



Tapio Hirvonen

TOIMISTORAKENNUKSEN JÄÄHDYTYKSEN PARANTAMINEN

TOIMISTORAKENNUKSEN JÄÄHDYTYKSEN PARANTAMINEN

Tapio Hirvonen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t): Tapio Hirvonen
Opinnäytetyön nimi: Toimistorakennuksen jäähdytyksen parantaminen
Työn ohjaaja(t): Pirjo Kimari, Matti Moisala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013
Sivumäärä: 24 + 2 liitettä

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä Pyhäsalmen kaivoksen 1960-luvulla valmistuneen konttorirakennuksen jäähdytyksen parannusehdotus. Kesäaikaan konttorin sisäilman lämpötila nousee osassa rakennusta liian korkeaksi ja taas osassa rakennusta lämpötila laskee liian matalaksi.

Tilakohtaisten olosuhteiden arvioimiseksi suoritettiin ilmavirtojen mittaukset ja lämpökuormien arviointi. Tiedoilla pystyttiin laskemaan lisättävän jäähdytystehon määrä ja valitsemaan sopivat järjestelmämuodot parannusehdotukseen. Eri järjestelmämuotojen kustannuksia ja käyttömukavuutta verrattiin toisiinsa.

Työssä havaittiin nykyinen järjestelmä riittämättömäksi. Uuden järjestelmän rakentaminen on ainoa keino, jolla lämpötilaolot saa pysymään mieluisina. Mahdollisiksi jäähdytysmuodoiksi jäivät työssä aktiivi jäähdytyspalkki, passiivi jäähdytyspalkki ja kattoasenteinen konvektori. Vaihtoehtojen mukavuuden ja kustannuksien arvioinnin jälkeen vaihtoehtoista karsiutuivat pois konvektori-jäähdytys huomattavasti korkeamman hinnan takia ja passiivipalkki huonoimman käyttömukavuuden takia. Aktiivipalkki oli kustannuksien ja mukavuuden suhteuttamisen jälkeen ehdottomasti paras vaihtoehto.

Asiasanat: ilmastointi, jäähdytys, toimistorakennus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 KOHTEEN KUVAUS	6
2.1 Rakennuksen yleistiedot	6
2.2 LVI-järjestelmät	6
2.3 Ilmavirtamittaukset	7
3 JÄÄHDYTYSTARVE	9
4 VAIHTOEHTORATKAISUT	13
4.1 Aktiivinen jäähdytyspalkki	13
4.2 Passiivinen jäähdytyspalkki	16
4.3 Kattoon sijoitettava konvektori	17
5 KUSTANNUKSET	19
5.1 Konvektori	19
5.2 Aktiivipalkki	20
5.3 Passiivipalkki	20
5.4 Liuospatterin asennus tuloilmakoneelle	21
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	22
7 YHTEENVETO	23
LÄHTEET	24
Liite 1 Huonenumeroiden selitykset pohjakuvassa	
Liite 2 Huoneiden ilmamäärät ja lämpökuormat	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tehdä parannusehdotuksia Pyhäsalmi Mine Oy:lle kaivoksen konttorirakennuksen kesäkauden lämpötilaolosuhteiden parantamiseksi. Rakennuksen olosuhteiden parantamiseksi joudutaan tekemään mitavia investointeja alkuperäisen järjestelmän riittämättömyyden takia. Työssä on tarkoitus suunnitella erillinen jäähdytysjärjestelmä alkuperäisen sijaan ja valita mahdollisista eri järjestelmävaihtoehdoista kustannustehokkain ja toimivin ratkaisu.

Rakennuksen olemassa oleva jäähdytys on toteutettu jäähdyttämällä rakennukseen puhallettavaa tuloilmaa. Jäähdytyksen ohjaus tapahtuu poistoilman lämpötilan mukaan. Koko rakennus on yhtä ilmanvaihdon palvelualueetta, eli kaikkialle huoneisiin menee samanlämpöistä ilmaa.

Nämä edellä mainitut seikat saavat jäähdytyskaudella aikaan osalle työntekijöistä liian kuumat oltavat ja toisille liian kylmät. Rakennuksen ilmansuunnittainen sijoittelukin edesauttaa poikkeavia olosuhteita, konttorirakennuksen pitkittäiset sivut ovat etelä- ja pohjoispuolilla.

Työssä suoritetaan konttorille ilmavirtojen tarkistusmittaukset ja arvioidaan tiloihin kohdistuvat lämpökuormat. Eri jäähdytystapoja vertaillaan ja lasketaan niiden aiheuttamat investointikustannukset.

2 KOHTEEN KUVAUS

2.1 Rakennuksen yleistiedot

Pyhäsalmen kaivoksen konttorirakennus on rakennettu 1960-luvulla. Rakennuksessa on noin 1300 m² lattiapinta-alaa ja 5000 m³ tilavuutta. Toimistohuoneita on 24 kpl, neuvotteluhuoneita 2 kpl ja WC-tiloja 2 kpl. Lisäksi on 1 kpl ruokailu-/väestönsuojatiloja ja varasto-/arkistotilaa. Toimistohuoneet, WC:t ja neuvottelutilat sijaitsevat kerroksissa 1 ja 2. Ruokailutila ja arkistotila ovat kellarikerroksessa maanpinnan alapuolella.

Rakennuksen ilmanvaihto on saneerattu 2001–2002. Saneerauksessa on uusittu koko ilmanvaihtokanavisto, päätelaitteet ja Ilmanvaihtokone. Tuloilman jäähdytys on asennettu samalla.

Ikkunat on vaihdettu selektiivilaseihin 2000-luvun alussa; muita suurempia rakenteellisia saneerauksia ei ole tehty.

2.2 LVI-järjestelmät

Rakennuksen ilmanvaihto on toteutettu yhdellä ilmanvaihtokoneella ja yhdellä huippuimurilla. Ilmanvaihtokone on vakioilmavirtainen, ja se on varustettu lämmöntalteenotolla sekä jäähdytyksellä. Tuloilma jäähdytetään suora- ja epäsuoralla patterilla, jonka kytkentä on tehty kuumakaasuohituksen kanssa tehonsäädön aikaansaamiseksi. Jäähdytyskone alkaa olla ikääntynyt ja huonokuntoinen, joten sen uusiminen on ajankohtaista.

Kellarikerroksen ruokailu-/väestönsuojatilassa on oma erillinen ilmanvaihto ja jäähdytys. Jäähdytys on toteutettu omalla erillisellä suora- ja epäsuoralla konvektorijäähdyttimellä.

Tilojen lämmitys tapahtuu patterilämmityksellä. Rakennus on liitetty tehdasalueen aluelämpöverkoston.

2.3 Ilmavirtamittaukset

Ilmavirtamittaukset suoritettiin 9.2.2013. Tulokset on eritelty taulukossa 1. Ilmavirtamittaukset on tehty ilmanvaihtokoneen nopeudella 1/1. Mittauksissa on käytetty KIMO* AMI 300 -mittalaitetta, mittamoduulia MDP500+letkut ja kuumalan-ka-anemometriä.

Tilanumeroiden selitykset on liitteessä 1.

TAULUKKO 1. Ilmavirtojen mittaukset ja suunnitteluarvot

Tila	Tulo suun. l/s	Tulo mit. l/s	Poisto suun. l/s	Poisto mit. l/s
TSTO 1KRS				
1	80	80.9	80	92
2	40	50.5	40	46
3	60	76.1	60	52
4	60	73.0	60	54
5	40	37.4	40	40
6	40	45.6	40	42
7	35	51.3	35	34
8	60	72.2	60	69
9	45	36.0	45	32
10	35	42.5	35	37
11	30	37.9	30	46
12	30	36.0	30	40
13	30	38.3	30	33
Yht:	585	677.7	585	617

Tila	Tulo suun. l/s	Tulo mit. l/s	Poisto suun. l/s	Poisto mit. l/s
TSTO 2KRS				
14	65	68.7	65	67
15	25	24.8	25	26
16	60	71.5	60	52
17	60	86.8	60	44
18	60	60.9	60	46
19	25	20.0	-	-
20	105	100.0	105	120
21	100	108.1	100	125
22	50	51.3	50	44
23	30	28.4	30	30
24	30	30.7	30	30
25	30	30.3	30	34
26	30	34.0	30	29
27	30	33.8	30	32
Aula	120	120.6	-	-
Yht:	700	749.3	675	679

Päätelaitteilta mitattiin tuloilmavirraksi yhteensä 1427 l/s. Suunnitteluarvo tuloilmavirralle on 1285 l/s. Tuloilmaventtiileitä on säädetty isommalle ongelmahuoneissa, minkä vuoksi ilmavirta on suurentunut noin 140 l/s lähtötilanteesta. Poistoilmavirta päätelaitteilta mitattuna oli 1296 l/s. Suunnitteluarvo on 1260 l/s.

Päätelaitteilta mitatut tulokset varmistettiin mittaamalla ilmanvaihtokoneelta ilmamäärät. Tuloilmavirta oli 1475 l/s ja poistoilmavirta 1300 l/s.

3 JÄÄHDYTYSTARVE

Jäähdytystarpeen määrittämiseksi tulee arvioida tilakohtainen lämpökuorma. Lämpökuorma lasketaan kaavaa 1 käyttäen. Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan kaavaa 2 käyttäen.

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{henk} + \dot{Q}_{val} + \dot{Q}_{laitteet} + \dot{Q}_{aur} \quad \text{KAAVA 1}$$

\dot{Q}_{henk} = Henkilöistä lähtevä kuivateho, W

\dot{Q}_{val} = Valaistuksen sähköteho, W

$\dot{Q}_{laitteet}$ = Sähkölaitteiden sähköteho, W

\dot{Q}_{aur} = Aurinkon lämpökuorma (kaava 2), W

Lämpökuormien laskennassa lähtötietoina on käytetty seuraavia:

- ihminen, kevyt toimistotyö 75 W/hlö (2, s. 35)
- tietokone ja mahdollinen tulostin 200 W
- valaisimet sähkötehon mukaan 40–80 W/valaisin
- ikkunasta tuleva lämpökuorma (kaava 2)

Ikkunasta tuleva lämpökuorma \dot{Q}_{aur} lasketaan kaavalla 2 (1, s. 32).

$$\dot{Q}_{aur} = P_{säteily} * A_{ikk} * F_{läpäisy} * g * 0,7 \quad \text{KAAVA 2}$$

$P_{säteily}$ = Auringon kokonaissäteilyteho pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m²kk)

$F_{läpäisy}$ = Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin (ikkunoiden välissä valkoiset sälekaihtimet $F_{läpäisy} = 0,3$)

A_{ikk} = Ikkuna-aukon pinta-ala kehys- ja karmirakenteineen, m²

g = Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin ($g = 0,63$)

0,7 = Viivekerroin

Auringon kokonaissäteilyteho on kesällä parhaimmillaan etelästä noin 450 W/m^2 ja pohjoisesta noin 35 W/m^2 (ikkunapinta-alaa kohden) (3, s. 14). Laitteiden ja työntekijöiden määrä on kartoitettu nykytilanteen ja mahdollisten tulevien työpisteiden mukaan. Ikkunat ja valaisimet on laskettu olemassa olevista.

Näillä tiedoilla saadaan laskettua tiloihin kohdistuva lämpökuorma. Seuraavassa on esimerkki 1. kerroksen neuvotteluhuoneesta (tila 1).

- Ihmiset = 1050 W (14 hlö * 75 W)
- Koneet ja laitteet = 600 W (Videotykki/tietokone)
- Auringon säteily ikk. = 310 W ($450 \text{ W/m}^2 * 5,2 \text{ m}^2 * 0,3 * 0,63 * 0,7$)
- Valaisimet = 480 W (8 kpl * 60 W/val)

Lämpökuorma yhteensä: = 2440 W

Lämpökuorman jälkeen tarkastellaan tuloilman jäähdytystehoa (kaava 3).

$$\dot{Q}_{\text{Jäähd}} = q_{\text{vi}} * \rho * c_{\text{pi}} * T \quad \text{KAAVA 3}$$

$\dot{Q}_{\text{Jäähd}}$ = Jäähdytysteho, W

q_{vi} = Ilmavirtaus, l/s

= Ilman tiheys, kg/m^3

c_{pi} = Kostean ilman ominaislämpökapasiteetti, $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$

T = Lämpötilaero, $^\circ\text{C}$

$$\dot{Q}_{\text{Jäähd}} = 80 \text{ l/s} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * (24-16) ^\circ\text{C} = 770 \text{ W}$$

Lämpökuorman ja jäähdytystehon ollessa tiedossa pystytään laskemaan tilan jäähdytyksen riittävyys. Kun neuvotteluhuoneen lämpökuormasta 2440 W vähennetään jäähdytysteho 770 W, saadaan erotukseksi 1670 W, tästä voidaan päätellä, että neuvotteluhuoneen jäähdytysteho on liian pieni.

Kaikkien tilojen lämpökuormat on eritelty taulukossa 2. Tilanumeroiden selityksen löytyvät liitteestä 1.

TAULUKKO 2. Tilojen lämpökuormat

Tila	Lämpökuormat yhteensä	
TSTO 1KRS		
1	2,44	kW
2	0,75	kW
3	0,90	kW
4	1,06	kW
5	0,75	kW
6	1,02	kW
7	0,75	kW
8	1,26	kW
9	1,06	kW
10	0,61	kW
11	0,61	kW
12	0,61	kW
13	0,65	kW
TSTO 2KRS		
14	1,57	kW
15	0,74	kW
16	0,93	kW
17	1,36	kW
18	0,93	kW
19	0,82	kW
20	0,99	kW
21	2,92	kW
22	0,90	kW
23	0,61	kW
24	0,61	kW
25	0,61	kW
26	0,61	kW
27	0,61	kW

Yhteensä: 26,68 kW

Tuloilman jäähdytystehot ja niiden poikkeavuus lämpökuormasta on eritelty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Tilojen nykyiset jäähdytystehot ja niiden poikkeavuus lämpökuormaan

Tila	Tuloilman jäähdytys		Erotus	
TSTO 1KRS				
1	0,77	kW	1,67	kW
2	0,38	kW	0,37	kW
3	0,58	kW	0,33	kW
4	0,58	kW	0,49	kW
5	0,38	kW	0,37	kW
6	0,38	kW	0,64	kW
7	0,34	kW	0,41	kW
8	0,58	kW	0,69	kW
9	0,43	kW	0,63	kW
10	0,34	kW	0,27	kW
11	0,29	kW	0,32	kW
12	0,29	kW	0,32	kW
13	0,29	kW	0,36	kW
TSTO 2KRS				
14	0,66	kW	0,91	kW
15	0,24	kW	0,50	kW
16	0,69	kW	0,24	kW
17	0,83	kW	0,53	kW
18	0,58	kW	0,34	kW
19	0,19	kW	0,62	kW
20	0,96	kW	0,03	kW
21	1,04	kW	1,88	kW
22	0,49	kW	0,40	kW
23	0,27	kW	0,34	kW
24	0,29	kW	0,32	kW
25	0,29	kW	0,32	kW
26	0,33	kW	0,29	kW
27	0,32	kW	0,29	kW

Yhteensä:

12,81 kW

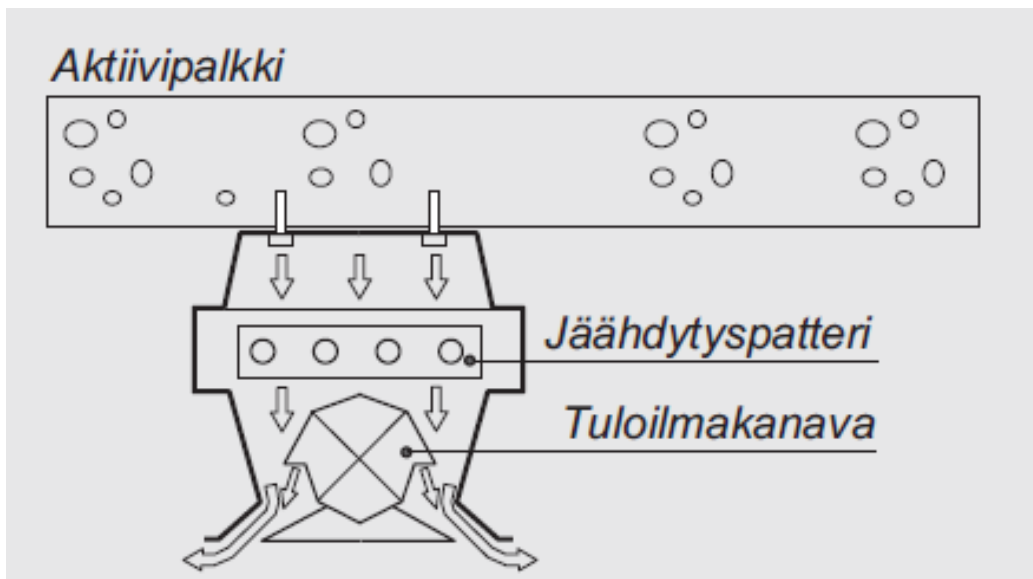
13,87 kW

4 VAIHTOEHTORATKAISUT

Kaikkiin vaihtoehtoihin kuuluu huonekohtaisen jäähdytyksen lämpötilan säätömahdollisuus seinään asennettavasta ohjaustermostaatista. Puhallinkonvektorissa myös puhallusnopeus voidaan säätää ohjausyksiköstä.

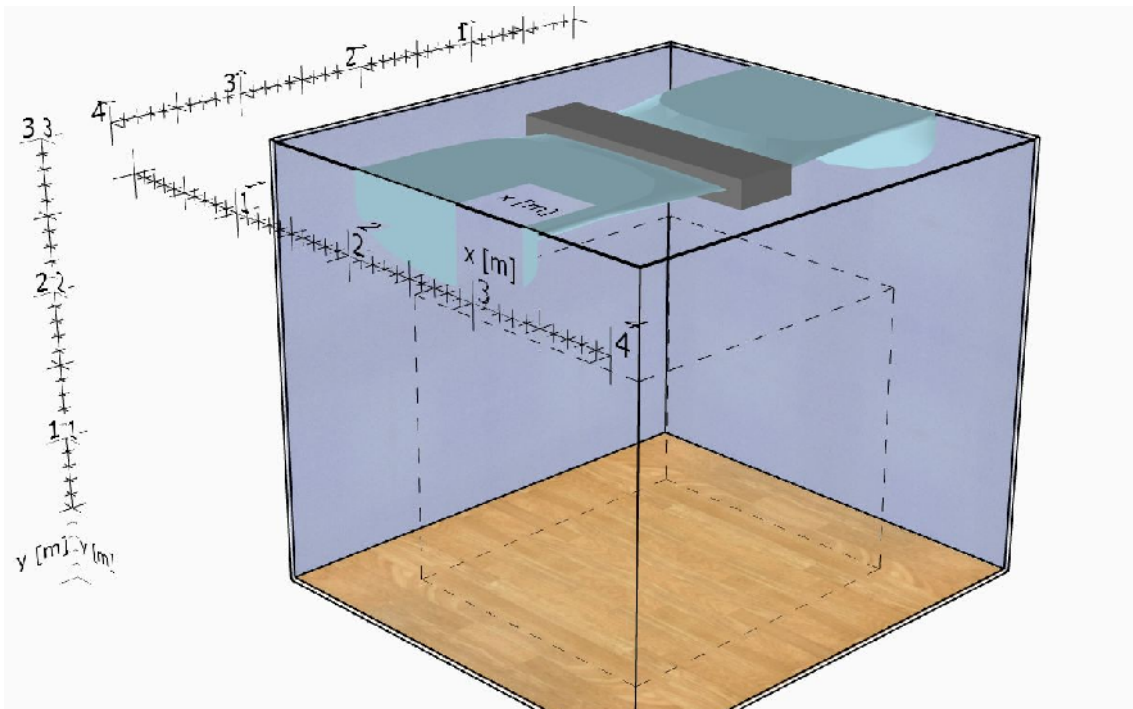
4.1 Aktiivinen jäähdytyspalkki

Aktiivinen jäähdytyspalkki on huoneen kattoon sijoitettava tuloilman päätelaite, jossa on jäähdytyspatterit sisällä. Rakenne on tehty ilmaa kierrättäväksi, eli puh-taan tuloilman mukaan sekoittuu huoneilmaa ja menee jäähdytyspatterin lävitse. (Kuva 1.) Jäähdytyspatterit ei ole kondensoiva, eli jäähdytyspatterit mitoitetaan kastepisteen yläpuolelle.



KUVA 1. Aktiivipalkin periaate (4, s. 16)

Aktiivisen jäähdytyspalkin pitkän rakenteen ansiosta jäähdytetty ilma saadaan jaettua vedottomasti ja ilman että kylmä ilma laskeutuu oleskelualueelle (kuva 2.). Puhalluksessa käytetään hyödyksi Goanda-ilmiötä, eli ilmavirtaus pysyy kattopinnassa pitkiäkin matkoja laskematta alas. Palkki on yleensä 1–3 m pitkä, ja se sijoitetaan huoneeseen pitkittäin. Näin ilmapuhallus saadaan suunnattua seiniin ja ilmavirta ei tipahda oleskeluvyöhykkeelle.



KUVA 2. Aktiivipalkin heittokuvio (5)

Aktiivipalkki on työmäärällisesti toiseksi suurin näistä kolmesta vaihtoehdosta, mutta työntekijöille kaikista vedottomin ja mukavin vaihtoehto. Ulkonäöltään aktiivipalkki on pitkän päätelaitteen näköinen; käyttäjä ei juurikaan huomaa sen olemassaoloa (kuva 3.).



KUVA 3. Fläktwoods IQFC-aktiivipalkki (6)

Aktiiviseen ja passiiviseen jäähdytyspalkkiin on saatavissa lisävarusteena valaistus (kuva 4.). Saatavissa on myös ns. talotekniikkapalkkia, johon on mahdollista liittää valaistuksen lisäksi sprinkler-suutin.

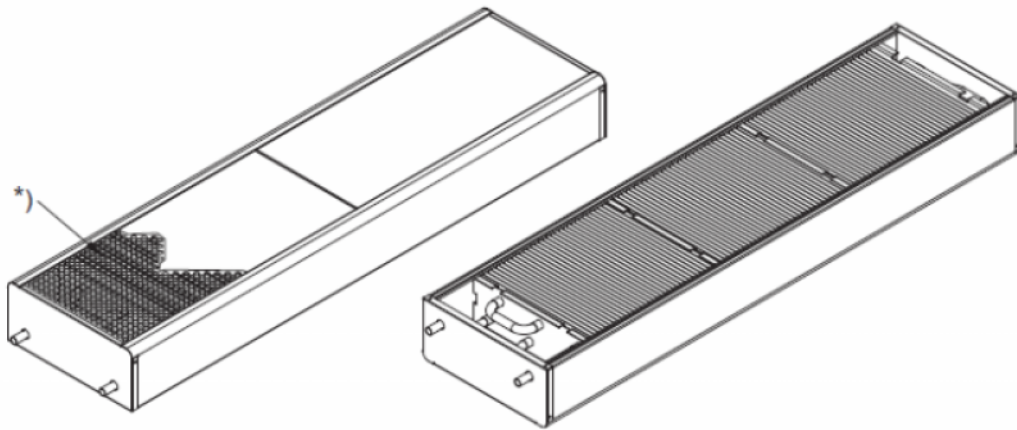


KUVA 1. Aktiivipalkki valaistuksella (7)

Aktiivipalkilla ilmavirrat joudutaan säätämään uudestaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 minimi-ilmavirtojen mukaan. Nykyisillä suurilla ilmamäärillä aktiivipalkki aiheuttaa vedontunnetta. Ilmavirtojen säätö pienemmäksi onnistuu asennuksen yhteydessä.

4.2 Passiivinen jäähdytyspalkki

Passiivipalkki on aktiivisen tavoin kattoon sijoitettava yksikkö, mutta sen lävitse ei puhalleta tuloilmaa eikä siinä ole puhallinta. Se on vain kattoon sijoitettu kondensoimaton jäähdytyspatteri taikka säteilylevy. (Kuva 5.) Passiivipalkin hankaluus on sijoituspaikka. Jäähdytetty ilma tipahtaa suoraan alaspäin palkin kohdalta, eli sitä ei voida sijoittaa työpisteen eikä oleskelutilan päälle. Muuten käyttäjälle aiheutuu vedontunnetta. Käytännössä passiivipalkin tarvitsemaa sijoituspaikkaa ei löydy pienestä toimistohuoneesta.



KUVA 5. Passiivipalkin rakennekuva (8, s. 533)

Tämä vaihtoehto on kaikista helpoin toteuttaa, niin ajallisesti kuin rahallisesti. Tilojen käyttäjälle tämä on kuitenkin epämukavin vaihtoehto. Passiivipalkki on ulkonäöllisesti hyvin samanlainen kuin aktiivipalkki (kuva 6).



KUVA 6. Passiivipalkki valaistuksella (9)

4.3 Kattoon sijoitettava konvektori

Konvektori on kattoon sijoitettava jäähdytysyksikkö (kuva 7). Siinä puhallinmoottori kierrättää ilmaa kondensoivan jäähdytyspatterin lävitse. Ilma jaetaan neljään suuntaan ja tarvittaessa puhallussuuntia voidaan estää.



KUVA 7. UCS200 kasettipatteri (10, s. 7)

Kattoon sijoitettava konvektori tarvitsee alaslasketun katon toimiakseen. Vapaassa asennuksessa jäähdytetty ilma tipahtaa alas oleskeluvyöhykkeelle. Kondensoiva rakenne vaatii myös viemäriverkoston rakentamista.

Konvektorin käyttömukavuus on aktiivisen ja passiivisen jäähdytyspalkin väliltä. Herkemmille käyttäjille konvektori voi aiheuttaa vedontunnetta. Maksimitehoilla puhallettavan ilman lämpötila tippuu alle 15 °C:seen, pahimmillaan jopa 12 °C:n tuntumaan. Liian matala puhalluslämpötila (<16 °C) saa ilmavirran laskeutumaan oleskelualueelle.

Asennuksen työmäärä ei ole juuri passiivista jäähdytyspalkkia isompi, mutta laiteinvestoinnit ovat huomattavasti kalliimmat. Konvektori on ulkonäöllisesti tavallisen päätelaitteen näköinen alaslasketussa katossa.

5 KUSTANNUKSET

Kustannuslaskelmissa on käytetty Gramon kylmävesiasemaa ja putkiston kustannuksissa on käytetty sinkittyä Mapress-putkea ja Mapress-puristusosia.

Kustannuslaskelmia varten on laadittu suunnitelmat joka vaihtoehdolle. Asennustöistä aiheutuvat kustannukset on laskettu LVI-alan työehtosopimuksen normituntilaskelmien mukaan.

Laitteiden hinnat on kysytty kunkin laitevalmistajan jälleenmyyjältä. Putkistojen, putkistotarvikkeiden, eristeiden, pumppujen, venttiiliryhmien ja ilmanvaihtotarvikkeiden hinnat on haettu Ahlsellin julkisesta 4/2013-hinnastosta yrityksen kotisivulta.

5.1 Konvektori

Konvektorin kustannuslaskelmissa on käytetty Kojacool UCS200 -kasettipatteriyksikköä. Mukana ei ole alaslasketun katon kustannuksia.

Huonekohtaiset jäähdyttimet	56 900 €
Kylmävesiasema	20 000 €
Osat ja tarvikkeet	13 000 €
Työt	6 400 €
Kokonaiskustannukset	96 100 €

5.2 Aktiivipalkki

Aktiivipalkin kustannuslaskelmissa on käytetty Fläktwoods IQFC -aktiivipalkkia ilman valaistusta.

Huonekohtaiset jäähdyttimet	23 000 €
Kylmävesiasema	20 000 €
Osat ja tarvikkeet	13 400 €
Työt	8 450 €
Kokonaiskustannukset	65 900 €

5.3 Passiivipalkki

Passiivipalkin laskelmissa on käytetty Fläktwoods QPBA -passiivipalkkia ilman valaistusta.

Huonekohtaiset jäähdyttimet	21 200 €
Kylmävesiasema	20 000 €
Osat ja tarvikkeet	12 200 €
Työt	5 400 €
Kokonaiskustannukset	58 200 €

5.4 Liuospatterin asennus tuloilmakoneelle

Nykyinen tuloilman jäähdytys alkaa olla ikääntynyt ja epäluotettava, jonka takia sen uusiminen jäähdytysjärjestelmän parannuksen yhteydessä on erittäin suositeltavaa. Eri järjestelmävaihtoehtojen kustannuksissa ei ole otettu huomioon tuloilman jäähdytyksen uusinnan kuluja.

Liuospatterin kustannuslaskelmissa on käytetty Fläktwoodsin tuloilmakoneen jäähdytyspatteria. Patterin mitoitukseen on käytetty Flätwoodsin Acon-mitointiohjelmää.

Jäähdytyspatteri ja asennustarvikkeet	3 000 €
Osat ja tarvikkeet	12 800 €
Työt	2 000 €
Kokonaiskustannukset	17 800 €

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaivoksen konttorirakennuksen jäähdytys on uusinnan tarpeessa, sillä nykyisellä jäähdytysmenetelmällä ei saada katettua puoliakaan lämpökuormasta kesän kuumimpina aikoina.

Jäähdytyksen uudistamiseen aktiivinen jäähdytyspalkki on ehdottomasti paras vaihtoehto mukavimman ilmanjaon ansiosta. Kustannukset ovat aktiivipalkilla noin 8000 € korkeammat kuin halvimmalla vaihtoehdolla, passiivipalkilla.

Passiivipalkkia ei voida suositella tähän kohteeseen, vaikka se on kustannustehokkain ratkaisu kaikista kolmesta. Sen sijoituspaikka on ongelmallinen ja aiheuttaa oletettavasti huoneeseen tuntevia lämpötilaeroja.

Konvektorijäähdytyksen hinta nousi yllättävän korkeaksi: konvektoreiden hankintakulut oli yli kolme kertaa suuremmat verrattuna aktiivipalkkiin. Konvektori voisi olla toimiva ratkaisu, mutta ilmanjaon mukavuutta ei voida todistaa ilman kokeilemistä. Valmistajilla ei ole tarjota minkäänlaisia heittokuvioita taikka pituuksia.

Olemassa oleva tuloilman jäähdytys tulisi uusida samalla, jos kaivos päättää asentuttaa jonkin näistä vaihtoehdoista. Käytössä oleva jäähdytyskone on ikääntynyt ja epäluotettava. Liuospatterin asennus tuloilmakoneelle huonekoh- taista jäähdytystä asennettaessa on suositeltavin vaihtoehto.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tehdä Pyhäsalmi Mine Oy:lle parannusehdotus kaivoksen konttorirakennuksen jäähdytyksen parantamisesta. Valinnan tuli olla kustannus-tehokkain ja toimivin ratkaisu. Työ tilauksen lähtökohtana on toimiston käyttäjien tyytymättömyys kesäaikaisiin lämpötilaolosuhteisiin. Ilmanlaadussa ei ole ollut ongelmia.

Työn suoritus alkoi ilmamäärien mittauksella ja lämpökuormien arvioinnilla. Tuloilman jäähdytystehon ja lämpökuormien laskennan jälkeen oli ilmiselvää, että nykyinen jäähdytys ei kata edes puolia rakennuksen lämpökuormasta. Ennestään oli tiedossa, että jäähdytys on riittämätön, mutta näin suuri ero tuli yllätyksenä.

Parannusehdotuksen jäähdytysmuodoiksi muodostuivat liuosjäähdytteiset aktiivinen jäähdytyspalkki, passiivinen jäähdytyspalkki ja kattoon asennettava konvektori. Tarkemman perehtymisen ja kustannuslaskelmien jälkeen halvimmaksi vaihtoehdoksi muodostui passiivipalkki, toiseksi halvimmaksi aktiivipalkki ja kolmeimmaksi konvektori. Käyttäjälleen mukavin vaihtoehto on aktiivipalkki, toiseksi mukavin konvektori ja epämukavimmaksi päättyi passiivipalkki.

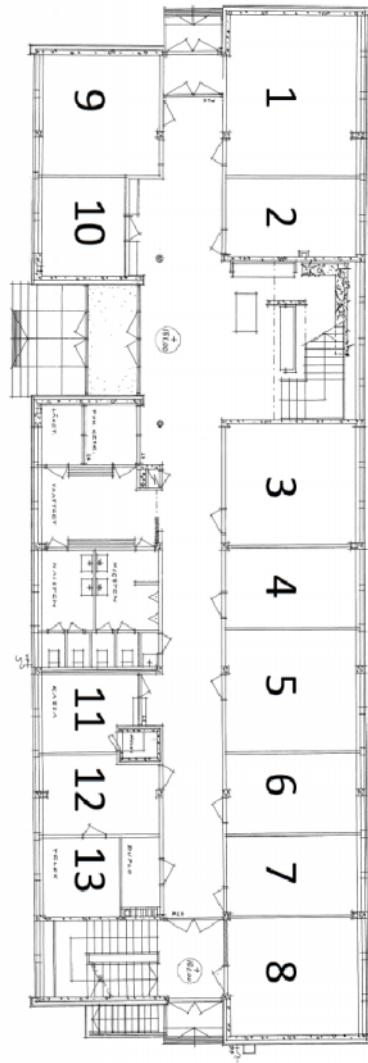
Ennen vaihtoehtoihin tarkempaa perehtymistä konvektori vaikutti parhaalta vaihtoehdolta kustannuksiltaan ja mukavuudeltaan. Työn edetessä kävi selvemmäksi koko ajan, että vaikka aktiivipalkki on työmäärällisesti vaihtoehtoista suurin, se on kaikista kannattavin vaihtoehto suhteutettuna hankintahintaan ja käyttömukavuuteen.

Passiivipalkin epämukavuus ja konvektorin korkeat kustannukset jättivät ainoaksi vaihtoehdoksi aktiivipalkin. Aktiivipalkin tarkempi tutkiminen ja heittokuvioiden mallinnus osoittivat, että mukavuudeltaan vaihtoehto on ehdottomasti paras.

Tuloilmakoneen suorahöyrysteisen patterin muuttaminen parannuksen yhteydessä liuospatteriksi on erittäin suositeltavaa.

LÄHTEET

1. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.
2. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2008. Helsinki: Ympäristöministeriö.
3. Bagge, John – Pukkila, Olli. 1980. Ilmatekniikan suunnitteluopas osa 2. Turku: Jaakko-Taara Oy
4. Harju, Pentti. 1999. Ilmastointitekniikan oppikirja 1. Kouvola: Penan tietopus KY
5. Fläktwoods Excelair -valintaohjelma. 2009. Fläktwoods. Saatavissa: <http://flaktwoods.fi/valintaohjelmat/exselair/> Hakupäivä: 22.5.2013.
6. Fläktwoods IQFC-esite. 2009. Fläktwoods. Saatavissa: <http://flaktwoods.fi/ff79c281-e9fd-49b7-a28f-582609a6f1c6> Hakupäivä 29.5.2013.
7. Energy Design Resources. 2010. Energy Design Resources. Saatavissa: <http://www.energydesignresources.com/resources/e-news/e-news-69-chilled-beams.aspx> Hakupäivä 29.5.2013.
8. Halton CPA-esite. 2012. Halton. Saatavissa: http://www.halton.com/hit/pdf/uk/cpa_uk.pdf Hakupäivä 25.5.2013
9. Multiservice Chilled Beams-esite. 2013. FTF Group. Saatavissa: <http://www.ftfgroup.us/products/multiservice-chilled-beams.htm> Hakupäivä 29.5.2013
10. Koja UCS200-esite. 2011. Koja. Saatavissa: http://www.koja.fi/uploads/pdf/Coolin%20PDF/UCS_kasetti.pdf Hakupäivä: 20.5.2013.



1 Krs



2 Krs

