



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

INSENERITEADUSKOND

Virumaa kolledž

Ventilatsiooniseadme energiatarbivuse sõltuvus filtrist
Energy consumption of the ventilation unit depending on the filter

Energiatehnoloogia protsesside juhtimine ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jorgen Helbre

Üliõpilaskood: 182705

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar,
nooremlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele

lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Jorgen Helbre (sünnikuupäev:16.09.1994)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Ventilatsiooniseadme energiatarbivus sõltuvus filtrist“ mille juhendaja on Aleksei Hõbesaar,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Jorgen Helbre, 182705

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 Energiatehnika

Juhendaja(d): nooremlektor, Aleksei Hõbesaar, aleksei.hobesaar@taltech.ee

Konsultant: Andre Rannula, Juhatuse liige

Filter Plus OÜ, 5115932, andre@filterplus.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Ventilatsiooniseadme energiatarbivus sõltuvus filtrist

(inglise keeles) Energy consumption of the ventilation unit depending on the filter

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tuvastada ventilatsiooniseadme elektri tarbimine vahetamata filtrite korral
2. Ventilatsiooniseadme elektri tarbimine erinevate filtrite korral
3. Sobilikuima varjandi leidmine, mis oleks kõige energiasäästlikum ja rahaliselt kliendisõbralikum.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Ventilatsiooni seadme vajalikud mõõtmised, sealhulgas õhuvoolude mõõtmine.	Oktoober 2021 ja Aprill 2022
2.	Arvutuste koostamine	Aprill 2022
3.	Info kogunemine ja lõputöö valmistamine	Aprill 2022

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: 03. jaanuar 2023

Üliõpilane: Jorgen Helbre

03. jaanuar 2023

/allkiri/

Juhendaja:

"....."..... 20.....a

/allkiri/

Konsultant:

"....." 20.....a

/allkiri/

Programmijuh:

"....." 20.....a

/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. EL DIREKTIIVID JA SEADUSED.....	10
2. ÕHUFILTRID	12
2.1 Õhufiltrite tüübid.....	12
2.2 Filtrite puhastusklassid.....	13
3. KATSE.....	15
3.1 Filtri testaruanne	15
3.2 Seadme tutvustus	16
3.3 Seadme juhtimine	17
3.4 Filtrite seisund	19
3.5 Parameetrid enne filtrite vahetust	20
3.6 Parameetrid pärast filtrite vahetust	21
3.7 Energiakulu arvutamine	23
3.8 Voolutarbimise võrdlus ning hinna arvutamine	23
KOKKUVÕTE	26
SUMMARY.....	27
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	28
LISA 1.TEST RAPORT	29

EESSÕNA

Lõputöö viidi läbi Tallinnas, koostöös Filter Plus OÜ-ga ning Comfort AE AS-iga. Tänu teisele saadi vajalik info lõputöö jaoks. Mõõtmised tehti ühes Tallinnas asuvas metallitöödega tegelevas tehases, kus mõõdeti ainult ühte konkreetset ventilatsiooniseadet.

Töö autor soovib tänada lõputöö juhendajat Aleksei Hõbesaar toetuse eest.

Võtmesõnad: Ventilatsiooniseade, filtrid, energia tarbivus, diplomitöö

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

qT – Sissepuhke õhukiirus (m³/s)

qP – Väljatõmbe õhukiirus (m³/s)

LL – Plaadilekande soojustagastus

LG – Vee-glükooli spiraali soojustagastus

LR – Rootori soojustagastus

etaTs – Temperatuuri efektiivsus konstantse õhuvoolu juures

eraT – Temperatuuri efektiivsus määratud õhuvoolu juures

v – Radiaatorite pinna pinnakiirus (m/s)

qLP – Küttespiraali veevool (l/s)

qJP – Jahutusspiraali veevool (l/s)

qLTO – Aku vedeliku voolavus (l/s)

LWP – Helivõimsuse tase masina survepoolel (dB[A])

LWI – Helivõimsuse tase masina imemisküljel (dB[A])

PN – Ventilaatori mootori nimivõimsus (kW)

IN – Ventilaatori mootori nimivool (3–400 V) (A)

SFPv – Üksiku masina elektri erivõimsus, puhta filtri korral (kW/m³/s)

SFP – Sisselaske-väljalaske masina elektri erivõimsus, puhas filter (kW/m³/s)

ePM – Tõhusus, mis näitab kui suuri tahkete osakesi filter kinni püüab

SISSEJUHATUS

Antud teema on valinud autor seetõttu, et tänapäeva kiiresti arenevas ühiskonnas on tulnud kohustuslikuks kasutada ventilatsiooniseadet suurtes tehastes, keskustes, kortermajades, ärihoonetes ja teistest suurtest hoonetes.

Sellega seonduval tekitab ventilatsiooniseade lisa elektrikulusid ja hoolduskulusid, et tagada puhas õhk hoonetes. Millest küll väga ei räägita on see, et selleks, et ventilatsiooniseade suudaks tagada puhast õhku, on vaja ka korrapäraselt filtreid vahetada ning on väga oluline, milliseid filtreid kasutatakse, et tagada inimestele puhtam sissehingatav õhk ning samas oleks rahaliselt taskukohane. Autor viis läbi katse, kus hindab, kas ja kui palju filter mõjutab ventilatsiooniseadme energiakulu.

1. EL DIREKTIIVID JA SEADUSED

Ehitussektor on Euroopa Liidu (edastpidi EL) energia- ja keskkonnaeesmärkide saavutamiseks ülioluline. Antud sektor vastutab selle üle kui energiatõhusad on hooned, inimeste tervis, elukvaliteet, jne. EL on liikumas 0 energia suunas, seega peab ka ehitussektor tegema vastavaid muudatusi, et tagada võimalikult energia efektiivsed hooned. Üks osa, et tagada energiasäästlik keskkond, on paranduste tegemine ventilatsioonisüsteemide osas ja just ventilatsioonisüsteemid tagavad õhukvaliteeti. Kuna antud seadmetes kasutatakse ka filtreid õhu filtreerimiseks, on väga oluline, mis filtreid kasutatakse teatud hoonetes. Filtrid aitavad tagada paremat õhukvaliteeti hoonetes, väiksemat viiruste levikut ning paremat töökvaliteeti. Selleks et oleks kõigile ühiselt mõista ja et oleks kõigi kodanike suhtes võrdne, on EL loonud direktiivid.

Ehitiste energiatõhususe suurendamiseks on EL loonud õigusraamistiku, mis hõlmab ehitiste energiatõhususe direktiivi 2010/31/EL ja energiatõhususe direktiivi 2012/27/EL [1].

Üheskoos edendavad direktiivid poliitikat, mis aitab saavutada 2050. aastaks seatud energiatõhususe ja süsinikdioksiidivaba keskkonna. Samuti aitab luua stabiilset keskkonda investeerimisotsuste tegemiseks, võimaldades tarbijatel ja ettevõtetel teha energia ja raha säästmiseks teadlikumaid valikuid.

Pärast energiatõhususe reeglite kehtestamist riiklikes ehitusnormides tarbivad hooned tänapäeval vaid poole vähem, võrreldes 1980. aastate tüüpiliste hoonetega

Energiatõhususe direktiivi 2010/31/EL ja energiatõhususe direktiivi 2012/27/EL direktiivi muudeti 2018. ja 2019. aastal paketi „Puhas energia kõigile eurooplastele“ osana. Ehitiste energiatõhususe (2018/844/EL) muutva direktiiviga võeti kasutusele uued elemendid ja saadeti tugev poliitiline signaal ELi pühendumusele ajakohastada hoonete sektorit tehnoloogiliste täiustuste valguses ja suurendada hoonete renoveerimist [2].

2020. aasta oktoobris esitles komisjon Euroopa roheline kokkuleppe osana oma renoveerimislaine strateegiat. See sisaldab tegevuskava konkreetsete regulatiivsete, rahastamis- ja võimaldavate meetmetega hoonete renoveerimise hoogustamiseks. Selle eesmärk on 2030. aastaks vähemalt kahekordistada hoonete iga-aastast energiarenoveerimise määra ja soodustada põhjalikku renoveerimist. Ehitiste energiatõhususe direktiivi läbivaatamine on üks selle peamisi algatusi. Ehitiste energiatõhususe direktiivi läbivaatamine on üks selle peamisi algatusi [1].

2021. aasta detsembris tegi komisjon ettepaneku direktiivi läbivaatamiseks (COM(2021) 802 lõplik). Sellega ajakohastatakse olemasolevat reguleerivat raamistikku, et kajastada suuremaid ambitsioone ja pakilisemaid vajadusi kliima- ja sotsiaalmeetmete vallas, pakkudes samal ajal ELi riikidele vajalikku paindlikkust, et võtta arvesse hoonefondi erinevusi Euroopas.

Samuti sätestatakse selles, kuidas Euroopa saab 2050. aastaks saavutada heitkogustevaba ja täielikult süsinikdioksiidivaba hoonefondi. Kavandatavad meetmed suurendavad renoveerimise määra, eriti iga riigi halvima toimivusega hoonete puhul. Läbivaadatud direktiiv ajakohastab hoonefondi, muutes selle vastupidavamaks ja juurdepääsetavamaks. Samuti toetab see paremat õhukvaliteeti, hoonete energiasüsteemide digitaliseerimist ja säästva liikuvuse infrastruktuuri väljaarendamist. Oluline on see, et läbivaadatud direktiiv hõlbustab ehitussektori investeringute sihipärasemat rahastamist, täiendades teisi ELi vahendeid, millega toetatakse haavatavaid tarbijaid ja võideldakse kütteostuvõimetusega.

Tagamaks, et hooned vastavad kõrgendatud kliimaeesmärkidele, nagu on esitatud 2030. aasta kliimaeesmärgi kavas ja kajastatud 2021. aasta juulis Euroopa roheline kokkuleppe paketi elluviimises, on komisjoni uue ettepaneku eesmärk aidata kaasa eesmärgi saavutamisele. vähendada 2030. aastaks ehitussektoris heitkoguseid 2015. aastaga võrreldes vähemalt -60% ja saavutada 2050. aastaks kliimaneutraalsus. See toimib käsikäes Euroopa roheline kokkuleppe paketi muude algatustega, eelkõige kavandatava uue paketi läbivaatamisega. hoonetes kasutatavate kütuste heitkogustega kauplemise süsteemi, energiatõhususe direktiivi, taastuvenergia direktiivi, samuti alternatiivkütuste infrastruktuuri määrust.

Uue ettepaneku peamised meetmed on järgmised:

- Energiatõhususe miinimumstandardite järkjärguline kehtestamine, et käivitada kõige halvemate hoonete renoveerimine
- Uus standard uutele hoonetele ja ambitsioonikam visioon, et hooned oleksid nullheitega
- Täiustatud pikaajalised renoveerimisstrateegiad, mis nimetatakse ümber riiklikeks hoonete renoveerimiskavadeks
- Energiasertifikaatide suurem usaldusväärsus, kvaliteet ja digitaliseerimine; energiatõhususe klassid peavad põhinema ühistel kriteeriumidel
- Põhjaliku renoveerimise määratlus ja hoonete renoveerimispasside kasutuselevõtt

- Hoonete ja nende süsteemide kaasajastamine ning parem energiasüsteemide integreerimine (küte, jahutus, ventilatsioon, elektrisõidukite laadimine, taastuvenergia)

2. ÕHUFILTRID

2.1 Õhufiltrite tüübid

Õhufiltrid jaguned mitmeks erinevaks osaks. Sõltuvalt vajadusele ja kasutusalaale jaotatakse filtri tüübid järgmisteks osadeks:

1. Paneelfiltrid

Paneelfiltreid kasutatakse enamasti kodu ventilatsiooni seadmetes, kus on madalamad õhuvoolud. Üldjuhul koduventilatsiooni seadmetes. Samuti võib neid kasutada ka eelfiltritena suuremates seadmetes, kus vaja eelnevalt suurem tolm ära filtreerida.

2. Kottfiltrid

Kottfilter on valmistatud mitme taskuga filtrikonstruktsioonist, mida toetab galvaniseeritud terasest või plastikust päis. Sobivad ideaalselt kasutamiseks ventilatsioonisüsteemides, mis nõuavad kõrget õhukvaliteeti, mida sageli vajatakse hoonete, sealhulgas kontorite, koolide, kaubanduskeskuste, haiglate ja köökide õhu sissepuhumiseks. Samuti on suurema tolmu kogumisvõime kui paneel filtrid ning omavad väiksemat algtakistust

3. Kompakt filtrid

Kompaktkassette kasutatakse peamiselt turbomasinate õhuvõtusüsteemides, ventilatsiooni- ja kliimaseadmetes, laborites, keemia- ja farmaatsiatehastes ning töökohtade tolmueemalduskatetes. Nende uuenduslik minipleat-tehnoloogia koos kuumsulavvoldfiksatsiooniga tagab filtri pinna optimaalse kasutamise ja suurima füüsilise tugevuse. Nendes filtrikassettides kasutatavad filtrimaterjalid on kvaliteetsed märgkihiga klaaskiudmaterjalid. Need pakuvad maksimaalset filtripinda, võttes samas minimaalse ruumi, võimaldades paigaldada tõhusaid filtreerimissüsteeme ka väga kitsastesse kohtadesse.

4. Rasvafiltrid

Rasvafiltrid on ette nähtud rasvaosakeste eemaldamiseks väljatõmbekatetest köögi õhuvoolus. Väljalaskesüsteemid, mille õhufiltrid on purunenud, puuduvad või alamõõdulised, koguvad kogu kanalisüsteemi ulatuses kergestisüttivaid rasvajääke.

5. HEPA/ULPA filtrid

HEPA/ULPA filtreid paigaldatakse ruumidesse, kus on nõutud maksimaalne õhupuhtus. Need filtrid on vajalikud õhusissepuhke poolele, et peatada nt viiruste, pisikute, toksilise tolmu, aerosoolide vmt sissevoolu. Filtrid vastavad ventilatsioonistandardile DIN 1946 ja neid kasutatakse näiteks operatsioonisaalides, intensiivravi palatites, laboratooriumides ning muudes ruumides, kus on oluline pisikute- ja tolmuvaba õhk. Samuti saab paigaldada ka õhu väljatõmbe poolele, kui patogeene, toksilisi või radioaktiivseid osakesi peab eraldama väljatõmbeõhust. Nendes filtrites kasutatakse vaid kõrgkvaliteetset ja efektiivset klaaskiudpaberit, mida on saadaval erinevates eraldusvõime astmetes H10–U17.

6. Padrunfiltrid

Tööstuslikke kassettfiltreid kasutatakse laialdaselt sellistes tööstusharudes nagu farmaatsiatooted, kemikaalid, tindid ja värvid, toiduained ja joogid, autotööstus, tsemenditööstus, nafta ja gaas, rafineerimistehased, naftakeemiatööstus ja palju muud. Nende kassetide puhastamine on oluline, et tagada nende järjepidev filtreerimine pikk eluiga.

7. Värvikambrite filtrid

Väljalaskefiltrid asuvad kabiini väljalaskeotsas väljatõmbeventilaatori lähedal, püüdes kinni värvipihustusosakesed. Filtrid kaitsevad töötajaid nii kabiini sees ja väljaspool, kui ka kohaliku keskkonda töökoha ümber värvipihustusega kokkupuute eest. Sisselaskefiltrid on üks levinumaid pihustuskabiinide tüüpe, mida kasutatakse nii allavoolu- kui ka risttõmbekabiinides. Põhjus on selles, et värvikabiini sisselaskefiltrid kurnavad kabiini voolavat õhku, eemaldades nii palju saastet kui võimalik.

2.2 Filtrite puhastusklassid

Alates 2017 aastast võeti kasutusele uus filtrite puhastusklasside normatiiv – ISO16890. Sellele eelnenud EN779 standard oli väga laialdane ning puudusid konkreetset piirid, mille tõttu kasutati väga palju erineva kvaliteediga filtreid. Samuti võeti arvesse ainult 0,4 µm suuruseid osakesi. Varasemalt kasutatud filtrite puhastusklassid olid G3, G4, M5, F7, F8, F9. Uus standard aga muutus täpsemaks ja konkreetsemaks, võttes arvesse 10-0,3 µm suuruseid osakesi (Tabel 2.1).

Filtri grupp	Osakeste suurus (μm)	Klassifikatsiooni kriteerium
ISO ePM1	$0.3 \leq x \leq 1$	Minimaalne efektiivsus $\geq 50\%$
ISO ePM2,5	$0.3 \leq x \leq 2,5$	Minimaalne efektiivsus $\geq 50\%$
ISO ePM10	$0.3 \leq x \leq 10$	Keskmine efektiivsus $\geq 50\%$
ISO Coarse	$0.3 \leq x \leq 10$	Keskmine efektiivsus $< 50\%$

*ePM- efficiency Particulate Matter

Tabel 2.1 Filtrite grupid koos osakeste suurustega

1. Coarse

Selle puhastusklassi alla lähevad filtrid, mis püüvad õhust kinni alla 50% ulatuses 10 μm suuruseid osakesi. Enamasti kasutatakse neid eelfiltritena, et püüda kinni esimese suurema tolmu.

2. ePM10

Tegemist on üldjuhul väljatõmbe filtrite puhastusklassiga. See tähendab seda, et õhust püütakse keskmiselt kinni vähemalt 50% ulatuses 10 μm suuruseid osakesi. Samuti võidakse kasutada sellise puhastusklassiga filtreid ka tööstuses, kus on suurem kogus tolmu.

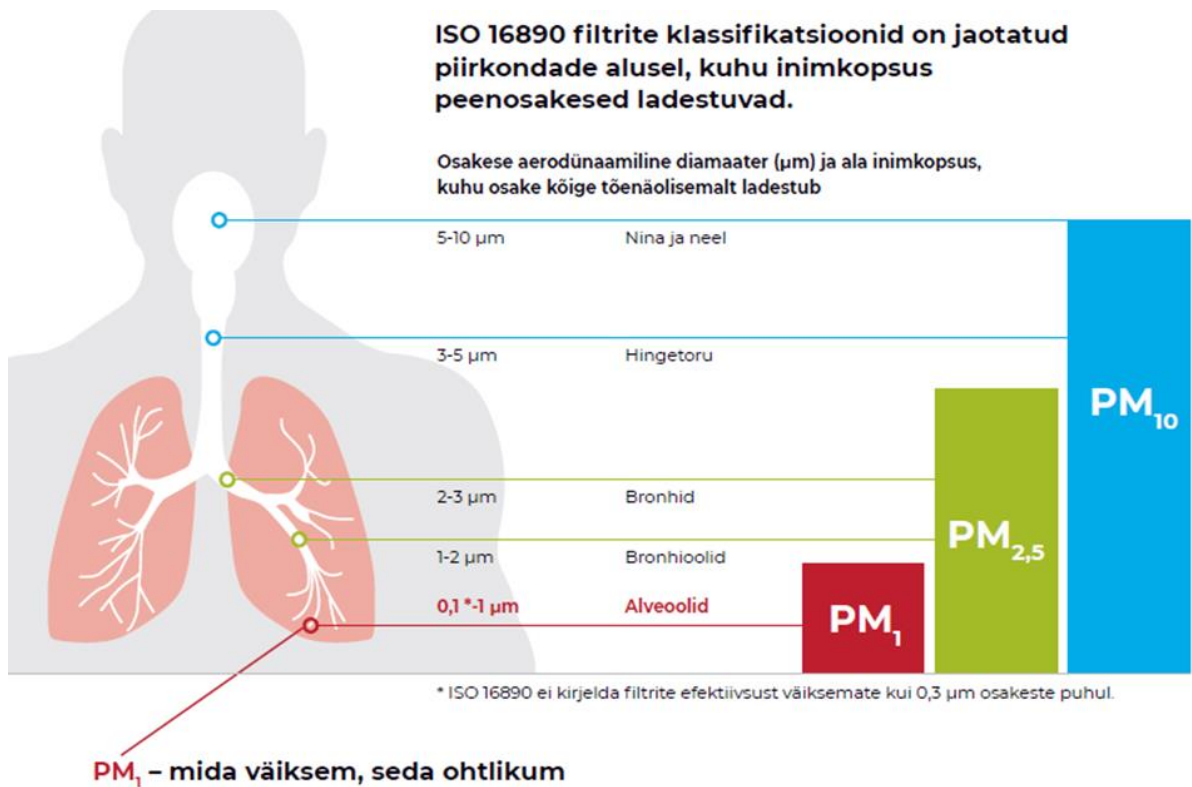
3. ePM2,5

Üldjuhul kasutatakse sellise puhastusklassiga kottfiltreid sissepuhke seadmetel. Sellise puhastusklassiga filtrid on Eestis kõige enam kasutatavad ning sellise puhastusklassiga filtrid püüavad õhust kinni 2,5 μm suuruseid osakesi vähemalt 50% ulatuses

4. ePM1

Tegemist on sissepuhkes kasutatavate filtri puhastusklassiga, Antud puhastusklassiga filter püüab kinni 1 μm suuruseid osakesi vähemalt 50% ulatuses.

Joonisel 2.1 on näha, kuhu satuvad erinevate suurustega osakesed.



Joonis 2.1 Tolmuosakeste suurus ja inimese keha

3. KATSE

3.1 Filtri testaruanne

Selleks, et filtri tootja suudaks pakkuda kvaliteetseid ning vastavalt ISO nõuetele filtreid, on olemas erinevaid sõltumata test laboreid, nagu näiteks RISE uurimisintsituut Rootsis ja Eurofins Soomes. Seadme kilp, kus mõõtmised tehti asub joonisel 3.1. Filtri tootjad testivad standard mõõtudega filtreid. Milleks on järgmised (möödud antud mm): 592x592 ; 287x592 ; 592x287 ; 592x490 ; 490x592

Antud möödud on antud filtri laius ja kõrgus. Lisaks tuleb juurde kottfiltritel filterkoti sügavus ning filterkottide arvud. Standard sügavused on 600mm, 500mm ja 360 mm. Filter Plus OÜ poolt toodetud filtriid on testitud RISE Rootsi uurimisinstituutis. Testi tulemused on võimalik näha "LISA1". RISE oma rahvusvaheliste koostööprogrammide tööstuse, akadeemiliste ringkondade ja avaliku sektoriga tagab Rootsi äriühingute konkurentsivõime rahvusvahelisel tasandil ning panustab jätkusuutlikku ühiskonda. Ettevõtte 3000 töötajat osalevad ja toetavad igat tüüpi innovatsiooniprotsesse. RISE on sõltumatu riigi omanduses olev uurimisinstituut, mis pakub ainulaadseid teadmisi ning enam kui 100 katsebaasi ja esitluskeskkonda tulevikukindlate tehnoloogiate, toodete ja teenuste jaoks[3].

Uuritavas seadmes on kasutusel kahes mõõdus filtrid: 592x592x600/6, mida on neli tükki ning 592x287x600/6, mida on samuti neli tükki . Antud juhtumil oli kasutusel nii sissepuhkel kui ka väljatõmbel sama puhastusklassiga filter ePM10 55%.



Joonis 3.1 Seadme kilp koos mõõteriistaga

3.2 Seadme tutvustus

Seade, mille peal katsed läbiviidi oli Recair A3B-LR (Joonis 3.2). Recair ventilatsiooniseadmeid toodetakse Soomes alates 1993a. Recairi õhukäitlusseadmete tootegruppi kuuluvad moodul- ja kompaktsed. Moodulseadmetega on võimalik valida erineva laiuse ja kõrgusega ventilatsiooniseadmeid ning vastavalt vajadusele seksioone lisada. Kompaktsete seadmete valikus on horisontaalsed ja vertikaalsed õhukäitlusseadmed. Kõiki kompaktsed seadmeid saab varustada erinevate elektri- ja automaatikakomponentidega.

Remondi õhukäitlusseadmeid saab kasutada erinevates rajatistes, nagu lasteaiad, koolid, kontorid, kauplused ja kaubanduskeskused, hotellid, hooldekodud, kortermajad ja ärihooned.



Joonis 3.2 Uuritav seade RECAIR A3B-LR

3.3 Seadme juhtimine

Juhib seadet Oumani kontrolleri (Joonis 3.3)



Joonis 3.3 Oumani controller

Ouflex A on DIN-liistule kinnitav ja vabalt programmeeritav seade, mis on loodud jälgimiseks, juhtimiseks ja reguleerimiseks. Kontrolleri on ühendatud vastavalt elektriskeemile joonisel 3.4. Seade on programmeeritud Ouflex BA Tool utiliidiga ja

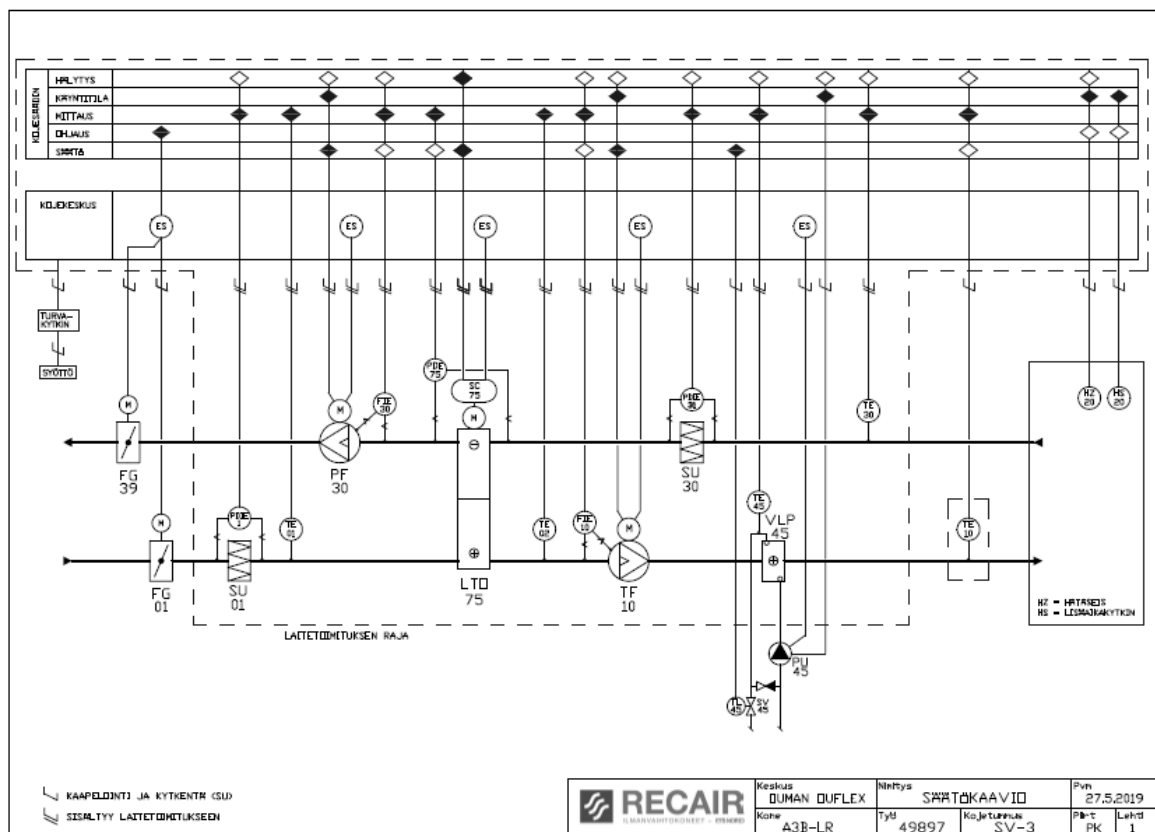
koostatud programm laaditakse Ethernet ühenduse kaudu Ouflex seadmesse. Modbus RTU ühenduste kaudu on võimalik suurendada I/O-punktide arvu väliste I/O-moodulitega. Saate liikuda ühelt funktsioonilt teisele, keerates oma OuflexA seadme juhtnuppu. Vajutades juhtnuppu (= OK), saate sisestada mis tahes funktsiooni, et seda üksikasjalikult uurida. Nii näete seotud mõõtmisi, olekuteavet, seadistusi, ajaprogramme.

Ouflex A-l on SMS-tugi. GSM telefoni kasutamine nõuab, et GSM-modem (valikuline) oleks ühendatud kontrolleriile. Controlleriga saab suhelda teksti teel sõnum võtmesõnu kasutades.

Ouflex A-s on sisseehitatud veebi kasutajaliides. Ühendus veebiliidese saab teha LAN-i või Interneti kaudu. Koos kaugjuhtimispuldi abil saate seadet kasutada sõltumata koht ja aeg.

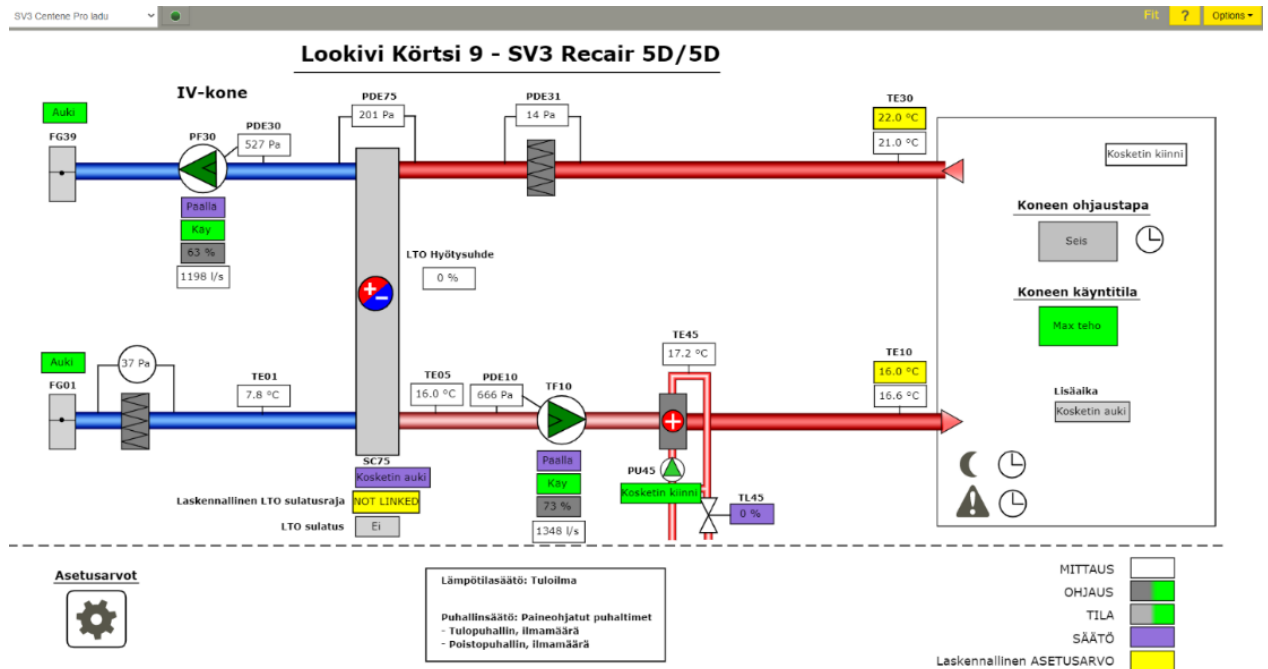
Veebi kasutajaliidese omadused:

- Lihtsalt kasutatav joonistustööriist
- SMS-i häire marsruutiminetrendid
- Logifailid
- Trendid



Joonis 3.4 Ventilatsiooni seadme elektriskeem

Kuigi Oumani kontroller suudab tuvastada ka trende, siis antud seadme puhul ei olnud see võimalik, kuna polnud varasemalt vastavalt programmeeritud. Joonisel 3.5 on näha, kuidas külm õhk liigub läbi filtrite, mille järel soojendatakse see üles, ning saadetakse ringlusesse, mille järel liigub uuesti väljatõmbe filtrist saadetakse läbi ning edastatakse välja.



Joonis 3.5 Seadme tööskeem

3.4 Filtrite seisund

Joonistel 3.6 ja 3.7 on näidatud, millised nägid välja määrdunud filtrid, mida ei tohiks enam seadmes hoida. Sellise mustusega filter koormab seadet ning ei ole õhu puhastamisel efektiivne.



Joonis 3.6 Kottfilter 592x592x600



Joonis 3.7 Kottfilter 287x592x600

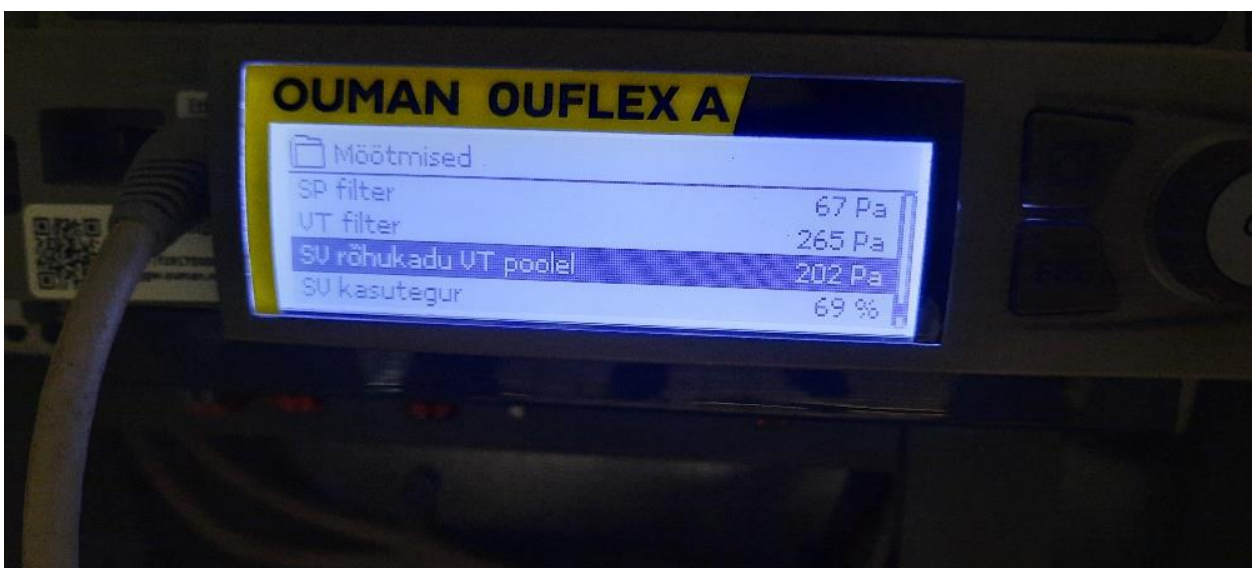
3.5 Parameetrid enne filtrite vahetust

Enamus info oli kättesaadav eelnevalt programmeeritud Oumani kontrollierist. Nagu pildil (Joonis 3.8) näha võib, on välja toodud filtrite takistusest.

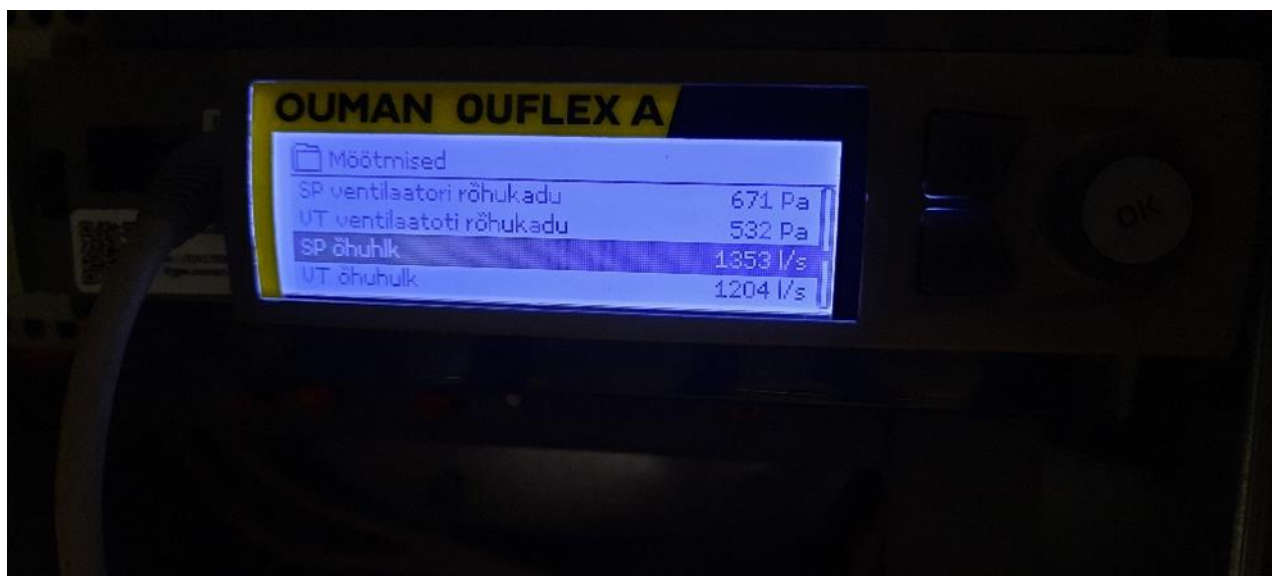
SP- tähendab sissepuhke osa , ehk siis see õhk , mida seade õuest sisse puhub. Üldjuhul need määrduvad kiiremini, kuid kuna antud objektiks oli metallindusega tegelev tehas, siis selle kohta see hetkel ei kehti.

VT – filter tähendab väljatõmbe filtrit. Ehk siis seda osa mis sisekeskkonnast õue puhub.

Nagu eelnevalt mainitud, siis antud tehases on väga palju tolmu, mis tõttu on väga oluline õhk eelnevalt ära filtreerida.



Joonis 3.8 Filtrite takistus ning kasutegur enne filtrite vahetust



Joonis 3.9 Ventilaatorite rõhukadu ja õhuhulk enne filtrite vahetust

Mõõtmisel kasutati Clamp Multimeter UNI-T UT201, mille abil tuvastati kui palju voolu tarbib iga faas. Iga faasi voolu tarbimine leiab Table 2.

Enne filtrite vahetust		
Faas	SP	VT
1-faas (A)	1,50	1,33
2-faas (A)	1,57	1,39
3-faas (A)	1,50	1,39

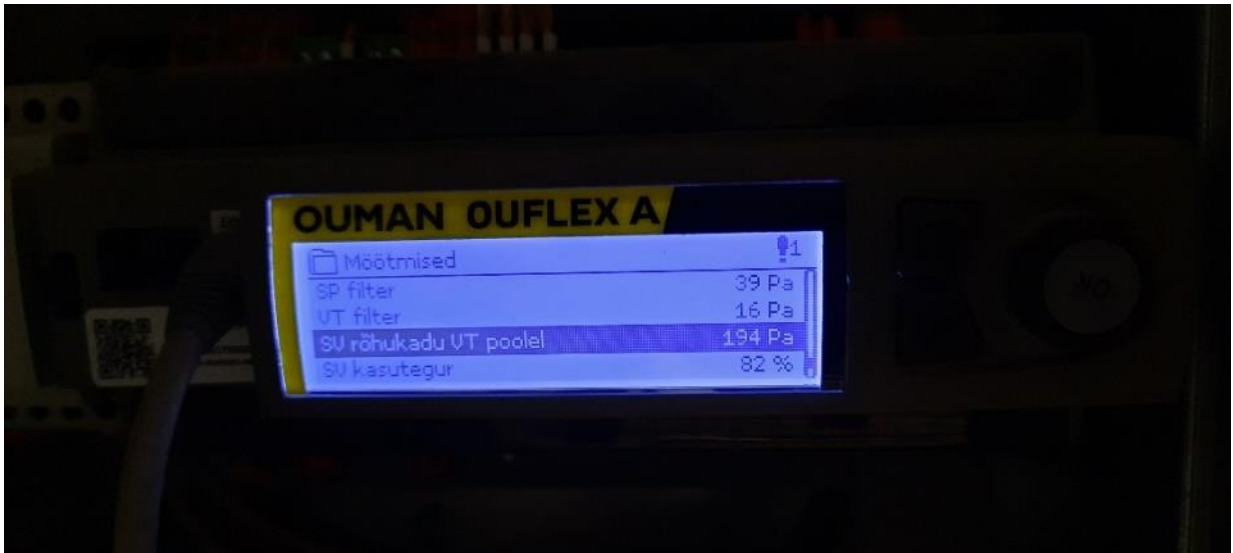
Tabel 3.1 Mõõdetud vooluhulk enne filtrite vahetust

	Ventilaatori rõhukadu (Pa)	Õhuhulk (l/s)	Takistus (Pa)
Sissepuhe	671	1353	67
Väljatõmme	532	1204	265
SV rõhukadu VT poolel (Pa)	202		
SV kasutegu	69%		

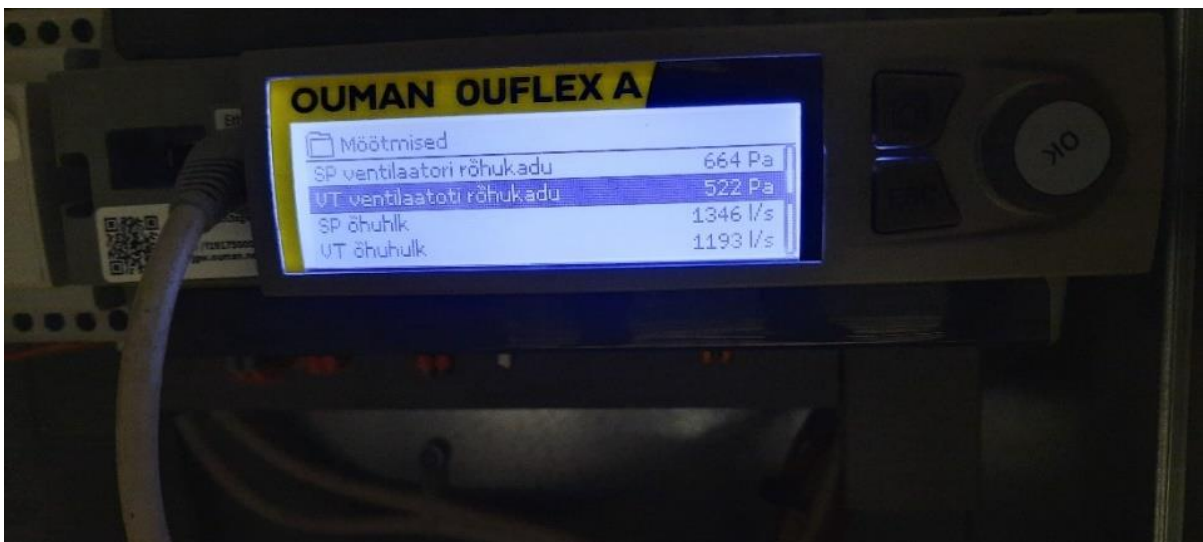
Tabel 3.2 Andmete koondtabel enne filtrite vahetust

3.6 Parameetrid pärast filtrite vahetust

Kontroller näitab kui palju ja mis andmed muutusid pärast filtrite vahetust (Joonised 3.10 ja 3.11).



Joonis 3.10 Filtrite takistus ning kasutegur pärast filtrite vahetust



Joonis 3.11 Ventilaatorite rõhukadu ja õhuhulk pärast filtrite vahetust

Pärast filtrite vahetust		
Faas	SP	VT
1-faas (A)	1,38	0,94
2-faas (A)	1,46	1,03
3-faas (A)	1,44	1,01

Tabel 3.3 Voolu tarbimine pärast filtrite vahetust

Kui filtrid on vahetatud, siis näeme (Tabel 3.3 ja 3.4), et paranenud on takistus ja kasutegur, samal ajal on jäänud suhteliseks samaks õhuhulk. See tähendab seda, et puhtad filtrid koormavad vähem seadet, andes sama tulemuse, tänu millele on väiksem energiakulu. Kuna nüüd on mõlemad tulemused kätte saadud, saame arvutada energiakulu.

	Ventilaatori rõhukadu (Pa)	Õhuhulk (l/s)	Takistus (Pa)
Sissepuhe	664	1346	39
Väljatõmme	522	1193	16
SV rõhukadu VT poolel (Pa)	194		
SV kasutegu	82%		

Tabel 3.4 Andmete koondtabel pärast filtrite vahetust

3.7 Energiakulu arvutamine

Ventilaatori energiatarbimist õhukäitlusseadmes saab hinnata funktsioonina ventilaatori poolt tarnitava vooluhulga, ventilaatori efektiivsuse, tööaja ja kogurõhu (staatiline pluss dünaamiline rõhk) erinevusest pärast ventilaator ja välisõhu staatiline rõhk (eeldusel, et ventilaator imeb õhku staatilisest reservuaarist). Tavaliselt on ventilaatori vooluhulk ja ventilaatori ületatav rõhuerinevus omavahel seotud ventilaatori iseloomuliku kõveraga. Ventilaatori efektiivsus sõltub ventilaatori kiirusest. Ventilaatori tegelik kasutegur sõltub tugevalt ka konstruktsioonist ja ventilaatori paigutusest ning võib olla parimal juhul 0,80 või isegi kõrgem, halvimal juhul aga 0,25 või isegi madalam. Õhufiltrite energiatõhususe klassifikatsioonisüsteemi määratlemiseks võtame arvesse ainult seda osa kogu energiatarbimisest, mis on seotud filtrite rõhulangusega. Seda saab arvutada võrrandi abil:

$$W = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta \cdot 1000}$$

Kus siis: $q_v = 0.944 \text{ m}^3/\text{s}$, $t = 6000\text{h}$ ja $\eta = 0.5$. Loeme vooluhulgaks fikseerituks 0,944 m/s (3400 m³/h). See vastab tõelises ventilatsiooniseadmes muutuva kiirusega ajamiga ventilaatorile, mis töötab fikseeritud mahuvooluga. Lisaks on ventilaatori kasuteguriks fikseeritud 0,50, mida võib pidada ventilaatori tüüpiliseks keskmiseks efektiivsuseks õhukäitlusseadmes. [7]

3.8 Voolutarbimise võrdlus ning hinna arvutamine

Allpool tabelis (Tabel 3.5) on näha, mitme protsendi ulatuses voolutarbimine paranes. Sissepuhke (SP) filtrite puhul on paranemine väiksem, kuna antud periood sisse tulev õhk oli ühtlase tolmuuga. See tähendab seda, et polnud taimede tolmlenemist ning samuti ei tehtud läheduses välitöid, mis võiksid tekitada lisa tolmu.

Väljatõmbe filtrite (VT) puhul aga näeme kus tõus on olnud ligidale 30%, mis tähendab , et antud metallindus ettevõtetes on soovituslik vahetada filtreid tihedamini, kuna tehases sees tekib palju tolmu.

Voolu tarbimise paranemine		
	SP	VT
1-faas (A)	8%	29%
2-faas (A)	7%	26%
3-faas (A)	4%	27%

Tabel 3.5 Voolu tarbimise paranemine

Siinkohal saame välja arvutada kui palju antud filtrid mõjutavad voolutarbimist kasutades eelmises peatükis välja toodud valemit, mis on siis Eurovendi poolt välja antud. Kuna lähteandmed olid varasemalt Oumani kontrolleri poolt kajastatud., siis saame arvutada täpselt kui palju nii sissepuhe kui ka väljatõmme tarbivad voolu. Kuna seade töötab 24h, siis saame lihtsasti arvutada, kui palju antud seade tarbib voolu ööpäevas. Antud tabelis (tabel 3.6) on näha, et seade tarbib ööpäevas kokku 14,21 kWh, kus oleme liitnud kokku siis nii sissepuhke kui väljatõmbe energia kulu määratud filtrite korral. Samuti on nähtav, et puhaste filtrite korral on energia kulu ainult 2,1 kWh.

Energia kulu arvutamine - mustad filtrid		
	Sissepuhe	Väljatõmme
W = Energia kulu (kWh)	3,15	11,06
c q = Õhuhulk (m ³ /s)	1,35	1,2
p = Õhutakistus:	67	265
t = Seadme töö (h)	24	24
n = Ventilatori efektiivsus:	69%	

Energia kulu arvutamine - puhtad filtrid		
	Sissepuhe	Väljatõmme
W = Energia kulu (kWh)	1,54	0,56
q = Õhuhulk (m ³ /s)	1,35	1,2
p = Õhutakistus:	39	16
t = Seadme töö (h)	24	24
n = Ventilatori efektiivsus:	82%	

Tabel 3.6 Energiakulu arvutamine

Tänu antud tabelile saame lihtsasti välja arvutada, mis tuleb antud ventilatsiooniseadme energia ööpäeva maksumuseks.

Määratud filtrite tarbivus: 14,21 kWh/päevas

Puhaste filtrite tarbivus: 2,10 kWh/päevas

Võttes näidiseks Eesti energia kodulehelt keskmise börsi hinna, saame, et keskmine volutarbivus 11 kuu jooksul on olnud 22,78 senti/kWh [5].

kWh hind 0,2278 € (näitel)		
	Mustad	Puhtad
Ööpäevas	3,24 €	0,48 €
Aastas	1 181,27 €	174,85 €
Aastane rahaline võit	1 006,41 €	

Tabel 3.7 Aastane rahaline võit

Siinkohal näeme (Tabel 3.7), kui oluline on filtreid vahetada. Antud seadme puhul tuleb välja, et kui filtreid vahetada korrapäeraselt, on rahaline võit 1006,41€. Tuleb ka arvesse võtta, et filtrid ajajooksul määrduvad ning see põhjustab suuremat takistust aja jooksul. Millega rahaline võit võib muutuda. Samuti peab arvestama ka sellega, et määratud filtrid vahetatakse erinevatel aegadel, mis võib muuta samuti energia kulu.

KOKKUVÕTE

Tänapäeval kiiresti arenevas ühiskonnas on väga oluline, et inimestele oleks tagatud ka puhas õhk. Sellega seoses on EL loonud ehitussektoris hoonete energiasäästu direktiivid, mille eesmärgiks on saavutada 0 energia. Kuna antud direktiivid ja seadused nõuavad uutes elamu ja ärihoonetest ventilatsiooniseadmeid, on vaja ka kontsatselt jälgida, milliseid filtreid kasutada seadmetes.

Tihti peale inimesed ostavad tavaliselt kõige odavamaid filtreid, arvates, et selle olulisus on väike.

Tegelikkuses on väga oluline jälgida milliseid puhastusklassidega, mis takistusega ja tolmu kogumisvõimega filtrid on, kuna see on konkreetselt seotud ventilatsiooniseadme energiatarbivusega.

Mida väiksem on filtri õhutakistus, seda madalam on energiakulu, kuid tuleb jälgida puhastusklassi. Sõltuvalt ventilatsiooni seadme kasutuskohast tuleks valida sobiv filtri puhastusklass. Mida suurem on puhastusklass, seda suurem on ka takistus. Seega tuleks leida optimaalne keskmine, mis tagaks ventilatsiooni seadmel hea õhu liikuvuse.

Kuigi võib tekkida tunne, et filtri ühekordne hind tundub kallim konkurendiga võrreldes, võib filter olla energiasäästlikum ja efektiivsem, tänu millele teenitakse raha tagasi energia arvelt.

Antud uurimise käigus tuvastas autor, et kui vahetada korrapäraselt uuritava seadme filtreid, tuleb aastane energiasääst 1006,41€.

SUMMARY

The author Jorgen Helbre has chosen the topic „Energy consumption of the ventilation unit depending on the filter“ because in today's rapidly developing society it has become mandatory to use ventilation equipment in large factories, centers, apartment buildings, commercial buildings and other large buildings. In this regard, the EU has created energy saving directives for buildings in the construction sector, the goal of which is to achieve 0 energy. Since these directives and laws require ventilation devices in new residential and commercial buildings, it is also necessary to carefully monitor which filters to use in the devices.

Related to this, the ventilation unit generates additional electricity costs and maintenance costs to ensure clean air in the buildings. What is not talked about much, is that in order for the ventilation device to be able to ensure clean air, it is also necessary to change the filters regularly, and it is very important which filters are used to ensure cleaner inhaled air for people and at the same time be financially affordable. The author conducted an experiment in which he evaluates whether and how much the filter affects the energy consumption of the ventilation device.

After the experiment, author came to a conclusion that it is very important to observe which filters have cleaning classes, resistance and dust collection capacity, as this is specifically related to the energy consumption of the ventilation device.

The lower the air resistance of the filter, the lower the energy consumption, but the cleaning class must be observed. Depending on the place of use of the ventilation device, a suitable filter cleaning class should be selected. The higher the cleaning class, the higher is pressure drop. Therefore, an optimal average should be found, which would ensure good air mobility in the ventilation device.

Although one may feel that the one-time price of the filter seems more expensive compared to the competitor, the filter can be more energy-saving and efficient, thanks to which money is earned back at the energy expenses.

Filters should be changed regularly to avoid overloading the device and excessive energy consumption.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. European Commission, Energy efficiency in buildings.[Online]
https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en
(17.02.2020)
2. European Commission, DIRECTIVE (EU) 2018/844 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018, amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency [Online]
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG
3. The research institute of Sweden [Online]
<https://www.ri.se/en>
4. ISO 16890-1:2016 Air filters for general ventilation. [Online]
<https://www.iso.org/standard/57864.html> (dets.2016)
5. Eesti Energia [Online]
<https://www.energia.ee/era/elekter/elektriturg>
6. Energy performance of buildings directive [Online]
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en#directive-amendments (2021)
7. Eurovent 4/21 - 2014: Calculation method for the energy use related to air filters in general ventilation systems - First Edition [Online]
<https://eurovent.eu/?q=content/eurovent-421-2014-calculation-method-energy-use-related-air-filters-general-ventilation> (2014)
8. <https://ttja.ee/ariklient/ehitised-ehitamine/energiatohusus>

LISA 1.TEST RAPORT



REPORT

Issued by an Accredited Testing Laboratory

Contact person RISE

Ingmar Schüßler
Division Built Environment
+46 10 516 59 15
ingmar.schuessler@ri.se

Date

2021-10-24

Reference

2P07495C

Page

1 (3)

Filter Plus OÜ
Härgmäe 21
EE-76902 Tallinn
Estland

Testing of Air Filter according to ISO16890:2016

(7 appendices)

A test according to ISO 16890:2016 was carried out by request from Filter Plus OÜ.

Tested item

Filter Plus OÜ, ISO ePM10 50% 592x592x600/6, a 592 mm x 592 mm x 580 mm, 6 pocket air filter. Article number: 10505925926006.

Pictures can be found in appendix 5.

The item was sent to RISE by Filter Plus and was received on September 14, 2021.

The item was without visible defects.

Test method

The test was carried out according to standard ISO 16890:2016 "Air filters for general ventilation". The standard consists of four parts:

- ISO 16890-1: *Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM)*

- ISO 16890-2: *Measurement of fractional efficiency and air flow resistance*

Measurements were performed with dual particle counters according to section 9.3.4 - Testing sequence for dual OPC testing.

- ISO 16890-3: *Determination of the gravimetric efficiency and the airflow resistance versus the mass of test dust captured*

- ISO 16890-4: *Conditioning method to determine the minimum fractional test efficiency*

Eight cabinets with a total surface area of 1.82 m² were placed in the chamber according to ISO 16890-4 section 7. The purity of the 2-propanol was 99.5 %. The test item was conditioned for 24.5 +/- 0.5 hours.

Efficiency at 50% nominal air flow was measured with DEHS in the range 0.3 – 1 µm.

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postal address
Box 857
501 15 BORAS
SWEDEN

Office location
Industrigatan 4
504 62 Borås
SWEDEN

Phone / Fax / E-mail
+46 10-516 50 00
+46 33 13 19 79
info@rise

This report may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.



Accred. No. 1002
Testing
ISO/IEC 17025

Deviation from the standard:

Section 9.2.2 and 9.2.8, the evaporated amount of 2-propanol was not determined.

The deviation is considered to not affect the classification.

Additional to the test:

An energy calculation was performed according to Eurovent 4/21-2019 "Energy efficiency evaluation of air filters for general ventilation purposes", Fourth edition".

Date and Place

The test was carried out at RISE's laboratory of Ventilation and Air Treatment in Borås, Sweden on September 23, 2020 – October 11, 2021.

Tests according to ISO 16890-2 were carried out on September 23, 2021.

Tests according to ISO 16890-3 were carried out on October 11, 2021.

Tests according to ISO 16890-4 were carried out on October 08, 2021, conditioning procedure according to ISO 16890-4 was carried out on September 30 – October 01, 2021.

Results

The results are presented in appendix 1-4 and are valid only for the item tested.

In appendix 1 a summary of the results are reported according ISO 16890-1. It also includes the fractional efficiencies and the calculation of PM-efficiencies.

In appendix 2 fractional efficiency and air flow resistance are reported according to ISO 16890-2.

In appendix 3 determination of the gravimetric efficiency (arrestance) and the air flow resistance versus the mass of test dust capture (test dust capacity) are reported according to ISO 16890-3.

In appendix 4 the minimum fractional efficiency is reported according to ISO 16890-4.

The measured particle concentrations are reported in appendix 2 and appendix 4. Table A6 (upstream count data), A7 (downstream count data) and A9 Uncertainty in ISO 16890-2 Annex A are reported.

In appendix 7 the energy calculation according to Eurovent 4/21 -2019 is reported.

Measurement equipment

- Pressure gauge Furness model 318, RISE's inventory no. 901 568
- Pressure gauge Furness model 318, RISE's inventory no. 901 569
- Pressure gauge Furness FC012, RISE's inventory no. 201 691
- Pressure gauge Furness FC012, RISE's inventory no. BX70943
- Particle counter TSI, OPS 3330, RISE's inventory no. 902240
- Particle counter TSI, OPS 3330, RISE's inventory no. 902241
- Barometer, Testo 511, RISE's inventory no. 900 078
- Temperature and RH, Testo 635, RISE's inventory no. 900 065
- Weighing scale, Mettler PBK785, RISE's inventory no. BX81958
- Flow meter, MFS-C-250, RISE's inventory no. 202 742
- Temperature and RH, Tinytag, DIV 94 S
- Barometer, Druck PACE 1001, RISE's inventory no. 902243

Uncertainty of measurement

The uncertainty of the Air flow is better than $\pm 5\%$

The uncertainty of the Pressure Drop is better than $\pm 3\%$ (20-2000 Pa) and 1 Pa (0-19 Pa)

The uncertainty of the Temperature is better than $\pm 0.8\text{ }^\circ\text{C}$

The uncertainty of the Relative Humidity is better than $\pm 2\%$ RH

The uncertainty of the Atmospheric Pressure is better than $\pm 1\text{ mbar}$

The uncertainty of the Measured mass is better than $\pm 0.5\text{ g}$

The uncertainty has been calculated according to EA-4/16 with a coverage factor $k=2$.

The uncertainty of the filtration efficiency according to ISO 16890:2016 is presented in appendices 2 and 4.

RISE Research Institutes of Sweden AB Department Energy and Resources - Ventilation and Air Treatment

Performed by

Examined by

Ingmar Schübler

Signed by: Ingmar Schübler
Reason: I am the author of this document
Date & Time: 2021-10-22 16:49:10Z.00

Christian Mossberg

Signed by: Christian Mossberg
Reason: I have reviewed this document
Date & Time: 2021-10-28 15:31:49 +02:00

Ingmar Schübler

Christian Mossberg

Appendices

1. Summary test report according to ISO 16890-1:2016
2. Test report according to ISO 16890-2:2016
3. Test report according to ISO 16890-3:2016
4. Test report according to ISO 16890-4:2016
5. Additional pictures of the test item.
6. The interpretation of test reports
7. Energy calculation according to Eurovent 4/21-2019

ISO 16890-1:2016 - Air Filter Test Results	Testing Organization: RISE Research Institutes of Sweden AB Brinellgatan 4, 501 15 Borås, Sweden +460105165000	

GENERAL		
Report no.: 2P074495C	Date of tests: 2021-09-23 - 2021-10-11	Date of report: 2021-10-24

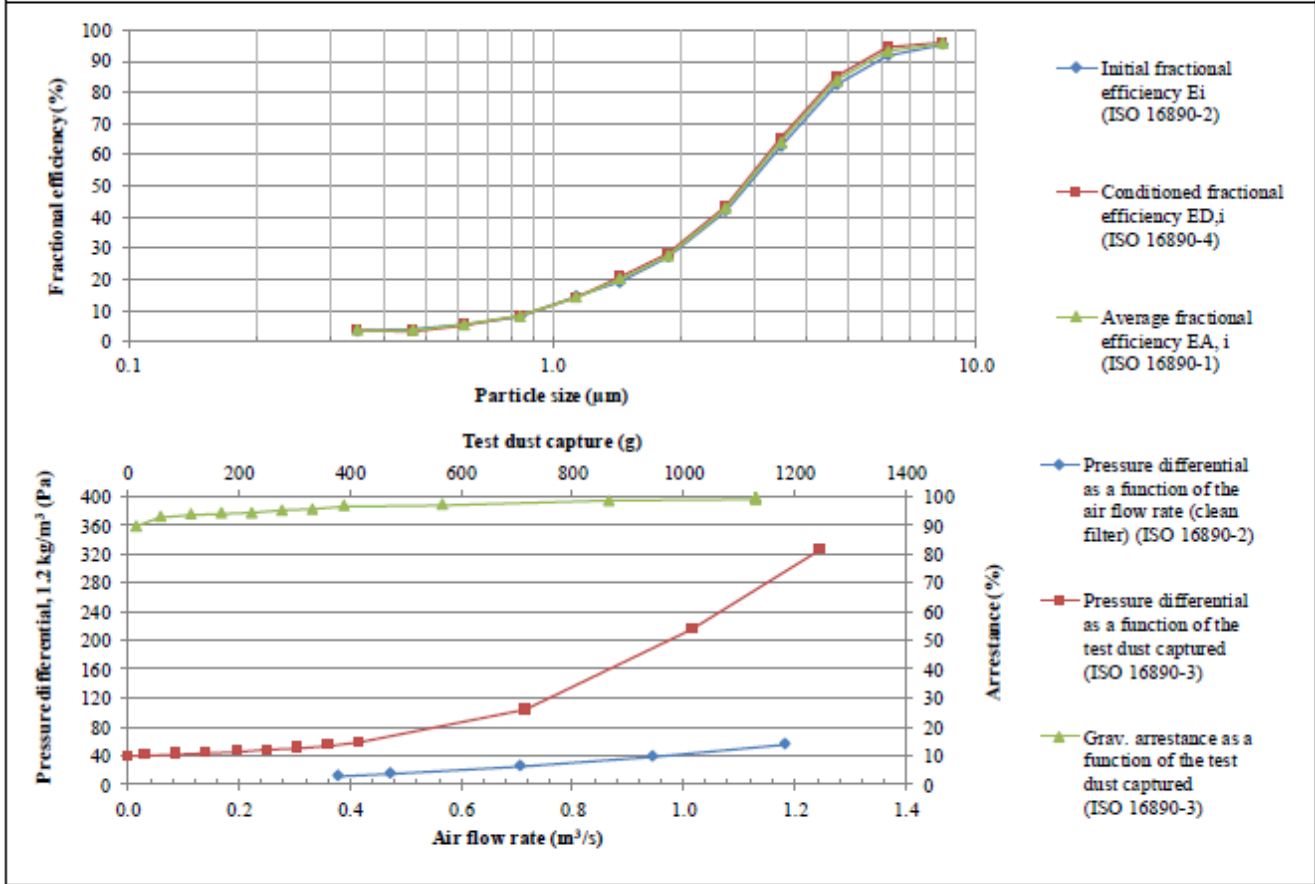
Supervisor: IS	Device obtained (when and how obtained): The device was sent and obtained on 2021-09-14
Test(s) requested by: Filter Plus ÖU	

DEVICE TESTED			
Model: ISO ePM10 50% 592x592x600/6	Manufacturer: Filter Plus ÖU	Construction: Pocket filter, 6 Pockets	
Article number: 10505925926006	Type of medium: Synthetic	Net effective filtering area: 4.2 m ²	Filter dimensions (width x height x depth) 592 x 592 x 580 mm

TEST DATA AND ATTACHED TEST REPORTS			
Test air flow rate: 0.944 m ³ /s	Test aerosol: KCl (1-10 µm) DEHS (0.3-1 µm)	Test report to ISO 16890-2 Test report to ISO 16890-3 Test report to ISO 16890-4	Report no. 2P074495C Appendix 2 Report no. 2P074495C Appendix 3 Report no. 2P074495C Appendix 4

RESULTS					
Initial pressure differential: 39 Pa	Initial grav. arrestance: 90 %	ePM _{1, min} 5 %	ePM _{2.5, min} 12 %	ePM _{10, min} 55 %	ISO rating
Final test pressure differential: 300 Pa	Test dust capacity: 1153 g	ePM ₁ 5 %	ePM _{2.5} 12 %	ePM ₁₀ 55 %	ISO ePM ₁₀ 55 %

Remarks:



NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.

Appendix 1

ISO 16890-1:2016 - Fractional efficiency values							
Testing organisation: RISE Research Institutes of Sweden AB				Report no: 2P074495C			
Model: ISO ePM10 50% 592x592x600/6				Manufacturer: Filter Plus ÖU			
Test air flow rate: 0.944 m ³ /s				Date of report: 2021-10-24			
<i>i</i>	<i>d_i</i> µm	<i>d_{i+1}</i> µm	<i>d_{a,i}</i> µm	$\Delta \ln d_i$ µm	<i>E_i</i> %	<i>E_{D,i}</i> %	<i>E_{A,i}</i> %
1	0.30	0.40	0.35	0.29	3.6	3.8	3.7
2	0.40	0.55	0.47	0.32	4.0	3.4	3.7
3	0.55	0.70	0.62	0.24	5.7	5.3	5.5
4	0.70	1.00	0.84	0.36	8.1	8.5	8.3
5	1.00	1.30	1.14	0.26	14.7	14.0	14.3
6	1.30	1.60	1.44	0.21	19.2	20.9	20.0
7	1.60	2.20	1.88	0.32	27.1	28.0	27.6
8	2.20	3.00	2.57	0.31	41.9	43.3	42.6
9	3.00	4.00	3.46	0.29	62.6	65.0	63.8
10	4.00	5.50	4.69	0.32	82.5	84.9	83.7
11	5.50	7.00	6.20	0.24	91.6	94.4	93.0
12	7.00	10.00	8.37	0.36	95.3	95.8	95.5

d_i: Lower limit particle diameter in a size range *i*, µm

d_{i+1}: Upper limit particle diameter in a size range *i*, µm

d_{a,i}: Geometric mean diameter of a size range *i*, µm

$\Delta \ln d_i$: Logarithmic width of a particle diameter size in range *i*; ln is the natural logarithm to the base of *e*, where *e* is an irrational and transcendental constant approximately equal to 2.718281828, dimensionless
 $\Delta \ln d_i = \ln (d_{i+1}/d_i)$

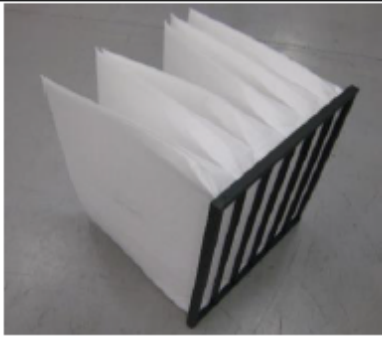
E_i: Initial fractional efficiency of particle size range *i* of the untreated and unloaded filter element, %

E_{D,i}: Fractional efficiency of particle size range *i* of the filter element after an artificial conditioning step, %

E_{A,i}: Average fractional efficiency (*E_i* + *E_{D,i}*)/2 of particle size range *i*, %

ISO 16890-1:2016 - Calculation of PM-efficiencies								
Testing organisation: RISE Research Institutes of Sweden AB						Report no.: 2P074495C		
Model: ISO ePM10 50% 592x592x600/6						Manufacturer: Filter Plus ÖU		
Test air flow rate: 0.944 m ³ /s						Date of report: 2021-10-24		
<i>i</i>	$d_{a,i}$ µm	$\Delta \ln d_i$ µm	urban distribution $q_{3u}(d_{a,i})$	$q_{3u}(d_{a,i}) \cdot \Delta \ln d_i$	$E_{D,i} \cdot q_{3u}(d_{a,i}) \cdot \Delta \ln d_i$	$E_{A,i} \cdot q_{3u}(d_{a,i}) \cdot \Delta \ln d_i$	ePM _{x,min} %	ePM _x %
1	0.35	0.29	0.226	0.065	0.244	0.24	ePM _{1,min}	ePM ₁
2	0.47	0.32	0.199	0.063	0.218	0.24		
3	0.62	0.24	0.158	0.038	0.203	0.21		
4	0.84	0.36	0.115	0.041	0.349	0.34		
Σ line 1-4				0.208	1.015	1.026	5	5
5	1.14	0.26	0.085	0.022	0.313	0.320	ePM _{2.5,min}	ePM _{2.5}
6	1.44	0.21	0.076	0.016	0.330	0.317		
7	1.88	0.32	0.080	0.026	0.716	0.705		
8	2.57	0.31	0.100	0.031	1.341	1.319		
Σ line 1-8				0.302	3.714	3.687	12	12

<i>i</i>	$d_{a,i}$ µm	$\Delta \ln d_i$ µm	rural distribution $q_{3r}(d_{a,i})$	$q_{3r}(d_{a,i}) \cdot \Delta \ln d_i$		$E_{A,i} \cdot q_{3r}(d_{a,i}) \cdot \Delta \ln d_i$		ePM _x %
1	0.35	0.29	0.094	0.027	0.102	0.099	ePM _{10,min}	ePM ₁₀
2	0.47	0.32	0.084	0.027	0.092	0.099		
3	0.62	0.24	0.074	0.018	0.095	0.099		
4	0.84	0.36	0.070	0.025	0.212	0.208		
5	1.14	0.26	0.076	0.020	0.281	0.287		
6	1.44	0.21	0.088	0.018	0.383	0.367		
7	1.88	0.32	0.108	0.034	0.964	0.949		
8	2.57	0.31	0.137	0.043	1.843	1.813		
9	3.46	0.29	0.167	0.048	3.125	3.067		
10	4.69	0.32	0.195	0.062	5.286	5.209		
11	6.20	0.24	0.217	0.052	4.932	4.861		
12	8.37	0.36	0.231	0.083	7.907	7.887		
Σ line 1-12				0.457	25.222	24.947	55	55

ISO 16890-2:2016 - AIR FILTER TEST RESULTS SUMMARY			Testing Organization: RISE Research Institutes of Sweden AB Brinellgatan 4, 501 15 Borås, Sweden +460105165000				
GENERAL							
Test ID: SP202109233		Date of test: 2021-09-23		Operator: GB			
Particle counter information			Air flow measurement:		Device obtained (when and how obtained): The device was sent and obtained on 2021-09-14		
Manufacturer: TSI GmbH	Model: OPS 3330	Coincidence value (p/cm ³): 300	Annubar, Micatrone Air flow sensor MFS-SS				
DEVICE TESTED							
Model: ISO ePM10 50% 592x592x600/6		Manufacturer: Filter Plus ÖU		Construction: Pocket filter, 6 Pockets			
Article number: 10505925926006	Type of media: Synthetic	Net effective media area (m ²): 4.2 m ²		Filter dimensions (width x height x depth): 592 x 592 x 580 mm			
Filter/media electrostatic charge: No		Media colour: White		Media adhesive: N/A			
Device Condition:		Clean / Initial					
Other descriptive information:			Mass of test item (initial): 1472.6 g				
TEST DATA SUMMARY							
Test air flow rate: 0.944 m ³ /s		Test air temperature: 24.5 - 26.3 °C		Test air RH: 38 - 43.8 %		Test aerosol: DEHS (0.3-1 µm) KCl (1-10 µm)	
RESULTS							
Resistance to airflow (Pa)			Fractional Efficiency (%)				
Measured:	39 Pa	Rated initial:	-	Range (µm)	Measured Efficiency	Rated Efficiency	Upstream concentration (particles / dm ³)
		Rated Final:	-				
Test Device Photo				0.30 - 0.40	4		21729
				0.40 - 0.55	4		15591
				0.55 - 0.70	6		8529
				0.70 - 1.00	8		8814
				1.00 - 1.30	15		6934
				1.30 - 1.60	19		6480
				1.60 - 2.20	27		8133
				2.20 - 3.00	42		5592
				3.00 - 4.00	63		3614
				4.00 - 5.50	82		1465
				5.50 - 7.00	92		292
7.00 - 10.00	95		184				
Remarks:							
NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.							

**ISO 16890-2:2016 -
AIR FILTER TEST RESULTS DETAILS**

Testing Organization:
RISE
Research Institutes of Sweden AB
Brinellgatan 4, 501 15 Borås, Sweden
+460105165000

Test ID: SP202109233

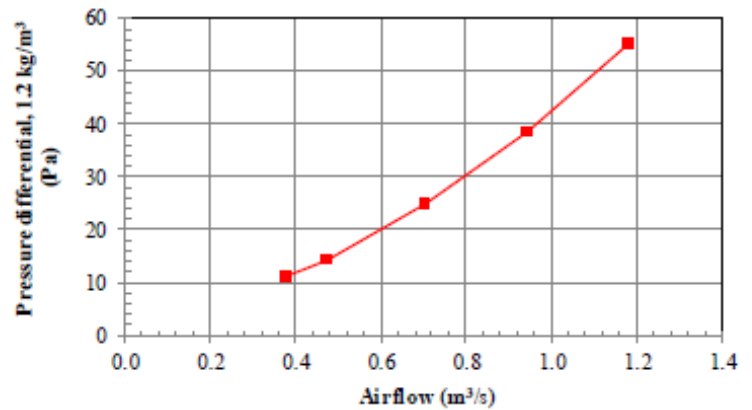
Date of test: 2021-09-23

Operator: GB

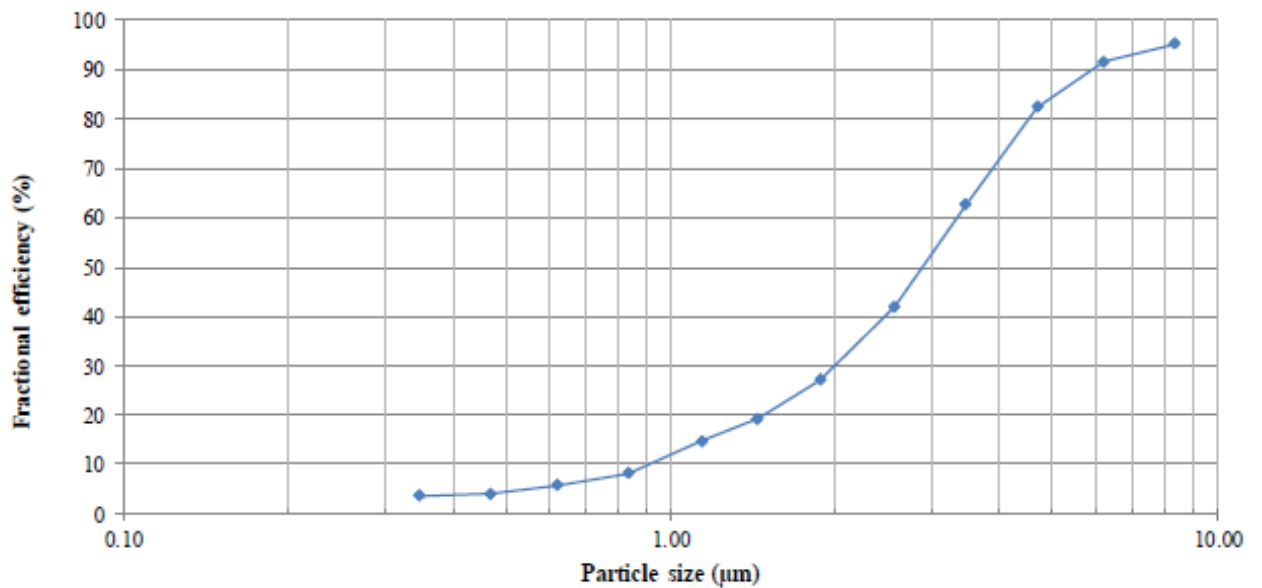
TEST DATA DETAILS

Resistance to Airflow 1.2 kg/m³

% of rated airflow	Airflow (m ³ /s)	Resistance to Airflow (Pa)
40%	0.378	11
50%	0.472	14
75%	0.705	25
100%	0.944	39
125%	1.181	55



Fractional Efficiency by Particle Size



NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.

Efficiency measurement

Upstream count data

OPC bin	$d_{g,i}$	Upstream efficiency count data					
	μm	1	2	3	4	5	$U_{e,\text{tot}}$
1	0.35	21370	21636	21915	21923	21800	108644
2	0.47	15214	15763	15161	16021	15794	77953
3	0.62	8258	8412	8722	8583	8669	42644
4	0.84	8502	8953	8850	8830	8935	44070
5	1.14	7144	7282	7379	6319	6548	34672
6	1.44	6577	6789	6890	5914	6231	32401
7	1.88	8320	8514	8597	7366	7869	40666
8	2.57	5668	5819	5834	5155	5486	27962
9	3.46	3700	3721	3789	3376	3482	18068
10	4.69	1470	1549	1517	1351	1440	7327
11	6.20	283	316	282	283	297	1461
12	8.37	186	220	165	184	163	918

Note: All data shown is the number of particle counts for 60 s

Efficiency measurement

Downstream count data

OPC bin	$d_{g,i}$	Downstream efficiency count data					
	μm	1	2	3	4	5	$D_{e,\text{tot}}$
1	0.35	20545	20869	20997	21056	20936	104403
2	0.47	15379	15693	15698	15625	15673	78068
3	0.62	7844	8162	8011	8139	8072	40228
4	0.84	7509	7728	7538	7848	7685	38308
5	1.14	5539	5483	5758	4691	5041	26512
6	1.44	5649	5908	5868	5087	5292	27804
7	1.88	6668	6912	6938	6060	6425	33003
8	2.57	3650	3662	3799	3155	3434	17700
9	3.46	1529	1503	1508	1316	1334	7190
10	4.69	278	293	290	251	267	1379
11	6.20	34	36	27	17	21	135
12	8.37	13	10	11	5	10	49

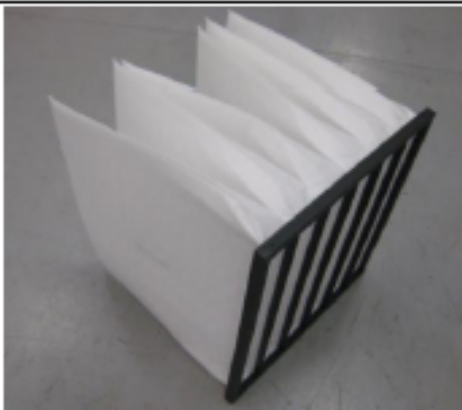
Note: All data shown is the number of particle counts for 60 s

Efficiency measurement

Final results and uncertainty

OPC bin	$d_{g,i}$	Penetration data reduction			Uncertainty limits		Uncertainty	Efficiency
	μm	P_a	δ	e	Static	Dynamic	Pass/Fail	%
1	0.35	0.964	0.014	0.018	≤ 0.05	0.067	Pass	3.6
2	0.47	0.960	0.022	0.027	≤ 0.05	0.067	Pass	4.0
3	0.62	0.943	0.026	0.032	≤ 0.05	0.066	Pass	5.7
4	0.84	0.919	0.020	0.025	≤ 0.05	0.064	Pass	8.1
5	1.14	0.853	0.023	0.028	≤ 0.05	0.060	Pass	14.7
6	1.44	0.808	0.016	0.020	≤ 0.05	0.057	Pass	19.2
7	1.88	0.729	0.009	0.011	≤ 0.05	0.051	Pass	27.1
8	2.57	0.581	0.015	0.019	≤ 0.05	0.041	Pass	41.9
9	3.46	0.374	0.013	0.016	≤ 0.05	0.056	Pass	62.6
10	4.69	0.175	0.007	0.009	≤ 0.05	0.026	Pass	82.5
11	6.20	0.084	0.025	0.030	≤ 0.05	0.017	Pass	91.6
12	8.37	0.047	0.016	0.020	≤ 0.05	0.009	Pass	95.3

$d_{g,i}$: Geometric mean diameter of a size range i , μm
 P_a : the final penetration for a given particle size
 δ : the standard deviation of the penetration for a given particle size
 e : the uncertainty of the penetration for a given particle size

ISO 16890-3:2016 - AIR FILTER TEST RESULTS SUMMARY			Testing Organization		
			RISE Research Institutes of Sweden AB Brinellgatan 4, 501 15 Borås, Sweden +460105165000		
GENERAL					
Test ID: SP202109233		Date of test: 2021-10-11		Operator: Ter / GB	
		Air flow measurement: Annubar, Micatrone Air flow sensor MFS-SS		Test sample obtained: The device was sent and obtained on 2021-09-14	
DEVICE TESTED					
Model: ISO ePM10 50% 592x592x600/6		Manufacturer: Filter Plus ÖU		Construction: Pocket filter, 6 Pockets	
Article number: 10505925926006	Type of media: Synthetic	Net effective media area (m ²) 4.2 m ²		Filter dimension (width x height x depth) 592 x 592 x 580 mm	
Filter/media electrostatic charge: No		Media colour: White		Media adhesive: N/A	
Device Condition: Conditioned per ISO 16890-4					
Other descriptive information:					
TEST DATA SUMMARY					
Test air flow rate: 0.944 m ³ /s		Test air temperature: 20.9 - 25.5 °C		Test air RH: 35.6 - 45.5 %	
Loading dust: Particle Technology, ISO 121031 A2-fine					
RESULTS					
Resistance to airflow			Dust loading results		
Measured: 39 Pa	Rated initial:	- Pa	Initial arrestance (%)	Average arrestance(%)	Test dust capacity (g)
Final test pressure: 300 Pa	Rated Final:	- Pa	90 %	96.7 %	1153 g
Test Device Photo					
					
Remarks:					
NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.					

**ISO 16890-3:2016 -
AIR FILTER TEST RESULTS DETAILS**

Testing Organization:
RISE
Research Institutes of Sweden AB
Brinellgatan 4, 501 15 Borås, Sweden
+460105165000

Test ID: SP202109233

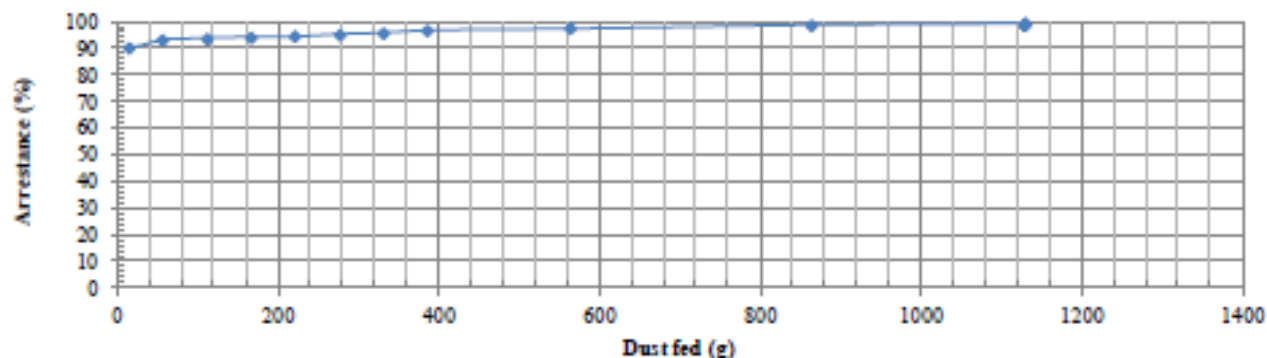
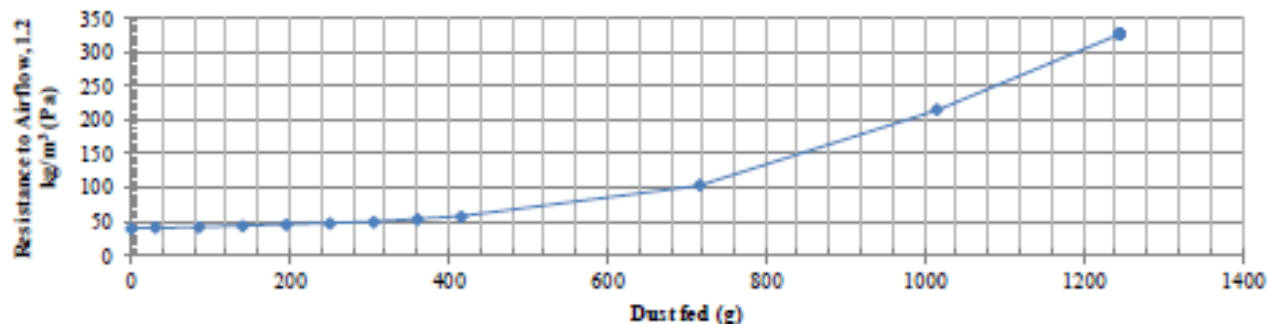
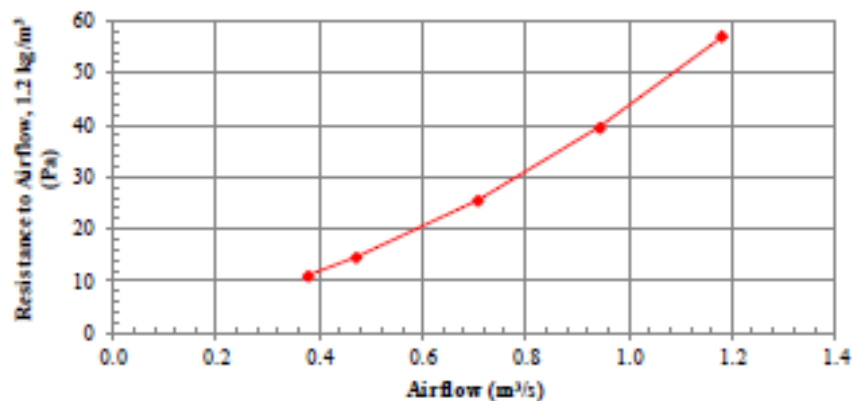
Date of test: 2021-10-11

Operator: Ter / GB

TEST DATA DETAILS

Resistance to Airflow 1.2 kg/m³

% of rated airflow	Airflow (m ³ /s)	Resistance to Airflow (Pa)
40%	0.378	11
50%	0.472	14
75%	0.708	25
100%	0.944	39
125%	1.181	57



NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all 'real life' environments.

ISO 16890-3:2016 -

Air flow rate and resistance to air flow after different dust loading phases

Test device: ISO ePM10 50% 592x592x600/6

Test no.: SP202109233

Test dust: Particle Technology, ISO 121031 A2-fme, Batch nr: 10042

Air flow rate: 0.944 m³/s

Date	Loaded dust m _{tot} g	Air flow meter				Filter						
		t _r °C	p _{st} Pa	Δp _r Pa	q _m kg/s	t °C	φ %	p _a kPa	ρ kg/m ³	q _v m ³ /s	Δp Pa	Δp _{1.20} Pa
Clean filter												
2021-10-08	-	23.3	91	85	0.45	23.3	44.1	101.5	1.187	0.378	11	11
2021-10-08	-	23.9	128	131	0.56	23.9	43.2	101.5	1.185	0.472	15	14
2021-10-08	-	24.9	237	289	0.84	24.9	41.1	101.6	1.181	0.708	26	25
2021-10-08	-	25.2	365	507	1.11	25.2	42.1	101.6	1.181	0.944	40	39
2021-10-08	-	25.5	503	786	1.39	25.5	40.4	101.7	1.180	1.181	57	57
Clean filter pressure drop is proportional to (q _v) ⁿ , where n = 1.44												
Dust loading phase												
2021-10-11	0	21.0	365	504	1.11	21.0	44.7	99.4	1.172	0.944	39	39
2021-10-11	30	20.9	370	504	1.11	20.9	45.5	99.4	1.172	0.944	40	40
2021-10-11	85	24.5	375	498	1.09	24.5	35.6	99.4	1.158	0.944	42	42
2021-10-11	140	25.5	380	498	1.09	25.5	44.3	99.4	1.153	0.947	43	43
2021-10-11	195	22.2	378	501	1.10	22.2	42.7	99.3	1.167	0.944	45	45
2021-10-11	250	22.5	373	501	1.10	22.5	42.4	99.3	1.165	0.944	47	47
2021-10-11	305	22.5	375	501	1.10	22.5	42.5	99.3	1.165	0.944	50	50
2021-10-11	360	22.4	374	501	1.10	22.4	42.7	99.3	1.165	0.944	53	53
2021-10-11	415	22.5	379	501	1.10	22.5	42.9	99.3	1.165	0.945	57	57
2021-10-11	715	22.6	414	500	1.10	22.6	43.2	99.3	1.164	0.944	103	103
2021-10-11	1015	22.5	503	501	1.10	22.5	43.1	99.3	1.165	0.944	213	215
2021-10-11	1245	22.6	601	501	1.10	22.6	41.0	99.4	1.166	0.944	323	326

Symbols and units

Δp _r	air flow meter differential pressure, Pa	q _m	mass flow rate, kg/s
m _{tot}	cumulative mass of dust fed to filter, g	q _v	air flow rate filter, m ³ /s
Δp	measured filter pressure drop, Pa	t _r	temperature at air flow meter, °C
Δp _{1.20}	resistance to air flow at air density 1.20 kg/m ³ , Pa	t	temperature upstream of filter, °C
p _a	absolute air pressure upstream of filter, kPa	φ	relative humidity upstream of the filter, %
p _{st}	air flow meter static pressure, kPa	ρ	air density upstream of filter, kg/m ³

ISO 16890-3:2016 -

Resistance to air flow and arrestance after different dust loading phases

Test device: ISO ePM10 50% 592x592x600/6

Test no.: SP202109233

Test dust: Particle Technology, ISO 121031 A2-fine, Batch nr. 10042

Air flow rate: 0.944 m³/s

Date	Δp_1 Pa	Δm g	m_{tot} g	Δp_2 Pa	m_1 g	m_2 g	Δm_{ff} g	m_d g	A_j %	A_m %
2021-10-11	39	30	30	40	2400.1	2403.2	3.1	0.0	89.7	89.7
2021-10-11	40	55	85	42	2403.2	2407.1	3.9	0.0	92.9	91.8
2021-10-11	42	55	140	43	2407.1	2410.6	3.5	0.0	93.6	92.5
2021-10-11	43	55	195	45	2410.6	2413.9	3.3	0.0	94.0	92.9
2021-10-11	45	55	250	47	2413.9	2417.1	3.2	0.0	94.2	93.2
2021-10-11	47	55	305	50	2417.1	2419.8	2.7	0.0	95.1	93.5
2021-10-11	50	55	360	53	2419.8	2422.3	2.5	0.0	95.5	93.8
2021-10-11	53	55	415	57	2422.3	2424.2	1.9	0.0	96.5	94.2
2021-10-11	57	300	715	103	2424.2	2432.8	8.6	0.0	97.1	95.4
2021-10-11	103	300	1015	215	2432.8	2437.3	4.5	0.0	98.5	96.3
2021-10-11	215	230	1245	326	2437.3	2439.4	2.1	0.0	99.1	96.8

Mass of tested device

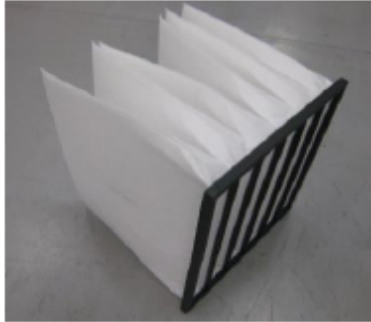
Initial mass of tested device: 1474 g

Final mass of tested device: 2642.2 g

Test dust: Particle Technology, ISO 121031 A2-fine, Batch nr. 10042

Symbols and units

A_j	arrestance, %
A_m	average arrestance, %
Δm	dust increment, g
Δp_1	resistance to air flow before dust increment (air density 1.20 kg/m ³), Pa
Δp_2	resistance to air flow after dust increment (air density 1.20 kg/m ³), Pa
m_d	dust in duct after device, g
m_1	mass of final filter before dust increment, g
m_2	mass of final filter after dust increment, g
m_{tot}	cumulative mass of dust fed to filter, g
Δm_{ff}	mass gain of final filter, g

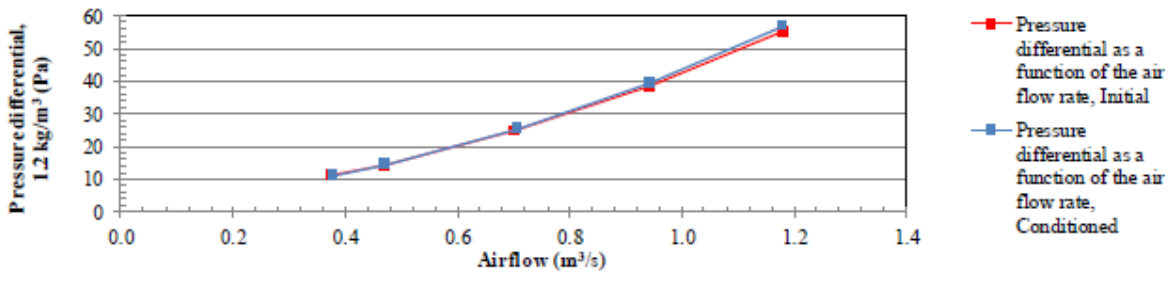
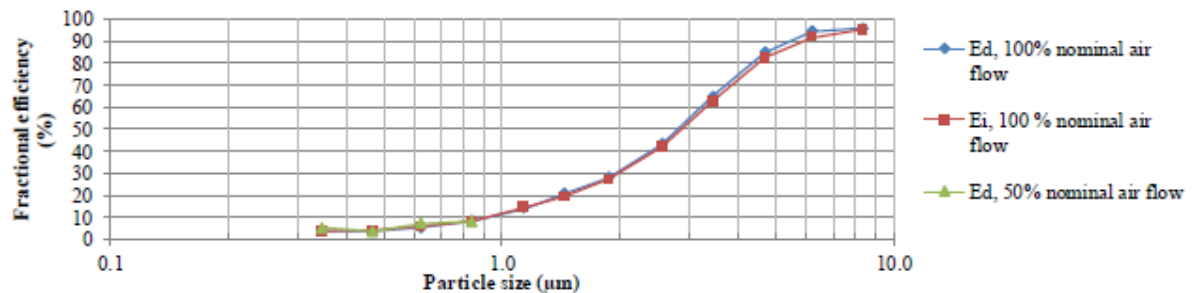
ISO 16890-4:2016 - AIR FILTER TEST RESULTS SUMMARY			Testing Organization: RISE Research Institutes of Sweden AB Brinellgatan 4, 50115 Borås, Sweden +460105165000				
GENERAL							
Test ID: SP202109233		Date of test: 2021-10-08		Operator: HC			
Particle counter information			Air flow measurement:		Device obtained (when and how obtained): The device was sent and obtained on 2021-09-14		
Manufacturer: TSI Gmbh	Model: OPS 3330	Coincidence value (p/cm ³): 300	Annubar, Micatrone Air flow sensor MFS-SS				
DEVICE TESTED							
Model: ISO ePM10 50% 592x592x600/6		Manufacturer: Filter Plus ÖU		Construction: Pocket filter, 6 Pockets			
Article number: 10505925926006	Type of media: Synthetic	Net effective media area (m ²): 4.2 m ²		Filter dimensions (width x height x depth) 592 x 592 x 580 mm			
Filter/media electrostatic charge: No		Media colour: White		Media adhesive: N/A			
Device Condition: Conditioned per ISO 16890-4							
Other descriptive information:			Mass of test item before / after discharge procedure and before measurement: 1473.1 g / 1477 g / 1473.2 g				
TEST DATA SUMMARY							
Test air flow rate: 0.944 m ³ /s		Test air temperature: 23.3 - 25.7 °C		Test air RH: 40.4 - 44.6 %			
Test aerosol: DEHS (0.3-1 µm) KCl (1-10 µm)							
RESULTS							
Resistance to airflow (Pa)			Fractional Efficiency (%)				
Measured:	39 Pa	Rated initial:	-	Range (µm)	Measured Efficiency	Rated Efficiency	Upstream concentration (particles / dm ³)
		Rated Final:	-				
Test Device Photo				0.30 - 0.40	4		28286
				0.40 - 0.55	3		20598
				0.55 - 0.70	5		10888
				0.70 - 1.00	8		11442
				1.00 - 1.30	14		14190
				1.30 - 1.60	21		13769
				1.60 - 2.20	28		17310
				2.20 - 3.00	43		11516
				3.00 - 4.00	65		7419
				4.00 - 5.50	85		3378
				5.50 - 7.00	94		753
7.00 - 10.00	96		436				
Remarks:							
NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.							

**ISO 16890-4:2016 -
AIR FILTER TEST RESULTS DETAILS**

Testing Organization:
RISE
Research Institutes of Sweden AB
Brinellgatan 4, 501 15 Borås, Sweden
+460105165000

Test ID: SP202109233 Date of test: 2021-10-08 Operator: HC

Resistance to Airflow, 1.2 kg/m ³		Fractional efficiency			
Initial		Range (µm)	E _d , 100 % nominal air flow	E _d , 100% nominal air flow	E _d , 50% nominal air flow
Airflow (m ³ /s)	Resistance to Airflow (Pa)				
0.378	11	0.30 - 0.40	3.6	3.8	5.1
0.472	14	0.40 - 0.55	4.0	3.4	3.4
0.705	25	0.55 - 0.70	5.7	5.3	7.1
0.944	39	0.70 - 1.00	8.1	8.5	8.0
1.181	55	1.00 - 1.30	14.7	14.0	
Conditioned		1.30 - 1.60	19.2	20.9	
Airflow (m ³ /s)	Resistance to Airflow (Pa)	1.60 - 2.20	27.1	28.0	
0.378	11	2.20 - 3.00	41.9	43.3	
0.472	14	3.00 - 4.00	62.6	65.0	
0.708	25	4.00 - 5.50	82.5	84.9	
0.944	39	5.50 - 7.00	91.6	94.4	
1.181	57	7.00 - 10.00	95.3	95.8	



CONDITIONING PROCEDURE

Date: 2021-09-30 - 2021-10-01	Temperature in the chamber: 23.1 - 23.8 °C	Relative humidity in the chamber: 39.8 - 41.8 %	Atmospheric pressure: 989.4 - 994.5 mbar
----------------------------------	---	--	---

NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.

Efficiency measurement

Upstream count data

OPC bin	$d_{g,i}$	Upstream efficiency count data					
	μm	1	2	3	4	5	$U_{e,tot}$
1	0.35	28155	28464	28707	27838	28267	141431
2	0.47	20782	20849	20583	20485	20293	102992
3	0.62	10724	10921	11045	10888	10861	54439
4	0.84	11477	11442	11611	11323	11356	57209
5	1.14	13621	14206	14624	14651	13846	70948
6	1.44	13426	13842	13916	14159	13500	68843
7	1.88	16781	17325	17805	17825	16813	86549
8	2.57	11263	11643	11612	11783	11281	57582
9	3.46	7194	7575	7570	7654	7104	37097
10	4.69	3454	3357	3443	3352	3283	16889
11	6.20	750	747	775	768	725	3765
12	8.37	404	442	431	455	448	2180

Note: All data shown is the number of particle counts for 60 s

Efficiency measurement

Downstream count data

OPC bin	$d_{g,i}$	Downstream efficiency count data					
	μm	1	2	3	4	5	$D_{e,tot}$
1	0.35	27317	27242	27550	26855	26922	135886
2	0.47	19904	19913	20259	20153	20188	100417
3	0.62	10453	10527	10625	10409	10554	52568
4	0.84	9994	9779	9786	9885	9729	49173
5	1.14	10260	11061	11326	11546	10646	54839
6	1.44	10759	11193	11291	11680	10839	55762
7	1.88	12703	13264	13543	13301	12871	65682
8	2.57	6534	6800	7053	7048	6624	34059
9	3.46	2595	2694	2744	2640	2701	13374
10	4.69	474	548	538	527	524	2611
11	6.20	41	45	42	43	42	213
12	8.37	21	19	13	20	20	93

Note: All data shown is the number of particle counts for 60 s

Efficiency measurement

Final results and uncertainty

OPC bin	$d_{g,i}$	Penetration data reduction			Uncertainty limits		Uncertainty	Efficiency
	μm	P	δ	e	Static	Dynamic	Pass/Fail	%
1	0.35	0.962	0.014	0.017	< 0.05	0.067	Pass	3.8
2	0.47	0.966	0.020	0.025	< 0.05	0.068	Pass	3.4
3	0.62	0.947	0.010	0.012	< 0.05	0.066	Pass	5.3
4	0.84	0.915	0.019	0.024	< 0.05	0.064	Pass	8.5
5	1.14	0.860	0.016	0.020	< 0.05	0.060	Pass	14.0
6	1.44	0.791	0.019	0.024	< 0.05	0.055	Pass	20.9
7	1.88	0.720	0.012	0.014	< 0.05	0.050	Pass	28.0
8	2.57	0.567	0.012	0.015	< 0.05	0.040	Pass	43.3
9	3.46	0.350	0.014	0.017	< 0.05	0.052	Pass	65.0
10	4.69	0.151	0.010	0.013	< 0.05	0.023	Pass	84.9
11	6.20	0.056	0.003	0.004	< 0.05	0.011	Pass	94.4
12	8.37	0.042	0.008	0.010	< 0.05	0.008	Pass	95.8

$d_{g,i}$: Geometric mean diameter of a size range i , μm
 P_{*i*}: the final penetration for a given particle size
 δ : the standard deviation of the penetration for a given particle size
 e: the uncertainty of the penetration for a given particle size

Efficiency measurement, 50% nominal air flow

Upstream count data

OPC bin	$d_{g,i}$	Upstream efficiency count data					
	μm	1	2	3	4	5	$U_{g,\text{tot}}$
1	0.35	21219	21401	21352	21667	21535	107174
2	0.47	15562	16151	15859	16198	16406	80176
3	0.62	8496	8738	8933	8871	8908	43946
4	0.84	9393	9496	9482	9528	9786	47685

Note: All data shown is the number of particle counts for 60 s

Efficiency measurement, 50% nominal air flow

Downstream count data

OPC bin	d_i	Downstream efficiency count data					
	μm	1	2	3	4	5	$D_{g,\text{tot}}$
1	0.35	20113	20180	20254	20513	20439	101499
2	0.47	15393	15628	15382	16001	15773	78177
3	0.62	8089	8282	8134	8492	8641	41638
4	0.84	7871	8189	8346	8312	8475	41193

Note: All data shown is the number of particle counts for 60 s

Efficiency measurement, 50% nominal air flow

Final results and uncertainty

OPC bin	$d_{g,i}$	Penetration data reduction			Uncertainty limits		Uncertainty	Efficiency
	μm	P	δ	e	Static	Dynamic	Pass/Fail	%
1	0.35	0.949	0.012	0.015	≤ 0.05	0.066	Pass	5.1
2	0.47	0.966	0.016	0.019	≤ 0.05	0.068	Pass	3.4
3	0.62	0.929	0.023	0.028	≤ 0.05	0.065	Pass	7.1
4	0.84	0.920	0.022	0.027	≤ 0.05	0.064	Pass	8.0

$d_{g,i}$: Geometric mean diameter of a size range i , μm
 P_g : the final penetration for a given particle size
 δ : the standard deviation of the penetration for a given particle size
 e : the uncertainty of the penetration for a given particle size



Fig 1. Overview of the test item

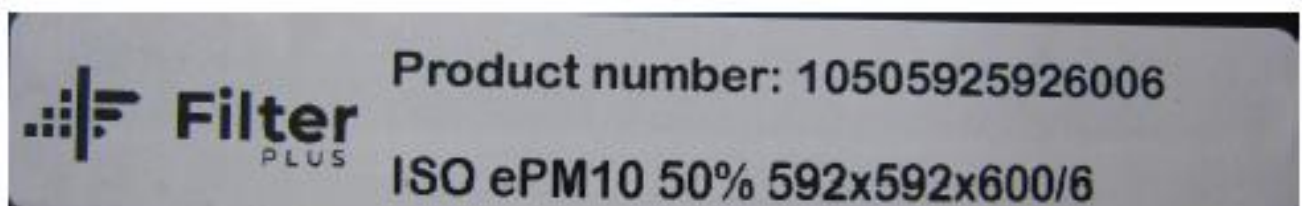


Fig 2. Label on the test item

The interpretation of test reports according to ISO 16890:2016

This brief review of the test procedures, including those for addressing the testing of electrostatic charged filters, is provided for those unfamiliar with the procedures of this series of ISO standards. It is intended to assist in understanding and interpreting the results in the test report/summary. (For further details of procedures the full ISO 16890 document series shall be consulted).

Air filters may rely on the effects of passive static electric charges on the fibres to achieve high efficiencies, particularly in the initial stages of their working life. Environmental factors encountered in service may affect the action of these electric charges so that the initial efficiency may drop substantially after an initial period of service. This could be offset or countered by an increase in efficiency (“mechanical efficiency”) as dust deposits build up. The reported, untreated and conditioned (discharged) efficiency shows the extent of the electrical charge effect on initial performance and indicates the potential loss of particle removal efficiency when the charge effect is completely removed and when at the same time there is no compensating increase of the mechanical efficiency. These test results should not be assumed to represent the filter performance in all possible environmental conditions or to represent all possible “real life” behaviour.

Eurovent 4/21 - 2019			Testing Organization:	
Energy efficiency evaluation of air filters for general ventilation purposes			Research Institutes of Sweden AB Brinellgatan 4, 501 15 Borås, Sweden +460105165000	
Test ID: SP202109233		Date of test: 2021-10-11		Operator: Ter / GB
DEVICE TESTED				
Model: ISO ePM10 50% 592x592x600/6		Manufacturer: Filter Plus ÖU		Construction: Pocket filter, 6 Pockets
Article number: 10505925926006	Type of medium: Synthetic	Net effective filtering area: 4.2 m ²	Filter dimensions (width x height x depth) 592 x 592 x 580 mm	
TEST DATA DETAILS				
i	m _i	Δp _i	Δp _{i,a}	Δm _i
	g	Pa	Pa	g
0	0	39.3		
1	30	40.3	39.8	30
2	85	41.8	41.1	55
3	140	43.4	42.6	55
4	195	45.4	44.4	55
5	250	47.4	46.4	55
6	305	49.9	48.6	55
7	360	53.4	51.7	55
8	415	57.5	55.5	55
	M _x	Δp _x	Δp _{n,a}	Δm _n
	g	Pa	Pa	g
	400	56.4	54.9	40
i	number of the dust loading step			
m _i	total amount of dust fed to the air filter after the dust loading step <i>i</i>			
Δp _i	pressure drop of the air filter after dust loading step <i>i</i>			
Δp _{i,a}	average of the pressure drops of the air filter measured before and after the dust loading step <i>i</i>			
Δm _i	dust increment fed to the air filter during loading step <i>i</i>			
n	total number of dust loading steps to feed the amount of test dust M _x to the air filter (n ≥ 8)			
<p>Resistance to Airflow, 1.2 kg/m³ (Pa)</p> <p>Dust fed (g)</p> <p>—●— Resistance to Airflow, 1.2 kg/m³ (Pa) as function of dust fed</p> <p>— Average pressure drop</p>				
RESULTS				
ISO group	PM10	Δp _x , Average pressure drop	46.3 Pa	
Amount of dust fed, M _x	400	Yearly energy consumption, W	524 kWh	
NOTE: The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.				