q_v on IV-koneen suurempi ilmavirta, tulo tai poisto $\frac{m^3}{s}$

Ilmanvaihtokoneen vuositasolla käyttämä puhallusenergia voidaan laskea kaavalla 6 [3, s. 52].

$$\emptyset_{sähP} = \frac{P*t}{1000} \quad (6)$$

jossa

$\emptyset_{sähP}$ on puhaltimien käyttämää sähköenergiaa vuodessa, MWh

P on IV-koneen sähköteho, kW

t on käyttöaika vuodessa tunneissa, h

3.2 Vesikiertoisen radiaattorilämmityksen tehontarpeen laskeminen

Vesikiertoisen radiaattorilämmityksen hyötysuhde on korkea, D5:n ohjeen mukainen vuosihyötysuhde on välillä 0,8-0,9. Vuosihyötysuhteeseen vaikuttavat eristeet ja verkoston veden meno- ja paluulämpötilat. Käytännössä ainoat häviöt järjestelmässä tulevat pumpputehosta ja putkiston lämpö- ja säätöhäviöistä käyttökohteeseen. Pumpunteho lasketaan siirtyväksi lähes kokonaisuudessaan veteen lämpöenergiana. Eristetyn putkilinjan häviöt ovat vähäiset ja häviöt johtuvat lämmitettäviin tiloihin. Tässä työssä ei huomioida järjestelmän vuosihyötysuhdetta. [3, s. 40]

Suunnitteluperusteina radiaattoreiden teholle ovat johtumishäviöt, vuotoilma ja alilämpöisen tulo- ja siirtoilman lämmittäminen. Lämpöteho saadaan johdettua suoraan lämpöhäviökohteeseen, eikä järjestelmän käyttöön vaikuta muut järjestelmät.

Yliämpenemistilanteissa termostaattiset patteriventtiilit pystyvät rajoittamaan virtausta huonelämpötilan ohjaamana. [12]

Laskuissa oletus on, että kaikki vedestä siirtyvä lämpö, on täysin hyödynnetty käyttökohteessa.

Vesikiertoisen järjestelmän teho voidaan laskea kaavalla 7 [12].

$$\dot{Q} = q_v * c_{p_v} * dT * \rho_v \quad (7)$$

jossa

dT on meno- ja paluueden lämpötilan erotus K

\dot{Q} on teho, W

q_v on tilavuusvirta $\frac{m^3}{s}$

ρ_v on veden tiheys, $1000 \frac{kg}{m^3}$

c_{p_v} on veden ominaislämpökapasiteetti, $4.18 \frac{kJ}{kg * K}$

3.3 Lämmitysjärjestelmän vuositason energiankulutuksen laskenta

Vuosienergian kulutuksen laskemiseksi tarvitaan lämpötilatietoja alueelta (lämmitystarveluku) ja rakennuksen ominaislämmitysteho.

Lämmitystarveluku on lämpötilaero, jossa sisälämpötilaa verrataan ulkolämpötilaan vuorokausitasolla. Lämmitystarveluvun yksikkö on, $^{\circ}C_{vrk}$. Lämmitystarvelukua lasketaan vasta, kun päivän keskilämpötila syksyllä laskee alle $12^{\circ}C$ ja keväällä $10^{\circ}C$. Lämmitystarveluvut eri vuosilta ja paikkakunnilta ovat saatavilla ilmatieteenlaitokselta verrokkiämpötilanaan $t_s = 17^{\circ}C$. Lämmitystarvelukua käytetään paljon energiankustannuslaskennassa ja saneeraussuunnittelussa. [4; 8; 18]

Rakennuksen ominaislämmitystehoa varten lähtötietoina tarvitaan ilmanvaihdon ja mahdollisen muun lämmitysjärjestelmän mitoitustehontarpeet. Lämmitysjärjestelmien tehot lasketaan yhteen kokonaismitoitustehoksi. Lämpöhäviöt ovat lineaarisessa suhteessa ulkolämpötilaan. Lämmityksen ominaislämmitysteho ei ole aina

linearisessa suhteessa ulkolämpötilaan. Automaatiolla on mahdollista toteuttaa ilmanvaihdolle puolitusulkolämpötilan mukaan ja yleisesti mitään lämpöpumppujärjestelmää ei mitoiteta kohteen mitoitustehontarpeen mukaan. Yllä mainituilla järjestelyillä on suuri vaikutus lämmityksen tarpeeseen ja energiankulutukseen, jotka tulee ottaa huomioon kohde kohtaisesti. Tällöin ominaislämmitysteho kohteessa ei ole linearisessa suhteessa ulkolämpötilaan. [3, (2007 s. 52); 4; 6]

Tässä insinööriyössä käytettävässä esimerkkikohteessa ilmanvaihto/ilmalämmitys toimii aina mitoitusilmavirroin ja lämmönlähteenä toimii kaukolämpö. Näistä syistä voimme laskea suoraan kokorakennukselle ominaislämmitystehotarpeen, joka pysyy vakiona ulkolämpötilasta riippumatta. Tätä numeroarvoa kuvaa rakennuksen ominaislämmitysteho $H_{kok} = \frac{kW}{K}$. [3, (2007 s. 52); 4; 18]

Rakennuksen kokonaismitoitus tehon saa laskettua kaavalla 7 [3, s. 51].

$$P_{kok} = P_{ls} + P_{iv} + P_{muu} \quad (7)$$

jossa

- P_{kok} on kokonaismitoitusteho kW
- P_{ls} on lämmityspiirin mitoitusteho kW
- P_{iv} on ilmanvaihdon lämmityspiirin mitoitusteho kW
- P_{muu} on muiden lämmitysmuotojen mitoitusteho kW

Rakennuksen ominaislämmitysteho saadaan laskettua kaavalla 8. [3 (2007 s. 52)]

$$H_{kok} = \frac{P_{kok}}{t_s - t_m} \quad (8)$$

jossa

- H_{kok} on rakennuksen ominaislämmitysteho $\frac{kW}{K}$
- P_{kok} on kohteen lämmitysjärjestelmien yhteenlaskettu mitoitusteho kW
- t_s on sisälämpötila °C
- t_m on lämmityksen mitoittava ulkolämpötila °C

Lämmitystarveluvun avulla voimme laskea lämmitysjärjestelmän vuosienergiakulutuksen. Sähkön ja kaukolämmön energiankulutukset lasketaan omina laskuinaan. Vuosinenergiankulutus lasketaan kaavalla 9 [3, (2007 s. 53)].

$$\emptyset_{kok} = \frac{S_{17} * H_{kok} * 24h}{1000} \quad (9)$$

jossa

\emptyset on lämmitysenergiankäyttö vuositasolla, $\frac{MWh}{a}$

S_{17} on lämmitystarveluku $t_{sisä}$ 17°C, °Cvrk

24h on vuorokauden muutokseen tuntiin

H_{kok} on rakennuksen ominaislämmitysteho $\frac{kW}{K}$

4 Elinkaarikustannusten laskenta lämmitysjärjestelmälle

4.1 Elinkaarikustannusten koostuminen

Elinkaarikustannuksilla tarkoitetaan järjestelmien elinkaaren kokonaiskustannuksia, mukaan lukien sähkö-, lämmitysenergia, huollot, investointi ja investoinnin korkojen kustannukset. Järjestelmien eroja voimme tarkastella eri laskelmamenetelmillä helposti [5]:

- Takaisinmaksuaika
- Sisäinen korko
- Vuosikustannus (annuiteetti)
- Nykyarvo

Elinkaarikustannuslaskelmien avulla on helppo verrata eri järjestelmiä ja perustella suunnittelupäätöksiä asiakkaille, etenkin tilanteissa joissa investointihinnaltaan edullisemmässä järjestelmässä on suuremmat elinkaarikustannukset. [5; 6]

4.2 Elinkaarikustannusten laskenta perusteet

Tässä työssä elinkaarikustannuslaskelmien kiinnostus on investoinnin takaisinmaksuajassa ja vuosikustannuksissa.

Korollisella takaisinmaksuajalla saamme selville, kauanko investoidulla rahamäärällä, korko mukaan lukien, kestää maksaa hankintahintojen erotus takaisin investoijalle. Tässä menetelmässä emme ota huomioon investoinnin käyttöikä, joka esimerkiksi rakennuksiin liittyvissä investoinneissa monesti on huomattavasti pidempi kuin takaisinmaksuaika. [5]

Korollinen takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla 10 [5].

$$n = \frac{\ln\left(\frac{T}{T-Hi}\right)}{\ln(1+i)} \quad (10)$$

jossa

n on korollinen takaisinmaksuaika
 T on vuosikustannusten erotus
 H on investoinnin erotus
 i on laskenta korko

Vuosikustannus menetelmällä voidaan vertailla keskimääräisiä vuosikustannuksia, tämä lasketaan kaavalla 11 [5].

$$Vuosikustannus = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} * H + q \quad (11)$$

jossa

H on hankintahinta
 n on järjestelmän käyttöikä
 i on laskentakorko
 q on vuotuiset käyttökustannukset, huolto + energia

5 Esimerkkikohteen lähtötiedot

5.1 Liiketalo Myyrinraitin esittely

Kiinteistö sijaitsee Myyrmäessä osoitteessa Myyrmäenraitti 2 Vantaa. Kiinteistö on rakennettu (kuva 2) vuonna 1985 ja rakennuttajana olivat Projekti-Insinöörit Oy.

Kiinteistö rakennettiin yrityksen omiksi toimitiloiksi. Projekti-Insinöörit Oy toimi myös kohteen suunnittelijana. Tämä on normaalista poikkeava rakentamisjärjestely, jossa kiinteistön käyttäjä, insinööritoimisto, suunnitteli ja rakennutti kiinteistön pääosin omaan käyttöönsä. Tämä mahdollisti normeista poikkeavia ratkaisuja rakennukseen. Normeista poikkeavia ratkaisua tarkastellaan luvussa 5.2. [6; 10]

Kiinteistö on kooltansa 8500 m^2 , jaettuna 5 eri kerrokseen. Kiinteistössä on usealla eri käyttötarkoituksella olevia toimitiloja.

Kiinteistön käyttäjinä ovat tällä hetkellä: Mehiläinen, HUS, Fresh Fitness, San Pedro Texmex, Osuus-Pankki ja Tilitoimisto Rantalainen.



Kuva 2 Liiketalo Myyrinraitin pääsisäänkäynnin julkisivu [10]

5.2 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön peruslämmitysjärjestelmä on vakioilmavirtainen ilmalämmitys. Siinä tuloilma lämmitetään kaukolämmöllä ja kiertoilmalla, jota sekoitetaan suoraan raitisilmakammioon maksimissaan noin $4,6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ toimistojen jäteilmavirrasta. Kiinteistön alkuperäiset IV-koneet ovat vuodelta 1985 ja ovat erittäin lähellä teknisen käyttöikänsä päätä. Suuressa osassa alkuperäisistä IV-koneista ei ole LTO-järjestelmää (taulukot 1 ja 2).

Taulukko 1. Kohteen tuloilmakoneet taulukkona

Vuodelta	Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m3/s	LTO ratkaisu	Lämmityspatteri	aikaohjelma on/ei
1985	2.-3.krs toimistot	IV02WF01	1,8	-	Kaukolämpö	ei
1985	2.-3.krs toimistot	IV02WF02	1,8	-	Kaukolämpö	ei
1985	1.krs ravintola	IV03WF01	3,5	-	Kaukolämpö	ei
1985	Kellari tanssistudio	IV06WF01	1,1	-	Kaukolämpö	ei
2011	2.-3.krs toimistot	IV10WF01	1,5	Regereratiivinen n = 70%	Kaukolämpö	ei
2011	2.-3.krs toimistot	IV11WF01	1,5	Regereratiivinen n = 70%	Kaukolämpö	ei
1985	4.krs saunaosasto	IV07WF01	1,1	-	Sähkö	ei
2015	Punttisali, ei lämmitetty	TK01	6	Regereratiivinen n = 83%	Kaukolämpö	IMS-ohjattu
1985	1.krs pankki, ei lämmitetty	IV04WF01	1	-	Kaukolämpö	on
2010	Kuntosali sos. Tilat	TK02TF01	1,8	Ristivirta n = 60%	Kaukolämpö	on

Taulukko 2. Poistoilmakoneet, jotka puhaltavat raitisilmakammioon

Poistoilmakoneet jotka puhaltavat raitisilmakammioon:	IV-kone tunnus	qv poisto m3/s
2-3.krs toimistot	IV02YF01	3,6
Mehiläisen sos. tilat	IV06YF01	1

Yleiskaavio Liiketalo Myyrinraitin ilmanvaihdosta on liitteessä 1.

Alkuperäisissä tuloilmakoneissa ei ole LTO-järjestelmää muissa kuin IV02WF01 ja IV02WF02, joiden liuos-LTO:n poistokonepari on IV02YF01. Kyseinen poistoilmakone nykytilanteessa puhaltaa koko poistoilmavirtansa raitisilmakammioon, joten LTO-järjestelmä ei ole käytössä. Säätepellillä voitaisiin haluttaessa säätää kiertoilman määrää raitisilmakammiossa. Tässä tapauksessa kiertoilma sekoitetaan kokonaisuudessaan raitisilmakammioon. Hyötyä LTO-järjestelmästä saataisiin, jos ilmanlaatua haluttaisiin parantaa vähentämällä raitisilmakammioon puhallettavan kiertoilman määrää.

Kaikki tuloilmakoneet, jotka toimivat ilmalämmityksen osana, ovat käytössä nykytilanteessa ilman aikaohjelmia lämmityskaudella.

Osassa tiloista on jälkeempään saneerattu lämmitys ja ilmanvaihto erilleen toisistaan. Osuuspankki on vuonna 2013, omiin ensimmäisessä ja kellarikerroksessa sijaitseviin tiloihinsa, toteuttanut lämmitysjärjestelmänsä lämpöpuhaltimilla sekä muutamalla vesikiertoisella radiaattorilla. Fresh Fitnessin ensimmäisessä kerroksessa sijaitseviin tiloihin on toteutettu vesikiertoinen radiaattorilämmitys vuonna 2015.

Ilmalämmityksen lisäksi kiinteistössä on runsaasti erillisiä öljytäytteisiä sähköpattereita, joita vuokralaiset ovat lisänneet kylmänä kokemiinsa tiloihin. Nykytilanteessa sähköpattereita on lähes kaikissa 3. kerroksen toimistotiloissa ja 2. kerroksen ulkoseinällä sijaitsevissa toimistotiloissa. Kokonaislukumäärässä nykytilanteessa on arviolta vähintään 100 sähköpatteria sijoitettuna 2-3.kerroksien toimistohuoneisiin. Tammikuun 2016 kovan pakkasien (lähes mitoituspakkanen -24 °C) aikana kohteen kolmannen kerroksen, Mehiläisen ja Rantalaisen tilojen sähköpattereista ulkoseinillä sijaitsevissa huoneissa mitattiin lähes poikkeuksetta yli $20\frac{W}{m^2}$ lämmitystehoja. [10]

5.2.1 Nykyisen järjestelmän ongelmat

Kohteen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmässä on kaksi perusongelmaa, lämmityksen säätö ja korkeat käyttökustannukset, korkeisiin kustannuksiin palataan luvuissa 5.2 ja 7.2 [6; 7; 9].

Nykytilanteen ongelmat järjestelmätasolla:

- Korkeat kustannukset kaukolämmössä
- Korkeat kustannukset ilmanvaihdon puhaltimien sähköenergiankulutuksessa
- Lämmityksen säätöön liittyvät ongelmat, kylmyysongelmia ulkoseinillä olevissa toimistohuoneissa ja kuumuusongelmia sisävyöhykkeen tiloissa
- Osassa tiloissa on ympäri vuoden jäähdytys käytössä

Huoltomies Leo Kaivonurmen [9] tiedossa olevat vuokralaisten ilmoittamat ongelmat:

- Yksittäisiä valituksia kylmistä ja kuumista huoneista ympäri rakennusta
- Rantalaisen 3. kerroksen tiloissa, ongelma enemmän kylmyys kuin kuumuus
- Mehiläisen 3. kerroksen tiloissa, ongelma enemmän kuumuus, etenkin sisävyöhyketiloissa, kuin kylmyys
- Yhtenä vuonna kokeiltiin pitää jäähdytys (vedenjäähdytyskone ja palkit) poissa päältä talvella, mutta Mehiläisestä tuli paljon valituksia. Tämän jälkeen jäähdytys on ollut päällä. Siten lämmityskaudella yllämpimät tilat saatiin jäähdytyksellä jäähdytettyä ja vuokralaistyytyväisyyttä parannettua.

Kohteessa on aikaisemmin ollut sisäilmaongelmia, jotka on selvitetty, mutta kohteessa on vielä kiertoilmaa käytössä tiloissa, joissa sitä ei saisi olla. Tässä kohteessa kiertoilmankäyttö ei olisi sallittua IV-koneissa, joiden palvelu-alueet ulottuvat terveydenhoitotiloihin ja ravintolatiloihin (HUS, Mehiläinen ja Tex mexravintola). [1]

5.2.2 Nykyisen järjestelmän lämmönjaon ongelmat

Ilmalämmitysjärjestelmän säätämisen tekee kohteessa vaikeaksi suuret eroavaisuudet lämpöhäviöissä. Kohteessa ei ole fasadi tai aluekohtaisia jälkilämmityspattereita tai kanavointeja jotka johtavat tilanteeseen, jossa ulkoseinällä sijaitsevaan huoneeseen viedään saman lämpöistä ilmaa kuin lämpimän sisäpihan puolella sijaitsevaan huoneeseen. Ilmamäärien minimimitoitusterusteet ovat käyttötarkoitusten mukaan, ei tarvittavan lämmitystehon.

Tästä seuraa se, että lämmitysteho neliötä kohti on lähellä toisiaan kahdessa eri tilassa, joissa lämmitystehontarpeet erkanevat toisistaan voimakkaasti. Suora seuraus tästä on, että optimaalisella lämmityskäyrällä paras mahdollinen lopputulos on kompromissi kummankin huoneen optimaalisten olosuhteiden välistä. Kärjitetysti ilmalämmityksellä nykyisellä tekniikalla lähes aina joudutaan lopputulokseen, jossa ulkoseinällä sijaitsevassa huoneessa on kylmä ja sisäseinällä kuuma.

Ongelmalliseksi asian tekee se, että tässä kohteessa ilmanlämmittämiseen käytetään energiamäärä, jolla olisi mahdollista lämmittää kummatkin tilat optimaalisiin olosuhteisiin. Lämmönjakamisen haasteellisuuden vuoksi, hyvään eikä energiatehokkaaseen lopputulokseen ole mahdollista päästä nykyisellä tekniikalla. Osaa yli-lämpöistä tiloista joudutaan jäähdyttämään koneellisesti lämmityskaudella ja osaa kylmistä tiloista lisälämmittämään erillisillä pattereilla.

Kiinteistön nykyisessä vedenjäähdytyskoneessa ei ole vapaajäähdytystä. Sen vuoksi jäähdyttäminen on kallista, myös talvella. Ensimmäisen kerroksen Fresh Fitnessin muutostöissä keväällä 2016 kiinteistöön lisätään toinen vedenjäähdytyskone, jossa on vapaajäähdytys. Tämä kone palvelee tulevaisuudessa myös kiinteistön kuivajäähdytysjärjestelmää (jäähdytyspalkkiverkosto).

5.3 Nykyisen järjestelmän eri tehostamisvaihtoehdot

Olosuhteita voidaan yrittää parantaa muutamalla eri vaihtoehdolla.

Kiinteistö on rakennettu vuonna 1985 ja todennäköisesti nykytilanteessa lämmityskäyrä on lähellä parasta mahdollista kompromissitilannetta. Tämä johtuu lämmityskäyrään tehdyistä vuotuisista säädöistä. [9]

Saneerauksen vaihtoehtoja lähestyttäessä on tärkeintä ottaa huomioon investointi ja siitä saatu hyöty. Rakennuksen jäljellä olevan elinkaaren pituus on investointia mietittäessä ratkaisevassa asemassa. [5]

Nykyisen järjestelmän tehostuksessa on selvästi kolme eri vaihtoehtoa. Ne poikkeavat toisistaan suuresti investoinneiltaan. Nykyisen järjestelmän tehostusvaihtoehdot ovat koottuina lukuun 5.3.1.

5.3.1 Nykyisen järjestelmän tehostusvaihtoehdot

Eri vaihtoehdot:

Pelkästään pakollinen -vaihtoehto

1. Huolletaan ja uusitaan järjestelmän pakolliset kohteet, uusitaan puhaltimet, lisätään IMS-järjestelmä ravintolaan sekä modernisoidaan automaatio.

Vaihtoehdon hyvät puolet:

- ei vuokralaishäiriöitä.
- saadaan vähennettyä ravintolan energiankulutusta lämmityskauden ulkopuolella ja tilanteissa, jossa on sisäisiä lämpökuormia (kun ravintola on käytössä).

Vaihtoehdon huonot puolet:

- nykytilanne ei tule paljoa muuttumaan käyttökustannuksiltaan.
- olosuhdeongelmiin ei tule muutosta.

Kaikki, mikä on järkevä toteuttaa -vaihtoehto

2. Pelkästään pakollisen - vaihtoehto 1:n päälle uusitaan IV-koneet varustettuna LTO-järjestelmillä

Vaihtoehdon hyvät puolet:

- vähäiset vuokralaishäiriöt (vuokralaisten tiloissa)
- vaikki vanhat järjestelmät uusittu, huoltovarmuus
- kiertoilmasta luopumisen vaihtoehto, päiväkäytössä

- väyttökustannuksissa säästöt tulevat LTO-järjestelmistä ja parantuneista hyötysuhteista puhaltimilla.

Vaihtoehdon huonot puolet:

- korkeat investointikustannukset
- lämpötilan olosuhdeongelmiin ei tule muutosta.

Liitteessä 3 on kustannusarvio kohteen alkuperäisten ilmanvaihtokoneiden saneerauksesta.

Ilmalämmityksen paras mahdollinen lopputulos -vaihtoehto

3. Kaikki mikä on järkevää -vaihtoehdon 2. päälle lisätään huonekohtainen IMS-järjestelmä

Vaihtoehdon hyvät puolet:

- lämpötilan olosuhdeongelmiin parannusta
- kaikki vanhat järjestelmät uusittu, huoltovarmuus
- kiertoilmasta luopumisen vaihtoehto päiväkäytössä
- käyttökustannuksissa energiasäästöä tuovat optimoidut ilmamäärät IMS-järjestelmän myötä.

Vaihtoehdon huonot puolet:

- korkea investointikustannus tilakohtaisessa IMS-järjestelmässä
- vuokralaishäiriöt vuokralaisten tiloissa
- olosuhdeongelmista ei päästä kokonaisuudessaan eroon, sisävyöhykkeellä yhä yllilämpimät tilat
- lämmityksen tarve tiloissa rajoittaa IMS-järjestelmän potentiaalista hyötyä
- IMS-järjestelmästä huoltokustannuksia.

5.3.2 Nykyisen järjestelmän tehostamisen yhteenveto

Vuokratun liikekiinteistön saneerausta voidaan lähestyä useasta eri näkökulmasta, vuokralaisen, ympäristöarvojen ja omistajan. Tätä asiaa ei pitäisi lähestyä vastakkainasetteluna. [6]

Asiaa lähestytään monesti niin, että vuokralainen haluaa vain olla omassa rauhassaan ilman häiriöitä ja omistaja haluaisi mahdollisimman suuren säästön mahdollisimman pienestä investoinnista. Tässä kohteessa ajattelumalli, jossa halutaan välttää vaivaa ja päästä helpolla, ei ole optimaalinen yhdellekään osapuolelle [6]. Kohteessa on nyt osittain järjestelmäongelmia kasattu vuokralaisille, esimerkiksi, yllämmenneiden tilojen huono viihtyvyys, kylmien tilojen lämmittäminen sähköpattereilla ja vuokralaisen lisälämmityksestä kasvanut sähkölasku. [9]

Omistajalle tulee samasta ongelman lähteestä suuret kiinteistön käyttökustannukset ja vuokralaistyytymättömyyttä kohteen olosuhteista.

Nykyjärjestelmän tehostamisella saadut energiasäästöt tulevat uusittujen laitteistojen paremmista hyötysuhteista ja hieman optimoidusta puhallintehosta mahdollisen IMS-järjestelmän myötä.

Millään tehostusmuodolla ei pystytä nykytilannetta korjaamaan hyvään lopputulokseen olosuhteiden puolesta. Tällaisessa tilanteessa ei olisi järkevä panostaa nykyiseen järjestelmään koko rakennuksen kattavan IMS-järjestelmän muodossa. Ratkaisusta on kokemuspohjaisen tiedon perusteella mahdollista sanoa, että energiansäästöstä tulevat säästöt, menevät osittain tai kokonaan IMS-järjestelmän huoltamiseen. [6] Tässä johtuu kohteen tyypistä, kohteeseen joutuisi asentaa arviolta yli 200 IMS-yksikköä, mutta hyöty olisi rajallinen johtuen lämmityskaudesta. Parempaan lopputulokseen olosuhteiden puolesta on mahdollista IMS-järjestelmällä päästä, mutta ei hyvään tai energiatehokkaaseen, vaikka investointikustannus on lämmitystapamuutoksen suuruinen. [6; 7]

Nykyiseen lämmitysjärjestelmään ei energiasäästöjen vuoksi ole järkevä panostaa.

Vaihtoehdossa 2 panostettaisiin oikeisiin asioihin, jotka tulevaisuudessa joka tapauksessa tulevat eteen. Vaihtoehdossa 2 myös jätettäisiin takaportti esimerkiksi täydelliselle lämmitystapa muutokselle.

Millään tehostusmuodolla ei ole mahdollista saavuttaa edes lähellä saman suuruusluokan säästöjä kuin lämmönjakotapamuutoksella tai olosuhteiltaan samaa lopputulosta.

5.4 Suunniteltu vesikiertoinen radiaattorilämmitys

Suurimman käyttökustannusten alenemisen saisi aikaan täydellisellä lämmönjakotapamuutoksella, ilmalämmityksestä vesikiertoiseen radiaattorilämmitykseen. Tällä ratkaisulla pystyisimme muuttamaan IV-koneiden käyttöaikatauluja, josta suurimmat säästöt tulisivat. Tämä säästöjen suhde pysyisi, vaikka nykyistä järjestelmää parannettaisiin esimerkiksi uusien IV-koneiden myötä.

Insinööritoimisto FIN-LVI on suunnitellut kohteeseen vesikiertoisen radiaattorilämmityksen Corbel Oy:n toimeksiannosta.

Radiaattorilämmityksellä saisi kohteen lämpötilaolosuhteet haltuun.

Hyvät puolet radiaattorilämmityksessä:

- Käyttöaikataulutus IV-koneille
- Kaikki lämpötilaolosuhdeongelmat saataisiin korjattua

Huonot puolet lämmitystapamuutoksessa:

- Vuokralaishäiriöt vuokralaisten tiloissa
- Investointikustannus.

6 Energiankulutuslaskennan tulokset

6.1 Laskentaperiaatteista

Laskentaperiaatteina olen pyrkinyt käyttämään mahdollisimman lähellä todellista käyttötilannetta vastaavia arvoja niin IV-koneiden käyttö-aikataulujen osalta kuin LTO-järjestelmien todellisia hyötysuhteita vastaavia arvoja.

Näissä laskelmissa on, nykyjärjestelmää on otettu huomioon, ehkä hieman paremmat hyötysuhteet luvuilla kuin ne todellisuudessa olisivat. Näiden todellisten arvojen mittaaminen vaatisi paljon työtä kohteessa. Työnkohtuullistamisen vuoksi on käytetty, ehkä hieman ilmalämmitysjärjestelmää suosivia arvoja. Nykyjärjestelmän suurta sähköpattereiden määrää ei ole huomioitu laskelmissa millään tavoilla eikä

jäähdytyksen talvitilanteessa käyttämää sähköä. Ilmanvaihdon puhallintehojen siirtymistä ilmaan ei ole otettu huomioon laskuissa. Näin saadaan tasattua eroa lämmitystarveluvun lämpötilaeroa $17\text{ °C} - t_{ulko}$, joka on pienempi kuin todellinen lämpötila ero $21\text{ °C} - t_{ulko}$, tämän laskematta jättäminen kasvattaa myös ilmalämmityksen tehontarpeita. Näin saadaan tasapuolisuutta lisättyä.

Kuntosalin lämmityskustannuksia ei ole huomioitu laskelmissa millään tavoilla, kuntosalin lämmitystekniikka on uusittu vuokralaismuutoksen yhteydessä 2015 syksyllä. Ilmanvaihto on toteutettu IMS-järjestelmänä, ja radiaattorilämmitys on jo asennettuna. Siksi mahdollisessa lämmönjakotavan muutoksessa olosuhteet eivät muuttuisi ollenkaan.

Pankin olosuhteissa ei tapahtuisi muutoksia, sinne jo asennettujen lämpöpuhallinjärjestelmän ja oman IV-koneen vuoksi.

6.2 Nykytilanteen energian kulutuslaskelmat

6.2.1 Nykyisen ilmalämmitysjärjestelmän teho ja ominaislämmitysteho

IV-koneiden energiankulutukset lasketaan jokaiselle eriävälle lämpötilalle, käyttöaikataululle ja lämmöntuotantotavalle.

Käytännössä niputan IV-koneita yhteen. Näissä yhteen niputetuissa koneissa on yhtenäistä: raitisilman tilapiste huomioiden kiertoilman, tuloilman lämpötila ja SFP-luvut, jotta lämmitys- ja puhallus tehot voidaan laskea, niputettuna yhdessä kokonaisuudessa. Käyttöaikataulutusta ei ole niissä IV-koneissa, jotka ovat mukana lämmityksessä sekä ylipäätään ovat tarkastelun alla.

Kellarissa sijaitsevat IV-koneet saavat tuloilmansa samasta kellarikerroksen raitisilmakammioista. Sinne puhalletaan $4,6 \frac{m^3}{s}$ ja 22 °C :n lämpöistä kiertoilmaa. Kiertoilman lämpötila on hieman kohonnut poistoilmapuhaltimen takia. Silloin raitisilman osuudeksi jää $4,5 \frac{m^3}{s}$. Taulukossa 3 on taulukoituna kellarissa sijaitsevat tuloilmakoneet.

Taulukko 3. Kellarin raitisilmakammiosta raitisilamansa ottavattuloilmakoneet

Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m ³ /s	LTO ratkaisu	Lämmityspatteri	aikaohjelma on/ei	tuloilman lämpötila C mit.
2.-3.krs toimistot pohjoinen	IV02WF01	1,8	-	Kaukolämpö	ei	30
2.-3.krs toimistot etelä	IV02WF02	1,8	-	Kaukolämpö	ei	30
1.krs ravintola	IV03WF01	3,5	-	Kaukolämpö	ei	30
Kellari tanssistudio	IV06WF01	1,1	-	Kaukolämpö	ei	20
1.krs pankki, ei lämmitä	IV04WF01	1,1	-	Kaukolämpö	on	21

IV-koneet, jotka eivät ole mukana ilmalämmityksessä, eivät ole mukana energialaskennassa.

Lasketaan kiertoilman määrä IV-koneille, jotka ovat mukana tässä tarkastelussa. Oletan kiertoilman jakautuvan tasaisesti jokaiselle IV-koneelle. Vähennetään pois pankin osuus kiertoilmasta:

$$q_{vk} = 4,6 \frac{m^3}{s} - 4,6 \frac{m^3}{s} * \frac{1,1 \frac{m^3}{s}}{8,2 \frac{m^3}{s}} = 4 \frac{m^3}{s}$$

Kiertoilman 22 °C, lämmittämiseen tarvittava teho, tuloilman 30 °C lämpötilapisteeseen.

$$P_{kierto} = 4 \frac{m^3}{s} * 8K * 1 \frac{kJ}{kg * K} * 1,2 \frac{kg}{m^3} = 38,4 kW \quad (1)$$

Laskemme massavirran raitisilmalle. Laskelmassa on otettu huomioon ilmantiheys eri lämpötiloissa.

2 kaava

$$q_{mr} = (8,2 \frac{m^3}{s} - 4 \frac{m^3}{s}) * 1,43 \frac{kg}{m^3} = 6,0 \frac{kg}{s} \quad (2)$$

Raitisilman –26°C lämmittämiseen tarvittava teho, tuloilman 30 °C lämpötilapisteeseen.

$$P_r = 6,0 \frac{kg}{s} * 56 K * 1,0 \frac{kJ}{kg * K} = 336,0 kW \quad (1)$$

Summataan kellarissa sijaitsevien IV-koneiden lämmityspattereiden yhteisteho.

$$P_{LPk0k1} = 336,0 kW + 38,4 kW = 374,4 kW$$

Lasketaan kellarissa sijaitseville IV-koneille yhteinen ominaislämmitysteho.

$$H_{iv1} = \frac{374,4 kW}{21°C - (-26°C)} = 7,97 \frac{kW}{K} \quad (8)$$

Kolmannessa kerroksessa sijaitsee IV-koneet:

Koneet sijaitsevat eri puolilla rakennusta, mutta ovat identtisiä. Niputan nämä koneet samaan energialaskentaan. Tilat ovat toimisto- ja terveysasemakäytössä

Poistoilman luovuttama teho, lämpötilahyötysuhde $n = 0,7$ ja poisto- sekä raitisilman lämpötilat ovat tiedossa.

$$n = \frac{t_p - t_{jäte}}{t_p - t_r} \quad (3)$$

Ratkaistaan kaavasta 3, $t_{jäte}$ lämpötila.

$$t_{jäte} = \frac{0,7 * (22 \text{ °C} - (-26 \text{ °C})) - 22 \text{ °C}}{-1} = -11,6 \text{ °C} \quad (3)$$

Lasketaan LTO-järjestelmän luovuttama teho tuloilmaan, lämpötilaerolla $t_p - t_{jäte}$.

$$P_{lto} = 33,6 \text{ K} * 3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} = 121,0 \text{ kW} \quad (1)$$

Raitisilman lämmittämiseen tarvittava teho mitoitusulkolämpötilasta -26 °C tuloilman lämpötilaan 30 °C .

$$P_{ivkok} = 56 \text{ K} * 3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} = 240,2 \text{ kW} \quad (1)$$

Lämmityspatterin vaatima teho on raitisilman lämmittämiseen vaadittavan tehon ja LTO-järjestelmästä saatavan tehon erotus.

$$P_{LPkok2} = 240,2 \text{ kW} - 121,0 \text{ kW} = 119,2 \text{ kW}$$

Lämmityspatterin tehosta voimme laskea kolmannen kerroksen IV-koneille ominaislämmitystehon.

$$H_{iv2} = \frac{119,2 \text{ kW}}{21 \text{ °C} - (-26 \text{ °C})} = 2,54 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \quad (8)$$

Neljännessä sijaitsevan IV-koneen tiedot on taulukossa 4.

Taulukko 4. 4.kerroksen IV-koneen tiedot taulukoituna:

Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m ³ /s	LTO ratkaisu	Lämmityspatteri	aikaohjelma on/ei
4.krs sauna-/edustustilat	IV07WF01	1,1	-	Sähkö	ei

IV-koneessa on muista poikkeavana ratkaisuna sähkötoiminen lämmityspatteri.

Koneessa on kiertoilmaa $\frac{1}{3}$ tuloilman kokonaisilmamäärästä.

Kierroilman 22 °C, lämmittämiseen tarvittava teho, tuloilman 30 °C lämpötilapisteeseen.

$$P_{kierto} = \left(\frac{1,1 \frac{m^3}{s}}{3}\right) * 8K * 1 \frac{kJ}{kg * K} * 1,2 \frac{kg}{m^3} = 3,52 kW \quad (1)$$

Lasketaan raitisilmavirran lämmittämiseen tarvittavateho.

$$P_r = 56 K * \frac{2}{3} * 1,1 \frac{m^3}{s} * 1,43 \frac{kg}{m^3} * 1 \frac{kJ}{kg * K} = 58,7 kW \quad (1)$$

Raitisilman lämmittämiseen vaadittava teho mitoitusulkolämpötilasta –26 °C tuloilman lämpötilaan 30 °C.

$$P_{lp3} = 3,5 kW + 58,7 kW = 62,2 kW \quad (1)$$

Lasketaan neljännen kerroksen ilmanvaihtokoneen ja samalla ilmalämmitysjärjestelmän ominaislämmitysteho sähkötehossa $\frac{kW}{K}$.

$$H_{kokosäh} = \frac{62,2 kW}{21°C - (-26°C)} = 1,32 \frac{kW}{K} \quad (8)$$

Lasketaan nykyisen ilmalämmitysjärjestelmän ominaislämmitysteho kaukolämpötehossa.

$$H_{kokKL} = 7,97 \frac{kW}{k} + 2,54 \frac{kW}{k} = 10,51 kW/K$$

6.2.2 Nykyjärjestelmän puhallusenergian kulutus

Nykytilanteessa tiloissa, joissa on ilmalämmitys käytössä, on ilmanvaihto vuoden ympäri käytössä mitoitusilmavirroin. Tiedossa on joko konekohtaiset tai rakentamisajankohdan normaalit SFP-luvut. Laskelmissa otetaan huomioon vain koneet, jotka olisivat mukana mahdollisessa lämmitystapamuutoksessa, joita nykytilanteessa käytetään ilman käyttöaikataulutusta.

Konekohtaiset SFP-luvut, ilmamäärät ja näiden puhallusenergian tarve,

Tehontarve IV-koneille on taulukossa 5, laskettu kaavalla 5.

Taulukko 5. Laskentataulukko, jossa on tuloilmakoneiden puhallustehon tarpeet

Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m ³ /s	SFP-luku	Tehontarve kW:
2.-3.krs toimistot pohjoinen	IV02WF01	1,8	3	5,4
2.-3.krs toimistot etelä	IV02WF02	1,8	3	5,4
1.krs ravintola	IV03WF01	3,5	3	10,5
Kellari tanssistudio	IV06WF01	1,1	3	3,3
2.-3.krs toimistot etelä/itä	IV10WF01	1,5	2,4	3,6
2.-3.krs toimistot itä/pohjoinen	IV11WF01	1,5	2,4	3,6
4.krs saunaosastotilat	IV07WF01	1,1	3	3,3
			Yhteensä tehontarve kW:	35,1

Tulevaa vertailutilannetta varten puhallusenergian kulutus lasketaan 10 kuukaudelta varautuen siihen, että kesäkäytössä puhaltimia voidaan käyttää tulevaisuudessaakin kiinteistön yö-tuuletukseen. (Vertailutapaus myös 10 kuukauden käyttöaika.)

$$\Phi_{Puh} = \frac{35,1 \text{ kW} * 24 \text{ h} * 30 \text{ d} * 10 \text{ kk}}{1000} = 252,7 \text{ MWh} \quad (9)$$

6.2.3 Nykyjärjestelmän kokonaisenergian kulutus

Laskelmat on toteutettu yllä laskettujen ominaislämmitystehon avulla sekä Vantaan vuosien 2010–2015 keskimääräisen lämmitystarveluvun avulla.

Lasketaan nykyisen ilmalämmitysjärjestelmän kaukolämmön energiankulutus vuositasolle.

$$\Phi_{kokKL} = \frac{10,51 \frac{\text{kW}}{\text{K}} * 3827 \text{ }^\circ\text{Cvrk} * 24 \text{ h}}{1000} = 965 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} \quad (9)$$

Lasketaan nykyisen ilmalämmitysjärjestelmän lämmitys-sähkön energian kulutus vuositasolle. Tähän lisätään puhaltimien energian kulutus, jotta saamme koko ilmalämmitysjärjestelmän käyttämän sähkön.

$$\Phi_{koksäh} = 252,7 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} + \frac{1,32 \frac{\text{kW}}{\text{k}} * 3827 \text{ }^\circ\text{Cvrk} * 24 \text{ h}}{1000} = 374 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} \quad (9)$$

6.3 Lämmitystapamuutoksen jälkeinen energiankulutus

6.3.1 Vesikiertoisen radiaattorilämmityksen energiankulutus

Lämmityskustannusten laskennassa käytetään apuna insinööritoimisto FIN-LVI:n suunnitelmien mukaisia patteriverkoston mitoitustehoja kohteeseen. Mitoitustehossa on otettu huomioon rakenteiden johtumis- ja vuotoilmahäviöt kohteesta.

Mitoitustehoarvosta on poistettu pankin tehovaraus ja kuntosalin nykyisen radiaattorijärjestelmän tehot, jotka eivät ole mukana tarkastelussa.

Lämmitysjärjestelmän hyötysuhteen on käytetty 1.

Lasketaan ominaislämmitysteho patteriverkostolle.

$$H_{patteri} = \frac{131,3 \text{ kW}}{21^{\circ}\text{C} - (-26^{\circ}\text{C})} = 2,79 \frac{\text{kW}}{\text{K}} \quad (8)$$

$P_{patteri} = 131,3 \text{ kW}$ patteriverkoston suunniteltu mitoitusteho

Lasketaan radiaattoriverkoston energiankulutus vuodessa.

$$\Phi_{kokKL} = \frac{2,79 \frac{\text{kW}}{\text{K}} * 3827^{\circ}\text{Cvrk} * 24 \text{ h}}{1000} = 256,3 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} \quad (9)$$

6.3.2 Ilmanvaihdon energiankulutus lämmitystapamuutoksen jälkeen

Ilmanvaihdon lämmitys- ja puhalluskustannuksissa, lasketaan tuloilman lämpötilapisteeksi 21 °C ja käyttöaikataulut taulukon 6 mukaan. Laskemme perusilmanvaihdon pysyvän samana eli vessojen huippupuhaltimien käyttöajan ulkopuolella. Nämä puhaltimet ovat nykytilanteessakin käytössä vuoden ympäri, joten niitä ei ole erikseen eroteltu omana laskunaan.

Käyttöaikataulut ja SFP-luvut taulukossa 6, puhallustehon tarve laskettu kaavalla 5:

Taulukko 6. Tuloilmakoneiden käyttöaika kuvaava taulukko, lämmönjakotapamuutoksen jälkeen

Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m ³ /s	SFP-luku	Tehontarve kW:	Käyttöaika h/viikko
2.-3.krs toimistot pohjoinen	IV02WF01	1,8	3	5,4	60
2.-3.krs toimistot etelä	IV02WF02	1,8	3	5,4	60
1.krs ravintola	IV03WF01	3,5	3	10,5	60
Kellari tanssistudio	IV06WF01	1,1	3	3,3	60
2.-3.krs toimistot etelä/itä	IV10WF01	1,5	2,4	3,6	60
2.-3.krs toimistot itä/pohjoinen	IV11WF01	1,5	2,4	3,6	60
4.krs saunasastotilat	IV07WF01	1,1	3	3,3	20

IV-koneet, jotka eivät ole mukana ilmalämmityksessä, ei ole mukana energialaskennassa.

Lämmitysteholaskut tilanteessa, jolloin tuloilman lämpötila on 21 °C, noudattavat samoja hyötysuhteita ja kiertoilman määriä kuin nykytilanteen laskuissa. Oletuksena on myös se, että kiertoilmaa ei tarvitse lämmittää ollenkaan puhalluslämpötilaan pääsemiseksi. Huomioimatta on myös jätetty, mahdolliset automaation pakkaspuolitukset ilmamäärissä, jotka olisi mahdollista toteuttaa lämmitystapamuutoksen jälkeen.

Lasketaan kiertoilman määrä IV-koneilla, jotka ovat mukana tarkastelussa ottavat raitisilman samasta raitisilmakammioista. Oletan kiertoilman jakautuvan tasaisesti jokaiselle IV-koneelle. Vähennetään pankin osuus kiertoilmasta:

$$q_{vk} = 4,6 \frac{m^3}{s} - 4,6 \frac{m^3}{s} * \frac{1,1 \frac{m^3}{s}}{8,2 \frac{m^3}{s}} = 4,0 \frac{m^3}{s}$$

Lasketaan massavirta raitisilmalle, otettu huomioon ilman tiheys eri lämpötiloissa.

$$q_{mr} = (8,2 \frac{m^3}{s} - 4 \frac{m^3}{s}) * 1,43 \frac{kg}{m^3} = 6,0 \frac{kg}{s} \quad (2)$$

Raitisilman -26 °C lämmittämiseen tarvittava teho tuloilman 21°C lämpötilapisteeseen:

$$P_r = 6,0 \frac{kg}{s} * 47 K * 1,0 \frac{kJ}{kg * K} = 282 kW \quad (1)$$

Lasketaan kellarissa sijaitsevien ilmanvaihtokoneiden ominaislämmitysteho $\frac{kW}{K}$.

$$H_{iv1} = \frac{282 kW}{21^\circ C - (-26^\circ C)} = 6,0 \frac{kW}{K} \quad (8)$$

Kolmannessa kerroksessa sijaitsevien IV-koneiden energiankulutus laskenta. Koneet sijaitsevat eripuolilla rakennusta, mutta ovat identtisiä, joten niputan nämä samaan energialaskentaan. Koneiden tiedot koottuna taulukossa 7.

Taulukko 7. Kolmannen kerroksen IV-koneiden tiedot

Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m ³ /s	LTO ratkaisu	Lämmityspatterit	aikaohjelma on/ei
2.-3.krs toimistot etelä/itä	IV10WF01	1,5	Regeneratiivinen n = 70%	Kaukolämpö	ei
2.-3.krs toimistot itä/pohjoinen	IV11WF01	1,5	Regeneratiivinen n = 70%	Kaukolämpö	ei

Lasketaan poistoilman luovuttama teho, lämpötilahyötysuhde $n = 0,7$ ja poisto- sekä raitisilman lämpötilat ovat tiedossa.

$$n = \frac{t_p - t_{jäte}}{t_p - t_r} \quad (3)$$

Ratkaisemme kaavasta jäteilmanlämpötilan.

$$t_{jäte} = \frac{0,7 \cdot (21 \text{ °C} - (-26 \text{ °C})) - 21 \text{ °C}}{-1} = -11,9 \text{ °C} \quad (3)$$

Lasketaan LTO-järjestelmän luovuttamateho tuloilmaan, lämpötilaerolla $t_p - t_{jäte}$.

$$P_{lto} = 32,9 \text{ K} * 3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} = 118,4 \text{ kW} \quad (1)$$

Raitisilman kokonaisuudessaan vaatima lämmitysteho, mitoitus ulkolämpötilasta -26 °C , puhalluslämpötilaan 21 °C :

$$P_{ivkok} = 47 \text{ K} * 3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} = 201,6 \text{ kW} \quad (1)$$

Lasketaan kolmannessa kerroksessa sijaitseville IV-koneille yhteinen ominaislämmitysteho.

$$P_{LPkok2} = 201,6 \text{ kW} - 118,4 \text{ kW} = 83,2 \text{ kW}$$

Lasketaan kolmannessa kerroksessa sijaitseville IV-koneille yhteinen ominaislämmitysteho.

$$H_{iv2} = \frac{83,2 \text{ kW}}{21 \text{ °C} - (-26 \text{ °C})} = 1,77 \frac{\text{kW}}{\text{K}} \quad (8)$$

Ilmalämmitysjärjestelmään kuuluu vielä 4.kerroksessa sijaitseva IV-kone, jonka tiedot on taulukossa 8.

Taulukko 8 4. kerroksen IV-koneen tiedot

Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m ³ /s	LTO ratkaisu	Lämmityspatteri	aikaohjelma on/ei
4.krs sauna-/edustustilat	IV07WF01	1,1	-	Sähkö	ei

IV-koneessa on muista poikkeavana ratkaisuna sähkötoiminen lämmityspatteri.

Koneessa on kiertoilmaa $\frac{1}{3}$ tuloilman kokonaisilmamäärästä.

Lasketaan raitisilmavirran lämmittämisen tarvitsema teho.

$$P_r = P_{tp3} = 47 \text{ K} * \frac{2}{3} * 1,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} = 49,3 \text{ kW} \quad (1)$$

Lasketaan neljännen kerroksen ilmanvaihtokoneen sekä ilmalämmitysjärjestelmän ominaislämmitysteho sähkötehossa.

$$H_{kokosäh} = \frac{49,3 \text{ kW}}{21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})} = 1,05 \frac{\text{kW}}{\text{K}} \quad (8)$$

Lasketaan ilmanvaihtojärjestelmän ominaislämmitysteho kaukolämpöenergiassa, kun tuloilma on 21 °C.

$$H_{kokKL} = 6 \frac{\text{kW}}{\text{K}} + 1,75 \frac{\text{kW}}{\text{K}} = 7,77 \text{ kW/K}$$

6.3.3 Lämmitystapamuutoksen jälkeinen kokonaisenergian kulutus

Laskelmat on toteutettu yllä laskettujen ominaislämmitystehojen avulla sekä Vantaan vuosien 2010–2015 keskimääräisen lämmitystarveluvun avulla.

Näissä laskennoissa erotan ilmanvaihdon ja radiaattoriverkoston omiin laskuihinsa. Taulukossa 9 on käyttöajat eri IV-koneille.

Lasketaan radiaattoriverkoston kokonaisenergian kulutus.

$$\Phi_{kokP} = \frac{2,79 \frac{\text{kW}}{\text{K}} * 3827^\circ\text{Cvrk} * 24\text{h}}{1000} = 256,3 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutus, käytän näissä laskuissa apuna viikon suhdelukua nykyarvosta (168 h/viikko), käyttöaika-arvoon (60 h/viikko) lämmitysenergian laskemisessa.

$$\Phi_{ivKL} = \frac{7,77 \frac{\text{kW}}{\text{K}} * 3827^\circ\text{Cvrk} * (24\text{h} * \frac{60\text{h}}{168\text{h}})}{1000} = 256,4 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

Lasketaan kaukolämmön kokonaisenergiankulutus vuodessa.

$$\Phi_{kokKL} = 256,3 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} + 256,4 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} = 512,7 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}$$

Sähkötehon kokonaisenergian kulutus:

Lämmitys sähköön kokonaisenergian kulutus huomioutu poikkeava käyttöaika sauna/edustustiloilla:

$$\Phi_{\text{Ipsäh}} = \frac{1,05 \frac{\text{kW}}{\text{k}} * 3827 \text{ °C} * \text{Cvrk} * (24 \text{ h} * \frac{20 \text{ h}}{168 \text{ h}})}{1000} = 11,5 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

Puhallintehot, kesäaika pois lukien, puhallimet ovat samassa verrantilanteessa suhteessa nykyjärjestelmään 10 kuukautta vuodessa, johtuen kesän mahdollisesta yötuuletuksen tarpeesta.

Puhallustehontarve laskettu kaavalla 5 ja vuosienenergian kulutus kaavalla 6.

Taulukko 9. Lämmitystapamuutoksen jälkeinen IV-koneiden puhallin energiakulutus vuositasolla

Alue	IV-kone tunnus	qv tulo m ³ /s	SFP-luku	Tehontarve kW:	Käyttöaika h/viikko	MWh/a
2.-3.krs toimistot pohjoinen	IV02WF01	1,8	3	5,4	60	13,9
2.-3.krs toimistot etelä	IV02WF02	1,8	3	5,4	60	13,9
1.krs ravintola	IV03WF01	3,5	3	10,5	60	27,0
Kellari tanssistudio	IV06WF01	1,1	3	3,3	60	8,5
2.-3.krs toimistot etelä/itä	IV10WF01	1,5	2,4	3,6	60	9,3
2.-3.krs toimistot itä/pohjoinen	IV11WF01	1,5	2,4	3,6	60	9,3
4.krs saunaosastotilat	IV07WF01	1,1	3	3,3	20	2,8
					Yhteensä MWh/a:	84,6

Lasketaan sähkön kokonaiskulutus sisältäen lämmitys- ja puhallusenergian.

$$\Phi_{\text{koksäh}} = 11,6 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} + 84,6 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} = 96,2 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} \quad (7)$$

7 Elinkaarilaskennan tulokset

7.1 Laskennan perusteet

Näissä elinkaarilaskelmissa en ole ottanut huomioon järjestelmien huoltokulujen eroja. Kuluerot järjestelmistä tulevat energian kulutuksesta, investoinnin hinnasta ja sen korosta.

Investointikuluiksi olen ottanut Insinööritoimisto FIN-LVI:n kustannusarvion lämmitysjärjestelmämuutoksen töistä. Kustannusarvion pohjana on kokemusperäinen tieto ja toisen toteutuneen kohteen urakkahinta [6]. Kustannusarvion laatija on Toni Maljojoki. Investointikustannukseksi on arvioitu 410 000 euroa (sis alv. 24 %) patteriverkostolle. Kustannusarvio on liitteessä 2.

Laskentakorkona investoinnille olen käyttänyt 2 %.

Sähkön hinnaksi olen ottanut yleisesti käytetyn $100 \frac{e}{MWh}$ sisältäen arvonlisäveron.

Kaukolämmön hinnaksi olen ottanut $65 \frac{e}{MWh}$ sisältäen arvonlisäveron.

7.2 Energiakustannusten muuttaminen rahaksi

Lasketaan nykyjärjestelmän kaukolämmölle kokonaisenergiakustannukset

$$e_{KL} = 965 \frac{MWh}{a} * 65 \frac{e}{MWh} = 62725 \frac{e}{a}$$

Lasketaan nykyjärjestelmän sähkön kokonaisenergiakustannukset

:

$$e_{säh} = 374 \frac{MWh}{a} * 100 \frac{e}{MWh} = 37400 \frac{e}{a}$$

Lasketaan nykyjärjestelmän kokonaisenergiakustannukset

$$e_{nyky} = 62725 \frac{e}{a} + 36400 \frac{e}{a} = 100125 \frac{e}{a}$$

Lasketaan suunnitellun vesikiertoisen radiaattorijärjestelmän energia kustannuksia.

Lasketaan lämmitystapamuutoksen jälkeiselle tilanteen kaukolämmölle kokonaisenergiakustannus.

$$e_{KL} = 512,7 \frac{MWh}{a} * 65 \frac{e}{MWh} = 33326 \frac{e}{a}$$

Lasketaan lämmitystapamuutoksen jälkeiselle tilanteen sähkön kokonaisenergiakustannus.

$$e_{säh} = 96 \frac{MWh}{a} * 100 \frac{e}{MWh} = 9600 \frac{e}{a}$$

Lasketaan lämmitystapamuutoksen jälkeiselle tilanteen kokonaisenergiakustannus.

$$e_{muutos} = 33326 \frac{e}{a} + 9600 \frac{e}{a} = 42926 \frac{e}{a}$$

Vuotuisten energiakustannusten erotus nykyjärjestelmän ja vesikiertoisen radiaattorijärjestelmän väliltä.

$$T = 100125 \frac{e}{a} - 42926 \frac{e}{a} = 57199 \frac{e}{a}$$

7.3 Elinkaarilaskennan lopputulokset

Vuosikustannus uudelle järjestelmälle, käyttöjärjestelmän käyttöiäksi määritettiin 30 vuotta.

$$Vuosikustannus_{muutos} = \frac{0,02 * (1+0,02)^{30a}}{(1+0,02)^{30a} - 1} * 410\,000e + 42926 \frac{e}{a} = 61\,232 \frac{e}{a} \quad (11)$$

Nykyisen järjestelmän vuosikustannukset ovat pelkästään energiakustannuksia. Lasketaan nykyjärjestelmän vuosikustannus.

$$Vuosikustannus_{nyky} = 100\,125 \frac{e}{a} \quad (11)$$

Lasketaan korollinen takaisinmaksuaika lämmitystapamuutokselle.

$$n = \frac{\ln\left(\frac{57\,199 \frac{e}{a}}{57\,199 \frac{e}{a} - 410\,000 e * 0,02}\right)}{\ln(1+0,02)} = 7,8 \text{ vuotta} \quad (10)$$

7.4 Elinkaarilaskelmien lopputulosten analysointi

Huomionarvoista tuloksissa on, että tässä vertaillaan vain tiloja joissa on ilmalämmitys. Tämä energiankulutuksen suhde kuvaa pelkästään tarkastelujen alla olleiden alueiden lämmitysenergian kulutusten suhdetta, ei kokonaisenergian kulutusta.

Tämän esimerkki kohteen lämmitysjärjestelmän todellisen kokonaiskulutuksenmääritys on likiarvo, joka on hieman nykytilannetta suosiva. Nykyjärjestelmän energiankulutuksesta on jätetty huomioimatta monta asiaa kuten koneellista jäähdytystä, ja nykytilanteen suurta erillisten sähköpatterien määrää ei ole huomioitu. Muutoksen jälkeisestä tilanteesta on jätetty huomioimatta IV-koneen puolituskäyrä kovemmilla pakkasilla. Nämä kaikki asiat ovat nykyisen järjestelmän energiankulutuslaskelmien eduksi.

Suurin epävarmuus tekijä on kohteen 820 kW:in kokoinen ilmanvaihdon lämmityksen siirrin. Laskelmien ulkopuolella olevien järjestelmien osuus on siirtimen maksimitehosta n. 200 kW. Laskelmiin kuuluvien järjestelmien osuus on laskennallisesti n. 490 kW. Mitoituspakkasten aikana tammikuussa 2016, siirrin käytti lähes kokomitoitustehoaan. Tästä voimme päätellä, että nykyinen lämmitysjärjestelmä käyttää todennäköisesti enemmän lämmitysenergiaa kuin laskennallinen mitoitus-teho antaa ymmärtää. [9]

Vaikka useat asiat ovat luettu epävarmuustekijöiden vuoksi nykyjärjestelmän eduksi, takaisinmaksuaika on lyhyt lämmitystapamuutokselle. Yksikään tehostusvaihtoehto nykyjärjestelmälle ei ole edes lähelle yhtä energiaedullinen. Tämän lisäksi

lämmitystapamuutoksella saadaan olosuhdeongelmat korjattua ilman lämmityskaudella tapahtuvaa jäähtytystä.

Vuosikustannukset lämmitystapamuutoksesta ovat jo huomattavasti matalammat kuin nykyiset käyttökustannukset. Huomioitavaa on myös saneerauksen jäännösarvo kiinteistölle, joka on todennäköisesti suurempi kuin saneerauksen investointihinta sekä järjestelmän käyttöikä, joka on todellisuudessa pidempi kuin 30 vuotta. Se on todennäköisesti pidempi kuin rakennuksen jäljellä oleva elinkaari.

8 Päätelmät

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin lämmitystapamuutosta yleisesti, keskittyen liikekiinteistöihin ja ilmalämmityksestä luopumisesta. Esimerkkikohteena oli liiketalo Myyrinraitti. Erityinen kiinnostus työssä oli nykyisen järjestelmän tehostusvaihtoehdoissa, lämmönjakotapamuutoksessa ja sen energiankulutuksessa sekä investoinnin elinkaarikustannuksissa

Saneeraussuunnittelussa liikerakennuksiin on aina omat ongelmansa. Yleensä on kaksi eri osapuolta mukana, omistajat ja käyttäjät, joilla kummallakin on omat motiivinsa tiloihin liittyen.

Monesti motiiveilta ei löydy yhteistä intressiä tilojen saneerauksessa eikä siitä mahdollisesti johtuvista häiriöistä. Tässä työssä käsitelty kohde on hyvä esimerkki siitä, että yhteisiä intressejä on.

Yleensä, kun olosuhdeongelma tulee suunnittelijalle asti, on ongelmaa yritetty korjata jo kohteessa esimerkiksi huoltomiehen toimesta, monesti vielä useita eri kertoja. Tärkeää on selvitysvaiheessa ymmärtää rakennuksen kokonaiskuva. Jos nykyinen järjestelmä on perusratkaisultaan puutteellinen, tulee suunnittelijan olla aktiivinen isännöitsijän ja huoltomiehen suuntaan kysellen myös muista mahdollisista ongelmista. Mikäli ongelmia on ollut runsaasti, täytyy miettiä kyseisen järjestelmän kykyä saada olosuhteita hallintaan.

Toinen vaihtoehto, joka tuo tämäntyyppisen kohteen suunnittelijan pöydälle, on omistajatahon herääminen suureen energiankulutukseen. Tällaisessa tilauksessa on huomattavasti helpompi perustella suuriakin uusia ratkaisuja. Silloin tilaajatahon motiivi on energiankulutuksen laskeminen, eikä vain saada vuokralaista lopettamaan valittamistaan. Lämmitystapa on iso muutos, ja siihen ei pitäisi ryhtyä, jos lämmityksen perusratkaisu on järkevä tai ongelmat ovat korjattavissa muilla tavoin.

Lämmitystapamuutos on vaihtoehto, jota ei pidä pelätä. On tilanteita, joissa lämmitystapamuutos on ainoa järkevä vaihtoehto olosuhteiden haltuun saamiseksi tai energiankulutuksen laskemiseksi. En usko, että pystyn painottamaan näiden motiivien eroa riittävästi, vaikka kummallakin yllämainitulla tilanteella olisi sama intressi, harvemmin intressin samankaltaisuus tiedostetaan.

Esimerkkikohteessa useita seikkoja luettiin nykyjärjestelmän eduksi, silti lämmitystapamuutoksen takaisinmaksuaika on lyhyt ja todellisuudessa on vielä lyhempi kuin nyt esitetty 7,8 vuotta. Oletuksella, että muutoksia tehdään vielä automaatioon. Muutoksia, joita ei voi nykyisellä järjestelmällä toteuttaa, esimerkiksi kovien pakkasten puolitus IV-koneille.

Nykyjärjestelmällä on useita ongelmia, joita on mahdoton korjata järjestelmän nyky muodossa. Näitä ongelmia on yritetty korjata lisätyillä IV-koneilla, sähköpattereilla, koneellisella jäähdytyksellä ja lämmityskäyrän säädöllä, hyvään tai edes siedettävään lopputulokseen olosuhteiden puolesta ei ole päästy. Ottaen olosuhdeongelmat ja potentiaalisen energiasäästön huomioon, ei jää jäljelle kuin yksi järkevä vaihtoehto. Se on täydellinen lämmönjakotavan muutos kohteeseen.

Tämän insinööriyön hyöty on suunnittelijoille ja omistajatahoille auttaa kumpaakin ymmärtämään, että huonolla lämmityksen perusratkaisulla on rajansa ja rajoitteensa. Tällaiselle kohteelle on mahdollista, että ei ole muuta kustannuksiltaan järkevää vaihtoehtoa kuin lämmitystapamuutos.

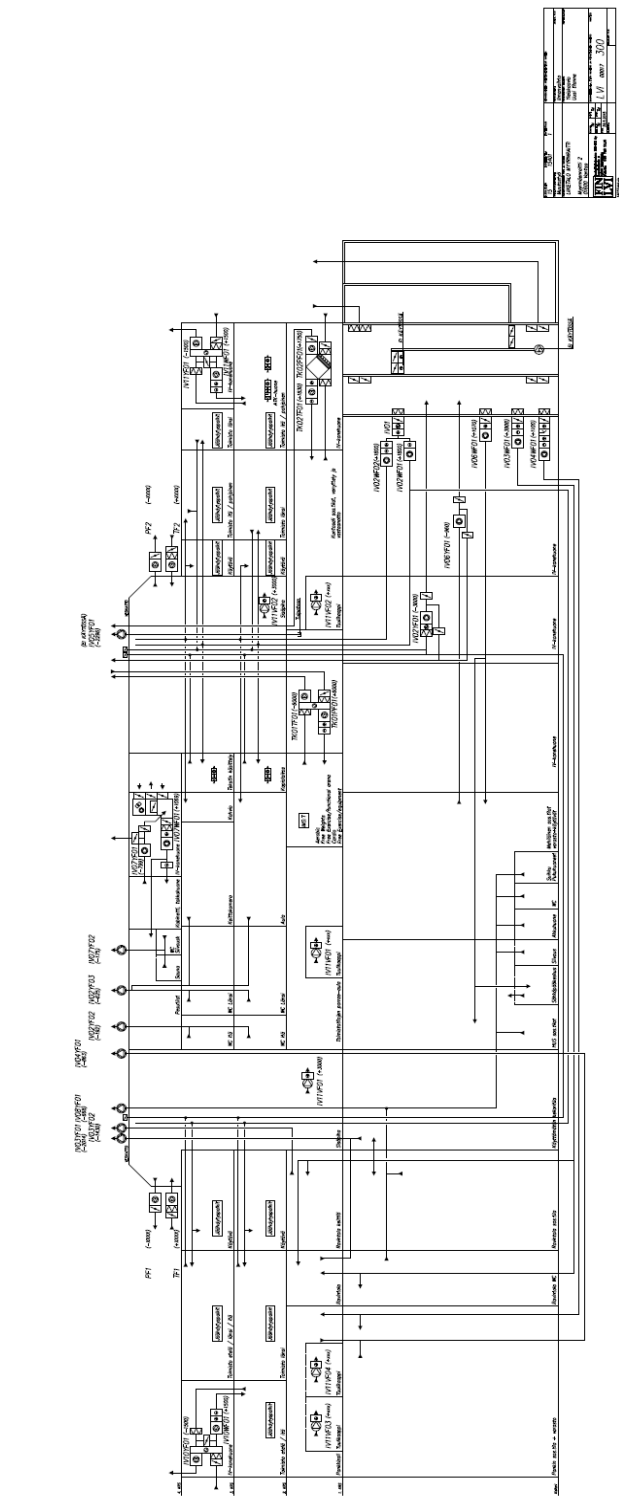
Lähteet

1. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, vuosilta 2012, 2003 ja 1985, Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö
2. Rakennusten energiatehokkuus, vuosilta 1978, 2007 ja 2012, Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö
3. Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskentaohjeet, vuosilta 1985, 2007 ja 2012, Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö
4. Yrjölä, Jukka. 2015. Yli-opettaja, Metropolia ammattikorkeakoulu, Espoo lämmitystekniikka 2 kurssi materiaali.
5. Stammeier, Hanna. 2016. Lehtori Metropolia ammattikorkeakoulu, Espoo talotekniikan elinkaartilouden kurssimateriaali.
6. Maljojoki, Toni. 2016. Toimitusjohtaja Insinööritoimisto FIN-LVI, keskustelut 2016.
7. Harjukoski, Eero. 2016. LVIA-suunnittelija Insinööritoimisto FIN-LVI, keskustelut 2016.
8. Kaupunkikohtaiset lämmitystarveluvut, 2016 Verkkodokumentti. Ilmatieteenlaitos, <<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>> luettu 1.3.2016.
9. Kaivonurmi, Leo. Liiketalo Myyrinraitin huoltomies, ISS-palvelut, Vantaa keskustelu 14.1.2016.
10. Esimerkkikohde käyntimittaukset 14.01.2016.
11. LVI 02-40049. 2000. Katselmus ohjaa investointeja, energiakatselmusten esimerkki Liiketalosta. Helsinki: Rakennustieto Oy.
12. LVI 12-10343. 2002. Vesikiertoinen patterilämmitys. Helsinki: Rakennustieto Oy.
13. LVI 73-40033. 1994. Palautusilman käytön vaikutus sisäilmaan ja oireisiin. Helsinki: Rakennustieto Oy.
14. Ilmakiertoiset lämmönjakojärjestelmät. 2016. Verkkodokumentti. Motiva Oy <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaih_toehdot/ilmakiertoiset_lammonjakojarjestelmat> luettu 10.04.2016.

15. Raportti Helsingin kaupunkialueen energiankulutuksen kehittämisestä, 2011. Ympäristöraportti 2011. Helsinki: Helsingin kaupunki.
16. Laki rakennusten energiatodistuksesta 50/2013.
17. Valkeapää, Aki. 2014. Yli-opettaja, Metropolia ammattikorkeakoulu Espoo, Termodynamiikka kurssi luennot 2014.
18. LVI 10-10555. 2014. Lämmitystarveluku, rakennusten energiankulutuksen seuranta Helsinki: Rakennustieto Oy
19. Määrittäminen lämmitystapa käsitteestä. 2016. Verkkodokumentti. Tilastokeskus <http://www.stat.fi/meta/kas/lam_tapa.html> Luettu 10.04.2016.
20. Innanen, Seppo. 2015. Lehtori, Metropolia ammattikorkeakoulu Espoo, Ilmastointitekniikka 2 kurssi materiaali.
21. Seppänen Olli, Seppänen Matti. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry.
22. Lämmönjaon vaihtoehdot. 2016. Verkkodokumentti. Motiva Oy <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot luettu 10.04.2016> luettu 10.04.2016.
23. Ohjeita lämmitysjärjestelmän hankintaa. 2011. Verkkodokumentti. Motiva Oy http://www.motiva.fi/files/4155/Ohjeita_lammitysjarjestelman_hankintaan.pdf Luettu 10.04.2016.

Liite 1

Liiketalo Myyrinraitin ilmanvaihdon yleiskaavio:



Liite 2

Kustannusarvio kohteesta ja lämmitysjärjestelmän läpikäyntiä.



LIIKETALO MYRINRAITTI 2

MUISTIO

Insinööritoimisto FIN-LVI Oy

Lepsämäntie 1

01800 KLAUKKALA

Puhelin 040 748 2413

toni.maljojoki@fin-lvi.com

12.8.2015

LIIKETALO MYRINRAITTI LÄMMITYKSEN MUUTOSTYÖT

Tämä muistio perustuu kohteessa suoritettuihin tarkastuksiin. Vanhoja lämpösuunnitelmia on ollut huonosti käytettävissä tätä muistiota laadittaessa.

YLEISTÄ

- Kiinteistö on rakennettu vuonna 1985.
- Kiinteistössä on kellari ja neljä kerrosta.
- Kellarissa on tanssistudio ja varastotiloja.
- 1.kerroksessa on keilahalli, ravintola ja pankki.
- 2.kerroksessa on HUS:n lääkäriasema.
- 3.kerroksessa on Mehiläisen lääkäriasema ja Rantalaisen tilitoimisto.
- 4.kerroksessa on saunaosastotilat.

LÄMMITYS NYKYTILANNE

Kiinteistön lämmönjakokeskus on uusittu vuonna 2011. Kellarin lämmönjakohuoneessa on käyttöveden- (250kW ja ilmanvaihdon (820kW) siirrin (70/40°C).

Tilojen lämmitys hoidetaan ilmanvaihdolla.

Kahdella eri sisäpihalla on molemmilla vesikiertoiset lämpöpuhaltimet. Lisäksi kellarin sos.tiloissa on lämpöpuhallin.

NYKYISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN HEIKKOUEDET

Lämmityksen perustekniikka on heikko. Tiloista puuttuvat lämmityspatterit.
Tuloilmakojeita IV10-11 lukuun ottamatta tiloja lämmitetään yöllä osittain kiertoilmalla ja osittain ulkoilmalla. Järjestelmä ei ole energiataloudellinen.

TOTEUTUSEHDOTUS

Rakennukseen asennetaan patterilämmitys

- kellarin lämmönjakohuoneeseen asennetaan patterilämmityksen noin 135kW:n siirrin ja 1,1 l/s pumppu. Tiedot liitetään nykyiseen automaatiojärjestelmään.
- kerroksiin asennetaan pattereita seuraavasti:
 - kellariin asennetaan arviolta 40 patteria
 - 1.kerrokseen asennetaan arviolta 60 patteria
 - 2.kerrokseen asennetaan arviolta 100 patteria
 - 3.kerrokseen asennetaan arviolta 145 patteria
 - 4.kerrokseen asennetaan arviolta 20 patteria
- pattereiden lämpöjohdot suunnitellaan tarkemmin ko. suunnittelutyön yhteydessä. Pankin ja ravintolan tilojen lämpölinjojen ja pattereiden suunnittelu on arviolta haasteellisin. Rakenteiden pieniä putkien läpivientejä tulee merkittävästi.

Kustannusarvio

- Suunnittelu	8 000 eur alv 0%
- Lämmönjakohuone	15 000 eur alv 0%
- Patterit ja putket	270 000 eur alv 0%
- rakennustekniset työt	30 000 eur alv 0%
- valvonta	8 000 eur alv 0%
- YHTEENSÄ	331 000 eur alv 0%

MUUT ASIAT

Rakennuksen 1.kerrokseen on suunniteltu muutostyö keilahallista kuntosaliksi. Tässä yhteydessä asennetaan tuohon tilaan patterit ja kustannusvaikutusta ei ole vähennetty em. kustannusarviosta.

Vanhojen ilmastointikoneiden uusimisesta tehdään selvitys ja kustannusarvio elokuussa. Niiden uusimisen suunnitteluun vaikuttaa toteutetaanko patterilämmitys vai ei.

Suosittelen kaikkien em. kolmen hankkeen suunnittelemista yhdellä kertaa. Kuntosalin ja patterilämmityksen voi toteuttaa ensin, mutta iv-saneeraus samaan aikaan tai vasta patterilämmityksen hankkeen yhteydessä.

Ins.tsto FIN-LVI Oy

Toni Maljojoki

Liite 3

LIIKETALO MYYRINRAITTI 2

MUISTIO

Insinööritoimisto FIN-LVI

Lepsämäntie 1

01800 KLAUKKALA

Puhelin 040 748 2413

toni.maljojoki@fin-lvi.com

17.9.2015

LIIKETALO MYYRINRAITTI IV-MUUTOSTYÖT

Tämä muistio perustuu kohteessa helmi-maaliskuussa 2015 suoritettuihin tarkastuksiin.

Vain osa kiinteistön lvia-suunnitelmista oli käytettävissä muistiota laadittaessa.

YLEISTÄ

Kiinteistö on rakennettu vuonna 1985.

Kiinteistössä on kellari ja neljä kerrosta.

Kellarissa on tanssistudio ja varastotiloja.

1.kerroksessa on keilahalli, ravintola ja pankki.

2.kerroksessa on HUS:n lääkäriasema.

3.kerroksessa on Mehiläisen lääkäriasema ja Rantalaisen tilitoimisto.

4.kerroksessa on saunaosastotilat.

ILMANVAIHTO NYKYTILANNE

Kellarin iv-konehuoneessa on alkuperäisiä iv-kojeita. Koneet ottavat ulkoilman katutasosta Vaskivuorenkadun puolelta. Ulkoilmakammioon puhalletaan IV06YF01 poistoilma 4,6 m³/s. Koneiden ulkoilmamäärä on arviolta noin 10,9 m³/s eli tuloilmasta noin 1/3-osa on poistoilmaa:

IV05WF01 ~ +1,8 m³/s 1.krs keilahalli
lp

IV06WF01	~ +1,0 m ³ /s	Kellari tanssistudio	lp
IV04WF01	~ +1,0 m ³ /s	1.krs pankki	lp, jp,
			lp
IV06YF01	~ -1,0 m ³ /s	Kellari tanssistudio	
IV03WF01	~ +3,5 m ³ /s	Ravintola	lp, jp
IV02WF02	~ +1,8 m ³ /s	2.-3.krs toimistot etelä	lto
(liuos), lp, lp, jp			
IV02WF01	~ +1,8 m ³ /s	2.-3.krs toimistot pohjoinen	lto (liuos), lp, jp
IV02YF01	~ -3,6 m ³ /s	2.-3.krs toimistot	lto
(liuos)			
4.kerroksen iv-konehuoneessa on alkuperäinen iv-koje:			
IV07WF01	~ +1,1 m ³ /s	4.krs saunaosastotilat	lp
(sähkö), jp			

1.kerroksen kuormauslaiturin vieressä olevassa iv-konehuoneessa on vuonna 2011 asennettu tulo- ja poistoilmakoje. Koneen ulkoilmakanava on johdettu Vaskivuorenkadun puolelle katutasen ulkoilmasäleikköön. Koneen jäteilmakanava on johdettu sisäpihan seinällä ylös vesikatolle.

TK/PK	+1,83 m ³ /s	Keilahalli ravintola ja sos.tilat
lto, lp, jp (vesi), SC		
	-1,75 m ³ /s	

Keilahallin ja sen ravintolan ilmanvaihtomäärät ovat alkuperäistä käyttötarkoitusta suuremmat. Uudella iv-kojeella on tehostettu tilan ilmanvaihtoa.

3.kerroksen kahdessa iv-kojehuoneessa on kaksi vuonna 2010 asennettua tulo- ja poistoilmakojetta. Koneet ottavat ilman ulkoseinästä ja puhaltavat jäteilman vesikatolle.

IV10	+1,5 m ³ /s	2.kerros HUS	kierto,
lto (kiekko), lp, jp (vesi), SC			
IV11	+1,5 m ³ /s	2.kerros HUS	kierto,
lto (kiekko), lp, jp (vesi), SC			

IV02 palveli ennen näiden uuden koneiden tiloja. Nyt IV02 palvelee 3.kerroksen lisäksi vain pientä osaa 2.kerroksesta. Uusien koneiden avulla em. alueiden ilmanvaihto on saatu remontissa tehokkaammaksi.

Vesikatolla on paljon jäteilmasäleikköjä ja huippuimureita, joista puuttuu kojekilvet. Tarkastelussa noita puhaltimia (mm. ravintola rasva, ravintolasali, keilahalli, keilahalli rasva, pankki, saunaosasto, wc:t) ei selvitetty.

NYKYISEN ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN HEIKKOUEDET

- 1) Ilmanvaihdon perustekniikka on vuonna 2010-2011 asennettuja iv-koneita lukuun ottamatta heikko. Koneet ovat alkuperäiset, käyttävät toimistotilojen kiertoilmaa ja IV02 heikkoa lämmöntalteenottoa lukuun ottamatta ovat ilman lämmöntalteenottoa. Koneen ulkoilma otetaan Vaskivuorenkadun puolelta katutasosta.
- 2) Keilahallin iv-kojeen ilman otto on Vaskivuorenkadun puolelta katutasosta.
- 3) IV10-11 kiertoilma puuttui valvontajärjestelmän grafiikasta. Tarkastuksessa ei selvitetty käykö kone yölämmityksessä kiertoilmalla vai ulkoilmalla.

TOTEUTUSEHDOTUKSET

Alkuperäiset iv-kojeet uusitaan. Koneet varustetaan lämmöntalteenotolla.
Ilmanvaihtokoneet sijoitetaan samoihin tiloihin, kuin ne ovat nyt.

Kellarin ilmanvaihtokoneet:

TK02 (kiekko), lp, jp	~ ±1,8 m ³ /s	2.-3.krs toimistot etelä	Ito
TK03	~ ±1,8 m ³ /s	2.-3.krs toimistot pohjoinen	Ito (kiekko), lp, jp
TK04 (liuos), lp, jp,	~ +1,0 m ³ /s	1.krs pankki	Ito
TK05 (liuos), lp, jp, jjp	~ +3,5 m ³ /s	Ravintola	Ito
TK06 (kiekko), lp, jp	~ ±1,0 m ³ /s	Kellari tanssistudio	Ito

Vesikaton ilmanvaihtokoneet:

TK04PF01 (liuos)	~ -1,0 m ³ /s	1.krs pankki	Ito
TK05PF01 (liuos)	~ -2,0 m ³ /s	1.krs ravintola	Ito
TK05PF02 (liuos)	~ -1,5 m ³ /s	1.krs ravintola keittiö	Ito

4.kerroksen ilmanvaihtokoneet:

TK07 lp (sähkö), jp	~ +1,1/-0,8m ³ /s	4.krs saunaosastotilat
------------------------	------------------------------	------------------------

Kiinteistön automatiikka uusitaan.

Ilmanvaihtokoneiden lämpö-, Ito- ja jäähdytysputkityöt.

Kustannusarvio

- LVIS-suunnittelu	20 000 eur alv 0%
- IV-työt	155 000 eur alv 0%
- Putkityöt	55 000 eur alv 0%
- Automatiikkatyöt	50 000 eur alv 0%
- rakennustekniset työt	10 000 eur alv 0%
- sähkötyöt	20 000 eur alv 0%
- valvonta	10 000 eur alv 0%
- YHTEENSÄ	320 000 eur alv 0%

Ins.tsto FIN-LVI Oy

Toni

Maljojoki