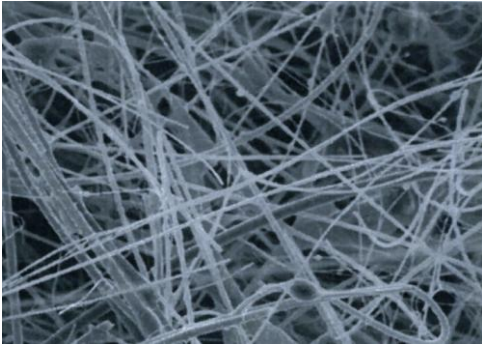


ILMANVAIHDON HIUKKASSUODATUS

Tässä RT-ohjekortissa käsitellään hiukkassuodatukseen liittyviä peruskäsitteitä ja terminologiaa sekä esitellään hiukkassuodattimien valintaperiaate standardin *EN ISO 16890* mukaan. Ohjekortti on suunnattu erityisesti, suunnittelijoille, urakoitsijoille sekä kiinteistöjen omistajille ja huollosta vastaaville. Lisäksi se sisältää tietoa, joka voi olla hyödyllistä myös ilmanvaihtokoneiden ja suodattimien valmistajille.



Kuva 1. Suodatinkuitu, 500-kertainen suurennos.

SISÄLLYSLUETTELO

- 1 JOHDANTO
- 2 KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ
 - 2.1 Ilman ominaisuudet
 - 2.2 Suodattimien ominaisuudet
- 3 ULKOILMAN HIUKKASJAKAUMAT
- 4 SUODATUSMEKANISMIT
- 5 SUODATINMATERIAALIT
- 6 SUODATINRAKENTEET
- 7 KORKEAN EROTUSASTEEN SUODATTIMET
- 8 SUODATUKSEN TOIMIVUUTEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ JA SUOSITUKSIA
- 9 TUOTEKELPOISUUDEN VARMISTUS
- 10 SUODATINLUOKAN VALINTA
 - 10.1 Ympäristö
 - 10.2 Tavoiteltu tuloilma
 - 10.3 Luokitukset
 - 10.4 Valintataulukko
 - 10.5 Suodatinluokkien yhdistelmät
- 11 SUODATTIMEN KOON VALINTA
 - 11.1 Optimaalisen suodatinvalinnan teko olemassa olevaan kohteeseen
 - 11.2 Yleistä suodatinosan koosta
 - 11.3 Ilmansuodattimien mitat
 - 11.4 Energiatehokkaimman ratkaisun valinta
- 12 SUODATTIMIEN HUOLTO JA VAIHTO
 - 12.1 Aikaisemmat käytössä olleet luokitukset
- 13 KIRJALLISUUTTA

1 JOHDANTO

Hiukkassuodattimet ovat keskeinen osa ilmanvaihtojärjestelmiä, vaikuttaen ilmanlaatuun, energiatehokkuuteen ja laitteistojen pitkäikäisyyteen. Tämä ohjekortti tarjoaa suunnittelijoille, urakoitsijoille ja kiinteistöjen omistajille keskeiset tiedot suodattimien peruskäsitteistä ja valintaprosessista.

Ohjekortissa käsitellään ilmansuodatukseen vaikuttavia tekijöitä, kuten ulkoilman hiukkasjakaumia, suodatusmekanismeja ja materiaalivalintoja. Lisäksi tarkastellaan suodatinluokkia, ympäristöön ja tavoiteltuun ilmanlaatuun perustuvaa valintaa sekä huollon ja vaihdon merkitystä. Käytännön valintataulukot auttavat oikean ratkaisun löytämisessä.

Ohjekortti noudattaa standardin *EN ISO 16890* hiukkasluokituksen luokituksia, joka korvasi aiemman standardin *EN 779*. Nykyinen standardi huomioi tuloilman ja ulkoilmaluokat sekä määrittää suodatustehokkuuden eri hiukkaskokoalueilla (PM₁, PM_{2,5} ja PM₁₀), mahdollistaen entistä tarkemman ja tarkoituksenmukaisemman suodatinvalinnan.

2 KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

2.1 Ilman ominaisuudet

Aerodynaaminen hiukkaskoko on sellaisen pallomaisen hiukkasen halkaisija, jonka tiheys on 1 g/cm³ ja jonka laskeutumisnopeus ilmassa on sama kuin tarkasteltavalla hiukkasella.

Aerosoli on hiukkasten ja kaasun seos.

EPA-suodatin, eli Efficient Particulate Air -suodatin on suunniteltu poistamaan ilman epäpuhtauksia, kuten pölyä, siitepölyä, hometta ja muita pienhiukkasia. Määritelty standardeissa *SFS-EN 1822* ja sekä *SFS-EN ISO 29463*.

Geometrinen hiukkaskoko on hiukkasen aerodynaamisesti vastaava halkaisija, jota käytetään määrittelemään hiukkasten käyttäytymistä ilmvirrassa ja niiden suodatettavuutta. Se perustuu hiukkasen tiheyteen, muotoon ja kokoon.

HEPA-suodatin, eli High-Efficiency Particulate Air -suodatin, on suunniteltu poistamaan erittäin pieniä hiukkasia ilmasta suurella tehokkuudella. HEPA-suodattimet ovat yleisesti käytettyjä monissa sovelluksissa, kuten ilmanpuhdistimissa leikkaussaleissa ja laboratorioissa. Määritelty standardeissa *SFS-EN 1822* ja sekä *SFS-EN ISO 29463*.

Hienosuodatin on ePM1 luokan suodatin.

Hiukkanen on kiinteän aineen, nesteen tai näiden seoksen pieni erillinen osa.

Hiukkaskokojakauma on hiukkasmäärän (esimerkiksi hiukkasmassan) jakautuminen hiukkaskoon funktiona.

Ilman epäpuhtaus on hiukkasmainen (tai kaasumainen) aine, joka ei kuulu ympäröivään luonnolliseen tilaan ja sillä on terveydelle haitallisia vaikutuksia.

Ilman hiukkaspitoisuus on ilmassa olevien hiukkasten määrä tilavuusyksikössä. Hiukkaspitoisuus voidaan määritellä hiukkasten massan, lukumäärän, tilavuuden, pinta-alan, kemiallisen yhdisteen jne. perusteella. Tässä ohjekortissa pitoisuudet esitetään yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Laskeuma on ilmasta laskeutuvien epäpuhtauksien massavirta pinta-alayksikölle. Laskeuma määritetään standardisoidulla mittaamenetelmällä.

Laskeutuva pöly on se osa hiukkasista, joilla laskeutumismopeus maan vetovoimakentässä on niin suuri, että sillä on merkitystä hiukkaspitoisuuteen. Huonetiloissa laskeutuvan pölyn hiukkaskoon alarajan suuruusluokaksi voidaan esittää $5 \mu\text{m}$ (aerodynaaminen halkaisija).

Leijuva pöly on ilmassa leijuvaa pölyä, jonka aerodynaaminen halkaisija on alle $40 \mu\text{m}$. Kokonaisleijumapitoisuus (TSP) määritetään suurtehokeräimellä.

Märkälaskeumalla tarkoitetaan sateen mukana pinnalle laskeutuvia epäpuhtauksia.

Pienhiukkanen on hiukkanen, jonka aerodynaaminen halkaisija on enintään $2,5 \mu\text{m}$.

PM_{0,1} hiukkasjake on hiukkaset, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle $0,1 \mu\text{m}$. Ultrapienet hiukkaset saattavat tunkeutua keuhkorakkuloista verenkiertoon. Kuva 2.

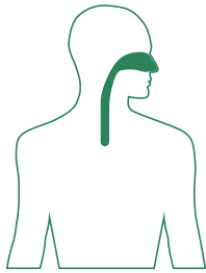
PM₁ hiukkasjake on hiukkaset, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle $1 \mu\text{m}$. Erittäin pienet hiukkaset pääsevät keuhkorakkuloihin asti. Kuva 2.

PM_{2,5} hiukkasjake on hiukkaset, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle $2,5 \mu\text{m}$. Näihin, ns. pienhiukkasiin, on kiinnitettävä huomiota, koska ne kulkeutuvat alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin. Kuva 2.

PM₁₀ hiukkasjake on hiukkaset, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle $10 \mu\text{m}$. Hengitettävät hiukkaset, jotka kulkeutuvat ylempiin hengitysteihin eli nenäonteloon, nieluun ja kurkunpäähän. Kuva 2.

Suodatin on laite, jonka tarkoituksena on erottaa epäpuhtauksia sen läpi virtaavasta ilmasta.

ULPA-suodatin, eli Ultra-Low Particle Air -suodatin on erittäin tehokas ilmanpuhdistussuodatin, joka pystyy poistamaan erittäin pieniä hiukkasia ilmasta. Niitä käytetään erityisesti ympäristöissä, joissa tarvitaan erittäin puhdasta ilmaa, kuten puhdastiloissa, mikroelektroniikan valmistuksessa ja biolääketieteellisissä laboratorioissa. Määritely standardeissa *SFS-EN 1822* ja sekä *SFS-EN ISO 29463*.



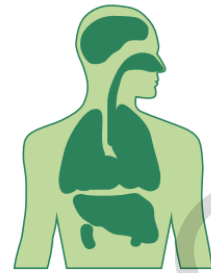
Koko - 10 μ m =
Karkeat hiukkaset,
pääsevät ylempiin hengitysteihin.



Koko - 2,5 μ m =
Hienot hiukkaset,
pääsevät alempiin
hengitysteihin.



Koko - 1 μ m =
Erittäin pienet hiukkaset,
pääsevät keuhkorakkuloihin.



Koko - 0,1 μ m =
Ultrapienet hiukkaset, pääsevät
verenkiertoon ja koko kehoon.

Kuva 2. Eri hiukkaskokojen vaikutus hengitysteihin.

2.2 Suodattimien ominaisuudet

Alkupainehäviö on puhtaan suodattimen painehäviö mitoitussilmavirralla (erotusastetesteissä testi-ilmavirralla).

Elinikä on ilmansuodattimen käyttöaika, kunnes jokin vaihtoa edellyttävä rajoitus on saavutettu (esim. painehäviö).

Erotusaste on suodattimen erottamien hiukkasten lukumäärä suhteessa suodatimeen tulevaan hiukkasten lukumäärään.

Erotusastekäyrä on suodattimen erotusaste hiukkaskoon funktiona. Määritetään käyttäen hiukkaskokoselektiivistä mittaustekniikkaa, esimerkiksi optista hiukkaslaskinta.

Kiinnityskehys on kehysrakenteeseen, johon suodatinkenno kiinnitetään.

Loppupainehäviö on painehäviö, jolla tilanteesta riippuen testaus lopetetaan, suodatin luokitetaan tai suodatin vaihdetaan.

Läpäisyastekäyrä on suodattimen läpäisyaste hiukkaskoon funktiona. Määritetään käyttäen hiukkaskokoselektiivistä mittaustekniikkaa, esimerkiksi optista hiukkaslaskinta.

Materiaalinopeus on järjestelmässä käytettävä ilmavirta jaettuna suodattimen tehollisella pinta-alalla.

Mitoituspainehäviö riippuu suodattimen rakenteesta, alkupainehäviöstä ja tavoitellusta loppupainehäviöstä. Niihin vaikuttavat käyttöolosuhteet, kuten ilmavirta ja ilman ominaisuudet.

Ohivuoto on ilmansuodattimen ohi kulkeva ilmavirta.

Otsapinta-ala on suodatinkennon vapaa poikkipinta-ala.

Otsapintanopeus on ilmavirta jaettuna otsapinta-alalla.

Punnituseroaste (eng. arrestance) kuvaa suodattimen kykyä erottaa ilmasta hiukkasia vertaamalla suodattimen läpi kulkeneen ilman hiukkasten massaa suodatamattoman ilman hiukkasten massaan. Esimerkiksi, jos suodatimeen tulee 50 g hiukkasia ja suodatetussa ilmassa on 10 g hiukkasia, on punnituseroaste 80 %.

Punnituserotusaste on suodattimen kyky erottaa keinotekoista testipölyä. Punnituserotusaste määritetään punnitsemalla.

Pölynsitomiskyky on suodattimeen kerääntyneen pölyn massa. Ilmansuodattimien testauksessa käytetyn keinotekoisien testipölyn pölynsitomiskyvystä ei voida arvioida pölynsitomiskykyä käyttökohteen pölylle. Pölynsitomiskykyyn vaikuttavat suodatettavan pölyn ominaisuuksien lisäksi sekä ilmavirta että loppupainehäviö. Termistä käytetään myös ilmaisua pölynvarauskyky.

Suodatinkenko on suodatinmateriaalin ja suodattimen rungon muodostama kokonaisuus.

Suodattimen runko on kehysrakenne, johon suodatinmateriaali on kiinnitetty.

Suodattimen suurin sallittu loppupainehäviö on painehäviö, jolla järjestelmän ilmavirta täyttää sille asetetun vähimmäisvaatimuksen. Lisäksi otetaan huomioon suodatinmateriaalin ominaisuuksista riippuva enimmäispainehäviö (materiaalin rikkoutuminen, likaantumisen johtuva läpäisyn kasvu).

Taloudellinen loppupainehäviö on suodattimen painehäviö, jolla suodattimesta aiheutuvat ja suodatuksesta riippuvat kustannukset ovat minimissään, ottaen huomioon suurimman sallitun loppupainehäviön rajoitus.

Tehollinen nopeus on ilmavirta jaettuna tehollisella suodatuspinta-alalla.

Tehollinen pinta-ala on se osa suodattimen pinta-alasta, jota käytetään suodattamiseen. Määritely standardin *SFS-EN ISO 29461-1:2021* liitteessä A.

3 ULKOILMAN HIUKKASJAKAUMAT

Ulkoilmassa on hiukkasia luonnostaan ja ihmisten toiminnan seurauksena. Hiukkasia on eri kokoisia niiden lähteistä riippuen. Kaikilla hiukkaskoilla on haitallisia terveysvaikutuksia: eri kokoluokkien vaikutukset poikkeavat kuitenkin toisistaan, eikä tarkkoja määriä turvallisille pitoisuuksille voida määrittää. Hiukkasten terveysvaikutuksiin vaikuttaa koon ja määrän lisäksi myös hiukkasten koostumus.

Ulkoilman hiukkasten määrää mitataan yleensä massa- tai lukumääräkokojakautamana. Lukumääräisesti suurin osa hiukkasista on hyvin pieniä, halkaisijaltaan alle 0,1 µm kokoisia. Massa taas painottuu suurempiin hiukkasiin. Kaupunkiympäristöissä, vilkkaan liikenteen läheisyydessä tehdyissä mittauksissa vain noin 1 % hiukkasmassasta on alle 0,1 µm hiukkasia. Näiden hiukkasten osuus hiukkasten kokonaislukumäärästä on kuitenkin jopa 70...90 %.

Hiukkasten koko vaikuttaa niiden elinikään ulkoilmassa: suuret hiukkaset laskeutuvat pinnoille jo parissa tunnissa, kun taas muutaman sadan nanometrin hiukkaset voivat lentää ilman mukana jopa viikkoja. Meteorologisten tekijöiden vaikutus hiukkaspitoisuuksiin on merkittävä. Esimerkiksi voimakas tuuli nostattaa kaduille kertynyttä karkeaa pölyä uudestaan ilmaan. Toisissa olosuhteissa puolestaan voimakas tuuli voi

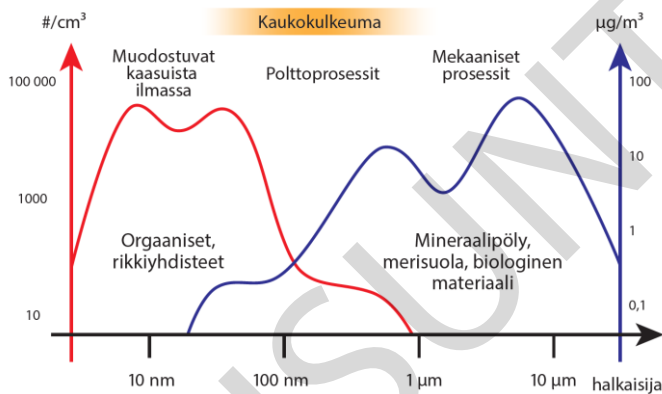
laimentaa hiukkaspitoisuuksia, kun puhtaampaa ilmaa sekoittuu saastuneempaan.

Ulkoilman pienimmät hiukkaset syntyvät pääasiassa polttoprosesseissa. Nämä pienimmät hiukkaset, joita usein kutsutaan myös ultrapieniksi hiukkasiksi, ovat samaa kokoluokkaa kuin teollisissa prosesseissa käytetyt nanohiukkaset. Ilmakehässä hiukkaset kasvavat mm. höyryjen tiivistyessä niihin.

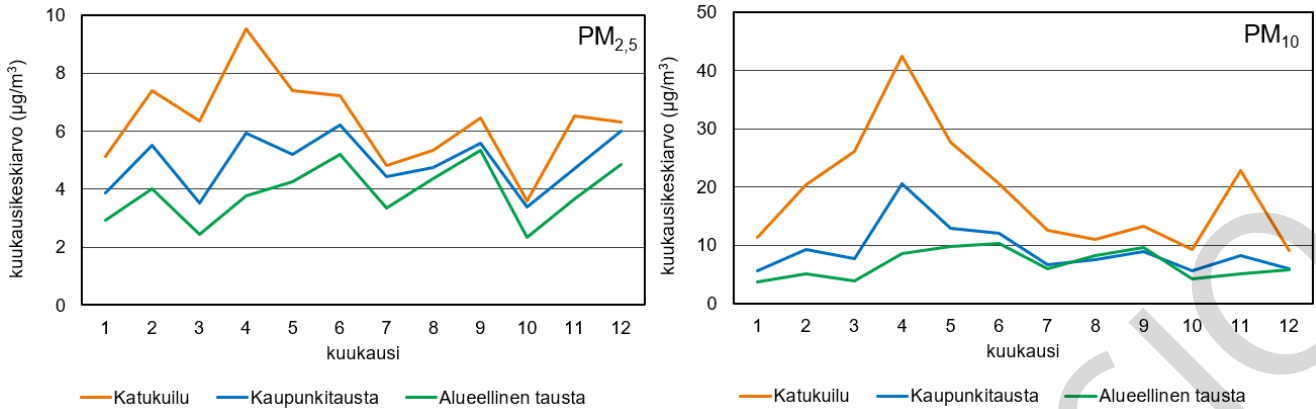
Ulkoilman suuremmat hiukkaset ovat peräisin mekaanisista prosesseista, kuten autojen renkaiden jauhama katupöly, tai ovat eloperäisiä, kuten siitepöly ja itiöt.

Liikenne on yksi merkittävimmistä ulkoilman hiukkasten lähteistä. Hiukkaspitoisuuksien vaihtelussa nähdäänkin selkeästi ruuhka-ajan merkitys. Kuvissa 4 ja 5 on HSY:n mitaamia hiukkasten massapitoisuuksia pääkaupunkiseudulta. Kuukausipitoisuuksissa näkyy selkeästi kevätpölyn aiheuttama huippu ja tuntipitoisuuksissa liikenteen vaikutus. Suomessa ulkoilman pienhiukkasista merkittävä osa on kaukokulkeumaa ympäröivistä maista ja Keski-Euroopasta. Pääkaupunkiseudulla kaukokulkeuman osuus $PM_{2,5}$:stä voi olla jopa 90 %.

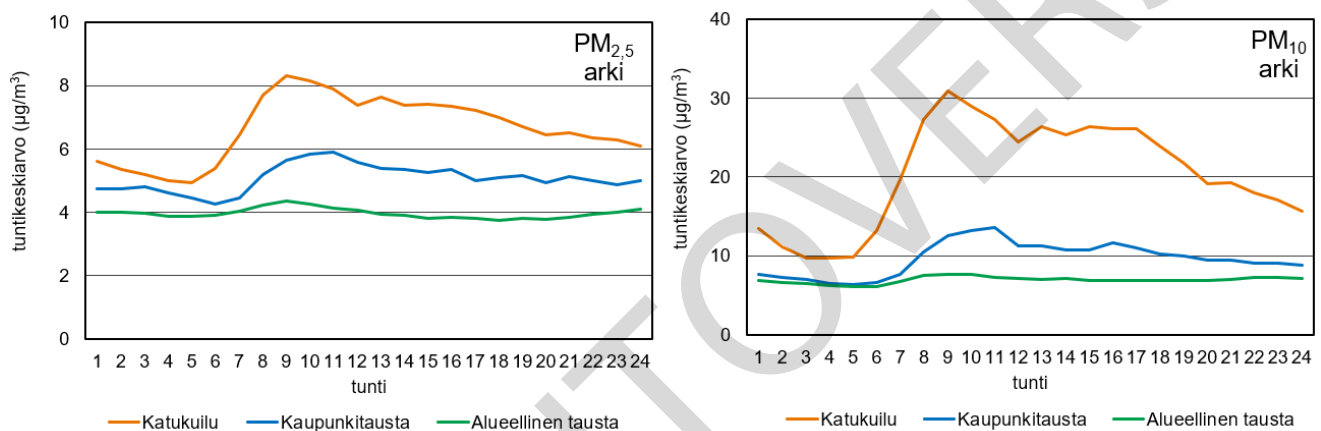
Mitattuja massapitoisuuksia ei voi suoraan muuntaa lukumääräpitoisuuksiksi, mutta keskimääräisesti lukumääräpitoisuus voidaan olettaa kuvassa 3 esitetyn kaltaiseksi.



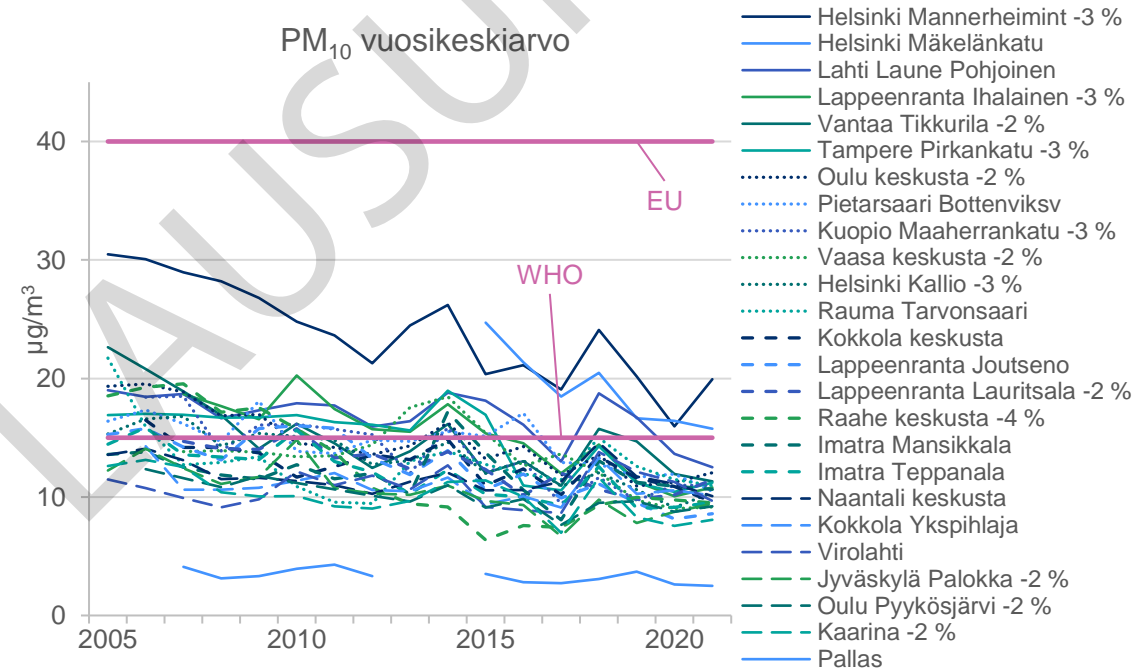
Kuva 3. Ulkoilman hiukkasten lukumäärä- ja massakokojakauma. Kuvaan on merkitty myös kaukokulkeuman hiukkasten kokoluokka.



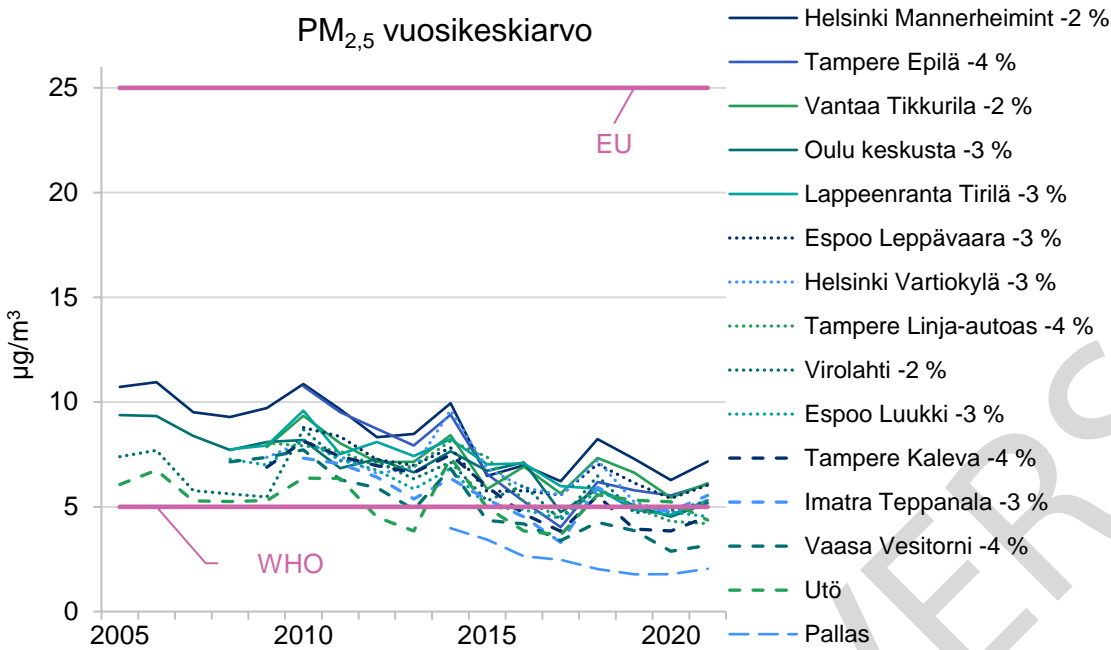
Kuva 4. $PM_{2,5}$ ja PM_{10} kuukausikeskiarvoja pääkaupunkiseudulla vuonna 2023.



Kuva 5. Pääkaupunkiseudulla vuonna 2023 mitatuissa $PM_{2,5}$ ja PM_{10} tuntikeskiarvoissa näkyy selkeää vaihtelua eri vuorokauden aikoina.



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuosipitoisuuksien vertailu ilmanlaatonormeihin (Direktiivi 2008/50/EY ja WHO 2021) vuosina 2005–2021. Kuviossa aseman nimen perässä oleva prosenttilukema kertoo vuotuisen muutoksen, jos se on tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 7. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuosipitoisuuksien vertailu ilmanlaatonormeihin (Direktiivi 2008/50/EY ja WHO 2021) vuosina 2005–2021. Kuviossa aseman nimen perässä oleva prosenttilukema kertoo vuotuisen muutoksen, jos se on tilastollisesti merkitsevä.

4 SUODATUSMEKANISMIT

Kuitusuodattimien erotuskykyyn vaikuttavat kuitujen määrä, kuitujen läpimitta, virtausnopeus ja hiukkaskoko. Fysikaaliset erotusmekanismit kuvaavat näiden suureiden vaikutusta erotuskykyyn. Kuitujen määrää suodattimessa kuvaa pakkaustiheys, joka määrittellään suodatinkuitujen tilavuuden suhteena suodatinmateriaalin kokonaistilavuuteen.

Erotusmekanismien kuvauksissa on käytetty seuraavia yksinkertaistavia oletuksia

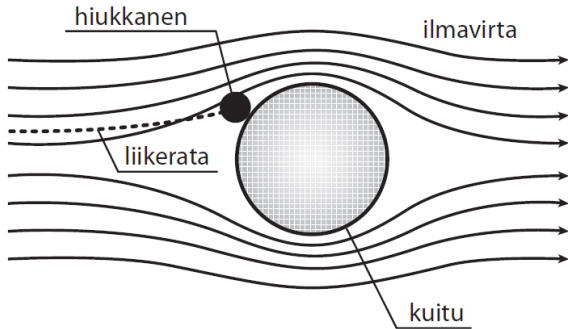
- hiukkaset ovat pallomaisia
- jos hiukkanen koskettaa suodatinkuitua, kuidun ja hiukkasen väliset voimavaikutukset pitävät hiukkasen kiinni kuidussa.
- kuitumateriaalin tyyppi ei vaikuta erotusmekanismeihin.

Seulavaikutus

Hiukkaset, joiden läpimitta on suurempi kuin kahden kuidun vapaa välimatka, kiinnittyvät. Seulavaikutuksella ei ole oleellista merkitystä ilmansuodattimien erotusmekanismina, poikkeuksena kuitenkin kuitumaiset epäpuhtaudet.

Törmäysvaikutus

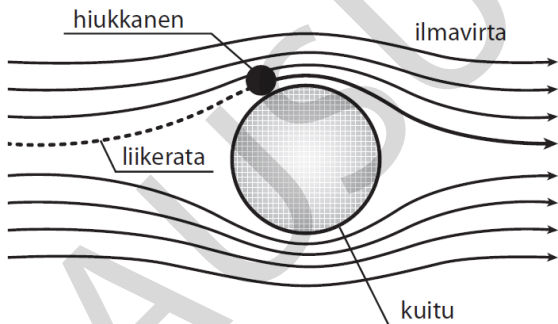
Isot hiukkaset, joilla on suuri massa ja suuret hitausvoimat, eivät seuraa ilmavirran virtaviivoja kuidun ympäri. Hiukkaset jatkavat omaa rataansa, törmäävät kuituun ja kiinnittyvät. Törmäysvaikutus kasvaa, kun virtausnopeus tai hiukkaskoko kasvaa, kuidun läpimitta pienenee ja pakkaustiheys kasvaa.



Kuva 8. Hiukkasen törmäysvaikutus.

Kosketusvaikutus

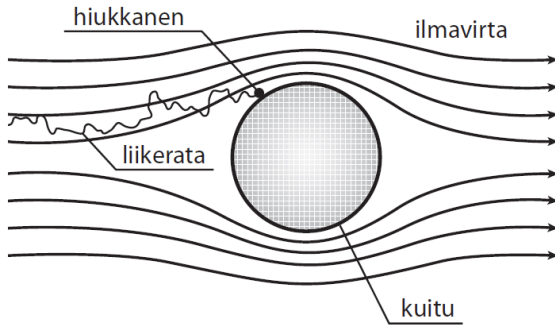
Pienet ja kevyet hiukkaset seuraavat ilmavirran virtaviivoja kuidun ympäri. Jos hiukkasen keskipiste seuraa virtaviivaa, jonka etäisyys kuidusta on pienempi kuin hiukkasen säde, hiukkanen koskettaa kuituun ja kiinnittyy. Kosketusvaikutus on riippumaton virtausnopeudesta, jollei virtausnopeudenmuutos ole niin suuri, että virtauskuva muuttuu tai että hiukasta irti repivä voima on suurempi kuin hiukkasen ja kuidun välinen sidosvoima. Kosketusvaikutus kasvaa, kun hiukkaskoko kasvaa, kuidun läpimitta pienenee ja pakkaustiheys kasvaa.



Kuva 9. Hiukkasen kosketusvaikutus.

Diffuusiovaikutus

Pienten (alle 1 μm) hiukkasten kiinnittymiseen vaikuttaa myös Brownin liike, jonka seurauksena hiukkaset poikkeavat ilmavirran virtaviivoista ja saattavat koskettaa kuitua ja kiinnittyä. Todennäköisyys, että hiukkaset koskettavat kuituja kasvaa, kun virtausnopeus pienenee, hiukkaskoko pienenee, kuitujen läpimitta pienenee ja pakkaustiheys kasvaa.



Kuva 10. Hiukkasen diffuusiovaikutus.

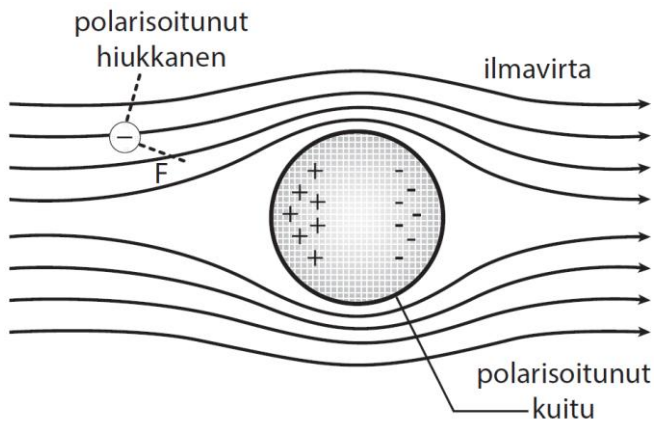
Erotusmekanismien yhteisvaikutus

Yksinkertaisimmissa tarkasteluissa oletetaan erotusmekanismien olevan toisistaan riippumattomia ja erotuskyvyn olevan erillisten erotusmekanismien summa ja kuitulaadusta riippumaton. Todellisuudessa erotusmekanismit ovat toisistaan riippuvia ja siksi osatekijöiden tarkka määrittäminen on erittäin vaikeata. Suodattimen toimintaan vaikuttavat myös kuitujen läpimitan epähomogeenisuus sekä suodatinkuitujen epäsäännöllinen sijoittuminen suodatinmateriaalissa. Taulukossa 1 on esitetty eri erotusmekanismit ja niihin vaikuttavat tekijät.

Sähköiset erotusmekanismit

Tavanomaisten nk. mekaanisten vaikutusmekanismien lisäksi hiukkasten erottamiseen voivat vaikuttaa hiukkasten ja suodatinkuitujen välillä vallitsevat sähköiset voimat. Sähköinen voimavaikutus on erityisen merkittävä, kun hiukkasten ja kuitujen varaustilat ovat vastakkaismerkkiset. Tällöin sähköinen vetovoima tehostaa hiukkasten kiinnittymistä kuituun. Varautuneen hiukkasen ja neutraalin kuidun välillä esiintyy heikko voimavaikutus, jolla ei yleensä ole merkittävää vaikutusta suodattimen toimintaan.

Sähköiset kuitusuodattimet koostuvat yleensä suodatinkuiduista, jotka ovat sähköisesti polarisoituneita, ts. suodatinkuiduissa esiintyy sekä negatiivisesti että positiivisesti varautuneita vyöhykkeitä. Polarisoituneet kuidut tehostavat hiukkasten kiinnittymistä, jolloin suodattimen erotuskyky on korkeampi kuin se olisi ilman sähköisiä varauksia. Suodatinkuitujen sähköinen polarisaatio voidaan toteuttaa joko asettamalla suodatinmateriaali voimakkaaseen sähkökenttään tai käyttämällä nk. elektreettimateriaalista valmistettuja suodatinkuituja. Elektreettimateriaaleille on ominaista hyvin alhainen sähkönjohtavuus, minkä seurauksena suodatinkuituihin saadaan stabiili sähköinen polarisaatio.



Kuva 11. Sähköisen suodatusvaikutuksen periaate.

Taulukko 1. Erotusmekanismien sekä virtausnopeuden, hiukkas-koon, kuidun läpimitan ja pakkaustiheyden välinen vaikutus.

Erotusmekanismi	Perussuure			
	Virtausnopeus	Hiukkas-koko	Kuidun läpimitta	Pakkaus-tiheys
Törmäys	+	+	-	+
Kosketus	0	+	-	+
Diffuusio	-	-	-	+

+ Erotusvaikutus kasvaa, kun jokin perussuureista kasvaa.

- Erotusvaikutus kasvaa, kun jokin perussuureista pienenee.

0 Erotusvaikutus on riippumaton perussuureista.

5 SUODATINMATERIAALIT

Jos kohteessa tavoitellaan Sisäilmastoluokituksen sisäympäristön tavoitearvoja, tulee hiukkassuodattimien täyttää siinä mainitut materiaalivaatimukset.

Sisäilmastoluokituksesta lisää ohjekortissa [Sisäilmastoluokitus 2018](#), [Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset RT 07-11299](#).

Lasikuitu

Lasikuitua käytetään hienosuodattimissa ja erityisesti korkean erotusasteen suodattimissa. Pyrittäessä suodattamaan pieniä hiukkasia on suodatinmateriaalissa käytettävä runsaasti ohuita kuituja.

Synteettiset eli muovikuidut

Muovikuituja käytetään karkea-, keskitason ja hienosuodattimissa.

Synteettiset suodattimet voivat olla sähköisesti varattuja pienten hiukkasten erotuskyvyn parantamiseksi. Sähköinen suodatusvaikutus voi käytön aikana alentua. Suodatinta kuormittavan pölyn laadulla on oleellinen vaikutus sähköisen suodatusvaikutuksen pysyvyyteen.

Kuitusuodattimen kuormittuessa mekaaniset erotusmekanismit paranevat mutta sähköiset erotusmekanismit saattavat huonontua. Kokonaiserotusaste riippuu erotusmekanismien yhteisvaikutuksesta, johon vaikuttaa mm. perusmateriaalin rakenne ja laatu sekä sähköisten varausten määrä.

Muut materiaalit

Kompaktisuodattimissa käytetty paperimainen suodatinmateriaali voi olla valmistettu lasikuidusta, synteettisestä materiaalista tai luonnon selluloosasta. Kuitukoot ja yhdistelmät vaihtelevat halutun erotusasteen ja painehäviön mukaan. Materiaalit saattavat olla kyllästetyt kestämään kosteutta.

Vekatuissa ohuissa paneelisuodattimissa käytetään myös esimerkiksi puuvilla/polyesterisekoitteita ja suodatinmateriaalin tukena metalliverkkoa.

6 SUODATINRAKENTEET

Tasosuodattimet

Tasosuodattimet eli nk. suodatinmatot ovat pääosin karkeasuodattimia, jotka asennetaan erilliseen kehykseen tai jotka ovat valmiiksi varustettu kehyksellä. Suodatinmateriaalina käytetään sekä lasikuitua että muovikuituja. Suodatinmateriaali on usein käsitelty rasvamisella tartunta-aineella. Tasosuodattimien syvyys on tyypillisesti 20...100 mm.

Etuna on edullinen hankintahinta, mutta haittoina alhainen erotusaste, liikainen vaihtotyö ja lyhyt käyttöikä.



Kuva 12. Esimerkki tasosuodattimesta.

Pussisuodattimet

Pussisuodattimia valmistetaan sekä lasi- että muovikuiduista. Suodattimen toiminnalle on tärkeitä muodon säilyvyys painehäviön lisääntyessä. Painehäviön tulisi nousta suodatinmateriaalin tukkeutumisen johdosta eikä suodatintaskujen välisten vapaiden ilmäteiden kuristumisen johdosta. Mitä useampia taskuja suodattimessa on, sen tärkeämpää on muodon säilyminen.

Ilman jäykkeitä olevat suodattimet pysyvät ryhdissä ilmavirran vaikutuksesta. Ilmavirran ollessa liian pieni suodatintaskut saattavat roikkua tai nojata toisiaan vastaan. Sama ilmiö saattaa ilmetä, kun suodattimiin on kerääntynyt runsaasti pölyä ja taskujen massa on kasvanut. Ryhdin säilyttämiseksi on eräissä ratkaisuissa suodattimeen liitetty mekaaninen ripustin. Muovikuituisista suodatinmateriaaleista saumaamalla valmistetut suodattimet ovat jäykkärakenteisia ja muodossa pysyviä ja soveltuvat hyvin vaikeisiin (turbulenssi, tärinä)

virtausolosuhteisiin. Jäykkä rakenne lisää kuitenkin kuljetus- ja säilytystilan tarvetta.

Pussisuodattimet ovat yleissuodattimia, joita valmistetaan sekä perus- että erikoiskokoina. Pussisuodattimien syvyys on 100...700 mm. Suodatintaskuja on 3...18 kpl. Lyhyimmät suodattimet ovat yleensä karkeasuodattimia.

Pussisuodattimet ovat Suomessa yleisimmin käytettyjä suodattimia.



Kuva 13. Esimerkki pussisuodattimesta.

Laajapintasuodattimet

Laajapintasuodattimella tarkoitetaan suodatinta, jossa on joko V-muotoiset kenno-osat (ns. minipleat-tekniikka, vekkipaketin paksuus tyypillisesti 20...35 mm) tai koko suodatinrunгон syvyisellä kenno-osalla varustettua suodatinta (ns. deep pleat-tekniikka, vekkipaketin paksuus ≤ 280 mm). Suodatinmateriaali on yleensä paperimainen ja valmistettu lasi-, muovi- tai selluloosakuiduista tai näiden yhdistelmästä. Suodattimien syvyys on 100...500 mm.

Laajapintasuodattimen etuja ovat tukeva rakenne, hyvä mekaaninen kestävyys, soveltuvuus hankaliin virtausolosuhteisiin ja pieni tilantarve. Haittana on esisuodattimen tarve käyttöään lisäämiseksi. Laajapintasuodattimia valmistetaan vain peruskokoja.

Alalla käytettävät kompaktisuodattimet ovat malliltaan laajapintasuodattimia.



Kuva 14. Esimerkki laajapintasuodattimesta.

Paneelisuodattimet

Paneelisuodattimella tarkoitetaan noin 20...100 mm syvää kehystettyä suodatinta.

Paneelisuodattimissa on minipleat-tekniikalla toteutettu paperimainen vekattu suodatinmateriaali. Suodatinmateriaalina voi olla lasikuitu, muovikuitu tai selluloosa. Nämä suodattimet asennetaan tavanomaisen asennuskehysten tulopuolelle. Tasosuodattimiin verrattuna paneelisuodattimien pinta-ala on suurempi, erotusaste parempi ja ne on helpompi vaihtaa. Puhkekehyksiset paneelisuodattimet ovat kosteusarvoja. Paneelisuodattimia käytetään usein korvaamaan tasosuodattimet (suodatinmatot) hiukkassuodatuksen parannustöissä.

Tunnetaan alalla myös kasettisuodattimina.



Kuva 15. Esimerkki paneelisuodattimesta.

Sähkösuodattimet

Sähköistä suodatusta käytetään erilaisissa huoneilmapuhdistimissa sekä ravintola- ja kahvilatilojen ilmanpuhdistimissa. Sähkösuodattimia käytetään myös rakennusten ilmanvaihtojärjestelmissä lähinnä kierrätys- ja palautusilman puhdistukseen.

Sähkösuodattimen etuna on esimerkiksi hyvin pieni virtausvastus. Sähkösuodatin edellyttää säännöllistä huoltoa. Huollon laiminlyönnit ovat yleinen syy suodatuksen epäluotettavuuteen. Sähkösuodattimen toimivuuden tarkastaminen vaatii asiantuntemusta.

7 KORKEAN EROTUSASTEEN SUODATTIMET

EPA-, HEPA- ja ULPA-suodattimet ovat tehokkaita kosketus- ja diffuusiovaikutukseen perustuvia ilmanpuhdistusratkaisuja, jotka on suunniteltu poistamaan ilmasta pienhiukkasia, kuten pölyä, siitepölyä, mikrobeja ja muita epäpuhtauksia. Näitä suodattimia käytetään laajalti esimerkiksi sairaaloissa, laboratorioissa, teollisuudessa sekä kotitalouksissa.

EPA-suodattimet tarjoavat perustason suodatuksen, kun taas HEPA- ja ULPA-suodattimet saavuttavat huomattavasti korkeamman erotusasteen, poistaen jopa nanometrin kokoisia hiukkasia tehokkaasti. Suodattimien valinta riippuu käyttökohteesta ja tarvittavasta puhtaustasosta.

Standardissa *SFS-EN 1822-1:2019* esitetään EPA-, HEPA- ja ULPA-suodattimien luokitukset sekä erotus- ja läpäisyasteet.

EPA-, HEPA- ja ULPA-suodattimille on myös oma ISO-standardi *SFS-EN ISO 29463*, joka määrittelee ne kattavammin ja sallii esimerkiksi nestemäisen aerosolin käytön testimenetelmissä.

8 SUODATUKSEN TOIMIVUUTEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ JA SUOSITUKSIA

Rakennustiedon ja Sisäilmayhdistyksen Sisäilmastoluokitus 2018:ssa suodattimien vaatimuksia ovat:

- Suodattimesta ei saa rakennuksen käytön aikana irrota mineraalikiuituja tuloilmaan. Käyttövalmiista suodattimesta irtoavien kuitujen kokonaispitoisuuden on oltava pienempi kuin $0,1 \text{ kpl/m}^3$
- Suodattimessa ei saa käyttää terveydelle haitallisia öljyjä tai torjunta-aineita (biosidejä).
- Suodatinkasetin ja kehysten tulee kestää mitoitustilanteeseen nähden kolminkertainen paine-ero.
- Suodatin on voitava vaihtaa helposti.
- Suodatin ei saa olla kosketuksissa suodatinkammion pohjan tai muun mahdollisesti kostean osan kanssa edes silloin, kun kone on pysähdyksissä.
- Valmistajan on määriteltävä suodattimen vaihtotarve sekä se, miten käytetyt kuitusuodattimet hävitetään ympäristöystävällisesti.
- Sähkösuodattimien tapauksessa valmistajan on määriteltävä suodattimen puhdistusväli, tai miten automaattisen puhdistusjärjestelmän toimivuutta voidaan valvoa.

9 SUODATINLUOKAN VALINTA

Ilmanvaihdon suodatusratkaisun valintaprosessi perustuu tilan käyttötarkoitukseen, ulkoilman epäpuhtauksiin ja ilmanvaihtojärjestelmän tekniisiin vaatimuksiin:

1. Mitä epäpuhtauksia kiinteistön ympäristössä esiintyy ja miten suurina pitoisuuksina?
 - Arvioidaan alueen ulkoilman laadun mukaan epäpuhtauksien tyyppi ja määrä, kuten hiukkaspitoisuus

(PM₁₀, PM_{2,5}), kaasumaiset epäpuhtaudet (esim. NO_x, SO₂) tai siitepöly.

2. Mikä on tavoiteltu tuloilman laatu käyttökohteessa ja minkälaisia suodattimia se vaatii?
 - o Selvitetään, minkälaisia ilmanlaatuvaatimuksia tilassa on (esim. asuminen, toimistotyö, sairaalaympäristö, teollisuus).
 - o Selvitetään ilmanvaihtokerroin sekä sisäilman laadun vaatimukset.

Muita suodatinvalintaan vaikuttavia huomioita:

- Jos kohteessa käytetään kiertoilmaa, jota suodatetaan, onko sisäisiä epäpuhtauslähteitä tai onko joissain tiloissa vuotoja rakenteissa ja miten nämä vaikuttavat tuloilmaan?
- Asettaako ilmanvaihtojärjestelmän puhtaana pitäminen lisävaatimuksia suodatukselle?
- Onko esisuodatukselle tarvetta? Karkean pölyn suuri määrä voi asettaa vaatimuksia suodattimen kuormituskestävyydelle
- Pienhiukkasten korkeat pitoisuudet aiheuttavat terveysriskejä. Ympäristössä, jossa pienhiukkasia on paljon, on suodatustehokkuuksiin koko suodattimen käyttöänsä aikana kiinnitettävä erityistä huomiota ja rakenteellisten vuotojen vaikutus minimoitava.
- Tuloilman suodatuksen lisäksi otetaan huomioon myös esim. poistoilman suodattaminen, lämmönsiirtimien ja muiden ilmanvaihtojärjestelmä osien suojaaminen.
- Vaikuttaako suodatinvalintaan enemmän hiukkaslukumäärä vai hiukkasmassa?
 - o Hiukkaslukumäärän kiinnitettävä huomiota, kun suodatettavat hiukkaset ovat terveyden kannalta oleellisia PM₁ tai pienempiä.
 - o Hiukkasmassaan kiinnitettävä huomiota, kun suodatettavasta ilmasta esimerkiksi katu- tai siitepöly muodostavat valtaosan massasta.

9.1 Ympäristö

Kohteeseen sopivan suodatuksen arvioiminen alkaa kiinteistön ympäristön tunnistamisesta. Vilkkaasti liikennöidyssä katukuilussa tarvitaan tehokasta pienhiukkasten suodattamista, mutta samanaikaisesti otetaan huomioon jokakeväinen katupölyaika ja sen aikana ilmassa leijuvat suuret hiukkaset.

Standardi *SFS-EN 16798-3:2017* mukaisesti ulkoilman laatu voidaan jakaa kolmeen luokkaan:

ODA 1: Ulkoilma, joka voi olla vain väliaikaisesti pölyistä (esim. siitepöly)

ODA 2: Ulkoilma, jossa on korkeita hiukkaspitoisuuksia tai kaasumaisia epäpuhtauksia

ODA 3: Ulkoilma, jossa on hyvin korkeita hiukkas- tai kaasupitoisuuksia

Ulkoilman luokitus tehdään sijainnin kolmen viimeisen vuoden keskiarvon mukaisesti. Alueelliset vuosikeskiarvot PM_{2,5}- ja PM₁₀-hiukkasista saadaan Suomessa Ilmatieteen laitokselta.

Eurovent tulkitsee standardiin kuvailuja WHO:n asettamien ilmanlaatustandardien raja-arvojen kertoimilla. Suomen oloissa on huomioitava, että ODA 1 luokkaan päästään pääosin aina. ODA 3 luokkaa ei ole Suomen lakisääteisessä tähänastisessa seurannassa ylitetty lainkaan. Joissain erityistapauksissa, kuten todella pölyävissä ympäristöissä, kuten rakennustyömaiden tai muiden vastaavien läheisyydessä tulee suodatuksen korkeampien luokkien käyttö harkita erikseen (taulukko 2).

Taulukko 2. Standardin ulkoilmaluokat: tulkinta Eurovent 4/23–2022 mukaan sekä sovellukset Suomessa.

	Ulkoilma		
	ODA 1	ODA 2	ODA 3
Eurovent:n tulkinta	Pätee, kun WHO:n (2021) raja-arvot alittuvat (vuosikeskiarvoina PM _{2,5} ≤ 5 µg/m ³ ja PM ₁₀ ≤ 15 µg/m ³).	Pätee, kun WHO:n (2021) raja-arvot ylittyvät, mutta enintään 1,5-kertaisesti (vuosikeskiarvoina PM _{2,5} ≤ 7,5 µg/m ³ ja PM ₁₀ ≤ 22,5 µg/m ³).	Pätee, kun WHO:n (2021) raja-arvot ylittyvät yli 1,5-kertaisesti (vuosikeskiarvoina PM _{2,5} > 7,5 µg/m ³ ja PM ₁₀ > 22,5 µg/m ³).
Sovellukset Suomessa	Maaseutu, järvialueet ja lähiöt, joissa pölyä ainoastaan tilapäisesti	Kaupunkien keskustat ja teollisuusalueet	Poikkeustapaukset, kuten työmaat

9.2 Tavoiteltu tuloilma

Hiukkassuodattimen suodatusasteen valitsemiseksi on määritettävä tavoiteltu tuloilman laatu käyttökohteen mukaisesti perustuen standardin *SFS-EN 16798-3:2017* SUP-luokitukseen (taulukko 3).

Taulukko 3. Tuloilman luokituksen määrittäminen standardin *SFS EN 16798-3:2017* mukaan ja soveltaminen ilmanvaihdossa kohdetyypeittäin.

Standardin Tuloilmaluokka	Soveltaminen yleisilmanvaihtoon	Soveltaminen teollisuusilmanvaihtoon
SUP 1	Kohteet, joissa kohderyhmän kannalta oleellista tuloilman puhtaus	Kohteet, joissa korkeat hygieniavaatimukset
SUP 2	Jatkuvaan oleskeluun tarkoitetut huonetilat	Kohteet, joissa keskitason hygieniavaatimukset
SUP 3	Tilapäiseen oleskeluun tarkoitetut huonetilat	Kohteet, joissa on perustason hygieniavaatimukset
SUP 4	Lyhytaikaiseen oleskeluun tarkoitetut huonetilat.	Kohteet, joissa ei ole hygieniavaatimuksia.
SUP 5	Huonetilat, joissa ei oleskella.	Raskaan teollisuuden tuotantotilat.

Jos sama tuloilmasuodatin palvelee useampaa tilaa, on suodatinluokkaa valittaessa valittava korkeimman tuloilman tavoitteen mukaan.

Kohteet, joihin sovelletaan Sisäilmastoluokitus 2018:n ilmanvaihdon puhtausluokkia, voidaan soveltaa taulukossa 4 olevia SUP-luokkia.

Taulukko 4. SUP-luokitukset Sisäilmastoluokitus 2018:ssä.

	S1	S2	S3
Tuloilmaluokka	SUP1	SUP2	-
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka	P1	P1	-

Jos ulkoilmassa on suuria määriä kaasumaisia epäpuhtauksia, kuten typpidioksidia (NO₂), otsonia (O₃) tai haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC), suositellaan käyttämään kaasusuodattimia (tyypillisesti aktiivihiihisiuodattimia). Standardi *EN 16798-3* ohjaa kaasusuodattimen käyttöä ulkoilman ja tuloilman laatuluokkien perusteella.

Kaasusuodattimien valintaan voidaan soveltaa Eurovent:n ohjetta *4/26 – 2025 selection of molecular filters for supply air for general ventilation rated according to iso 10121-3*.

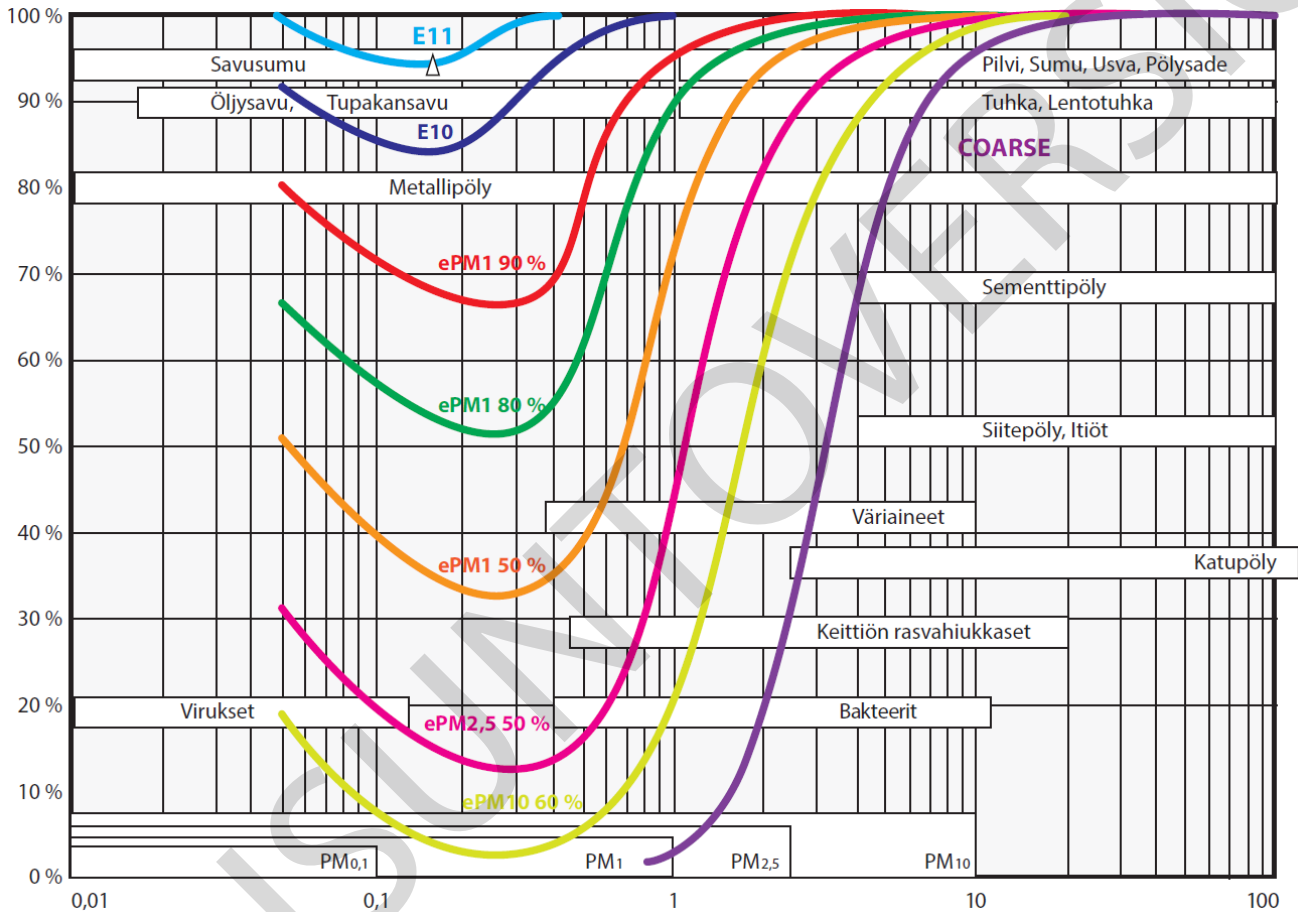
Suomessa kaasupitoisuudet ovat yleisesti raja-arvojen alapuolella. Kaasu ja niiden suodatusta on yleisesti kuvattu standardisarjassa *SFS-EN ISO 16000*.

9.3 Luokitukset

Suodatinluokat jaetaan standardissa *SFS-EN ISO 16890* partikkelin koon ja sen suodatusprosentin mukaan.

Suodatinluokat ilmoitetaan esittämällä ryhmätunnus ja erotusprosentti, esimerkiksi "ISO ePM10 60 %". Tämä tarkoittaa, että suodatinryhmän ISO ePM10 suodattaa 0,3–10 µm kokoluokan hiukkasmassasta 60 %.

Kuvassa 16 on kuvattu suuntaa antavasti eri hiukkassuodatinluokkien erotuskykyä erilaisten hiukkaskokojen välillä.



Kuva 16. Ilman epäpuhtauksia ja ilmansuodattimien tyypilliset vähimmäiserotusasteet eri suodatusluokissa.

9.4 Valintataulukko

Taulukossa 5 on esitetty suositeltavat hiukkassuodatusluokat kohteen tyyppiin ja sijainnin perusteella.

Huomioitavaa taulukon käytössä:

- Tuloilmaluokka tulee valita aina tapauskohtaisesti.
- Kohteen sijainnin vallitseva ulkoilmaluokka tulee varmistaa Ilmatieteenlaitokselta saatujen vuosikeskiarvojen avulla.
- Otettaessa ilmaa suositusminimietäisyyksiä lähempää vilkkaasti liikennöityjä teitä, tulee oletusmitoitustapana käyttää ODA 2.

Taulukko 5 Hiukkassuodatinluokan valintataulukko kohteen sijainnin ja tyyppin mukaan.

	Sijainti		
	ODA 1	ODA 2	ODA 3
	Esimerkiksi maaseutu, järvialueet ja lähiöt, joissa pölyä ainoastaan tilapäisesti	Kaupunkien keskustat	Suomen oloissa poikkeustapaukset, kuten työmaat
Kohde	Suodatusluokka		
SUP 1	ePM1 70 %	ePM1 80 %	ePM1 90 %
Sairaala			
Laboratorio			
Farmasiateollisuus			
Elektroniikkateollisuus			
Optiikkateollisuus			
SUP 2	ePM1 50 %	ePM1 70 %	ePM1 80 %
Päiväkoti			
Alakoulu			
Vanhainkoti			
Vanhusten hoitopalvelutalo			
Asuinrakennus			
Toimisto			
Koululaitos			
Hotelli			
Kokoushuone			
Näyttelyhalli			
Liikekeskus			
Museo			
Konferenssitila			
Puhe- tai tanssiteatteri			
Elokuvateatteri			
Konserttisali			
Datakeskus			
Elintarviketeollisuus			
SUP 3	ePM2,5 50 %	ePM2,5 70 % tai ePM1 50 %	ePM2,5 80 %
Varastorakennus			
Pesuhuone			
Palvelin- tai kopiointihuone			
Elintarviketeollisuus			
SUP 4	ePM10 50 %	ePM10 80 % tai ePM2,5 50 %	ePM10 90 % tai ePM1 50 %
WC-tila			
Varastohuone			
Porrashuone			
Autoteollisuuden yleiset tuotantotilat			
SUP 5	ePM10 50 %	ePM10 50 %	ePM10 80 % tai ePM2,5 50 %
Jätehuone			
Pysäköintihalli			
Terästehdas			
Sulattamo			
Hitsaamo			

9.5 Suodatinluokkien yhdistelmät

Suodatinluokkia voi yhdistää esi- ja jälkisuodatuksina saavuttaen paremman erotusasteen. *Taulukossa 6* on esitetty tiettyjä yhdistelmiä.

Taulukko 6. Hiukkassuodatinluokkien yhdistäminen.

Tavoiteltu hiukkassuodatus	Yhdistelmäratkaisu
ePM1 70 %	ePM10 50 % + ePM1 60 %
ePM1 80 %	ePM1 50 % + ePM1 60 %
ePM1 90 %	ePM1 50 % + ePM1 80 %
ePM2,5 80 %	ePM10 50 % + ePM1 60 %

Standardin *SFS EN ISO 16980-1* liitteessä C sekä Eurovent:n ohjeessa *Selection of EN ISO 16890 rated air filter classes for general ventilation applications* on esitetty laskentakaava kullekin hiukkasjakeelle toimiva kumuloitunut kokonaistehokkuus.

10 SUODATTIMEN KOON VALINTA

Tässä luvussa käsitellään suurten ilmanvaihokoneiden (noin yli 1 m³/s) hiukkassuodattimien valintaa. Pienempien koneiden, kuten asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden, osalta suodattimien valinta tehdään ensisijaisesti laitevalmistajan suositusten mukaisesti.

10.1 Optimaalisen suodatinvalinnan teko olemassa olevaan kohteeseen

Ylläpidollisesti parhaimpaan ja tehokkuudeltaan optimoituun suodatusratkaisuun pääsemiseksi tehdään kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmän suodatinkartoitus:

- IV-koneen ominaisuudet selvitetään
 - Suodatusosien ilmavirta
 - Puhaltimen toiminnallisuuden ja esim. säätöominaisuuksien kannalta toivottava toimintapainehäviö käytetyllä ilmavirralla
 - IV-koneeseen mahtuvien suodattimien koot
 - Mitoiltaan pienemmän suodattimen käyttö voi olla perusteltua, jos suodatin joudutaan vaihtamaan usein esim. haisevien epäpuhtauksien takia, vaikka suodattimen painehäviö ei vielä hiukkaskuorman takia ole merkittävästi noussut.
- Tehdään suodattimien ylläpitosuunnitelma, kun kuormittavat epäpuhtauspitoisuudet ja IV-koneen toiminnan kannalta parhaat suodatinmitat tunnetaan.
 - Jos kohteen ympäristössä on rakennustyömaita tai vastaavia karkeaa pölyä tuottavia toimintoja, karkeasuodattimet mitoitetaan suodatinpinnaltaan suuriksi tai ne vaihdetaan usein. Karkeasuodattimet vaihdetaan vähintään yhtä usein kuin hienosuodatin.

- Hienosuodattimet on useimmissa kohteissa hyvä vaihtaa kahdesti vuodessa esim. kevätpölykauden ja mahdollisten kesäisten-syksyisten metsäpalojen jälkeen.
3. Suodatinkartoituksen tulokset dokumentoidaan ja tietoja hyödynnetään suodatintarjouksia pyydetessä ja kiinteistön ylläpidon hallinnoinnissa. Hyvin dokumentoidut kartoitustiedot nopeuttavat ja helpottavat suodatinten tilausprosessia ja varmistavat, että oikeat suodattimet toimitetaan oikeaan paikkaan.

10.2 Yleistä suodatinosan koosta

Ilmansuodattimen perusmoduulin otsapinnan mitat (kiinnitys- kehyksen ulkomitat) n. 610 mm x 610 mm juontuvat amerikkalaisesta mitasta 2 jalkaa x 2 jalkaa. Varsinaisen suodatinkennon perusmitat ovat yleensä 592 mm x 592 mm (287 mm x 592 mm) pituuden vaihdellessa 20...900 mm.

Ilmansuodattimen mitoituksessa pyritään kohtuulliseen painehäviöön. Perusmoduulin kokoisten ilmansuodattimien teholliset pinta-alat vaihtelevat karkeasuodattimena käytettävästä noin 0,3 m² tasomatosta jopa 35 m²:n HEPA-suodatinkennoihin.

Ilmansuodattimen perusmoduulin tyypillinen ilmavirta on n. 1 m³/s, jota vastaava otsapintanopeus on 2,7 m/s.

Pienhiukkasia suodattaessa pussisuodattimen suodatustehokkuus on yleensä verrannollinen suodatinmateriaalin pinta-alaan. Pinta-ala vaikuttaa nopeuteen, jolla ilma kulkee suodatinmateriaalin läpi ja mitä pienempi nopeus sen tehokkaammin pienhiukkaset suodattuvat. Mekaanisissa suodattimissa myös suodattimen aiheuttama painehäviö on verrannollinen suodattimen pinta-alaan. Yleensä suodatinalaa suurentamalla saadaan painehäviötä alaspäin ja suodattimen epäpuhtauksien keräämiskapasiteettia ylöspäin. Hyvä tavoite on saada materiaalinopeus hienosuodattimissa luokkaan 0,1 m/s; paljon tätä pienemmillä nopeuksilla ei lisäystä materiaalista enää käytännössä välttämättä ole hyötyä paineron tai suodatustehokkuuden osalta.

Kun olemassa olevassa kohteessa tarvitaan tehokkaampaa suodatusta, ja ilmanvaihtokoneen vaihtaminen on liian kallis ratkaisu, voidaan esimerkiksi suodattimien syvyyttä (pussien pituutta) mahdollisuuksien mukaan kasvattaa ja sillä kumota korkeammasta suodatustehokkuudesta aiheutuva painehäviön nousu. Pussisuodattimien pääsääntöisiä nimellispituuksia ovat 600 mm, 500 mm ja 360 mm.

10.3 Ilmansuodattimien mitat

Suodattimien koot valitaan ensisijaisesti käyttäen *taulukossa 7* esitettyjä ratkaisuja. Yleisesti käytössä olevien suodatinkokoja saatavuus, toimitusajat ja hinnat ovat yleensä huomattavasti erikoiskokoisia suotuisampia. Suodattimien optimaalinen syvyys määräytyy kunkin kohteen tekniikan ja ympäristöolosuhteiden mukaan.



Kuva 17. Hiukkassuodattimen asennuskehukset ja pussisuodatinmalli.

Taulukko 7. Yleisesti käytössä olevat suodattimien mitat. Asennuskehysten sallitut mittapoikkeavat ovat +0 mm ja -2 mm. Suodatinpintojen sallitut mittapoikkeamat ovat +3 mm ja -2 mm.

Asennuskehysten mitat (nimellismitat)		Suodatinpinnan mitat (kehyksellisen suodattimen mitat)	
Leveys mm	Korkeus mm	Leveys mm	Korkeus mm
305	305	287	287
305	508	287	490
305	610	287	592
305	910	287	892
508	305	490	287
508	508	490	490
508	610	490	592
610	305	592	287
610	508	592	490
610	610	592	592
610	910	592	892
910	305	892	287
910	610	892	592

10.4 Energiatohokkaimman ratkaisun valinta

Ilmansuodattimen energiankulutukseen vaikuttavat ilmavirta, keskimääräinen painehäviö ja käyttöaika. Ilmansuodattimen ominaisuus on, että korkeampi erotusaste aiheuttaa korkeamman painehäviön. Painehäviön suurentumisen minimoimiseksi, optimaalisesti muotoillun ilmansuodattimen pinta-alaa on vastaavasti lisättävä. Ilmansuodattimien energiankulutuksia vertailtaessa on aina vertailtava suodatustehokkuudeltaan samanarvoisia tuotteita.

Ilmansuodatuksen perimmäinen tehtävä on tuottaa koneen palvelemien tilojen puhtausvaatimuksia vastaavaa tuloilmaa. Tilavaatimusten

edellyttäessä korkeampia suodatustehokkuuksia on hyväksyttävä korkeammat energiankulutukset. Suodatustehokkuudeltaan samanarvoisten ilmansuodattimien energiankulutuksen eroihin vaikuttavat rakenne ja kuormittava pöly ja pölynsitomiskyky.

Suodattimen energiansäästöpotentiaali riippuu voimakkaasti ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimen tyypistä, toimintapisteestä ja niiden ohjaustavasta.

Energiankulutus

Suodattimen energiankulutus W lasketaan kaavalla

$$W = (q_v \times \Delta p_{av} \times t) / (\eta \times 1000)$$

jossa

W = energiankulutus, kWh

q_v = suodattimen ilmavirta, (tarvittava lähtötieto), m³/s

$\Delta p_{av} = (\Delta p_{alku} + \Delta p_{loppu})/2$, suodattimen keskimääräinen painehäviö käyttöajan aikana, Pa

Δp_{alku} = uuden suodattimen paine-ero vaihtoheikellä (suodatintoimittajan ilmoittama tieto)

Δp_{loppu} = vanhan suodattimen paine-ero vaihtoheikellä (tarvittava lähtötieto)

t = puhaltimen käyttöaika (tarvittava lähtötieto), h

η = puhaltimen hyötysuhde (tarvittava lähtötieto).

11 TUOTEKELPOISUUDEN VARMISTUS

Suunnittelijan ja toteuttajan tulee varmistaa, että suodatin on sopiva kohteeseen ja tuote vastaa siltä tarvittavaa laatua.

Hiukkassuodattimien valmistajat voivat osoittaa tuotteet tuotekelpoisiksi sertifiointeilla kolmannen osapuolen (esimerkiksi Eurovent) toimesta.

Kolmannen osapuolen myöntämän laatusertifikaatin tarkoituksena on varmistaa, että valmistajan sisäinen laadunvarmistus toimii ja tuotteelle asetetut laatuksiteerit täyttyvät. Tuotesertifikaattien kattavuus tulee selvittää tapauskohtaisesti.

12 SUODATTIMIEN HUOLTO JA VAIHTO

Likaantumiseen vaikuttavat tekijät

Hiukkasuodattimien likaantumiseen vaikuttaa

- Katu- ja siitepöly
- Ilmansaasteet
- Roskat
- Sisäilmasta tulevat epäpuhtaudet
- Lumi
- Neulaset, lehdet ja hyönteiset

Suodattimien vaihtoväli

Kuitusuodattimet on vaihdettava suunnittelija ja/tai IV-konevalmistajan määrittelemän loppupainehäviön tai sitä vastaavan huolto-ohjelman mukaisesti. Suodattimien likaisuus, tiiveys ja kunto tulee tarkistaa suodattimien vaihtojen väleissä. Erittäin likainen, rikkoutunut tai kastunut suodatin tulee vaihtaa välittömästi.

Suodatinhuollosta lisää RT-ohjekortissa *RT XXXXXX*

Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja ilmavirtojen säätö. Tilaajan ohje.

Likaantuneen suodattimen vaikutukset

Laiminlyöty suodatinhuolto tai vääränlainen tai väärin mitoitettu suodatin voi aiheuttaa ongelmia, kuten

- Ilmanvaihtokoneen painehäviö ja energiankulutus kasvaa
- Ilma ei vaihdu riittävästi palvelualueella
- Heikentynyt sisäilman laatu
- Koneen tai komponenttien likaantuminen
- Terveyshaitat

12.1 Aikaisemmat käytössä olleet luokitukset

Hiukkassuodattimien luokitusjärjestelmät ovat muuttuneet merkittävästi vuosikymmenten aikana, mutta vanhojen standardien mukaisia merkintöjä, kuten EU-, G-, M- ja F-luokkia, esiintyy yhä kiinteistöjen huolto- ja asiakirjoissa. *Taulukko 8* esittää eri luokitusjärjestelmien kehityksen. Aikaisempia luokituksia ei tule käyttää tai soveltaa uusiin suodattimiin vaihdettaessa.

Taulukko 8. Hiukkassuodattimien luokitusten kehitys.

Vuosikymmen	Luokitusjärjestelmä	Luokat	Huomiot
1980-luku	Eurovent-luokitus	EU3...EU18	Luokitus perustui testaukseen tietyllä testipölyllä, mutta käyttötilanteen pitkäaikaistehoa ei arvioitu.
2000-luku	EN 779 - 2003	G1...G4, F5...F9	Vuonna 2003 julkaistu eurooppalainen standardi vastasi pääpiirteittäin Eurovent-luokkia.
2010-luku	EN 779 - 2012	G1...G4, M5, M6, F7...F9	Vuonna 2012 päivitetty standardi muutti keskitasoisten suodattimien (5 ja 6) merkinnät M5:ksi ja M6:ksi.
2016 alkaen	EN ISO 16890	ISO ePM1 ISO ePM2.5 ISO ePM10 ISO Coarse	Kansainvälinen standardisarja korvasi vanhat merkinnät kokonaan ja arvioi erotusasteet neljässä eri hiukkaskokoluokassa.

13 KIRJALLISUUTTA

Lait ja asetukset

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 79/2017.

1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2018. [RT RakMK-21752 \(KH RakMK-10791, LVI RakMK-00623, SIT RakMK-620135, Infra RakMK-720292\)](#)

Standardit

SFS-EN 15805:2021 Hiukkassuodattimet yleiseen ilmanvaihtoon. Standardisoidut mitat. 2022.

SFS-EN 16798-3:2017 Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusten ilmanvaihto. Osa 3: Muiden kuin asuinrakennusten ilmanvaihto- ja huoneilmastointijärjestelmien tehokkuusvaatimukset.

SFS-EN ISO 16890-1:2016 Yleisilmanvaihdon ilmansuodattimet. Osa 1: Tekniset määritelmät, vaatimukset ja hiukkasmaisen aineksen erotusasteeseen perustuva luokitusjärjestelmä (ePM). 2016.

SFS-EN ISO 16890-2:2016 Air filters for general ventilation. Part 2: Measurement of fractional efficiency and air flow resistance. 2016.

SFS-EN ISO 16890-3:2024 Air filters for general ventilation. Part 3: Determination of the gravimetric efficiency and the air flow resistance versus the mass of test dust captured. 2024.

SFS-EN ISO 16890-4:2022 Air filters for general ventilation. Part 4: Conditioning method to determine the minimum fractional test efficiency. 2022.

SFS-EN 1822-1:2019 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Part 1: Classification, performance testing, marking. 2019.

SFS-EN ISO 29463-2:2018 High-efficiency filters and filter media for removing particles in air. Part 2: Aerosol production, measuring equipment and particle-counting statistics. 2018.

SFS-EN ISO 29463-3:2018 High-efficiency filters and filter media for removing particles in air. Part 3: Testing flat sheet filter media. 2018.

SFS-EN ISO 29463-4:2018 High-efficiency filters and filter media for removing particles in air. Part 4: Test method for determining leakage of filter elements-Scan method. 2018.

SFS-EN ISO 9001:2015 Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 2015.

Rakennustiedon julkaisut

[TalotekniikkaRYL 21.31.1.3 Suodattimet](#)

[KiinteistöRYL 3.3.4.3 Ilman suodatus](#)

[LVI 05-10417 Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet](#). 2007.

[RT 07-11299 \(LVI 05-10629, SIT 05-610149, Ratu 444-T, KH 27-00662\) Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset](#). 2018

Muu kirjallisuus

[Suomen LVI-liitto, ohje 14 IV-kuntotutkimus Ilmansuodattimet](#) .2016.

[Eurovent Rec 10: Calculating of life cycle cost for air filters](#). 2005.

[Eurovent 4/21: Energy Efficiency Evaluation of Air Filters for General Ventilation Purposes](#). 2019.

[Eurovent 4/24: Energy consumption evaluation of air filters for general ventilation purposes](#). 2023.

[Eurovent 4/25: Energy consumption evaluation of air filters for general ventilation in NRVUs in the context of Ecodesign requirements](#). 2023.

[Eurovent 4/26: Selection of molecular filters](#). 2025.

Air Filtration in HVAC Systems. J. Gustavsson (ed.), A. Ginestet, P., Tronville, M., Hyttinen. REHVA Guidebook No. 11.

Verkkosivut

The European Committee of Air Handling & Refrigeration Equipment Manufacturers, [Eurovent](#)

Ilmatieteenlaitos, [Pienihiukkaset](#)

Ilmatieteenlaitos, [Hengitettävät hiukkaset](#)

Ilmatieteenlaitos, [Ilmanlaatu Suomessa](#)

Ilmatieteenlaitos, [Raja-ja kynnysarvotasojen ylitykset kuluvana vuonna](#)

Ilmatieteenlaitos, [Ilmansaasteet](#)

Ilmatieteenlaitos, [Avoin data](#)

Ilmansuodatus, [Talotekniikkainfo](#)

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut HSY, [Ilmanlaatu
pääkaupunkiseudulla](#)

Federation of European Heating, Ventilation and Air Condi-
tioning Associations, [REHVA](#)

Kuvaluettelo

Kuva 2 Camfil AB

Kuva 3 Hanna Vehkamäki ja Veli-Matti Kerminen.

Kuva 4 ja 5 HSY

Kuva 6 ja 8 Ilmatieteen laitos