

Aleksei Lätti

PÖLYNPOISTO JA
LÄMMÖNTALTEENOTTO
VANERITEHTAAN
KUUMAPURISTIMEN
POISTOILMASTA

Opinnäytetyö
T638SA


Toukokuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences


KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU <small>Mikkeli University of Applied Sciences</small>	Opinnäytetyön päivämäärä 17.05.2011	
Tekijä(t) Aleksei Lähti	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Pölynpoisto ja lämmöntalteenotto vaneritehtaan kuumapuristimen poistoilmasta		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli UPM-Kymmene Oy:n Pelloksen tehtaan lämmöntalteenoton kehittäminen. Työssä tutkittiin vaneritehtaan poistoilman puupölyn tuottamat ongelmat koneelliseen poistoilma- ja LTO-järjestelmään sisäilman laadun, huolto- ja energiakustannuksen näkökulmasta.</p> <p>Kirjallisuuden, Internetin, asiantuntijoiden haastattelujen sekä aikaisimpien kokemusten avulla perehdyttiin nykypäivän lämmöntalteenottojärjestelmiin ja suodatus vaihtoehtoihin. Näiden tietojen pohjalta haettiin järjestelmään kustannustehokkaita parannusehdotuksia nykyisen laitteen huoltopesuun verrattuna.</p>		
Asiasanat (avainsanat) nestekiertoinen LTO, lämmöntalteenotto, suodatus, poistoilma, ilmanlaatu, puupöly		
Sivumäärä 23+5	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Tutor Veuro Martti	Opinnäytetyön toimeksiantaja UPM-Kymmene Oy Pelloksen tehtaat	

ОПИСАНИЕ

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Дата работы 17.05.2011
Автор Алексей Лятти	Koulutusohjelma ja направление Инженер систем Отопления, Водоснабжения, Вентиляции и Кондиционирования	
Название Проблемы древесной пыли и систем рекуперации в деревообрабатываемой промышленности		
Краткий обзор <p>Данная работа выполнена по заказу АО UPM-Куммене-завода по производству фанеры в Пеллосниemi. В работе рассмотрен проблемный участок предприятия - теплообменник центральной системы кондиционирования.</p> <p>Проблемой является производственная древесная пыль, которая забивает теплозабирающие батареи рекуперационной установки, для поддержания работоспособности которой, предприятие вынуждено увеличивать затраты на техническое обслуживание.</p> <p>В работе рассмотрены различные современные методы экономии теплоэнергии систем центрального кондиционирования. Определена их роль в объёме энергозатрат предприятия. Изучены современные методы фильтрации приточно-вытяжных установок. Методом оценочного сравнения выбраны оптимально подходящие фильтры для устройства данного предприятия.</p>		
Ключевые слова рекуператор, водяной рециркуляционный рекуператор, отработанный воздух, фильтрация, воздушные фильтры, древесная пыль		
Количество страниц 23+5	Язык Финский	URN
Примечания		
Преподаватель Veuro Martti	Заказчик АО Upm-Kymmene, Pellos Mills	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 17.05.2011
Author(s) Aleksei Lätti	Degree programme and option HVAC engineering	
Name of the bachelor's thesis Dust removal and heat recovery of hot press exhaust air in plywood mills		
Abstract <p>This research was carried out by the request of UPM-Kymmene plywood production mills at Pellosniemi. The thesis focuses on the enterprise's problem zone, the cleaning of heat exchangers in heat recovery system in ventilation.</p> <p>The problem is caused by sawdust which stuffs the heat recovery coil leading to higher maintenance expenses.</p> <p>The thesis handles modern methods of saving heat energy in central air conditioning systems. The study gives amount of energy consumption and the methods of modern air filtration. The different methods were evaluated and the suitable filters for the given enterprise were selected.</p>		
Subject headings, (keywords) liquid circulation heat recovery, filtration, exhaust air, air quality, wood particulates		
Pages 23+5	Language Finish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Veuro Martti	Bachelor's thesis assigned by UPM-Kymmene Oy, Pellos Mills	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LÄMMÖNTALTEENOTTO POISTOILMASTA	2
2.1	Teollisuushallien ilmanvaihdon lämmöntalteenotonjärjestelmät	2
2.1.1	Levylämmönsiirtimet	3
2.1.2	Pyörivät lämmönsiirtimet, regeneraattorit	3
2.1.3	Kiinteäkennoiset, varaavat lämmönsiirtimet	4
2.1.4	Lämpöputkipatterit.....	4
2.1.5	Nestekiertoiset järjestelmät.....	4
2.2	Teollisuuden erityisongelmat lämmöntalteenotossa.....	6
3	TALTEENOTON NYKYTILANNE.....	6
3.1	Tekniset tiedot	7
3.2	Lämmöntalteenoton patterit.....	8
3.3	Järjestelmässä havaitut ongelmat.....	9
4	JÄRJESTELMÄN HUOLTO	9
5	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN SUODATTIMET	10
5.1	Suodatuksen tehtävä	10
5.2	Suodatintyypit.....	11
5.3	Suodatinluokat	12
5.4	Huolto- ja tarkastusvälit suodattimille.....	13
5.4.1	Esi- ja perussuodattimet.....	13
5.4.2	Hienosuodattimet	13
6	MUUT PUHDISTUSJÄRJESTELMÄT	13
6.1	Kohdepoistot, ja sykloni	13
6.2	Automaattinen pesu	13
7	SUODATUKSEN VALINTA	14
7.1	Sopivien suodattimien valinta.....	14
8	ENERGIAHÄVIÖN TALOUDELLINEN MERKITYS.....	16
9	HUOLTOKUSTANNUKSIEN VERTAILU.....	20
9.1	Huoltopesu.....	20
9.2	Suodattimet	20

10	LOPPUTULOKSET JA PÄÄTELMÄT.....	21
10.1	Tulos	21
10.2	Parannusehdotuksia	21
	LÄHTEET	22

LIITTEET

LTO-LEIKKAUSKUVA	1
KYTKENTÄKAAVA.....	2
VAK-NÄYTTÖ	3
VALITTU SUODATIN	4
ASENNUSKEHYKSET	5

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään UPM-Kymmene Oy:n Pelloksen tehtaille. Työn aiheena on lämmöntalteenoton kehittäminen. Pelloksen tehtaat perustettiin vuonna 1963. Tällä hetkellä Pelloksen tehtaisiin kuuluu kolme tuotantolaitosta. Tehtaiden kokonaishenkilöstömäärä on 670 henkilöä ja tuotantokapasiteetti 480 000 m³. Tehdas valmistaa havuwaneria parketti-, muottivaneri- ja kuljetusvälineteollisuuteen sekä jakelukauppaan.

Ongelmana on puupöly, joka tukkii nestekiertoisen lämmöntalteenoton poistupuolen lamellipatterit. Lämpöä otetaan talteen tehtaan poistoilmasta, jonka mukana kulkeutuu huomattava määrä puupölyä. Suodattamatonta sisäilmaa ohjataan lämmöntalteenottohuoneeseen, jossa sijaitsevat lamellipatterit ja poistopuhallin. Puupöly muodostaa liikkakerroksen lamellipatterien ja ilmavirran välille. Tästä johtuen talteenotettavan energian määrä pienenee kun poistoilman virtaus vähenee. Lamellipatterien ja poistopuhaltimen välissä on paineanturi, joka ilmaisee paine-eron patterin yli. Kun painehäviö kasvaa tarpeeksi suureksi, joudutaan lamellipatterit puhdistamaan, aluksi paineilmalla ja sen jälkeen painepesurilla.

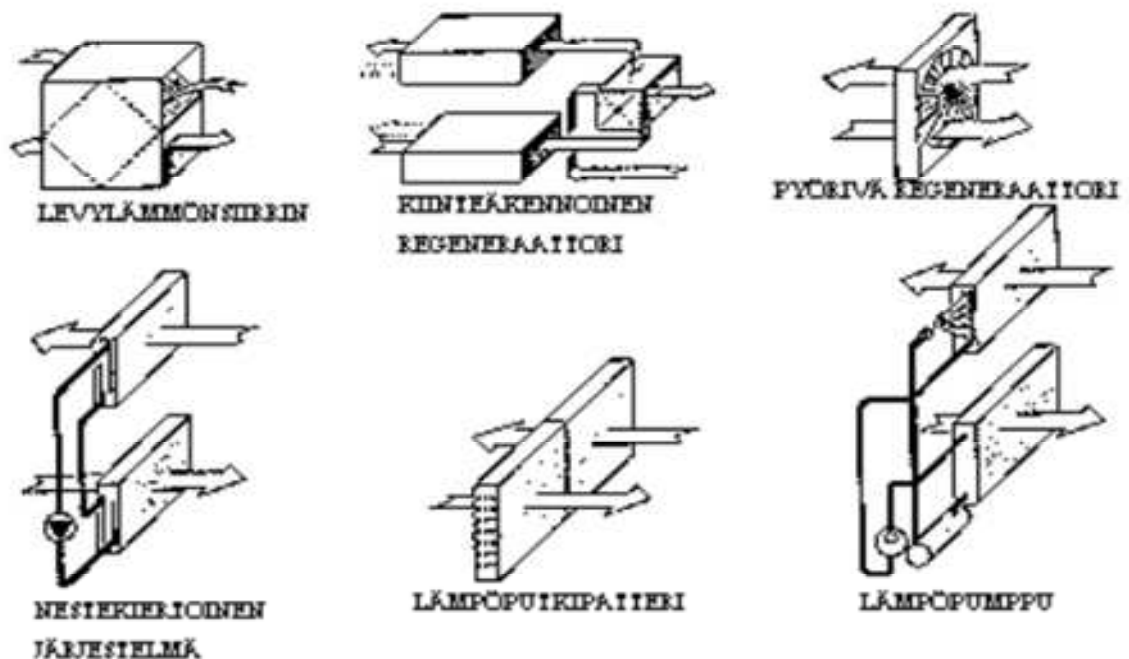
Työn tavoitteena on kehittää toimiva ja kustannuskilpailukykyinen suodatus kyseiseen järjestelmään sekä tutkia likaisuuden vaikutusta lämmöntalteenoton toimintaan. Tarkoituksena on perehtyä nestekiertoisen lämmöntalteenoton toimintaan, sen yleisiin ongelmiin ja erilaisiin poistoilman suodatusvaihtoehtoihin.

2 LÄMMÖNTALTEENOTTO POISTOILMASTA

2.1 Teollisuushallien ilmanvaihdon lämmöntalteenotonjärjestelmät

Lämmöntalteenoton tehtävänä on siirtää poistoilman lämpöä tuloilmaan. Poistoilmassa olevasta lämpöenergiasta voidaan suurin osa saada palautettua takaisin tuloilman lämmittämiseen lämmönsiirtimen avulla [1, s. 69].

Jos lämpö siirtyy poistoilmasta sisäanotettavaan ulkoilmaan suoraan ilmavirtoja erottavan levyn lävitse, kysymyksessä on suora rekuperatiivinen lämmönsiirrin. Jos lämpöä siirtävä aine varastoi lämpöä ja vuorotellen lämpenee ja jäähtyy ilmavirrassa, on kysymyksessä regeneratiivinen, lämpöä varastoiva lämmönsiirrin. [2, s73]



KUVA 1. Teollisuushallien ilmanvaihdon lämmöntalteenotonjärjestelmät

Seuraavassa käydään tarkemmin läpi yleisimmät nykyisin käytössä olevat eri lämmöntalteenotto menetelmät.

2.1.1 Levylämmönsiirtimet

Levylämmönsiirtimet (kuva 1) valmistetaan niin, että poistoilma kulkee joka toisessa levyvälissä ja joka toisessa kulkee tuloilma. Virtaus on yleensä toteutettu ristivirtauksena ja asentamalla useampia siirtimiä peräkkäin saavutetaan korkeampi hyötysuhde. Levyt ovat yleensä aallotettuja tai poimutettuja. Erilaisilla ohituskanavilla ja sulkupelleilla voidaan toteuttaa tehonsäätö [3, s. 42]. Tehonsäädön avulla varmistetaan, ettei lämpötila tulopuolella nouse liikaa eikä poistopuoli jäädy.

Hyviä ja huonoja puolia:

- + hyötysuhde on luokkaa 55...65 %.
- + vähäinen huollontarve
- + helppo puhdistaa
- + ei mainittavaa ilmavirtojen sekoittumista
- tulo- ja poistokanavien oltava lähekkäin
- hyötysuhteen säätö hankalaa
- huurtumisvaara

2.1.2 Pyörivät lämmönsiirtimet, regeneraattorit

Pyöriviä kiekkolämmönsiirtimiä kutsutaan regeneratiivisiksi lämpöä varaaviksi lämmönsiirtimiksi. Pyörivässä kiekkolämmönsiirtimessä (kuva 1) on suuri reijitetty kiekko, jonka pyörimisen aikana poisto- ja tuloilma virtaavat kiekon läpi. Lämmönsiirtimen vaippa on varustettu pyörimissuuntanuolella. Joissakin pyörivissä kiekkolämmönsiirtimissä roottori voi olla hygroskooppinen. Hygroskooppinen roottori siirtää epäpuhtauksia ja kosteutta poistoilmasta tuloilmaan. Kyseistä roottoria ei käytetä luokkien 3-4 poistoilmalle.

Poistoilma virtaa esim. kiekon yläosan läpi ja tuloilma virtaa alaosan läpi. Kiekon yläpuoli on poistokanavassa, alapuoli tulokanavassa. Poistoilman lämpöä varastoituu kiekon massaan, kiekko lämpenee ja poistoilma jäähtyy. Kiekon pyöriessä lämmennyt kohta tulee tuloilmakanavan kohdalle ja kiekon läpi virtaava kylmempi tuloilma lämpenee [2, s. 75]. Menetelmän haittana on se, että poistoilmasta siirtyy jonkin verran epäpuhtauksia sekä kosteutta tuloilman joukkoon. Pyörivän kiekkolämmönsiirtimen painehäviö on alhainen ja lämpötilasuhde jopa 85 %.

2.1.3 Kiinteäkennoiset, varaavat lämmönsiirtimet

Kiinteäkennoisessa, varaavassa lämmönsiirtimessä (kuva1) on kaksi erillistä kennoa. Kennoihin johdetaan vuorotellen tulo- ja poistoilma. Toinen kennoista lämpenee poistoilman avulla, jonka jälkeen siihen johdetaan tuloilma, joka taas lämpenee kennon avulla. Tulo- ja poistoilma ohjataan erikoispellillä aina vuorotellen kuhunkin kennoon. Tässä tapauksessa tehoa säädetään suunnanvaihtovälillä. Lämpötilasuhde on luokkaa 70...90 %. Kiinteäkennoiset, varaavat lämmönvaihtimet voivat myös siirtää kosteutta [1, s. 70].

2.1.4 Lämpöputkipatterit

Lämpöputkipatterissa (kuva1) on yksittäisiä putkia. Putkien sisäpinnalla on kapillaarikerros ja niiden sisällä on helposti nesteytyvää ja haihtuvaa ainetta. Poistoilman lämmön avulla neste höyrystyy virraten samalla päähän, josta tulee tuloilmaa. Tämän jälkeen höyry nesteytyy ja valuu painovoiman sekä kapillaarivoiman avulla kapillaarikerrosta pitkin poistopäähän ja näin syntyy lämmönsiirto-aineen kierto. Tehoa voidaan säätää, kun muutetaan patterin asentoa, jolloin nesteen virtaus muuttuu painovoiman avulla [4, s. 70].

2.1.5 Nestekiertoiset järjestelmät

Nestekiertoisissa järjestelmissä on kaksi patteria (kuva1) joiden välillä kiertää jäätyvät neste pumpun avulla. Neste lämpenee poistoilmapuolen patterissa, jonka jälkeen se pumpataan tuloilmapuolella olevaan patteriin. Tuloilman jäädyttyä neste, se pumpataan takaisin poistoilmapuolelle. Patterina käytetään erilaisia sileäputki-, neulaputki-, ripaputki- tai lamelliputkipattereita. Nestekiertoisissa järjestelmissä tehoa säädetään kolmitieventtiilillä. Lämmönsiirtonesteinä käytetään yleensä etyleeniglykolin ja veden seosta, jonka pitoisuudeksi Suomessa riittää 40 % glykolia. Liian korkea etyleeniglykolipitoisuus heikentää hyötysuhdetta [1, s. 70].

Hyvinä puolina epäsuoralle lämmön talteenottojärjestelmälle ovat:

- ilmavirrat eivät pääse sekoittumaan
- tulo- ja poistoilmapatterit voivat olla etäällä toisistaan
- pieni tilantarve
- paloturvallinen

Huonoina puolina sen sijaan ovat:

- sisältää kuluvia osia
- huurtumisvaara
- suhteellisen kalliit patterit ja putkistot
- huono lämpötilasuhde (40–60%)
- pumppauksen sähkön kulutus

TAULUKKO 1 Lämpötilasuhteet

LAITETYYPPI	LÄMPÖTILASUHDE (%)
Nestekiertoiset	40...60
Levylämmönsiirtimet	55...65
Pyöreät regeneraattorit	70...85
Kiinteäkennoiset	70...90
Lämpöputkipatteri	55...65

Seuraavassa taulukossa annetaan lämmöntalteenotolaitteen valinnan suuntaviivat käyttötarpeen mukaan [1, s70].

TAULUKKO 2. Teollisuuden LTO-laitteen valinnan suuntaviivat

Tarve tai sovellutusolosuhde	Erityisen soveltuva lämmönsiirrintyyppi
ahtaat tilat	patterit
poisto- ja tuloilmakanavaistot erillään	nestekiertoinen
korkea hyötysuhde	regeneraattori
puhdistus edellyttää irrottamista	lämpöputkipatteri (sektoroitu regeneraattori)
poistoilman epäpuhtaus kuiva pöly	regeneraattori
tarvitaan edullinen lämpöpinta	levysiirrin
erityisen likaava poistoilma (+ puhdistuslaitteet)	levysiirrin (neulapatteri)
halutaan kosteuden siirtoa	regeneraattori

2.2 Teollisuuden erityisongelmat lämmöntalteenotossa

Yleisesti ilmastoinnissa käytetään lamellipattereita sekä jäähdytykseen että lämmitykseen. Lamellipatterien pintoja pyritään pitämään puhtaina, sillä lika toimii pinnassa eristeenä, joka heikentää lämmönsiirtokerrointa. Lisäksi lika vaikeuttaa ilmavirran kulkua, jonka seurauksesta painehäviöt kasvavat ja ilmavirta pienenee [3, s. 154].

LTO-laitteen likaantuminen ilmassa olevien epäpuhtauksien takia vaikuttaa:

- hyötysuhteeseen ja kannattavuuteen eli tehontarve ja energiankulutus kasvavat
- laitteiston vioittumisalttiuteen
- ilmastoitavan tilan olosuhteisiin, esim. poistoilmavirta pienenee

Jotta LTO-järjestelmä toimisi hyvin, on sen laitteet puhdistettava määräajoin. Puhdistukseen käytettäviä menetelmiä ovat:

- paineilmapuhdistus
- harjaus ja imurointi
- vesipesu (lämmin/kylmä, matala-/korkeapaine, pesuaine)
- höyry-/kuumennuspuhdistus
- liuotus, kemikaalit.

Laitteiden huoltoa ja puhdistusta varten varataan riittävästi tilaa, vähintään huollettavien laitteiden mittainen tila huoltosuunnassa. Huollettavuuden varmistamiseksi laitteiden ja ilmanvaihtokoneiden toiminto-osien ympärille varataan riittävästi tilaa. [5, s. 21]

3 TALTEENOTON NYKYTILANNE

Tehtaan lämmin ilma kertyy kuumapuristimen päällä olevaan huuvaan, jonka sivuilla katolla sijaitsevat lämmöntalteenoton yksiköt. Käytössä on kaksi lämmöntalteenoton erillistä poistoilmajärjestelmää, jotka imevät ilmaa samasta huuvasta (kuva 2). Kukin LTO-yksikkö palvelee omaa tuloilmakonetta.



KUVA 2. Lämmöntalteenottojärjestelmät tehtaan katolla

3.1 Tekniset tiedot

Tekniset tiedot on otettu laiteiden suunnitelmista.

Teho 798 kW			
Ilma		Neste	
Virtaus	30 m ³ /s	Virtaus	11,1 l/s
Nopeus	3,7 m/s	Nopeus	1,5 m/s
Ulkolämpötila	-29 °C	Meno	22,4 °C
LTO:n jälkeen	-7,2 °C	Paluu	3,2 °C
Painehäviö	167 Pa	Painehäviö	61 kPa
		Etyleeniglykoli	40 %

Tekniset tiedot on annettu yhden lämmöntalteenottolaitteen osalta.

3.2 Lämmöntalteenoton patterit

Lämmöntalteenoton patterit (kuva 3) ovat lamellipattereita. Nesteputki on kuparia ja lamellit ovat alumiinia. Lamellien väli on 5 mm. Patterin koko 5 m×2,5 m.



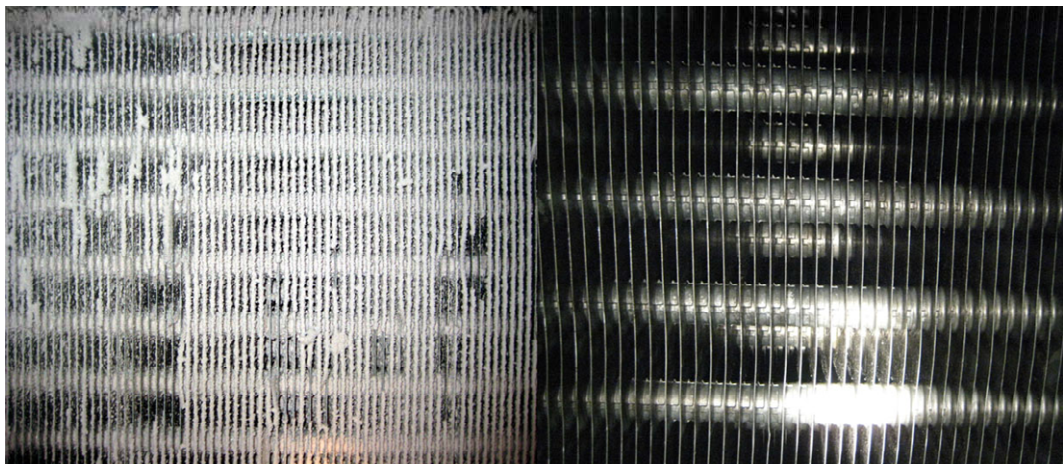
KUVA 3. Lämmöntalteenoton patteri



KUVA 4. Suodattamattomat imuaukot

3.3 Järjestelmässä havaitut ongelmat

Suodattamaton lämmin sisäilma (kuva 4) imetään lamellipattereiden läpi. Imuaukot sijaitsevat lähellä kuumapuristinta, jonka toiminnasta vapautuu liiman haihtuvat aineet vesihöyryn kanssa. Haihtuvat aineet antavat havuvanerin puupölylle liimautumiskyvyn, jonka avulla pölyn partikkelit liimautuvat toinen toiseen ja muodostavat patterin lamellien pinnoille likakerroksen (kuva 5). Likakerros patterin pinnalla toimii sekä lämmöneristeenä että poistoilman virtauksen esteenä.



KUVA 5. Likainen ja pesty patteri

4 JÄRJESTELMÄN HUOLTO

Patterien pinnat on pidettävä puhtaina, sillä likainen pinta toimii eristeenä. Likaisuudesta on seurauksena myös ilmavirran kulun vaikeutuminen ja ilmamäärän pienentyminen [3, s. 154]. Patterit pestään, kun painehäviö patterin yli kasvaa yli 250 Pa. Poistoilmassa olevan pölyn määrällä patterit menevät tukkoon jo kahdessa viikossa, joten lämmityskautena tulee noin 15 pesua käsipainepesurilla ja 3 pesukertaa lämmityskaudessa tehdään korkeapainepesuauton laitteilla. Pesut suorittaa ulkopuolinen yhtiö.



KUVA 6. Patterin pesu

5 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN SUODATTIMET

5.1 Suodatuksen tehtävä

Suodattimien tehtävänä on estää sisäilmassa olevan orgaanisen ja epäorgaanisen pölyn pääseminen ilmanvaihtokoneistoon.

Oikein suunniteltu suodatusratkaisu tuo mm. seuraavia hyötyjä:

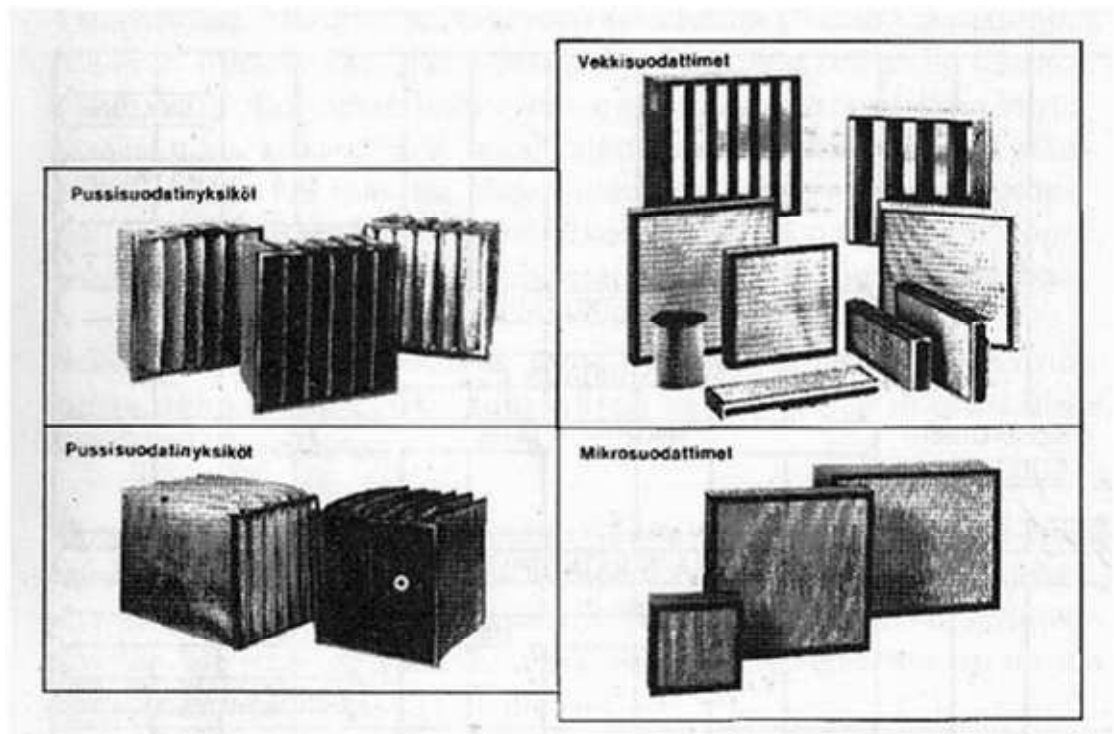
- oikein mitoitettujen suodattimien vaihtoväli on pidempi, joten suodattimien hankintakustannukset pienenevät
- pidempi vaihtoväli vähentää suodattimien vaihtotyötä sekä suodattimien hävityksestä koituvia jätekustannuksia
- laadukkaat suodattimet suojaavat ilmastointi- ja lämmöntalteenottolaitteistoja likaantumislta ja kulumiselta
- energian säästöä, kun suodattimet on mitoitettu oikein ja ilmastointikone toimii optimaalisella tehokkuudella

- kanavien ja IV-koneiden puhdistusväliä voidaan huomattavasti pidentää oikein suunnitellun suodatuksen avulla
- hyvällä ilmansuodatuksella voidaan pienentää myös sisätilojen puhdistuksesta aiheutuvia kustannuksia.

5.2 Suodatintyytit

Ilmanvaihtojärjestelmien suodattimet (kuva7) voidaan jakaa esimerkiksi seuraavalla tavalla:

- kuitusuodattimet
- tasosuodatin
- poimusuodatin
- vekkisuodatin
- pussisuodatin
- sähköstaattinen suodatin
- sähkösuodattimet
- kemialliset suodattimet



KUVA 7. Ilmanvaihtojärjestelmien suodattimet

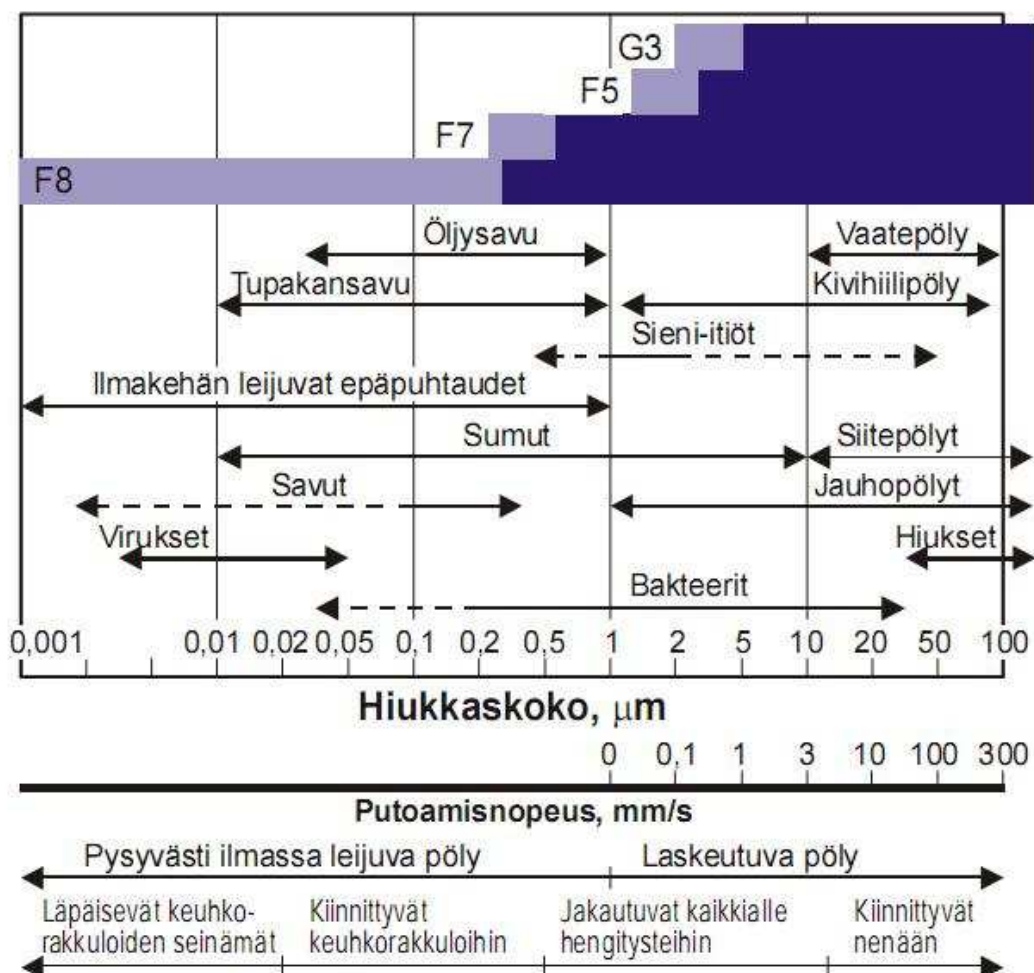
Aikaisemmin teollisuudessa käytettiin rullasuodattimia. Niiden etuna on halpa rullamuotoinen suodatinmateriaali, jota syötetään rullalta ja likaantunut suodatinmateriaali kerääntyy toiselle rullalle. Rullasuodattimien yleisimmät viat ovat vuodot ja syöttöautomaatiikan herkyys satunaisille painehäviöille (esim. kosteus), jolloin koko rulla saattaa kelautua kerralla likaiselle puolelle. Näistä syistä rullasuodattimien käyttö on loppunut lähes kokonaan [6; 1, s. 93].

5.3 Suodatinluokat

Suodatinluokat perustuvat kansainvälisiin koemenetelmiin ja standardeihin, joiden perusteella suodattimet jaetaan 17 eri luokkaan. Jokaista luokkaa luonnehtii kirjain (G – karkeasuodattimet, F – hienosuodattimet, H – HEPA suodattimet, U – ULPA suodattimet) ja numerot 1-17, jossa 1 on alhaisin karkeasuodatinluokka ja 17 korkeimman tason ULPA suodatin.

Eurostandardin EN 779:2002 lajittelun mukaan kuuluvat karkeasuodattimet luokkaan G1 – G4 ja hienosuodattimet luokkaan F5 – F9, HEPA suodattimet H10 – H14, ULPA suodattimet U15-17 [7].

TAULUKKO 3. Erilaisia epäpuhtauksia ja muutamia niiden ominaisuuksia



5.4 Huolto- ja tarkastusvälit suodattimille

Suodattimien huolto- ja vaihtoväli on tapauskohtaista, koska poistoilman likaisuus voi olla hyvin erilainen. Suodattimien vaihto perustuu usein niiden aiheuttaman painehäviön mittaukseen. Suodattimissa voi esiintyä reunavuotoja, joten painehäviömittaukset voivat olla epäluotettavia eivätkä näin ollen anna luotettavaa kuvaa vaihtotarpeesta. Suodattimen takapinnan tummuuden arviointi on osoittautunut luotettavaksi suodattimien kuormittuneisuuden mittariksi [8, s. 55].

5.4.1 Esi- ja perussuodattimet

Suodattimien puhdistus tai vaihto suoritetaan, kun paine-ero on kasvanut noin 100 Pa puhtaaseen suodattimeen verrattuna tai paine-ero on kasvanut kaksinkertaiseksi. Tarkastusväli 2...4 viikkoa, puhdistus- tai vaihtoväli 1...12 kuukautta.

5.4.2 Hienosuodattimet

Yleensä suodattimet vaihdetaan, kun loppupaine-ero on noin 200 Pa.

Sopiva tarkastusväli on 6...12 kuukautta ja vaihtoväli on 6...24 kuukautta. [3, s.151]

6 MUUT PUHDISTUSJÄRJESTELMÄT

6.1 Kohdepoistot ja sykloni

Sisäilmassa leijuva puupöly voidaan ottaa kohdepoistona (esim. muutama poisto kuumapuristimen ympärille) ja vähentää pölyn määrää syklonisuodattimen avulla. Poistoilma ohjataan syklonin jälkeen LTO-pattereille. Toisaalta syklonin sijoittaminen, puhdistaminen sekä järjestelmän mitoitus ja tasopainotus kahden LTO:n huoneen välillä on vaikeaa ja kallista.

6.2 Automaattinen pesu

Viemäroity LTO huone sallisi automaattisen pattereiden pesun. Pesurin suunnittelu, mitoitus ja valmistelu vaativat isoja investointikustannuksia, koska neljä isoa patteria vaativat neljä erillistä automaattista pesujärjestelmää.

7 SUODATUKSEN VALINTA

7.1 Sopivien suodattimien valinta

Suodattimen tärkeimmät ominaisuudet ovat erotusaste ja pölynvarauskyky. Perinteisesti on kiinnitetty huomio erotusasteen, mutta varauskyky kertoo suodattimen käyttöönsä. Ongelmana on, että erilaiset pölyt käyttäytyvät suodattimissa kukin omalla tavallaan. Suodattimien tulee olla nimenomaan teollisuussuodattimia ja niiden tulee kestää kosteutta. Riittävä paine-eron kesto auttaa pidentämään vaihtovälejä.

Yleensä teollisuuslaitoksissa käytetään suodatusluokka F5 [2, s.67]. Myös [8, s. 44] mukaan: "Lämmöntalteenottolaitteissa, jotka sisältävät lamelleja, tulee minimilamellivälinä pitää 2 mm. Kun lamelliväli on pienempi kuin 6 mm, asennetaan lämmöntalteenottolaitteisto suodattimen jälkeen. Suositeltava suodattimen erotusaste on EU5."

Poistopuolella voi suodatusluokka olla karkeampi [2, s. 67]. Karkeasuodattimien käyttö on perusteltu silloin, kun pyritään suojaamaan vain pattereita likaantumiselta [1, s. 94].

Tutkimuksen mukaan puunjalostuksen sekatyövaiheiden tuottaman puupölyn aerodynaaminen halkaisija välillä on 15–23 µm [9, s. 15] eli myös epäpuhtauksien tyyppin perusteella (Taulukko 3) voidaan valita G4-F5 luokan suodattimet [1, s. 91].

Kasetti- tai mattosuodattimet eivät sovellu Pelloksen tehtaan puupölyn määrään. Niiden nopea likaantuminen tuo lyhyet vaihtovälit ja huoltokustannukset kasvavat.

Kannattaa kokeilla pussisuodattimia, koska niissä on suurempi pölyvarauskyky kuin kasetti- tai mattosuodattimessa.

Suodattimen valintaa tehtäessä on vakuututtava siitä, että suodattimissa on riittävästi suodatinmateriaalia (m²) suhteessa ilmamäärään. Ilman nopeus suodatinmateriaalin läpi lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\frac{\text{Ilmamäärä (m}^3\text{/s)}}{\text{Suodattimen materiaalin pinta-ala (m}^2\text{)}} = \text{Ilman nopeus läpi suodattimen materiaalin (m/s)} \quad (1)$$

Pussisuodattimille tyypillisiä syvyyksiä ovat 130, 200, 250, 300, 360, 500 ja 635 mm. Jos pussisuodattimet asennetaan imuaukon sulkupeltien jälkeen, niin on käytössä 600 mm huoltotilaa sulkupellista rakenteisiin. Asennuskehysten huomioon ottaen mukaan valitaan syvyydeksi 500 mm.

Suodattimen korkeus-leveydeksi valitaan 592×592 mm. Näin 9 suodatinta asennuskehyksillä peittävät 2m×2m imuaukon.

592×592×500 mittaisessa suodattimessa on 6 taskua ja sen suodatusmateriaalin pinta-ala on 3,6m².

Patterin pinta-ala $5\text{ m} * 2,5\text{ m} = 12,5\text{ m}^2$

Suodatuksen pinta-ala $2\text{ imuaukkoa} * (3,6\text{ m}^2 * 9\text{ suodatinta}) = 64,8\text{ m}^2$

Pussisuodattimien pinta-ala on näin ollen viisi kertaa suurempi kuin patterin otsapinta-ala.

Ilmannonopeus suodatinmateriaalin läpi G4-F5 on oltava noin 0,5 m/s.

Valitulla suodattimella saadaan sopiva ilmannonopeus suodatinmateriaalin läpi:

$$\frac{30\text{ m}^3/\text{s}}{2*(9*3,6\text{ m}^2)} = 0,46\text{ m/s}$$

8 ENERGIAHÄVIÖN TALOUDELLINEN MERKITYS

Tässä luvussa arvioidaan energian talteenoton taloudellista merkitystä. Lasketaan lämmityskaudelle tuloilman lämmitykseen tarvittavan energian määrä, kun lämmöntalteenotto on puhdas tai likainen.

Seuraavassa on tuloilman patterin lämmitysenergian kulutuksen karkea laskelma, jossa käytetään lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila (Mikkelissä 0 °C) [10, s56].

$$Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatteri, ei LTO}} = \rho_i \cdot C_{pi} \cdot q_{v, \text{tulo}} \cdot (T_{\text{tulo}} - T_u) \Delta t / 1000 \quad (2)$$

C_p ilman ominaislämpökapasiteetti, J/kgK, (=1006 J/kgK)

ρ_i ilman tiheys, kg / m³, (=1,2 kg/m³)

$q_{v, \text{tulo}}$ tuloilmavirta, m³/s

T_u ulkoilman lämpötila, °C

T_s sisäänpuhallusilman lämpötila, °C

Δt ajanjakson pituus, h [10, s.66]

$$Q_{\text{lämmityspatteri, ei LTO}} = 1006 \text{ J/kgK} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 56 \text{ m}^3/\text{s} * (17 \text{ °C} - 0 \text{ °C}) * 6552 \text{ h} = 7485 \text{ MWh}$$

Tuloilman lämmitykseen tarvittavan energian määrä käytettäessä lämmöntalteenoton (Kaava 3) saadaan vähentämällä tuloilman lämmitykseen tarvittavan energian kulutuksesta LTO:n avulla talteenotettu energia.

$$Q_{\text{lämmityspatteri, LTO}} = Q_{\text{lämmityspatteri, ei LTO}} * (1 - \eta_{t, a}) \quad (3)$$

$\eta_{t, a}$ lämmöntalteenoton tuloilman vuosihyötysuhde

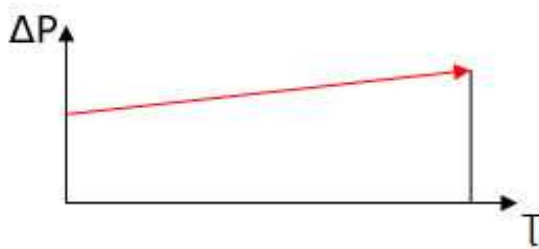
Lämmöntalteenoton tuloilman vuosihyötysuhde (Taulukko 4) on laskettu SIY Sisäilmatieto Oy [11] Excel-laskurin avulla.

Tuloilman lämpötilasuhde on tuloilman lämpenemiseen suhde poistoilman ja ulkoilman väliseen lämpötilaerotukseen. [12, s. 9] Sen voidaan laskea kaavasta (4).

$$\eta_t = \frac{t_{LTO} - t_u}{t_s - t_u} \quad (4)$$

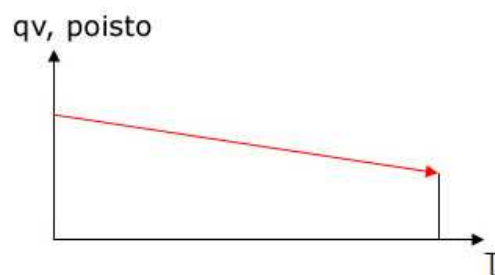
η_t	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde
t_s	sisäilman lämpötila, °C (on sama kuin t_p eli poistoilman lämpötila)
t_{LTO}	tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen, °C (käytetään laitteen suunnittelijan antamaa arvoa)
t_u	ulkoilman lämpötila, °C (mitoituslämpötila Mikkelissä on -29 °C)

Lämmöntalteenoton lamellipatterin likaantuessa paine-ero patterin yli kasvaa.

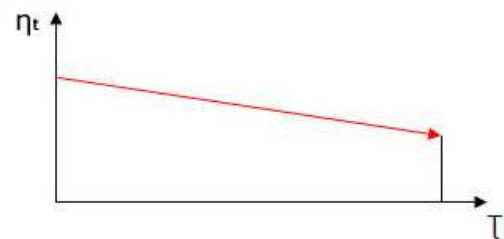


KUVA.8 Paine-ero patterin yli

Samalla kaksi lämmöntalteenotettavan energian määrän vaikuttavaa tekijää muuttuvat:



KUVA.9 Poistoilmavirtojen muutos



KUVA.10 LTO:n lämpötilasuhteen muutos

Poistoilmavirta ($q_{v, \text{poisto}}$) vähenee, kun lamellipatterin välit ovat tukossa (kuva 9) ja se vaikuttaa ilmavirtojen suhteeseen R.

Lämpötilaero (Δt) pienenee, kun patterin pinnan likainen kerros toimii lämmöneristeenä (kuva 10) ja se vaikuttaa lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhteeseen.

Lasketaan lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhdetta, kun LTO-laitteet ovat puhtaat:

$$\eta_{t1} = \frac{-7,2^{\circ}\text{C} - (-29^{\circ}\text{C})}{30^{\circ}\text{C} - (-29^{\circ}\text{C})} = 0,37$$

Lämpötilasuhteen voidaan arvioida heikentyvän arvoon 0,32, kun laitteiston poistoilmapatterit likaantuvat.

R-ilmavirtasuhte, tulo- ja poistoilmavirtojen suhde muuttuu lämmöntalteenoton pattereiden likaantumisen mukaan:

Puhdas LTO	R=0,9
Likainen LTO	R=1

Taulukosta 4 saadaan lämmöntalteenoton tuloilman vuosihyötysuhteet:

Puhdas LTO	$\eta_{t, a1} = 63,0 \%$
Likainen LTO	$\eta_{t, a2} = 54,9 \%$

Taulukko 4. Lämmöntalteenoton tuloilman vuosihyötysuhde

Ilmanvaihdon vuosihyötysuhteen laskenta					
SIY Sisäilmatieto Oy					
Sisäänsyöttötiedot: Puhdas LTO					
Sisälämpötila	30,0	°C	LTO:n tulo puolen lämpötilahyötysuhde	37,0	%
Sisäänpuhalluslämpötila	17,0	°C	Ilmanvaihtokoneen ilmavirtojen suhde (tulo/poisto)	1	-
Jäätymissuoja	0,0	°C	Poistoilmavirtojen suhde (kone / koko rakennus)	0,98	-
Lämmityskauden raja	12,0	°C	Poiston lämpötilahyötysuhde	37,0	%
Tulokset:		Jyväskylä			
LTO:n tuloilman vuosihyötysuhde	63,0	%	Perinteinen hyötysuhde		
LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde	36,6	%	Koko rakennuksen ilmanvaihdon hyötysuhde		
Ilmanvaihdon vuosihyötysuhde	35,9	%			
D2:n kerroin	0,99	-			
Sisäänsyöttötiedot: Likainen LTO					
Sisälämpötila	30,0	°C	LTO:n tulo puolen lämpötilahyötysuhde	32,0	%
Sisäänpuhalluslämpötila	17,0	°C	Ilmanvaihtokoneen ilmavirtojen suhde (tulo/poisto)	0,9	-
Jäätymissuoja	0,0	°C	Poistoilmavirtojen suhde (kone / koko rakennus)	0,98	-
Lämmityskauden raja	12,0	°C	Poiston lämpötilahyötysuhde	28,8	%
Tulokset:		Jyväskylä			
LTO:n tuloilman vuosihyötysuhde	54,9	%	Perinteinen hyötysuhde		
LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde	28,7	%	Koko rakennuksen ilmanvaihdon hyötysuhde		
Ilmanvaihdon vuosihyötysuhde	28,1	%			
D2:n kerroin	0,90	-			

Tuloilman lämmityksen energiantarve LTO:n kanssa:

$$\text{Puhdas LTO } Q_{\text{lämmityspatteri, LTO}} = 7485 \text{ MWh} * (1 - 0,63) = 2769,45 \text{ MWh}$$

$$\text{Likainen LTO } Q_{\text{lämmityspatteri, LTO}} = 7485 \text{ MWh} * (1 - 0,55) = 3368,25 \text{ MWh}$$

Erotus:

$$3368,25 \text{ MWh} - 2769,45 \text{ MWh} = 598,80 \text{ MWh}$$

Lämmityskustannusten muutos:

$$598,80 \text{ MWh} * 30,47 \text{ €/MWh} = 18245,49 \text{ €}$$

9 HUOLTOKUSTANNUKSIEN VERTAILU

9.1 Huoltopesu

2 viikon välein patterien letkupesu painepesurilla. Työn kesto noin 8 tuntia.

$$n. 15 * 8 h * 40 € = 4800 €$$

3 kertaa kaudessa korkeapainepesuauton laitteistolla suoritettu pesu. Työn kesto on noin 10 tuntia.

$$n. 3 * 10 h * 120 € = 3600 €$$

yht. 8400 €

9.2 Suodattimet

Esi- ja perussuodattimien tarkastusväli 2...4 viikkoa, puhdistus- tai vaihtoväli 1...12 kuukautta, tai kun paine-ero on kasvanut kaksinkertaiseksi alkupainehäviöön verrattuna [3, s. 151]. Oikea suodattimien vaihteluväli kuitenkin paljastuu vasta koekäytön jälkeen. Kustannusvertailua varten otetaan vaihteluväliksi 2 kuukautta, koska pusuodattimien pinta-ala on viisi kertaa suurempi kuin patterin pinta-alaa. Tällöin lämmityskauteena tulee noin 4 vaihtoa.

Tämän tyyppisen suodattimien hinta on noin 20 €/suodatin.

$$4 \text{ imuaukkoa} * 9 \text{ suodatinta} * 20 € = 720 €$$

$$4 \text{ vaihtoa} * 720 € = 2880 €$$

10 LOPPUTULOKSET JA PÄÄTELMÄT

10.1 Tulos

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin ilmanvaihtokoneen energiankulutuslaskelmia lämmöntalteenoton lamellipatterin ollessa puhtaana ja likaisena. Laskentatuloksissa havaittiin energiankulutuksen nousua laitteen likaantumisen myötä.

Huoltokustannuksien vertailu osoitti, että poistoilmasuodattimet ovat nykyiseen huoltopesuun verrattuna edullisempi vaihtoehto pitää laitteen lamellipatteri puhtaana. Poistoilmasuodattimien tehtävänä on pitää puhtaana poistoilman lämmöntalteenottoalaite poistoilmassa olevista epäpuhtauksista, koska puhdas LTO on tärkeä asia energiatalouden kannalta. Täytyy ottaa huomioon, että laskelmissa on käytetty suodattimien arvioitua vaihtoväliä.

Teollisuuden LTO:n vaihtoehtoja kannattaa miettiä tarkkaan ennen rakentamista, sillä LTO:lla on iso rooli energian säästämässä. Kovin pölyisen poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmän vaihtoehtoja ovat esimerkiksi nestekiertoinen järjestelmä neula-putkipatterilla tai levylämmönsiirtimet.

10.2 Parannusehdotuksia

Poistoilmasuodattimien käytön kokeilu yhdessä lämmöntalteenottohuoneessa.

Kesäaika: – ei suodatusta
 – LTO:n väliseinän sulkupellit ja väliovi auki (poistoilman virtaus patterin ohi)

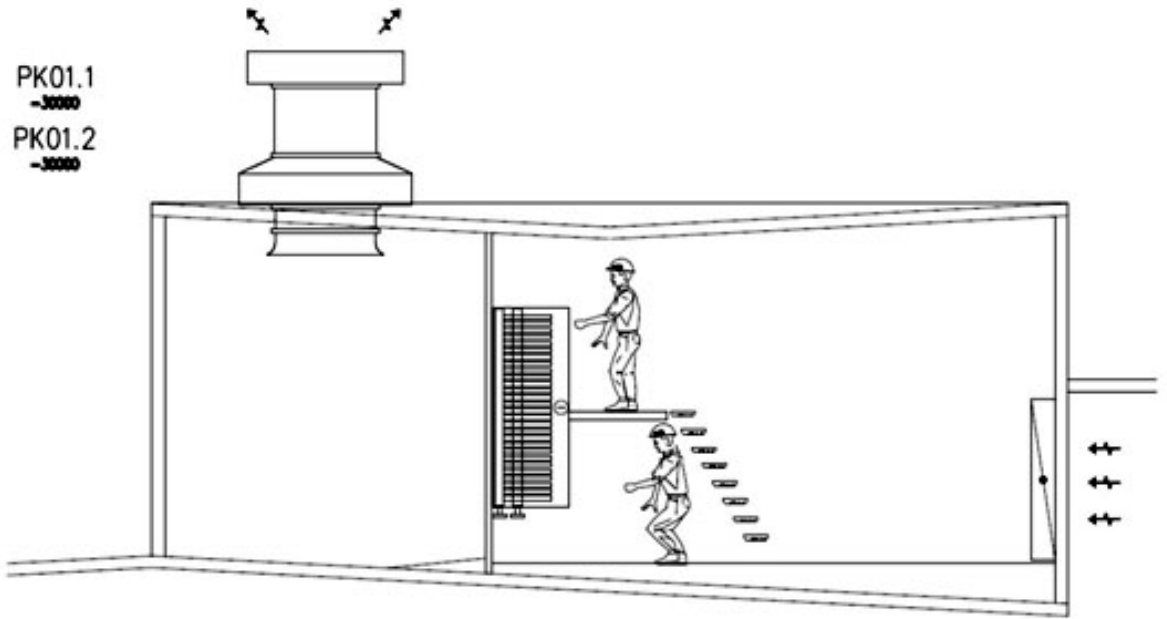
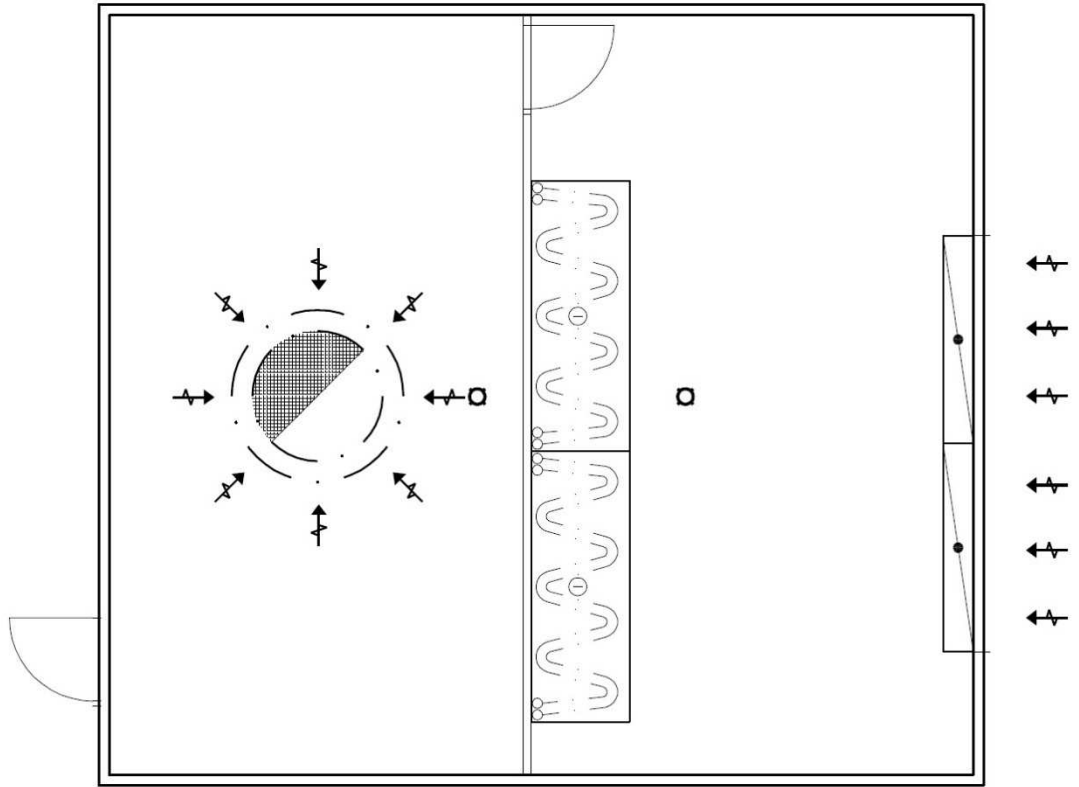
Lämmityskausi: – ennen LTO:n kytkenemisen päälle patterin pesu
 – suodattimet paikalleen

Työympäristön säännöllinen siivous vähentää syntyvän pölyn määrää. Täytyy myös muistaa, että poistoilmavirta muuttuu suodattimen likaisuuden mukaan. Suodattimien säännöllinen tarkastus ja vaihto parantavat lämmöntalteenottojärjestelmän toimintaa ja luovat paremman ja viihtyisämmän työympäristön.

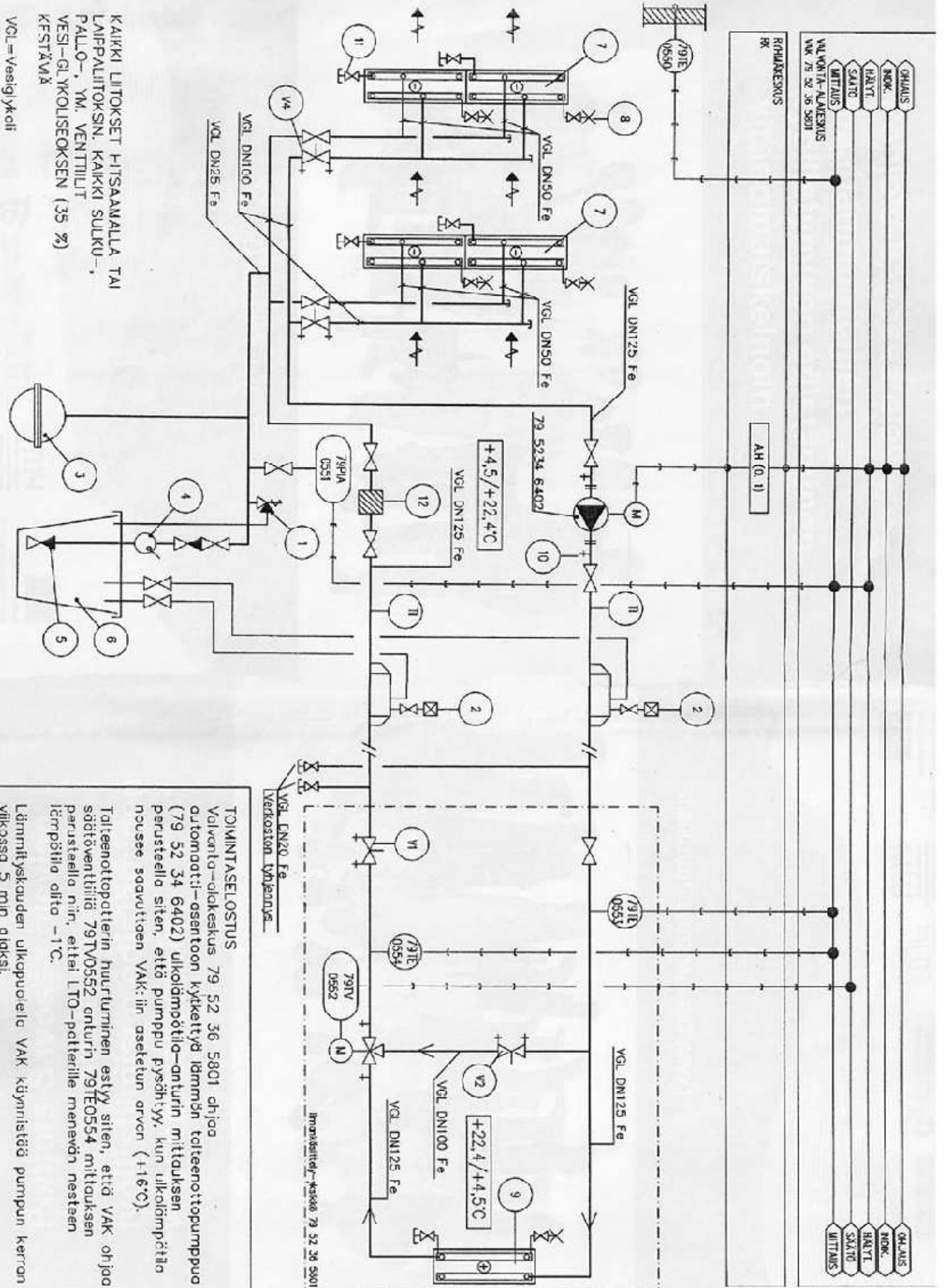
LÄHTEET

- /1/ Neste 1990. Teollisuusrakennusten ilmastointi ja lämmitys. Espoo: Neste.
- /2/ Harju, Pentti 2008. Ilmastointitekniikan oppikirja 1. Kouvola: Penan tieto-opus.
- /3/ Halminen, Esa ym. 1994. Ilmastointitekniikka. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK.
- /4/ Tähti, Esko ym. 2002. Teollisuusilmastoinnin opas. Helsinki: Suomen Talotekniikan Kehityskeskus (TAKE).
- /5/ Suomen RakMK D2 2010. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.
- /6/ Räisänen, Miika. Aluepäällikkö, Halton. puh. keskustelu 15.04.2011.
- /7/ Halton. WWW-dokumentti.
<http://www.halton.fi/halton/cleanair/fi/cms.nsf/pages/C0E583C87CF494D0C225718B003DF13E?opendocument>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.2.2011.
- /8/ Ripatti, Harri ym. 2002. Puhtaan ilmanvaihdon suunnitteluohje. Espoo: Sisäilmäyhdistys.
- /9/ Liukkonen, Tuula. Puupölypitoisuudet ja työntekijöiden altistuminen puutuote- ja huonekaluteollisuudessa vuosina 1980–2005. Licensiaattityö. Lappeenranta: Työterveyslaitos.
- /10/ Suomen RakMK D5 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.
- /11/ WWW-dokumentti.
<http://teknologiateollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/lto-vuosihy-tysuhteen-laskenta.html>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.2.2011. SIY Sisäilmätieto Oy.
- /12/ Ympäristöministeriön moniste 122. Helsinki 2003.

LTO-LEIKKAUSKUVA



KYTKENTÄKAAVA



KAIKKI LIITOKSET HITSAMALLA TAI
LAIPPALIITOKSIN. KAIKKI SULKU-
PALLO-, YM. VENTTIILIT
VESI-GLYKOLISEOKSEN (35 %)

KESTÄVÄ

VGL = Vesiglykoli

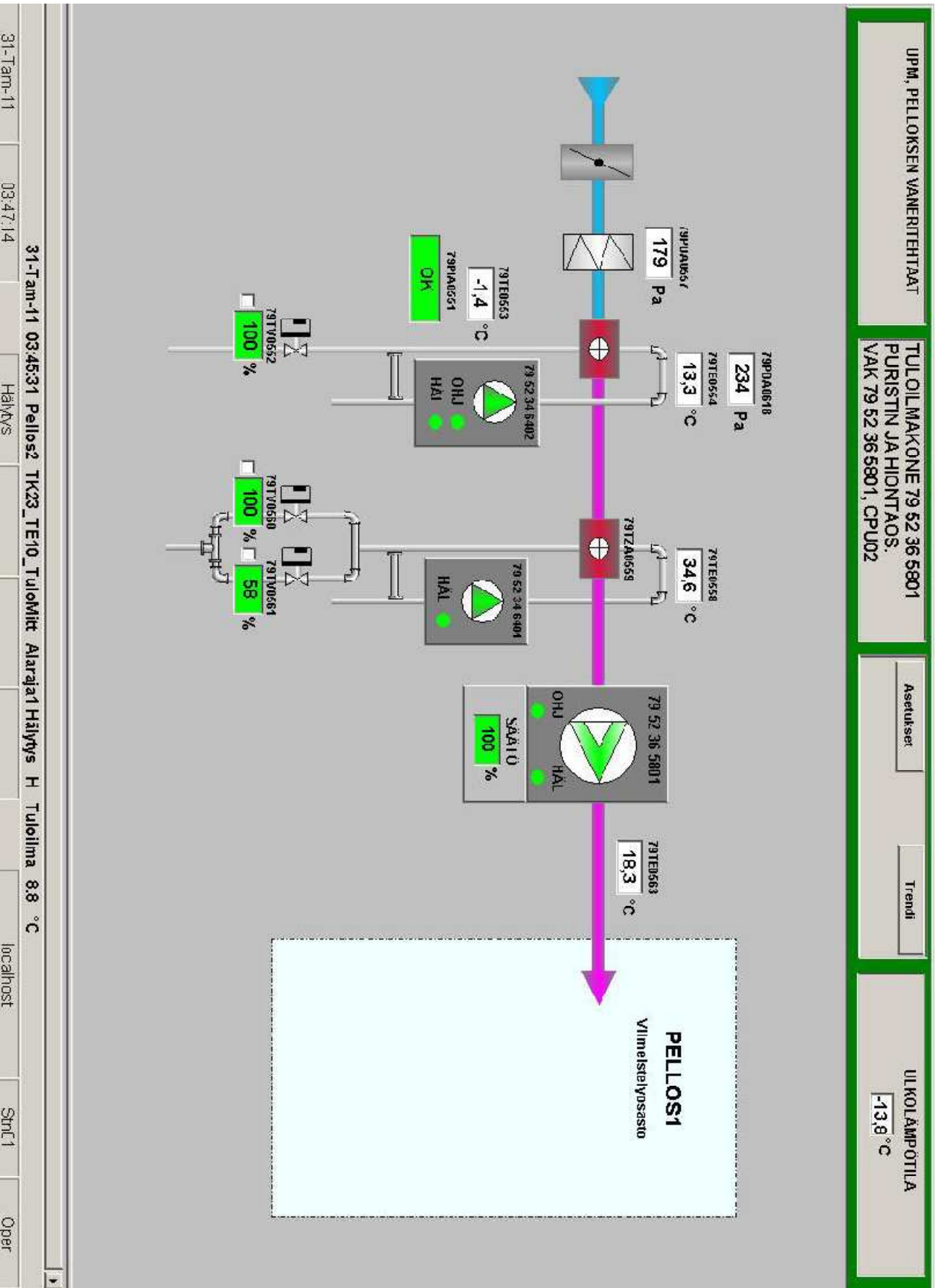
TOIMINTASELOSTUS

Valvonta-alakeskus 79 52 36 5801 ohjaa automaattisesti asennoon kytkettyä lämmön talteenottopumppua (79 52 34 6402) ulkolämpötila-anturin mittauksen perusteella siten, että pumppu pysähtyy, kun ulkolämpötilan nousee saavutetun VAK:iin asetetun arvon (+16°C).

Talteenottoputtimen huurturninen estyy siten, että VAK ohjaa säätöventtiiliä 79TV0552 anturin 79TE0554 mittauksen perusteella niin, ettei LTO-patterille menevä neste jäähtymättä olta -1°C.

Lämmityskauden ulkopuolelta VAK käynnistää pumppua kerran viikossa 5 min ajaksi.

VAK-NÄYTTÖ

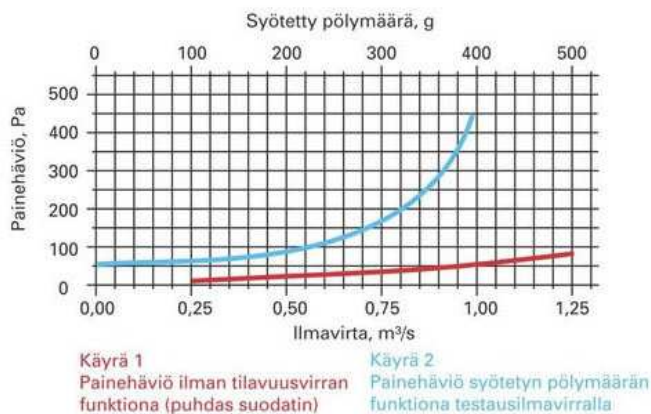
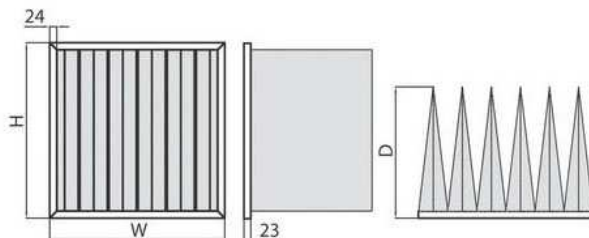


PUSSISUODATIN

F5 Synteettinen



Mitat



Yleiset ominaisuudet

F5-luokan suodattimet poistavat osittain liikenteen ja energiantuotannon aiheuttamia ilman epäpuhtauksia. Ne myös erottavat hieno- ja siitepölyä sekä jossakin määrin savuhiukkasia ja bakteereja.

Tyypilliset käyttökohteet

Suodattimet on suunniteltu ilmastointijärjestelmien tulo- ja poistoilman puhdistukseen erilaisissa kohteissa, kuten toimistoissa, julkisissa rakennuksissa ja teollisissa tiloissa. Voidaan käyttää esisuodattimina sekä erityistä kosteudensietokykyä vaativissa olosuhteissa.

Materiaalit

Synteettisen suodattimen materiaali on valmistettu korkealuokkaisista ja kestävästä, syvyysuuntaan tiheivistä synteettisistä kuiduista.

Toimintaolosuhteet

Maks. käyttölämpötila:	75°C
Suhteellinen kosteus:	Max. 100 %
Suodattimen vaihtoa suositellaan viimeistään painehäviön ollessa:	250 Pa
Alkuerotusaste:	0,4 µm – 4 %
	1,0 µm – 14 %
	2,5 µm – 54 %

Rakenne

Suodattimien sisä- ja ulkokehukset on valmistettu galvanoidusta teräksestä tai poltettavaksi sopivasta muovista. Tiiviiden varmistamiseksi suodatintaskut on liimattu ulkokehukseen. Suodatintaskujen liikaa avautumista ehkäisevät ompelit varmistavat oikean avautumisen; näin varmistetaan luotettava ja oikea toiminnallisuus kuten myös korkea pölynvarauskyky. Ommelten tiiviys on varmistettu kuumaliimalla.

Koot

Halton tarjoaa laajan valikoiman vakiokokoisia suodattimia. Tilauksesta valmistamme suodattimia myös erikoismittaisina

Tekniset tiedot

Halton koodi	Mitat LxKxS mm	Suodatinluokka, EN779:2002	Ilmavirta	
			m³/h	m³/s
CL-33-y-F5 S L=635	287x287x635	F5	800	0,22
CL-35-y-F5 S L=635	287x492x635	F5	1350	0,38
CL-36-y-F5 S L=635	287x592x635	F5	1700	0,47
CL-39-y-F5 S L=635	287x892x635	F5	2500	0,69
CL-56-y-F5 S L=635	492x592x635	F5	2800	0,78
CL-59-y-F5 S L=635	492x892x635	F5	4000	1,11
CL-63-y-F5 S L=635	592x287x635	F5	1700	0,47
CL-64-y-F5 S L=635	592x392x635	F5	2250	0,63
CL-65-y-F5 S L=635	592x492x635	F5	2800	0,78
CL-66-y-F5 S L=635	592x592x635	F5	3400	0,94
CL-69-y-F5 S L=635	592x892x635	F5	5000	1,39
CL-93-y-F5 S L=635	892x287x635	F5	2500	0,69
CL-96-y-F5 S L=635	892x592x635	F5	5000	1,39

Koodiavain: CL – 33 (Leveys, Korkeus) – y (Taskujen määrä) – F5 (Suodatinluokka) – LK (Materiaali) – 635 (Syvyys)

Leveys, Korkeus: 3=287mm, 4=392mm, 5=492mm, 6=592mm, 9=892mm

Syvyys: vakio koot L=300, 360, 420, 547, 635.

ALKUPAINEHÄVIÖ CL-66-F5 S L=635; 50 Pa (3400 m³/h)

ASENNUSKEHYKSET

ASENNUSKEHYKSET JA -KISKOT

**Yleiset ominaisuudet**

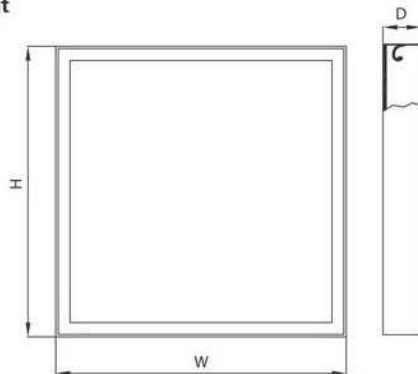
Asennuskehysiä ja -kiskoja käytetään suodattimien helppoon ja varmaan kiinnittämiseen.

Käyttökohteet

Suodattimien kiinnittämiseen tarkoitettuja asennuskehysiä voidaan käyttää sekä yksittäisille suodattimille että suurempien suodatinseinien rakentamiseen. Ilmastointijärjestelmien muutos- ja uudistamistöissä asennuskehukset ovat helppo tapa laadukkaasti suodatinkiinnityksen varmistamiseen. Suurempia suodatinseiniä rakennettaessa asennuskehysten tukemiseen ja kiinnittämiseen tarvitaan myös asennuskiskoja.

Materiaali ja rakenne

Asennuskehukset ja -kiskot on valmistettu tukevasta sinkitystä teräslevystä. Kehysten ja kiskojen liittäminen toisiinsa suodatinseinäksi käy helposti valmiiden kiinnitysreikien avulla. Asennuskehys on tiivis, koska suodatinta vasten tulevaa reunaa kiertää joustava tiivistenauha, joka mukautuu hyvin suodattimen kehystä vasten. Suodatin lukitaan paikalleen asennuskehukseen kuuluvan lukitusjousen avulla. Kehyksessä voidaan käyttää kolmea suodattimen kehysraamin syvyyttä.

Mitat**Tekniset tiedot**

Suodatinkehysten koko (mm)	Asennuskehysten leveys (mm)	Asennuskehysten korkeus (mm)	Asennuskehysten syvyys (mm)
287 x 287	305	305	80
287 x 592	305	610	80, 100*, 130*
492 x 592	508	610	80
592 x 592	610	610	80, 100*, 130*

*= Saatavissa erikoistilauksena

KEHYSLISTAT (U ja L-listat)

Kehyslistoja käytetään yleensä suodattimien kiinnitysten rakentamiseen saneerauskohteissa. Tarjoamme kattavan valikoiman erilaisia kehyslistatuotteita. Tarkemmat tiedot löytyvät asiakaspalvelustamme.