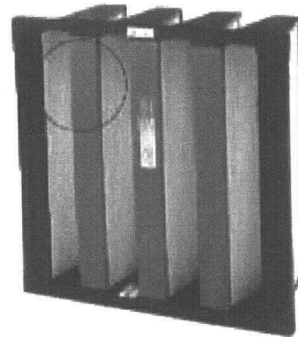
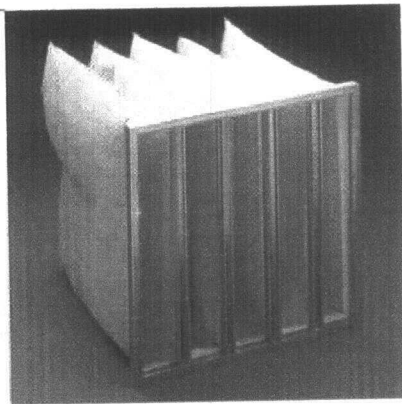


Luchtfilters

in een luchtbehandelingskast in de fijnfilterklasse F5, F7 en F9



Naam afstudeerder: Rob Koppes
Afstudeerrichting: HIT
Studentnummer: 1121285

Titel van de scriptie: Luchtfilters in een luchtbehandelingskast in de fijnfilterklasse F5, F7 en F9
Afstudeerperiode: voorjaar 2004
Inleverdatum: 25 mei 2004

Afstudeerbedrijf: Wolter&Dros vestiging Maastricht-airport
Bedrijfsbegeleider: Dhr H. Kuling
Docentbegeleider: Dhr C. Duiser

Mediatheek HvU



Voorwoord

De laatste fase van mijn opleiding stond voor de deur, namelijk de afstudeerstage. Mijn zoektocht naar een passend bedrijf heeft niet lang geduurd. Ik kwam al snel uit bij Wolter&Dros, vestiging Maastricht. Het zoeken van een gepaste afstudeeropdracht was meer een probleem.

Nadat een aantal potentiële opdrachten waren afgekeurd, ben ik tijdens een lezing/ presentatie van Dhr Kuling op hem afgestapt, omdat hij immers ook bij Wolter&Dros werkzaam is. Ik heb hem het probleem voorgelegd en hij is gaan kijken of hij iets voor mij zou kunnen betekenen. Dat kon hij en daar is deze afstudeeropdracht uitgekomen.

Ik wil graag van deze gelegenheid gebruik maken om Dhr. Kuling te bedanken voor steun en begeleiding van mijn afstudeerperiode, ook wil ik Dhr. Duiser bedanken voor de begeleiding vanuit van school.

Opmerking

De uiteindelijke vergelijking tussen de verschillende filters zal niet bij deze scriptie worden bijgesloten omdat hier gegevens van testrapporten in staan die erg interessant voor de concurrenten van deze filterfabrikanten /leveranciers zijn. Vandaar dat deze tijdens de presentatie worden gepresenteerd.

Inhoudsopgave

Inleiding	3
Hoofdstuk 1 Stof.....	4
1.1 Atmosferische stof	4
1.2 Deeltjesgrootte.....	4
1.3 Distributie van de deeltjesgrootte	5
1.4 Stofconcentraties	5
1.5 Bacteriën en schimmels	7
Hoofdstuk 2 Luchtfilters.....	8
2.1 Luchtfiltertheorie	8
2.2 Luchtfiltergroepen	10
2.2.1 Groffilters algemeen	11
2.2.2 Fijnfilter algemeen.....	11
2.2.3 HEPA filters algemeen.....	11
Hoofdstuk 3 Filtertypes.....	12
3.1 Zakkenfilters	12
3.2 Compact cassettefilters.....	13
Hoofdstuk 4 Filtermedia.....	15
4.1 Gevolgen van de verschillen in de materiaal eigenschappen.....	15
4.1.1 Grote daling van filterrendement door wegvallen van de elektrostatische lading.....	16
4.1.2 Loslaten van vezels	17
4.2 Filters halen hun filterrendement & filterklasse niet.....	17
Hoofdstuk 5 Totstandkoming van de luchtfilterklasse.....	18
5.1 Toegepaste testmethodes in het kort.....	18
5.1.1 Groffilters.....	19
5.1.2 Fijnfilters.....	19
5.2 Luchtfilterklassen voor grof- en fijnfilters	20
5.3 Algemene toepassing van luchtfilter in de filterklasse t/m fijnfilters.....	21
Hoofdstuk 6 Filterkeuze.....	22
6.1 Bijzondere bedrijfsomstandigheden	22
6.1.1 Vochtdoorslag	22
6.1.2 Dichtslaan.....	23
6.1.3 Bevriezen	23
6.2 Luchtweerstand.....	24
6.3 Invloed van de filterweerstand op de ventilator	24
6.4 Standtijd van het filter	26
6.5 Filterkosten.....	28
6.5.1 Bepaling van de filterkosten per jaar voor de filtervergelijking	29
Hoofdstuk 7 Vergelijken.....	31
7.1 Vergelijking tussen twee filters	31
7.2 Vergelijken van testrapporten	33

Conclusie	35
Bijlage A Luchtfilters en gezondheid.....	37
Bijlage B Voorbeeld testrapport volgens NEN-EN 799:2002	40
Literatuurlijst.....	49

Inleiding

In de buitenlucht bevinden zich diverse verontreinigingen zoals als stof- en roetdeeltjes, pollen en plantensporen, maar er zijn virussen en bacteriën in de buitenlucht aanwezig. Door gebruik te maken van een luchtfilter kan men deze deeltjes al dan niet geheel uit de lucht filteren om zo een minder stofhoudende toevoerlucht te realiseren voor zowel de in de luchtbehandelingskast aanwezige onderdelen als de in het gebouw aanwezige personen. Omdat het reinigen van een luchtbehandelingskast veel tijd vergt, is het belangrijk deze schoon te houden.

Met het bovenstaande in het achterhoofd houdend is de volgende opdracht naar voren gekomen.

Een vergelijking van de door Wolter&Dros meest toegepaste fabrikanten en typen filters. Waarbij deze filters als hoofdfilter fungeren in een LBK in de filterklasse F5, F7 en F9.

De aandachtspunten zijn:

- Het verschil en de eventuele consequenties van het toegepaste filtermateriaal.
- Een vergelijking in vangstcapaciteit van de verschillende fabrikanten bij gelijke filterkwaliteit.
- Een vergelijking van de theoretische standtijd.
- Een vergelijking van de totale kosten voor de filters van de verschillende fabrikanten, dus inclusief de aanschaf, energieverbruik, arbeidskosten voor vervanging en kosten voor het meer dan wel minder frequent reinigen van de luchtbehandelingskast.
- Onderzoek naar de relatie filterkwaliteit, reinigingsfrequentie van de apparatuur in de LBK.
- De invloed van vocht en eventuele ijsvorming op het filter m.b.t. de mechanische sterkte, bacterie- en schimmelvorming.
- Eventueel een vergelijkend proefondervindelijk onderzoek naar de relatie standtijd, filterweerstand en gevangen stofhoeveelheid.

De inhoud van deze scriptie zal uit de volgende onderdelen bestaan namelijk:

- Hoofdstuk 1: Stof

In dit hoofdstuk wordt o.a. een beeld gegeven van de grootte van deze deeltjes en van de gemiddelde stofconcentraties in de lucht, ook zullen bacteriën en schimmels aanbod komen.

- Hoofdstuk 2: Luchtfilters

De luchtfiltertheorie en filtergroepen worden in dit hoofdstuk behandeld.

- Hoofdstuk 3: Filtertypes

Zoals de titel al zegt worden hier de verschillende types behandeld, met elk hun voor- en nadelen.

- Hoofdstuk 4: Filtermedia

In dit hoofdstuk zullen belangrijke verschillen in eigenschappen van de filtermedia naar voren komen. Bij de gevolgen van het toepassen van deze filtermedia zal naar voren komen dat niet alles is zoals het in eerste instantie lijkt.

- Hoofdstuk 5: Totstandkoming van de luchtfilterklasse.

De verschillen tussen grof- en fijnfilters wordt aangehaald. Ook staat aangegeven bij welke filterrendementen bij welke klasse horen, met daarbij een tegenstrijdigheid in de NEN norm. De toepassingen van de verscheidene filterklassen worden ook behandeld.

- Hoofdstuk 6: Filterkeuze

De afwegingen die men moet maken om een filterkeuze te maken worden hier behandeld. Dit zijn o.a. de bijzondere bedrijfsomstandigheden waarmee een filter te maken kan krijgen, de standtijd van het filter en de filterkosten.

- Hoofdstuk 7: Vergelijken

In dit hoofdstuk zal men op de hoogte gesteld worden van alles waar men specifiek op moet letten als men een vergelijking tussen diverse filters wil maken. Een van de belangrijkste onderdelen uit dit hoofdstuk zal zijn dat de wijze van testen zelf zorgt voor een onrealistisch testresultaat, dit komt in hoofdstuk 7.1 aanbod. Er wordt in dit hoofdstuk ook een opsomming gemaakt van de punten die belangrijk zijn voor een vergelijking en hoe ze aan elkaar gerelateerd zijn.

De scriptie wordt afgesloten met een conclusie.

Hoofdstuk 1 Stof

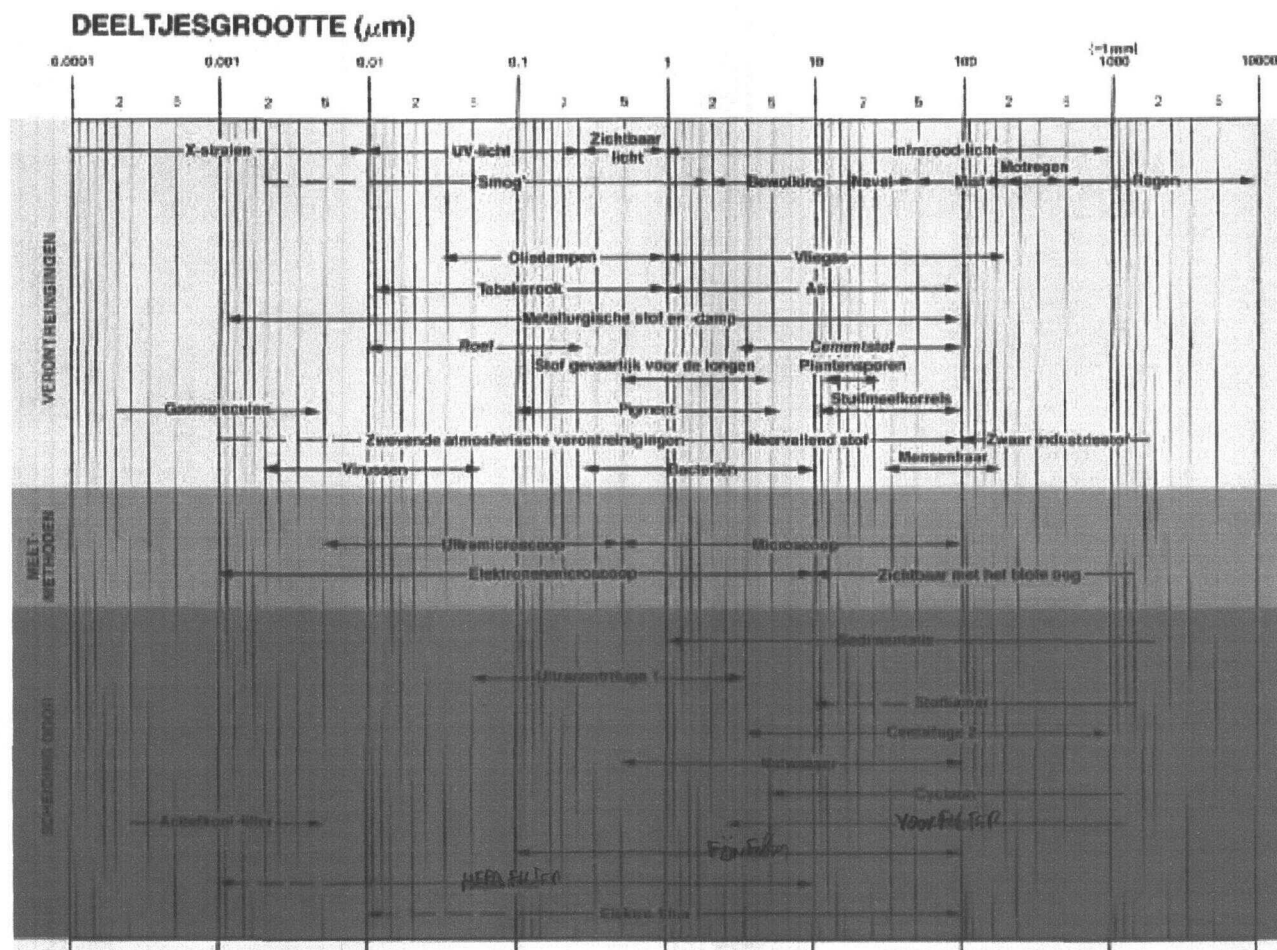
1.1 Atmosferische stof

Buitenlucht bevat verscheidene vreemde stoffen, zowel afkomstig van natuurverschijnselen als winderosie, verdamping van zeewater, aardbevingen en vulkanische uitbarstingen, als van menselijke handelingen zoals verbrandingsproducten en industriële processen. Atmosferische stof bestaat uit een mengsel van mist, rook, droge korrelige partikels en vezels. Een analyse van de buitenlucht bevat gewoonlijk roet en rook, zand, klei, sporen van afgestorven planten en stuifmeelkorrels. Deze in lucht of gas zwevende deeltjes noemt men aërosolen.

Hoewel deze verontreinigingen in gewone buitenlucht slechts in kleine concentraties voorkomen, hebben ze toch een beslissende invloed op ons milieu. Elektrische effecten in de atmosfeer, adsorptie van zonnestraling en wolkenvorming ondergaan alle in zekere mate de invloed van de luchtvervuiling.

1.2 Deeltjesgrootte

De grootte van deeltjes drukt men vaak uit in μm (micrometer of micron), het miljoenste deel van een meter. Stofdeeltjes in de buitenlucht variëren in afmeting van $0,01 \mu\text{m}$ tot de omvang van bladeren, vezels en insecten. Bijna elke denkbare vorm en grootte is mogelijk, in figuur 1 wordt dit weer gegeven.



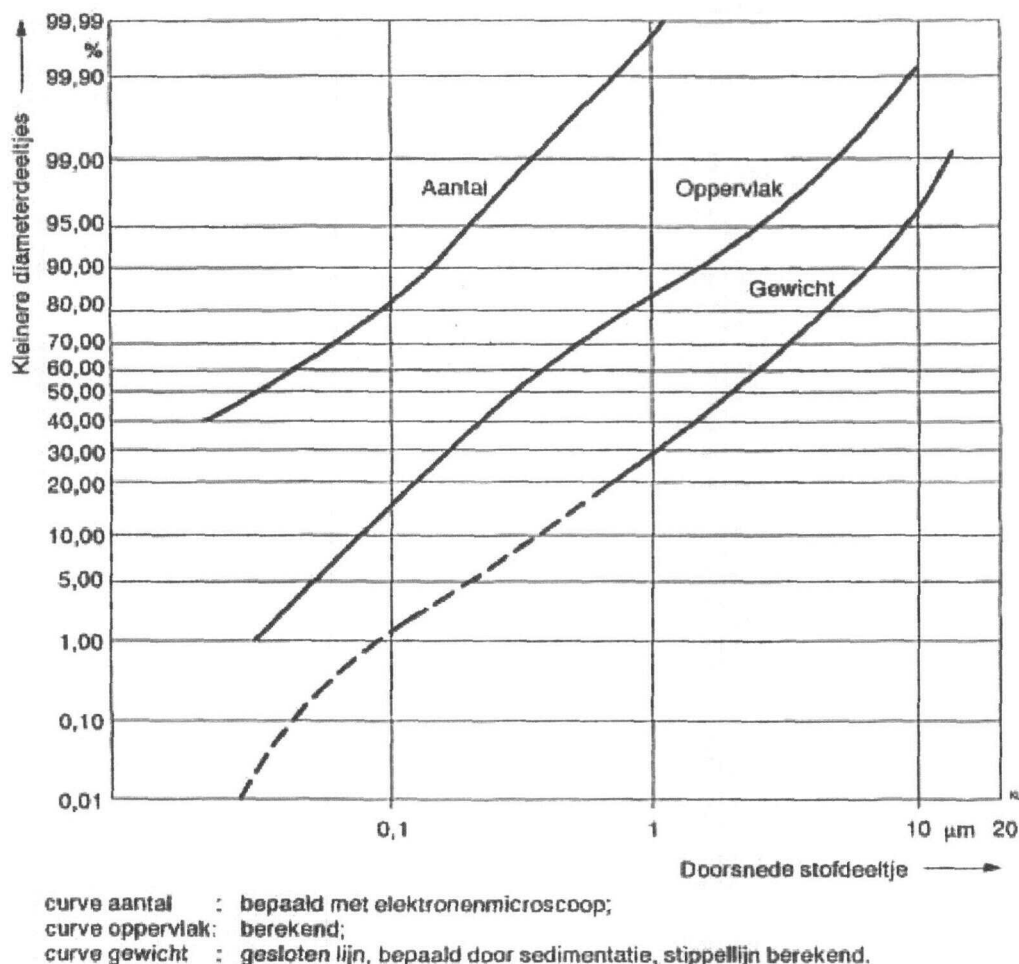
Figuur 1: Deeltjesgrootte van enkele veel voorkomende luchtverontreinigingen.

Onder stof verstaan we gewoonlijk partikels die kleiner zijn dan $100 \mu\text{m}$. Kleine aerosolen worden gevormd door condensatie of sublimatie, of door rook afkomstig van verbrandingsprocessen, of direct van gasen uit fysische en chemische processen.

Sublimatie: de onmiddellijk overgaan van de vaste in de dampstoestand, of omgekeerd.

1.3 Distributie van de deeltjesgrootte

De verdeling van partikels in atmosferische stof kan men op verschillende manieren aantonen. In figuur 2 zijn drie curven getrokken die laten zien hoe deeltjes worden verdeeld qua aantal, qua geprojecteerd oppervlak en qua gewicht.



Figuur 2: Indeling deeltjesgrootte van atmosferische stof volgens verschillende meetmethoden.

De bovenste curve laat het percentage zien van het aantal kleine deeltjes, van een bepaalde omvang, ten opzichte van het totale aantal deeltjes in buitenlucht. Als voorbeeld 99,9% van de deeltjes heeft een diameter kleiner dan 1 μm .

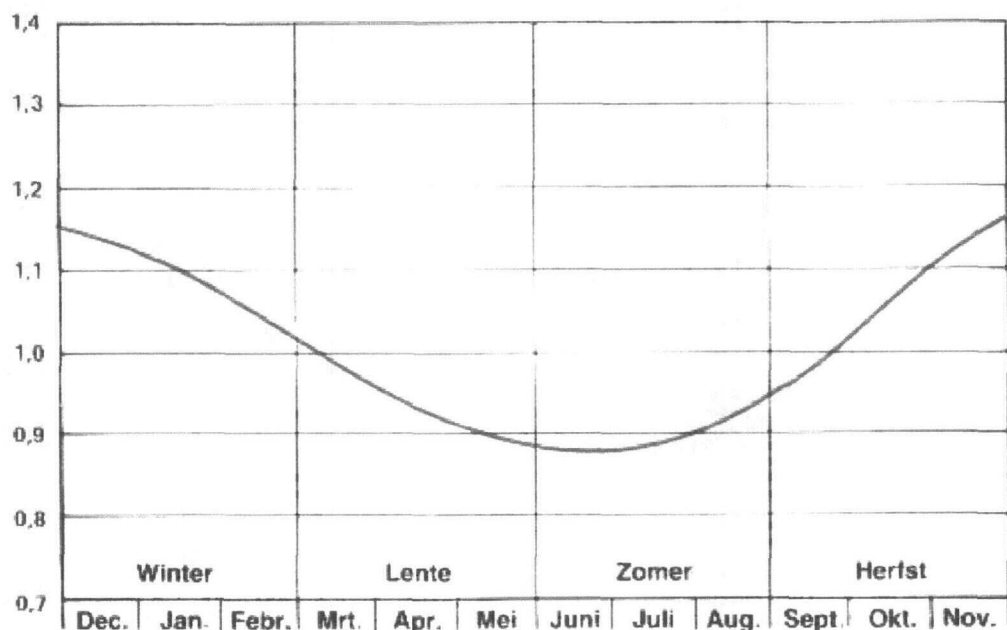
De middelste curve toont de verdeling van het geprojecteerde oppervlakte van de deeltjes. Als voorbeeld: het geprojecteerde oppervlak van de deeltjes die kleiner zijn dan 1 μm vormt 80% van het projecteerde oppervlak van alle deeltjes.

De onderste curve geeft de verdeling weer qua gewicht van het buitenluchtstof. Als voorbeeld, deeltjes die kleiner zijn dan 1 μm maken ongeveer 0,1% uit van het totale gewicht van de deeltjes. Het grote verschil tussen deze verschillende waarden moet men goed onthouden. Dus slechts 0,1% van het aantal partikels in buitenlucht is groter dan 1 μm , maar hun massa maakt 70% van het totaal uit.

1.4 Stofconcentraties

De totale verdeling en concentratie van het stof in de buitenlucht loopt sterk uiteen. Deze is o.a. afhankelijk van de omgeving, het jaargetijde en het uur van de dag, de stand van de wind enz. Een paar kilometer boven het aardoppervlak is de verdeling betrekkelijk constant, ongeacht of de monsters boven land of boven zee worden genomen. De gemiddelde concentratie van luchtvervuiling, over de periode van een jaar bedraagt meestal minder dan 0,20 mg per m^3 .

De schommelingen per jaargetijden zijn in het komende figuur aangegeven, de waarde 1,0 hierin geldt als 100% dus als $0,20 \text{ mg/m}^3$. In figuur 3 wordt aangetoond dat de stofconcentratie in de winter het hoogst is, vermoedelijk komt dit door het verhoogde aantal brandende stookinstallaties. De lucht boven industriegebieden en steden bevat meestal roet en andere verbrandingsproducten, terwijl de stofconcentratie hoger ligt dan op het platteland. De gemiddelde stofconcentratie per omgeving wordt d.m.v. figuur 4 aangegeven.



Figuur 3: het onderlinge verband tussen de verandering van jaargetijde, stofconcentratie en het totale jaargemiddelde hiervan.

Meetsituatie	Gemiddelde concentratie in mg per m3 lucht
op het platteland	
- bij regenweer	0,05
- bij droog weer	0,10
in en om de grote stad	
- in woonwijken	0,10
- in industriële omgeving	0,30 - 0,50
- industriegebieden	1 - 3
- woonruimten	1 - 2
- warenhuizen	2 - 5
- werkplaatsen	1 - 10
- cementfabriek	100 - 200
- schoorsteen van technische stookinrichting	1000 - 15000

Figuur 4: de gemiddelde stofconcentratie per omgeving

1.5 Bacteriën en schimmels

Bacteriën en schimmels komen o.a. via de lucht het gebouw binnen. Deze worden afhankelijk van de kwaliteiten van het filter afgevangen. Schimmels worden op het moment als oorzaak gezien van de verontreiniging van de lucht door luchtfilters. Schimmels kunnen aërosolen vormen d.m.v. hun sporen. Door het afbreken van (dood) organisch materiaal komen de micro-organismen vanzelf in de lucht terecht. Ziekten ontstaan wanneer de micro-organismen het afweersysteem van de gastheer overwinnen en hierin een infectie of vergiftiging veroorzaken.

Blootstelling aan in de lucht zwevende schimmelsporen kan en veelheid van ademhalingsziekten opleveren. Deze kunnen variëren van allergische aandoeningen tot infectieziekten. De aanwezigheid van micro-organismen in het binnenklimaat kunnen infectieuze, allergische of hyperreactieve gebouwgerelateerde ziekten opleveren. Ook kunnen micro-organismen onder bepaalde condities vluchtige organische componenten afscheiden die stinken of irriterend zijn.

Voor een uitgebreide beschrijving van de combinatie tussen luchtfilters en gezondheid verwijs ik u naar Bijlage A luchtfilters en gezondheid. Hierin wordt de vervuiling door schimmels en invloeden hierop nog uitgebreid behandeld.

Hoofdstuk 2 Luchtfilters

Om de binnenkomst van stof in een gebouw te verminderen worden luchtfilters in de klimaatinstallatie toegepast, deze hebben in het algemeen twee functies:

- het schoonhouden en beschermen van klimaatinstallaties, gebouw en daarin aanwezige processen of goederen, door het verwijderen van verontreinigingen uit de toegevoerde lucht.
- het voorkomen van (potentieel) negatieve effecten op de gebruikers van een gebouw, door het verwijderen van verontreinigingen uit de toegevoerde lucht.

Het meest voor de hand liggende voordeel van schonere (minder stofhoudende) lucht is dat de onderhoudskosten achteruit gaan. Het is echter moeilijk om precies in cijfers uit te drukken, met hoeveel de schoonmaakkosten door deze schone lucht worden teruggebracht.

De stofdeeltjes die de hoofdoorzaak van de vervuiling zijn, zijn fijne roetdeeltjes. Het verwijderen hiervan vereist filters met een hoog filterrendement.

Het schoonmaken van warmtewisselaars en luchtkanalen vergt een hoop tijd, dus ook geld, omdat ze moeilijk zijn schoon te maken. Als bijvoorbeeld de verwarmer of warmtewisselaar in een LBK sterk vervuild zal het rendement hiervan afnemen wat dus weer gevolgen heeft voor de werking van de installatie. Tevens heeft een zuivere lucht heeft een gunstige invloed op het leefklimaat en de werklust. Iedereen die last heeft van hooikoorts kent het effect van de in de lucht zwevende pollen en stuifmeelkorrels.

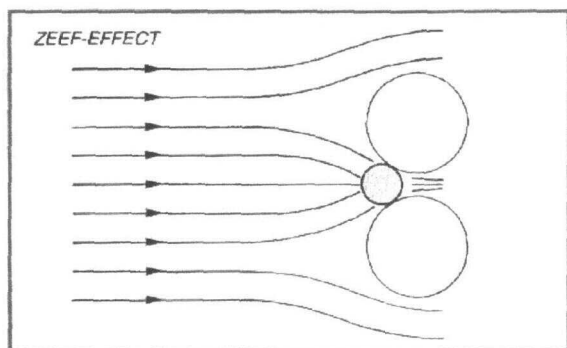
2.1 Luchtfiltertheorie

Het vermogen van een filter om deeltjes van lucht te scheiden, wordt grotendeels bepaald door verschillende fysische en mechanische verschijnselen. Dit zijn o.a. diffusie-, inertie- (massatraagheid), interceptie- (het onderscheppen) en het zeefeffect. De elektrostatische krachten tussen stofdeeltjes en vezels spelen eveneens een rol.

Een luchtfilter ontleent zijn kracht aan zijn eigenschappen op het gebied van interceptie en diffusie, deze worden beneden beschreven. Een luchtfilter die volgens de komende principes werkt wordt ook wel een mechanische filter genoemd.

• Zeef effect.

Als de afmetingen van de deeltjes groter zijn dan de "openingen" van het filtermedium, worden deze tegengehouden door de zeefwerking van het filter.

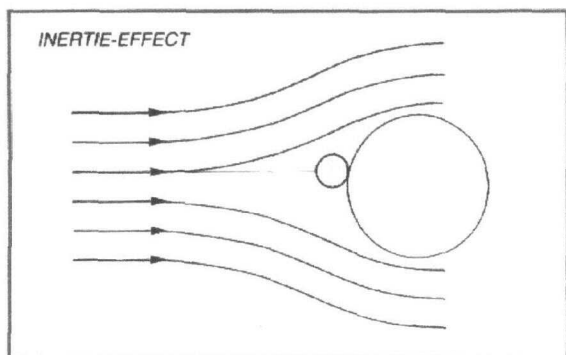


Figuur 5: het zeef effect

• Inertie effect.

Grotere deeltjes hebben een te grote massa om de luchtstroom te kunnen volgen. Als deze luchtstroom door een filtervezel wordt omgebogen zullen deze deeltjes hun oorspronkelijke baan blijven volgen en tegen de voorkant van de vezel aanbotsen.

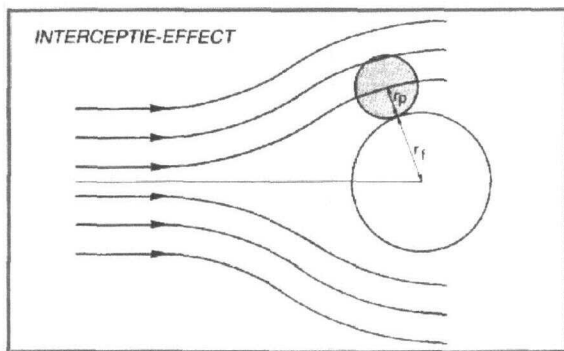
Deze massatraagheid neemt toe bij verhoging van de luchtsnelheid en als de stofdeeltjes groter worden. Dit effect neemt af als de diameter van de filtervezel kleiner wordt.



Figuur 6: het inertie effect

• **Interceptie effect.**

Kleine, licht deeltjes volgen de luchtstroom die door een filtervezel wordt omgebogen. Als het zwaartepunt van een stofpartikel, dat de luchtstroom volgt, dichterbij de filtervezel komt dan de straal van het stofpartikel (r_p), wordt dit partikel door de filtervezel onderschept en vastgehouden, dit wordt ook wel de "Van der Waalskrachten" genoemd.

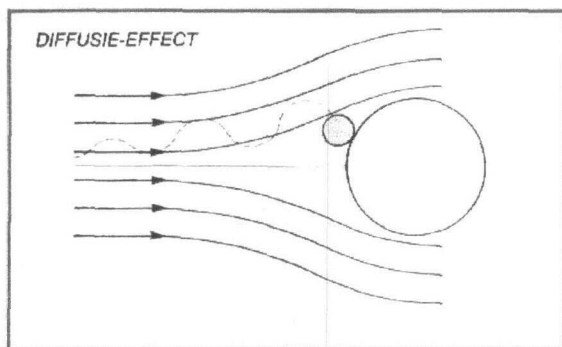


Figuur 7: het interceptie effect

Dit effect is onafhankelijk van de luchtsnelheid, tenzij de verandering hiervan zo groot wordt dat het stromingspatroon van de lucht om de vezel wordt gewijzigd. Interceptie neemt toe bij het groter worden van de deeltjes en als de vezeldiameter en afstand tussen de filtervezels kleiner wordt.

• **Diffusie effect.**

Deeltjes kleiner dan $1\mu\text{m}$ volgen niet de stromingslijnen om de vezel. Ze worden beïnvloed door de Brownse beweging, dat wil zeggen, dat deze zeer kleine deeltjes in botsing komen met luchtmoleculen waardoor ze in een trillende zigzagbeweging gebracht worden en door de filtervezels vastgehouden als hiermee in aanraking komen. Dit verschijnsel zal slechts merkbaar optreden bij zeer lage luchtsnelheden.



Figuur 8: het diffusie effect

De kans dat de deeltjes in aanraking komen met vezels stijgt als luchtsnelheid, vezeldiameter en deeltjes grootte kleiner worden.

Tabel 1 geeft een indruk hoe de verschillende stofvangstmechanismen worden beïnvloed door luchtsnelheid, deeltjesgrootte, vezeldiameter en dichtheid van het filtermedium.

Filterend effect m.b.t.	luchtsnelheid	deeltjesgrootte	vezeldiameter	dichtheid filtermedium
Diffusie	-	-	-	+
Interceptie	0	+	-	+
Inertie	+	+	-	+

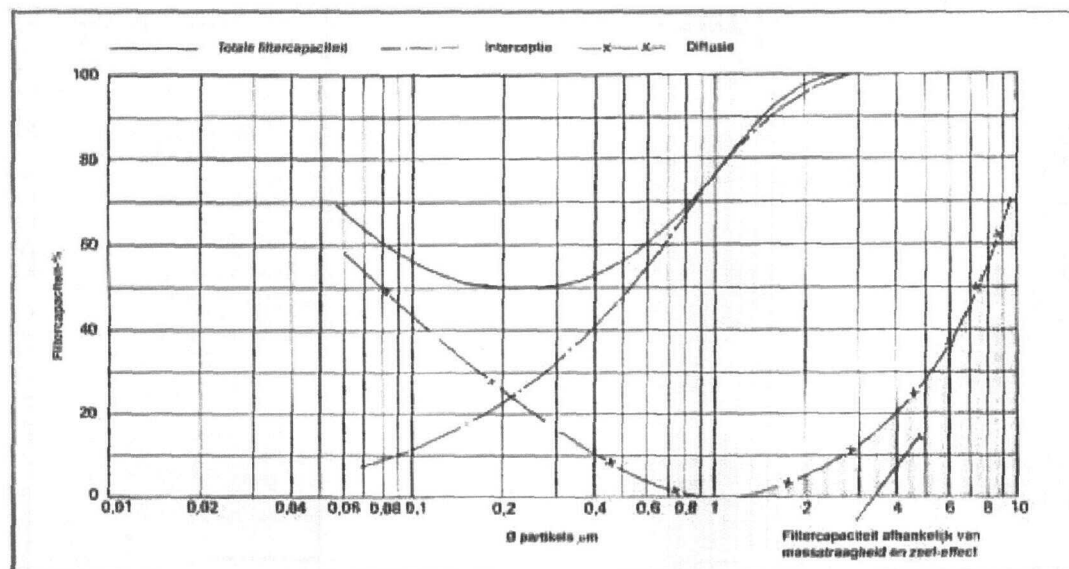
Tabel 1: verschillende stofvangstmechanismen en de invloeden hierop

+ het filterend effect stijgt o.a. bij toenemende luchtsnelheid/ deeltjesgrootte/ vezeldiameter/ dichtheid filtermedium.
 - het filterend effect daalt o.a. bij toenemende luchtsnelheid/ deeltjesgrootte/ vezeldiameter/ dichtheid filtermedium.
 0 het filterend effect is onafhankelijk van o.a. de luchtsnelheid en deeltjesgrootte.

Vangstrendement

Als het totale filtervangstrendement de som is van verschillende stofvangstmechanismen, ligt het voor de hand dat men onder bepaalde omstandigheden het filter een bepaalde minimumwaarde. Zowel interceptie als inertie nemen toe als de deeltjes groter worden, terwijl het diffusie effect hierbij juist afneemt. Dit betekent dat een bepaalde deeltjesgrootte door het filter het moeilijkst van lucht is te scheiden.

In figuur 9 wordt het vangstrendement van een fijnfilter getoond. Uit deze curven blijkt dat de curve van de vangstrendement een minimum aangeeft voor deeltjes met een diameter van 0,2 en 0,3 μm .



Figuur 9: Invloed van de stofvangstmechanismen en deeltjesgrootte op de filtercapaciteit.

Bij een lagere snelheid door het luchtfilter zal deze curve naar recht verschuiven, d.w.z. het vangen van de moeilijkst te vangen deeltjes zal verbeteren, terwijl ook het minimale vangstrendement zal toenemen.

Het laatst genoemde verschijnsel is een gevolg van het feit dat interceptie onafhankelijk is van de luchtsnelheid, terwijl het diffusie effect daalt als de snelheid toeneemt. Anders gezegd, als de snelheid stijgt, daalt het diffusie effect en de curve verschuift naar het gebied van de grotere deeltjes. Onder normale bedrijfsomstandigheden worden deeltjes van 0,3 μm het moeilijkst gevangen.

2.2 Luchtfiltergroepen

Omdat niet alle filters evengoed de lucht filteren en ook een andere toepassing hebben zijn ze ingedeeld in groepen namelijk:

- Groffilters klasse G1 t/m G4
- Fijnfilter klasse F5 t/m F9
- Hepa filter klasse H10 t/m H14
- Ulpa filter klasse U15 t/m U17

Dit zijn alle filters die volgens een mechanisch filterprincipe werken, tevens is de filterklasse aangegeven van de laagste filterklasse G1 t/m de hoogst mogelijke filterklasse U17.

2.2.1 Groffilters algemeen

Het groffiltermedium bestaat uit glasvezel of synthetische vezels. De luchtsnelheid door het medium bedraagt ongeveer 0,5 t/m 2 m/s. Het stofvangstmechanisme van dergelijke media is hoofdzakelijk afhankelijk van het inertie effect, waarbij de massatraagheidskrachten van deeltjes de stofvangst bevorderen. Deeltjes die de stromingslijn niet kunnen volgen, als deze door een vezel afwijkt, gaan rechtdoor in de oorspronkelijke richting of beweging en botsen tegen de voorkant van die vezel.

Voor een optimale vangst met deze filtergroep is een hoge luchtsnelheid door het medium vereist, ook als de stofdeeltjes van voldoende gewicht zijn. Bij lage luchtsnelheden volgen de partikels de luchtstroom om de vezels, terwijl bij hoge luchtsnelheden precies het omgekeerde gebeurt. Een groffilter heeft praktisch geen stofvangst voor deeltjes die kleiner zijn dan $1\mu\text{m}$.

2.2.2 Fijnfilter algemeen

Het fijnfiltermateriaal wordt vervaardigd uit glasvezel, synthetische vezels waarbij de vezelsdiameter kleiner is en de vezels dichter op elkaar zitten dan bij groffilters. De luchtsnelheid door het medium bedraagt ongeveer 1 t/m 10 m/s. Ook wordt gevouwen (geplisseerd) glasvezelpapier als filtermedium gebruikt.

De kracht van een fijnfilter wordt voornamelijk toegeschreven aan het interceptie, maar het diffusie effect speelt ook een rol.

Om een zo goed mogelijk effect te krijgen zou men in principe dus moeten zorgen voor een zo klein mogelijke tussenruimte tussen de vezels, dit kan alleen door vezels met een kleine diameter te gebruiken. Omdat als de diameter van het vezel groter is terwijl de afstand tussen de vezels gelijk gebleven zal de weerstand over het filter hierdoor oplopen.

Er wordt echter ook een filtermateriaal gebruikt dat een minder fijne vezel structuur heeft en daardoor een lagere luchtweerstand genereert. Omdat men wel een gelijk filterrendement wil behouden kiest men er bij dit materiaal voor het filter een elektrostatische lading mee te geven gedurende het productieproces.

2.2.3 HEPA filters algemeen

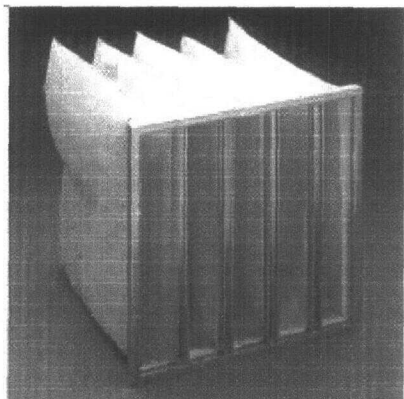
High Efficiency Penetration Air (HEPA) filters worden vervaardigd uit glasvezel maar dan met een diameter van ongeveer $1\mu\text{m}$. Een typische HEPA filter bestaat uit gevouwen glasvezel papier en krijgt zo een netto filterend oppervlak dat 20 tot 70 maal groter is dan het frontfilteroppervlak van het filter. De luchtsnelheid door het filtreerpapier wordt zodoende erg laag, gewoonlijk niet meer dan ongeveer 0,025 m/s. De lage luchtsnelheden van de luchtstroom door het filter en om de vezels veroorzaken een geheel laminaire stroming

Een nog hogere filterklasse dan de HEPA filter is de ULPA (Ultra Low Penetration Air) filter. De laatste filter alleen gebruikt in cleanrooms met de hoogste eisen. Het filterrendement wordt weer op een andere wijze bepaald dan bij de grof- en fijnfilter, er geldt ook een geheel andere NEN norm voor deze filters en wordt daarom ook niet verder behandeld.

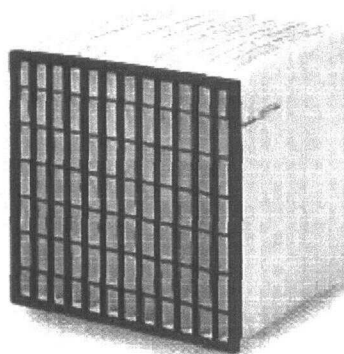
Hoofdstuk 3 Filterstypes

Er zijn verscheiden filtertypes verkrijgbaar met elk hun eigen toepassingen en kwaliteiten. De fijnfilters die voor dit onderzoek van belang zijn, zijn de zakkenfilter en de compact cassette filter. De meest interessante van deze twee is de zakkenfilter, dit vanwege het feit dat er van dit filter twee verschillende filtermedia worden toegepast. Bij de compact cassette filter (compactfilter) wordt maar een filtermedium gebruikt. Met deze reden zal het zakkenfilter ook meer aanbod komen.

3.1 Zakkenfilters



Synthetische zakkenfilter



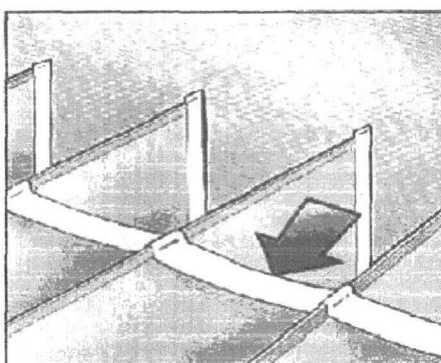
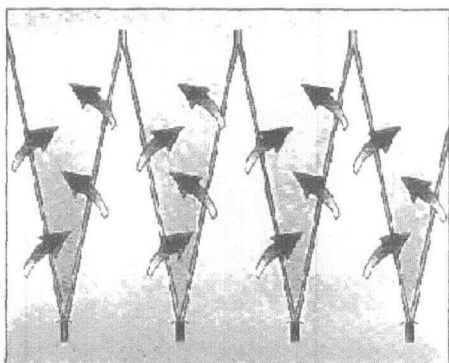
Glaszakkenfilter

Zoals al te zien is, zijn bij zakkenfilters twee filtermedia leverbaar. Zakkenfilters zijn verkrijgbaar vanaf groffilterklasse G3 en in alle fijnfilterklassen, afhankelijk van fabrikant/ leverancier.

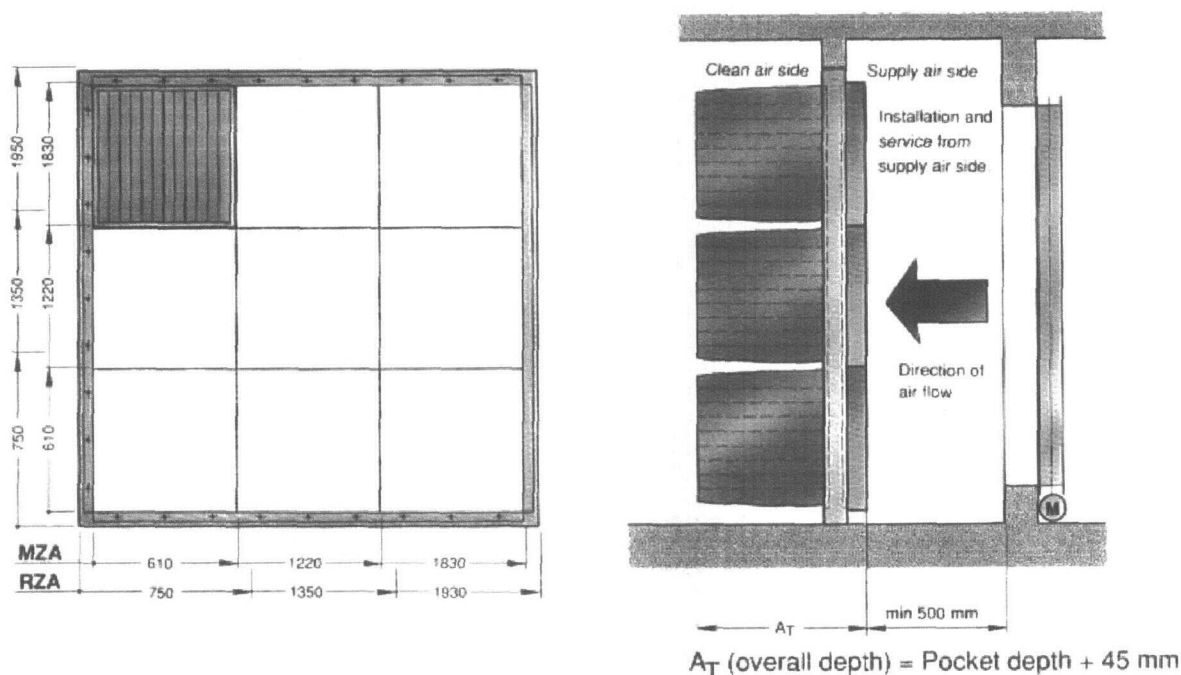
Bij een zakkenfilter is de filterconstructie erg belangrijk. Indien de filterconstructie onvoldoende stijf is, zullen bij bedrijfsonderbrekingen de enveloppen onder invloed van de zwaartekracht op de bodem van de luchtbehandelingskast terechtkomen. Een bijkomend gevolg is dat de filterzakken in het vaak op de bodem aanwezige water van de luchtbehandelingskast (LBK) terechtkomen en dit absorberen met alle gevolgen van dien (zie bijlage A).

Een standaard maat van een zakkenfilter is 592x592mm (breedte x hoogte), de standaard diepte is 600mm tot 635mm, afhankelijk van fabrikant/ leverancier. Deze filterzakken zorgen ervoor dat het filter een groot effectief filteroppervlak heeft, waardoor de luchtweerstand over het filter daalt. Dit is dus weer gunstiger als men naar de energiekosten kijkt.

Een grotere oppervlak heeft ook een positieve invloed op de standtijd van de filter (de tijd totdat een filter vervangen moet worden), omdat het filter meer vuil kan opslaan in de filterzakken.

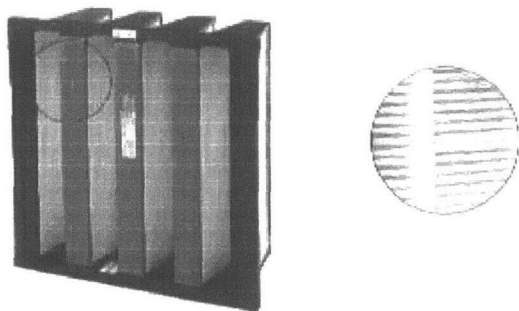


Om een beeld te geven van de wijze waarop de verscheidene zakkenfilters in een LBK geplaatst worden, figuur 11.



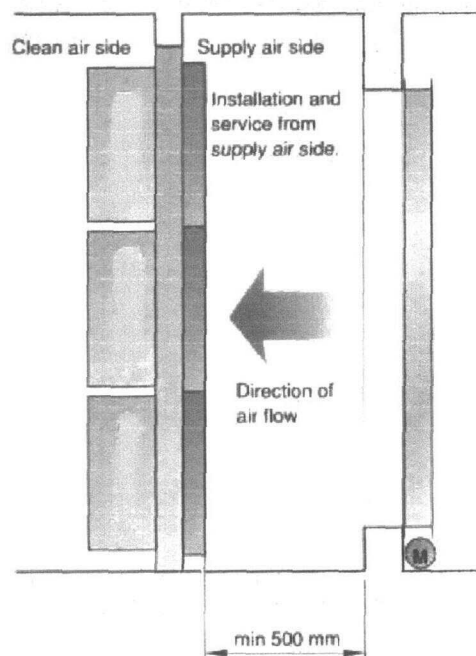
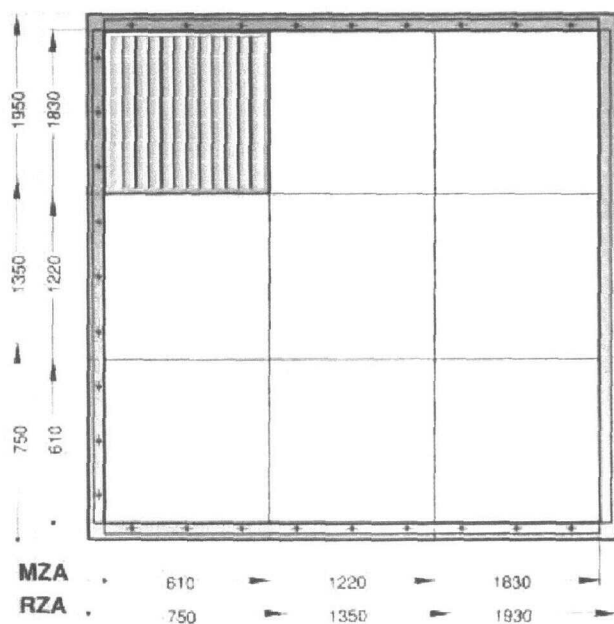
Figuur 11: zakkenfilter geplaatst in een filterwand

3.2 Compact cassettefilters



Compactfilters zijn verkrijgbaar vanaf fijnfilterklasse F6 (afhankelijk van fabrikant/ leverancier), deze mechanische filters zijn opgebouwd uit geplisseerde (gevouwen) glasvezelvliespapier, dit wordt gedaan om een groter filteroppervlak te creëren. Een compact cassette met een standaard afmeting heeft een effectief filter oppervlak van ca. 19m^2 , terwijl een zakkenfilter een effectief oppervlak van ca. 6 tot 12m^2 kan hebben bij dezelfde filterkwaliteit, afhankelijk van fabrikant/ leverancier. De standaard afmetingen van een compact cassette filter zijn $592 \times 592\text{mm}$ (breedte x hoogte), de diepte kan per fabrikant/ leverancier echter ook iets verschillen deze is namelijk 292 of 300mm diep.

Een bijkomend voordeel van compact cassette filter t.o.v. een zakkenfilter is dat de inbouw lengte kleiner is en dat deze mechanisch sterker is waardoor hogere luchtdrukken, luchthoeveelheden toelaatbaar zijn. Ook neemt door dit gevouwen papier het filteroppervlak aanzienlijk toe, wat ook weer wat gunstig is als men kijkt naar de energiekosten kijkt i.v.m. de weerstand. In figuur 12 is de korte inbouw lengte van compact cassette filter te zien.



Bij een compactfilter is het mogelijk de lucht zowel aan de voorkant als aan de achterkant van het filter te laten instromen. Dit in tegenstelling tot het zakkenfilter waar de lucht alleen maar vanuit 1 richting mag aanstromen.

Het nadeel van compactfilter is dat een combinatie van vocht en stof een brug van stof kan veroorzaken tussen twee vouwen, waardoor deze ruimte wordt afgesloten, dus het filterend vermogen achteruit gaat. Dit gebeurt heel vaak als dit type filter te dicht bij het buitenluchtrooster zit. Het is dus af te raden dit filter als voorfilter te gebruiken. Men past dit filter daarom ook vaker in het recirculatie gedeelte van de LBK toe. Een nog groter nadeel is dat dit filter een stuk duurder is als een zakkenfilter. Vandaar dat men in eerst instantie voor een zakkenfilter kiest.

Hoofdstuk 4 Filtermedia

Bij zakkenfilters kan men kiezen voor synthetisch- of glasvezel materiaal als filtermedium. Hieronder worden de eigenschappen van deze materialen kort beschreven.

Synthetische vezel materiaal:

- Is als gevolg van het productieproces elektrostatische geladen.
- Ontleent zijn kracht aan deze elektrostatische lading, waardoor hetzelfde filterrendement bereikt wordt bij een lagere luchtweerstand.
- Gemiddeld genomen is de aanschaf prijs ongeveer "gelijk" met glasvezel (nadat de korting verrekend is).
- Grove vezelstructuur, dit resulteert in:
 - lagere luchtweerstand bij een zelfde volumestroom dan glasvezelmedium.
 - lagere energiekosten m.b.t. de ventilator dan glasvezelmedium.
 - mechanisch sterker dan glasvezel.
- Maximale bedrijfstemperatuur is ongeveer 80°C.
- Volledig verbrandbaar.

Glasvezel materiaal:

- Is als gevolg van het productieproces "elektrostatische geladen".
- Ontleent zijn kracht aan de fijne vezelstructuur.
- Gemiddeld genomen is de aanschaf prijs "gelijk" met synthetisch materiaal (nadat de korting verrekend is).
- Fijne vezelstructuur dit resulteert in:
 - hogere luchtweerstand bij een zelfde volumestroom dan synthetisch vezelmedium.
 - hogere energiekosten m.b.t. de ventilator dan synthetisch vezelmedium.
 - mechanisch zwakker dan synthetisch vezelmedium.
- De elektrostatische lading heeft een kleine invloed op het filterrendement.
- Deze vezels kunnen huidirritaties en irritaties van ogen en keel opwekken.
- Maximale bedrijfstemperatuur is ongeveer 90°C.
- Niet volledig verbrandbaar er blijven reststoffen over.

Opmerking over de aanschaf prijs dus incl. korting:

Bij de ene filterklasse is het ene filtermateriaal enkele euro's goedkoper maar als men een klasse hoger of lager gaat kijken is het weer omgekeerd. Vandaar dat als aanschafprijs, gemiddeld de prijs als "gelijk" beschouwt is, men dient hier echter individueel naar te kijken.

4.1 Gevolgen van de verschillen in de materiaal eigenschappen

Aan de hand van de eigenschappen van de beide filtermaterialen is te zien dat er toch een aantal verschillen zijn in de werking en de gevolgen van het toepassen van de verschillende filtermaterialen. Het doel van een luchtfilter is een bepaald percentage stofdeeltjes uit de lucht te vangen. Daarom is het nu interessant om te kijken naar wat de invloed van de elektrostatische lading op de stofdeeltjes en wat de gevolgen zijn van het toepassen van een fijnevezelstructuur.

Invloed van elektrostatische lading op kleine stofdeeltjes

Stofdeeltjes die kleiner zijn dan $0,3\mu\text{m}$ zijn erg gevoelig voor een elektrostatische lading en worden dan ook aangetrokken door het geladen filtermateriaal, de deeltjes die zijn groter dan $3\mu\text{m}$ zijn hier niet gevoelig meer voor lading. Omdat het filterrendement bij een fijnfilter getest wordt op het vangen van deeltjes met een grootte van $0,4\mu\text{m}$ is het ideaal dat een synthetische filter dus een gelijk filterrendement heeft bij een lager drukverlies over het filter t.o.v. een glasvezelfilter.

4.1.1 Grote daling van filterrendement door wegvallen van de elektrostatische lading

Bij filters met glasvezel filtermedium is er nagenoeg geen verschil tussen een elektrostatische geladen en ontladen toestand van het filter, bij gelijke volumestroom en gemeten bij een gelijk druk. Bij een synthetisch filtermedium ligt dat anders, dit medium vertrouwt sterk op de elektrostatische lading om hun filterrendement te behouden. Deze lading is echter na korte tijd verdwenen.

Door een vertegenwoordiger van synthetisch filterfabrikant/ leverancier (zij verkopen zelf geen glasvezel zakkenfilters maar synthetische zakkenfilters) is aangegeven dat de elektrostatische lading na ongeveer één week verdwenen is. Ook overige glasvezel en/of synthetische fabrikanten/ leveranciers geven aan dat deze lading snel verdwenen is, variërend van een aantal dagen tot ongeveer twee weken afhankelijk van welke producten zij zelf verkopen.

Als deze lading verdwenen is zal het filterrendement dalen beneden het beginrendement, het gaat hierbij niet om kleine dalingen van filterrendement, deze dalingen kunnen variëren van tientallen procenten of meer tot zelfs meer dan de helft van het oorspronkelijke beginrendement, afhankelijk van fabrikant/ leverancier.

Beginrendement: het percentage teststof dat wordt gevangen door het schone filter bij het begin van de filtertest.

Onderbouwing vanuit de NEN-EN 779:2002

De luchtfilterprestatie van grof- en fijnfilters voor ventilatiedoeleinden wordt bepaald aan de hand van de NEN-EN 779:2002. In deze huidig geldende NEN norm staat een belangrijk stuk tekst m.b.t. de filters die vertrouwen op hun elektrostatische lading.

*"Certain types of filter media rely on electrostatic effects to achieve high efficiencies at low resistance to airflow. Exposure to some types of challenge, such as **combustion particles** or oil mist, may neutralise such charges with that filter performance suffers. It is important for users of filter to be aware of the possibility of performance degradation arising from loss of media charge during operational life"*

De kern van het bovenstaande stukje tekst is als volgt:

*"Bepaalde filtermedia typen vertrouwen op hun elektrostatische eigenschappen om een hoog rendement bij lage luchtweerstand te creëren. Blootstelling van dit filtermedia aan **verbrandingsdeeltjes** zoals die zich bevinden in de normale atmosferische lucht of olie mist kunnen deze elektrostatische lading neutraliseren, met als gevolg dat de filterprestatie hieronder lijdt. Het is belangrijk voor gebruikers om zich hiervan bewust te zijn, de mogelijkheid van daling van de filterprestatie door verlies van de lading gedurende de bedrijfslevensduur"*

Men dient zich ervan bewust te zijn dat het rendement van het filter in een LBK in de buurt van of in een grote stad, of in de buurt van een grote weg gelegen pand, na een week lager tot veel lager kan zijn dan dat men verwacht had, afhankelijk van het bovenstaande.

Ook een hogere luchtvochtigheid heeft een nadelige invloed op deze elektrostatische lading.

Hou in het achterhoofd dat doormiddel van vervuiling van het filter het filterrendement stijgt, daardoor zal de luchtweerstand over het filter ook omhoog gaan.

4.1.2 Loslaten van vezels

Filtermateriaal dat gemaakt is van synthetische vezels is mechanisch sterker dan het filtermateriaal van glasvezel. Dit komt door de grovere vezelstructuur van de synthetische vezel, daardoor is de kans kleiner dat er filtermateriaal en stofdeeltjes vrijkomen bij het losraken van dit materiaal waardoor deze aan de luchtstroom worden toegevoegd. Bij glasvezel materiaal is deze kans hierop echter groter, de NEN schrijft hierover het volgende.

Onderbouwing vanuit de NEN-EN 779:2002

"Some designs of filter include filter media either containing and/ or generating some loose fibres or particulate matter during use. During filter operation this loose material can be lost into the air flow. The extent of such fibre shedding depends on the integrity of the media fibre structure and its rigidity and stability in the face of varying dust burdens and air velocities throughout the operating life of the filter. It should be noted that the quantity of fibres shed in this way is normally negligible in comparison with the total amount of dust penetrating through a filter loaded by typical environmental dust burdens.

The releasing effect of fibres or particulate matter from the filter material is more pronounced for filters of group F than those of group G."

De kern van het bovenstaande stukje tekst is als volgt:

"Sommige filters hebben een filtermedia die losse vezels bevatten en/ of deze vezels loslaten of deeltjes loslaten gedurende gebruik. Gedurende het gebruik van het filter kan dit losse materiaal aan de luchtstroom worden afgegeven. Het toedoen van zulk vezelverlies hangt af van de volledige vezelstructuur en de stijfheid en stabiliteit in het geval van verschil in stofbelasting en luchtsnelheden gedurende de bedrijfslevensduur van het filter. De opmerking die gemaakt moet worden is dat de hoeveelheid losgeraakte vezels op deze manier normaal te verwaarlozen zijn i.v.t. de totale hoeveelheid stof die door het filter gaat door de typische verschillen in stofbelasting vanuit de omgeving.

Het loslaateffect van vezels of deeltjes van het filtermateriaal komt meer voor bij filters van de groep F dan filters van de groep G."

Opmerking: filters van de groep F zijn fijnfilters en filters van de groep G zijn groffilters, deze komen in het volgende hoofdstuk aanbod.

4.2 Filters halen hun filterrendement & filterklasse niet

Luchtfilters in de praktijk halen hun gemiddelde filterrendement niet en vaak zelfs niet de filterklasse waarvoor ze geselecteerd zijn. Dit komt bij glasvezel- evenals bij synthetische zakkenfilters voor. Dit heeft te maken met dat het filter normaal vervangen wordt voordat een weerstand van bijv 200Pa bereikt is, afhankelijk van de beginweerstand. Terwijl het gemiddelde filterrendement volgens de NEN pas bepaald wordt over de periode dat een weerstand van 450Pa bereikt is. Men vervangt het filter eerder omdat het energietechnisch anders niet interessant is dit filter pas bij een drukverschil van 450 Pa te vervangen.

Beginweerstand: de weerstand over het schone filter bij het begin van de filtertest.

Hoofdstuk 5 Totstandkoming van de luchtfilterklasse

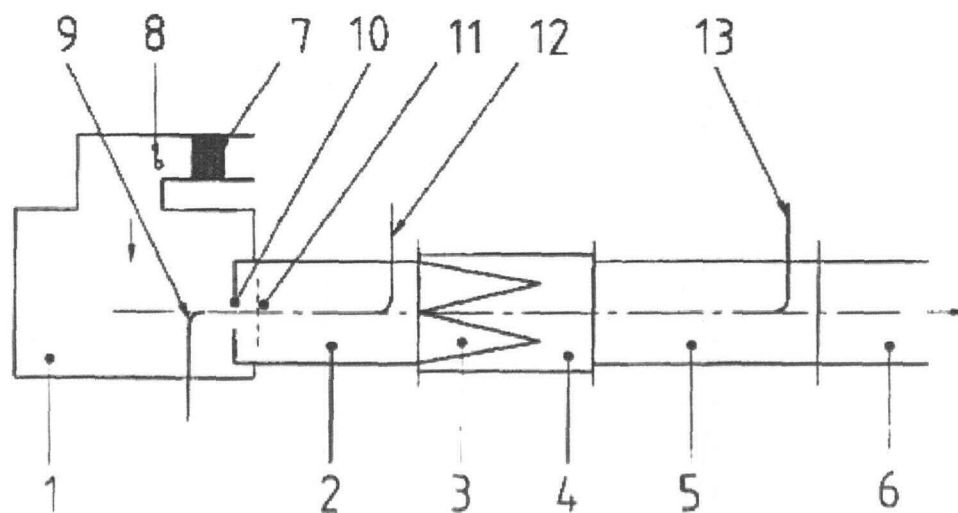
Zoals al genoemd was worden de luchtfilterprestaties van grof en fijnfilters voor ventilatiedoeleinden bepaald aan de hand van de NEN-EN 779:2002, deze norm is door de CEN op 14 september 2002 goedgekeurd.

De totstandkoming van de luchtfilterklasse voor grof- en fijnfilters zullen beide kort worden behandeld. De groffilter wordt hierbij ook meegenomen zo een duidelijk verschil weer te geven in vergelijking tot de fijnfilter.

5.1 Toegepaste testmethodes in het kort

De grof- en fijnfilter klasse worden in eenzelfde testopstelling getest (figuur 13), alleen is de bepaling van het gemiddelde filterrendement op een andere wijze. Bij groffilters gaat het om de grotere, grovere, zwaardere deeltjes, deze filtergroep wordt gekeken naar de deeltjes van $1\mu\text{m}$ en groter.

Bij fijnfilters ligt het anders men gaat hierbij kijken naar het aantal deeltjes in de lucht en die in de grootte van $0,4\mu\text{m}$.



Key

- 1 Duct section of the test rig
- 2 Duct section of the test rig
- 3 Filter to be tested
- 4 Duct section including the filter to be tested
- 5 Duct section of the test rig
- 6 Duct section of the test rig
- 7 HEPA filter (at least H13)
- 8 Inlet point for DEHS particles
- 9 Dust injection nozzle
- 10 Mixing orifice
- 11 Perforated plate
- 12 Upstream sampling head
- 13 Downstream sampling head

Figuur 13: Testopstelling volgens de NEN-EN:779 2002

Een dergelijk filter wordt op twee wijze getest namelijk:

- in één maal in dezelfde toestand zoals deze bij de klant ook geleverd wordt, dus in elektrostatisch geladen toestand.
- en één maal eenzelfde filter in geheel elektrostatisch ontladen toestand.

Het is gebruikelijk een filter te testen bij $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3400 \text{ m}^3/\text{h}$), maar als de fabrikant op een andere volumestroom wil testen mag dit ook.

5.1.1 Groffilters

Deze filters worden getest volgens de getest volgens de zogenoemde gewichtsmethode en gaat als volgt:

In de testopstelling bevinden zich twee filters namelijk de groffilter en het eindfilter. Voordat men met testen kan beginnen moet men het eindfilter wegen, niet de te testen filter, waarna deze ook in de opstelling geplaatst kan worden.

Het eindfilter is een HEPA filter, de minimale filterklasse is H13. Een H13 filter wordt o.a. toegepast als eindfilter voor een militaire bunker en is geschikt deeltjes van $0,01 \mu\text{m}$ te vangen, vandaar dat men deze toepast.

Elke keer dat een testfase is afgerond wordt deze eindfilter uit de opstelling gehaald opnieuw gewogen en kan een stofvangstpercentage (arrestance) bepaald worden. De toename in gewicht duidt er op dat de testfilter deze stofmassa heeft doorgelaten. Men blijft in fasen teststof toevoegen tot de eindweerstand van 250 Pa bereikt is. Over deze periode wordt een gemiddeld stofvangstpercentage (average arrestance) bepaald, hieraan zit een filterklasse gekoppeld variërend van G1 t/m G4.

5.1.2 Fijnfilters

Bij fijnfilters maakt men o.a. gebruik van de teststof die men bij groffilters gebruikt om zo uiteindelijk ook voor deze filters de totale hoeveelheid afgevangen stof te bepalen (dust holding capacity).

Dust holding capacity

Dit is de hoeveelheid door het filter afgevangen stof en kan pas berekend worden als de eindweerstand (450 Pa) over het filter bereikt is. Men doet dit door de massa van de totale toegevoegde stofhoeveelheid te vermenigvuldigen met het gemiddelde stofvangstpercentage (average arrestance).

Het bepalen van het filterrendement wordt bij fijnfilters echter op een andere wijze gedaan. Bij deze testmethode wordt gebruik gemaakt van een test aërosol DEHS (DiEthylHexylSebacate). Deze stof wordt ook gebruikt voor het testen van HEPA en ULPA filters. Bij het testen van fijnfilters wordt gekeken naar het aantal deeltjes grootte van $0,4 \mu\text{m}$, terwijl men bij het testen van een groffilter alleen naar gewicht kijkt.

De teststof is vloeibare aërosol en wordt onder hoge druk (17 kPa) het testkanaal ingeblazen waarna d.m.v. een deeltjesteller bepaald wordt hoeveel deeltjes er voor het testfilter in de lucht bevinden en hoeveel deeltjes erna het testfilter aanwezig zijn. Men blijft dit ook in verschillende fases van de test doen tot een eindweerstand van 450 Pa bereikt is, waarna men het gemiddelde filterrendement (average efficiency) kan bepalen. De indeling van de filterklasse kan verschillen van F5 t/m F9 afhankelijk van het filterrendement, deze komen in het volgende hoofdstuk aanbod.

5.2 LuchtfILTERklassen voor grof- en fijnfilters

In tabel 2 staan de grof en fijnfilters ingedeeld in de filterklasse waarin zij behoren. Deze indeling is volgens de huidige geldende norm de NEN-EN 779:2002.

De rendementen zijn bepaald bij een volumestroom van $0,944\text{m}^3/\text{s}$ ($3400\text{m}^3/\text{h}$)

Filter Class	Final pressure drop [Pa]	Average arresstance (A_m) of synthetic dust [%]	Average efficiency (E_m) of $0,4\mu\text{m}$ particles [%]
G1	250	$50 \leq A_m < 65$	-
G2	250	$65 \leq A_m < 80$	-
G3	250	$80 \leq A_m < 90$	-
G4	250	$90 \leq A_m$	-
F5	450	-	$40 \leq E_m < 60$
F6	450	-	$60 \leq E_m < 80$
F7	450	-	$80 \leq E_m < 90$
F8	450	-	$90 \leq E_m < 95$
F9	450	-	$95 \leq E_m$

Note The characteristics of atmospheric dust vary widely in comparison with those synthetic loading dust used in the tests. Because of this test results do not provide a basis for predicting either operational performance or life. Loss of media charge or shedding of particles or fibres can also adversely affect efficiency

Tabel 2: luchtfILTERklassen en hun rendementen

Average arresstance = gemiddelde stofvangstpercentage [%].

Average efficiency of $0,4\mu\text{m}$ particles = gemiddelde filterrendement [%] bij een deeltjes grootte van $0,4\mu\text{m}$.

Vergeet niet dat aan de uitslag van de test geen voorspellingen gedaan kunnen worden m.b.t. de kwaliteiten van het filter in een praktijk situatie.

Let op!!

Zoals al eerder was aangegeven mag men een filter ook bij een andere nominale volumestroom testen. Men mag (zoals in de NEN staat aangegeven) bijvoorbeeld een G4 filter ook bij een volumestroom van $0,7\text{m}^3/\text{s}$ ($2520\text{m}^3/\text{h}$) testen en bij het testen van een F7 filter is ook een volumestroom van $1,25\text{m}^3/\text{s}$ ($4500\text{m}^3/\text{h}$) geoorloofd. Maar men moet echter wel dezelfde tabel gebruiken (zoals hierboven) als men dan wil kijken tot welke klasse deze filter dan behoort (dit is echter niet juist).

Filtertesten worden meestal gedaan bij $3400\text{m}^3/\text{h}$ of $4250\text{m}^3/\text{h}$. Hierdoor kan men bepaalde testrapporten niet met elkaar te vergelijken zijn. Een testrapport gedaan bij een volumestroom van $0,944\text{m}^3/\text{s}$ ($3400\text{m}^3/\text{h}$) is niet te vergelijken met een testrapport die gedaan is bij $1,181\text{m}^3/\text{s}$ ($4250\text{m}^3/\text{h}$), omdat een hogere volumestroom zorgt voor een toename van de massastraagheid van de stofdeeltjes (inertie effect). Hierdoor is de stofvangst van het filter, dus ook het gemiddelde filterrendement hoger wat dus in bepaalde situaties kan zorgen voor een stijging in filterklasse (hoe hoger de klasse hoe duurder het filter).

Een ongeveer gelijk effect kan optreden als men in een keer te veel teststof toevoegt. Als men de tweede keer teststof wil toevoegen en men voegt dan in een keer bijvoorbeeld 300 of 400 gram teststof toe, kan het gebeuren dat een filter verstopt raakt waardoor het gemiddelde filterrendement ook zal stijgen.

5.3 Algemene toepassing van luchtfilter in de filterklasse t/m fijnfilters

Filtergroep	Klasse	Toepassing tegen minimaal	Voorbeeld toepassing
Groffilters	G1	Bladeren	Voor de meest simpele toepassing als bescherming tegen binnenkomst van insecten en bladeren In een omgeving van vet en vochtige bestanddelen, bijvoorbeeld keukens
	G2	Insecten	
		Textiel vezels	
		Mensen haren	
		Zand	
		Vlieg as	
	G3	Strandzand	Als voorfilter voor F7 en F8 filters (in geval van zwaar vervuilde buitenlucht door grove delen)
	G4	Planten sporen	In een algemeen ventilatiesysteem voor bijvoorbeeld keukens, stationrestaurants, winkelcentra
		Pollen	
		Mist	
Fijnfilters	F5	Sporen Cement stof (grover deeltjes)	Als buitenlucht filter voor ruimtes met lage eisen waaronder (garages, warenhuizen, productie ruimten) Als voorfilter voor F8 en F9 filters (in stedelijk gebied)
	F6	O.a. grotere bacterien	Als buitenlucht filter voor ruimtes met lage eisen waaronder (garages, warenhuizen) Als voorfilter voor F9 en H10 filters
	F7	Beschermd tegen vrijwel alle soorten fijnstof en is gemiddeld effectief tegen tabaksrook	In een algemeen ventilatiesysteem voor bijvoorbeeld kantoren, bankgebouwen, supermarkten, luchthavens Als voorfilter voor H11 en H12 filters
	F8	Beschermd tegen bacterien, tabaksrook (vaste deeltjes), fijnstof en zeer fijnstof	In een algemeen ventilatiesysteem voor bijvoorbeeld musea, computerruimten, research laboratoria Als voorfilter voor H11 en H12 filters
	F9	Beschermd tegen bacterien, olie dampen	In een algemeen ventilatiesysteem voor bijvoorbeeld ziekenhuizen, research laboratoria, schone productie ruimten Als voorfilter voor H13 en H14 filters of gas adsorberende filters

Tabel 3: Grof- en fijnfilters en hun toepassing

Hoofdstuk 6 Filterkeuze

Nu men op de hoogte is van de verschillende filtermedia met de voor- en nadelen daarvan en kan men zich nog niet gaan richten op het vergelijken van de verschillende filters omdat er nog meer factoren een rol spelen. Deze worden onderdelen in dit hoofdstuk behandeld.

Algemeen

Zoals bij elk installatieonderdeel van de luchtbehandelingsinstallatie dient een filter goed in de luchtstroom te worden geplaatst. De lucht moet zo gelijkmatig mogelijk op het filter toestromen. Alleen dan treedt een gelijkmatige belasting en vervuiling op en zal een gelijkmatig drukverschil over de hele filterwand optreden.

Onrustige aanstroming van lucht geeft een ongelijkmatig stromingsbeeld na het filter en daardoor ook een ongelijkmatige belasting van de verwarmers of koelers. Bij de keuze van de afmeting van het filter moet men er rekening mee houden dat een ander merk of type of een andere kwaliteit gekozen kan worden. Het is van belang voor de gebruiker niet in de vrijheid van gebruik van het gebouw of de installatie te worden beperkt. Het is dus gewenst filterframes met standaardafmetingen toe te passen.

Een filter werkt beter naarmate de aanstroomsnelheid over het frontoppervlak gelijkmatiger is. Kleine snelheidsverschillen zullen geen ernstige nadelige invloed uitoefenen, maar wanneer zeer hoge snelheidspieken optreden kan zowel een plaatselijke verlaging van het rendement als schade aan het filter optreden.

Wanneer er veel (grove) stof in de buitenlucht verwacht kan men overwegen een voorfilter te gebruiken. Men dit filter kan men het duurdere filter ontlasten.

Voordat men een filterkeuze kan maken moet men rekening houden met het volgende:

- bijzondere bedrijfsomstandigheden
- luchtweerstand
- invloed van de filterweerstand op de ventilator
- standtijd
- filterkosten

6.1 Bijzondere bedrijfsomstandigheden

Wanneer de filter als buitenluchtfilter dienst doet en als enige filter is opgenomen kan het voorkomen dat rekening moet worden gehouden met bijzondere situaties.

6.1.1 Vochtdoorslag

Wanneer de filter direct aan de buitenlucht wordt blootgesteld (dus zonder luchtverwarmer en zonder recirculatielucht) wordt de filter nat. Zelfs de beste druppelvanger is niet in staat dit te voorkomen. De fijne waterdruppeltjes uit de lucht worden gevangen en lopen langs de filter naar beneden.

Het vocht is geen helder water, maar veelal een vuile drab, waarin behalve stofdeeltjes ook zouten en aan SO₂ (zwaveldioxide) gebonden roetdeeltjes kunnen voorkomen. De inktachtige oplossing is zeer agressief ook omdat het water zal verdampen en dus indikking plaatsvindt. Een goede bescherming, goede inspectie- en reinigingsmogelijkheid en eventueel vochtafvoer zijn noodzakelijk. Zijn de bezwaren van het beschreven verschijnsel te groot dan kan een zeker percentage retourlucht een oplossing zijn.

Waarnemingen bij het dichtslaan van een filter:

- Δp (drukverschil) over het filter neemt toe.
- luchtdebiet neemt af.

6.1.2 Dichtslaan

Dichtslaan betekent een plotselinge toename van de filterweerstand, meestal t.g.v. bijzondere omstandigheden zo als een sterk vergroot stofaanbod. Door de soms onvoorzienbare schade en/of ongemakken is dit het ergste wat met een filter kan gebeuren.

Bij een filter met hoge snelheid door het filtermedium is het effect veel groter dan bij een filter met lage snelheid door het filtermedium.

De grote intrede openingen en de stofopslagcapaciteit van een zakkenfilter maken dat ook bij groot stofaanbod de weerstandstoename zo geleidelijk verloopt dat er nog tijd is de juiste maatregelen te nemen. Bij gevouwen papierfilters (compact cassette filters) met een zeer geringe spleetafstand bestaat de mogelijkheid, dat daar brugvorming optreedt, waardoor het werkzame oppervlak sterk verkleind wordt.

Bij volledig dichtgeslagen filters kan door te grote onderdruk schade aan de filtersectie of andere onderdelen van de LBK optreden. Of deze schade inderdaad kan ontstaan hangt af van de ventilator in het systeem. Is de opvoerhoogte lager dan de mechanische sterkte van de filter, dan zal bij een geheel dicht filter geen lucht meer worden verplaatst. Bij grote opvoerhoogten worden de dichtgeslagen filters stukgetrokken (doorslaan).

Het reinigen van de verwarmingsbatterijen van het systeem is vaak een kostbaar en lastig karwei. Op die plaatsen waar de kans op plotseling verhoogd stofaanbod bestaat, kan voor installaties met hogedrukventilatoren veel onheil worden voorkomen door het kiezen van een "overbemeten" filter. Is de filterweerstand na een weekend abnormaal laag dan is de kans niet uitgesloten dat een beschadiging aan de filters is opgetreden en moet visuele inspectie van de filtersectie volgen.

Ook buitenluchtroosters kunnen door bladeren, papier of plastic zo worden afgesloten dat een ontoelaatbaar grote onderdruk ontstaat. Bestaat er een kans hierop, dan is het nodig ook hier aandacht te besteden en regelmatig inspectie uit te voeren. Het is op zo'n plaats nodig de toegankelijkheid optimaal te maken.

Waarnemingen bij het dichtslaan van een filter:

- Δp over het filter neemt toe, bij het doorslaan van het filter neem deze af.
- luchtdebiet neemt af.

6.1.3. Bevriezen

Filters die direct in de buitenluchtstroom zijn opgenomen, kunnen onder bepaalde weersomstandigheden dichtvriezen namelijk:

- De filters zijn nat en het begint plotseling te vriezen.
Deze situatie is gevaarlijk. Het vocht om de vezels bevest. De filter wordt hard. De kans op scheuren in het filter is aanwezig.
- Er wordt onderkoelde mist aangezogen en deze druppels vormen een ijslaagje op de filter.
De onderkoelde druppels worden als stofdeeltjes door de filter gevangen. Dit weertype duurt meestal maar enkele uren.
- Er wordt stuifsnieuw, als stof meegevoerd.
Sneeuw en stuifsnieuw gedragen zich als stof en deze moeten dan ook normaal kunnen worden gevangen, ook hier is voldoende filteroppervlak essentieel.

Waarnemingen bij het bevriezen van een filter:

- Δp over het filter neemt toe, bij het doorslaan van het filter neem deze af.
- luchtdebiet neemt af.

Conclusie m.b.t. de bedrijfsomstandigheden.

Filters in een buitenluchtstroom dienen mechanisch voldoende sterk te zijn. Een filter moet de extra weerstand ten gevolge van vocht en andere tijdelijke weerstandsverhogingen kunnen opvangen. Bij het installeren van filters zonder een luchtverwarmer direct achter de filter, is het wenselijk de volgende maatregelen te treffen:

1. een goed buitenluchtaanzuigrooster met effectieve druppelvanger plaatsen.
2. een niet te hoge belasting over het filtermedium, met andere woorden, een voldoende groot oppervlak te kiezen.
3. de mogelijkheid opnemen om retourlucht aan te zuigen uit het gebouw.
4. is de situatie zoals bij bevroren is beschreven dan is het aan te bevelen een extra inspectie uit te voeren.

Bij het toepassen van warmteterugwinning is de straling van de conventionele luchtverwarmer verdwenen en is het bevroersgevaar voor de filters groter.

6.2 Luchtweerstand

Een lage luchtweerstand geeft lage energiekosten. Bij de selectie van het filter houdt men rekening met de beginweerstand en met de eindweerstand van het filter. Een filtermedium met een hoog rendement heeft een grotere weerstand dan een filtermedium met een laag rendement. Bij het ontwerpen van installaties zal men zeker rekening houden met het energiegebruik en dus naar optimale zo laag mogelijke weerstanden streven.

Indien men een lage luchtweerstand wil bereiken dient men bij een hoog filterrendement de luchtsnelheid door het filtermedium laag te houden. Dit kan men bereiken door een goede constructie van het filter. Door een groter aantal vouwen toe te passen bij een compact cassette filter of door het aantal zakken te vergroten bij een zakkenfilter, ook door een grotere zaklengte wordt de luchtweerstand verlaagd.

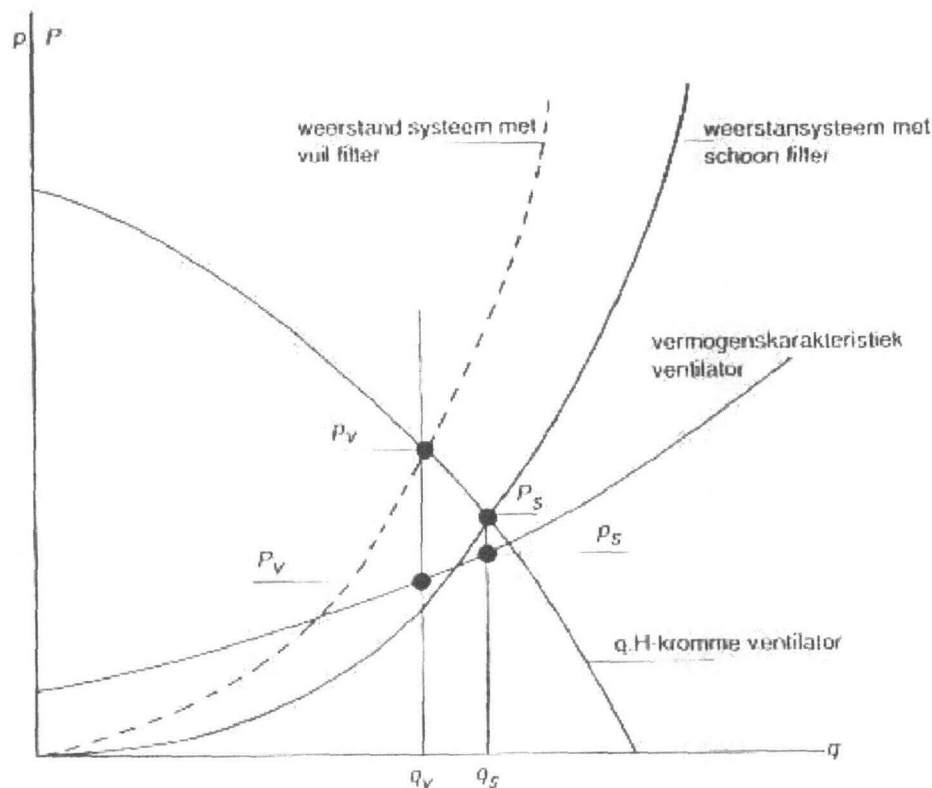
6.3 Invloed van de filterweerstand op de ventilator

Het vermogen P van de ventilator verandert met het vuil worden van de filter. Bij de invloed van de filterweerstand op de ventilator en het energieverbruik moeten 2 situaties worden onderscheiden:

- de ventilator wordt aangedreven door een kortsluitmotor, terwijl het debiet niet wordt geregeld (zie figuur 14).
- de ventilator wordt zo geregeld, dat een constant debiet wordt geleverd (zie figuur 15).

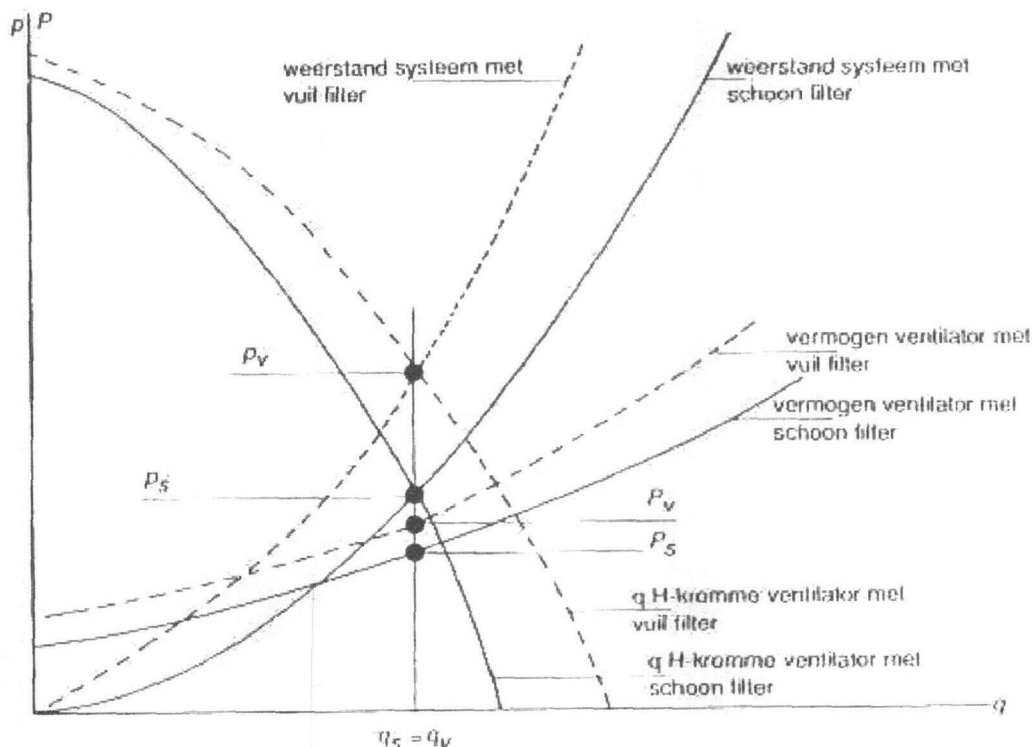
In beide gevallen neemt de opvoerhoogte (p) van de ventilator toe volgens de ventilatorkarakteristiek (qh -kromme). Het energieverbruik (P) van de ventilator is evenredig met het product van de opvoerhoogte (p) en het debiet (q), dus niet alleen maar met de opvoerhoogte.

Bij een variabel-debietsysteem is het zinvol het filter te selecteren voor 100% van de luchthoeveelheid. De standtijd van het filter zal, doordat de installatie normaliter op ca 60% wordt belast ongeveer twee maal zo groot zijn als die van een filter waarbij de capaciteit constant 100% is. De lage gemiddelde weerstand van de filter heeft ook een gunstig effect op het energiegebruik van de ventilator.



Figuur 14: Ventilator met een constant toerental en niet-geregeld debiet

a: Ventilator met een constant toerental en niet-geregeld debiet. Wordt het debiet geregeld, dan is $P_v > P_s$.
wordt het debiet niet geregeld, dan is P_v meestal kleiner dan P_s .



figuur 15: Ventilator met geregeld toerental.

b: Ventilator met geregeld toerental.

Bij een gelijkblijvend debiet is P_v groter dan P_s . de verhouding P_v / P_s zal ongeveer gelijk zijn aan p_v / p_s maar niet noodzakelijk $\Delta p_v / \Delta p_s$. Het vermogen dat het filter zelf vraagt is wel evenredig met Δp .

6.4 Standtijd van het filter

De standtijd van een filter is het aantal uren dat een filter in bedrijf is op een zodanige wijze dat aan de ontwerpspecificaties wordt voldaan. Het belangrijkste criterium is hierbij de eindweerstand in mindere mate het rendement. De werkelijke standtijd van een filter is niet van tevoren te berekenen omdat er teveel omgevingsfactoren een rol spelen. Men kan echter wel een theoretische standtijd berekenen.

De invloeden op de standtijd zijn:

- Stofconcentratie. Naarmate de stofconcentratie voor het filter hoger is, daalt de standtijd. Men zal dus grote verschillen vinden bij filters die ingebouwd zijn in luchtbehandelingsinstallaties in industriegebieden en landelijke omgevingen.
- Stofsoort. De invloed op de standtijd van variaties in o.a. korrelgrootte, soortelijke massa spelen ook een rol.
- Filtermedium. Hier spelen o.a. soort vezel (glas of synthetische vezel), diameter vezel.
- Doorstroomsnelheid. Bij het vangen van stof spelen een aantal processen een rol, zoals het reeds behandelde zeef- inertie, interceptie- en het diffusie effect.
- Relatieve vochtigheid van de lucht. Doordat het afgevangen stof, vocht opneemt kan de weerstand over het filter toenemen. Verhoging van elektrostatische spanningen bij lagere relatieve vochtigheid kan daarentegen het rendement weer gunstig beïnvloeden.

Om een beeld te geven van de begin/ aanvangsweerstand bij de drie verschillende filterklasse de tabel 4

Aanvangsweerstand in Pa		
Zakkenfilter	Synthetisch materiaal	Glasvezel materiaal
F5	40 - 50	60 - 70
F7	70 - 90	80 - 90
F9	130 - 160	+/- 180
Compactfilter	Glasvezelpapier	
F7	+/- 75	
F9	100 - 140	

Tabel 4: begin/ aanvangsweerstand bij de drie verschillende filterklasse

Filtervervanging op basis van vuistregels

Er worden een aantal vuistregels toegepast m.b.t. het vervanging van het filter. Deze vuistregels worden bepaald aan de hand van het drukverschil (weerstand) over het filter. Er worden drie vuistregels gehanteerd die men gebruikt om de theoretische standtijd te bepalen, namelijk:

- 2 maal de aanvangsweerstand.
- aanvangsweerstand x 1,6 + 40Pa.
- aanvangsweerstand + 100Pa.

Deze vuistregels worden door de fabrikanten van LBK's en filters toegepast en zijn gebaseerd op ervaring.

Voordat men een van deze vuistregels kan toepassen moet men wel het verschil en de consequenties van deze verschillen weten. Zodat men een juiste theoretische standtijdsberekening kan maken. Dit gebeurt aan de hand van de volgende berekening. Er wordt uitgegaan van de volgende voorbeeldsituatie.

Voorbeeld systeem

- | | |
|---------------------------------|---|
| - type gebouw: | kantoor |
| - bedrijfstoestand: | 8 uur per dag |
| - omgeving: | grote stad |
| - luchtdebiet (q_v): | 8,5 m ³ /s (30.600 m ³ /h) |
| - luchtdebietregeling: | constant debiet |
| - stofgehalte (C): | 0,20 mg/m ³ (0,20*10 ⁻³ g/m ³) |
| - frontoppervlak 2,02*2,02: | 4,04 m ² |
| - elektrische energie (e): | € 0,07 per kWh (controleer energieprijzen bijv. op www.essent.nl) |
| - rendement ventilator + motor: | 70% (aanname) |
| - bedrijfstijd per jaar t_b : | 2.500h/a (uur per jaar) |
| - aantal filters: | 9 stuks |

Hieruit volgt het stofaanbod per jaar:

$t_{\text{tijd}} \times \text{luchtdebiet} \times \text{stofgehalte}$

$$2.500h \times 30.600 \frac{m^3}{h} \times 0,20 \cdot 10^{-3} \frac{g}{m^3} = 15.300 \frac{g}{a}$$

Luchtfilter

- soort filter:	fijnfilter
- filterklasse:	F7
- type filter:	zakkenfilter
- luchthoeveelheid per filter	0,944m ³ /s (3400m ³ /h)
- begin/ aanvangsweerstand	80Pa

Hieruit volgt:

$$2 \times 80Pa = 160Pa$$

of

$$80Pa \times 1,6 + 40Pa = 168Pa$$

of

$$80Pa + 100Pa = 180Pa$$

Aan het bovenstaande is te zien dat het verschil tussen de hoogste en de laagste in dit geval 20Pa is. Om de gevolgen van dit verschil te bekijken of om de zin hiervan te bepalen dient men de berekening uit te breiden. Dit kan men doen aan de hand van de volgende energiekostenberekening per jaar.

Voor de jaarlijkse energiekosten k_E [€/a] geldt:

$$k_e = \frac{t_b \times e \times q_v \times \Delta p_{\text{gem}}}{\eta \times 1000} \quad [\text{€/a}]$$

hierin is:

t_b	= jaarlijkse bedrijfstijd	[h/a]
e	= prijs per kWh	[€]
q_v	= het (constante) debiet	[m ³ /s]
Δp_{gem}	= gemiddelde van begin- en eindweerstand	[Pa]
η	= het rendement van de ventilator + motor	[%]
1000	= 1 kWh	

Het betreft in deze situatie een kantoorgebouw met een bedrijfstijd van 2.500 uur per jaar. Er wordt per filter een volumestroom van 0,944m³/s (3400m³/h) aangehouden en er bevinden zich 9 zakkenfilters in de LBK. De energieprij is 0,07 euro per kWh en er wordt een gemiddeld rendement van 70% aan gehouden voor de ventilator + motor. Dit komt neer op het volgende:

$$k_e = \frac{2500\text{uur} \times 0,07 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 0,944 \frac{m^3}{s} \times \left(\frac{180 + 80}{2} - \frac{160 + 80}{2} \right) Pa}{0,7 \times 1000} = 2,36 \text{ euro per filter}$$

Het blijkt dus dat men in deze situatie 2,36 euro aan energiekosten per filter bespaart als men deze eerder vervangt, dit komt dus overeen met 21,21 euro aan alleen de energiekosten tussen de beide vuistregels. Deze berekening is echter wel gedaan op basis van filtervervanging één maal per jaar.

Maar als men een filter eerder vervangt moet men wel met de kosten voor het materiaal, de manuren en het onderhoud van de kast rekening houden, die dus gerekend over een aantal jaren langzaam zullen oplopen.

Filtervervanging volgens "TNO bouw"

Het is niet aan te raden alleen op het drukverschil te letten men dien natuurlijk ook te letten op de bijvoorbeeld de aanwezigheid van schimmels op het filteroppervlak, die juist voor schadelijk kunnen zijn voor de in het pand aanwezige personen.

"TNO bouw" geeft aan een filter elke 3 tot 12 maanden, afhankelijk van de situatie, verkeer en andere omgevingsinvloeden te vervangen. Maar in het algemeen elke 6 maanden voor sterk verontreinigde gebieden (stad) en éénmaal per jaar voor gebieden met geringe luchtverontreinigingen (platteland).

Dus als men de berekening doet bij de helft van het aantal bedrijfsuren, dan zullen de energiekosten gelijk zijn. Maar de kosten voor de filters en het vervangen hiervan zullen wel twee maal zo hoog zijn.

Het blijkt dus dat men het filter niet alleen op basis van drukverschil dient te vervangen, maar ook op basis van hygiëne afhankelijk van de situatie één of twee maal per jaar.

Filtervervanging op basis van verschil in dust holding capacity (stofhoudend vermogen)

Zoals in het voorbeeldsysteem al was aangegeven is het stofaanbod dus 15.300g/a bij 9 filters, wat dus betekent dat elk filter gemiddeld 1700g/a stof krijgt te verwerken.

De dust holding capacity wordt bepaald door de average arrestance (gemiddelde stofvangstpercentage) te vermenigvuldigen met de totale toegevoegde stofhoeveelheid in gram. De average arrestance wordt bepaald bij een deeltjes grootte van 1µm en groter.

In het hoofdstuk 1.3 stond al aangegeven dat slechts 0,1% van het aantal partikels in buitenlucht is groter dan 1µm, maar hun massa maakt 70% van het totaal uit.

Dus om de berekening uit te kunnen breiden moet men ervan uitgaan dat elk filter in deze situatie geen 1700g/a maar 1190gram per jaar krijgt te verwerken. Maar omdat het in dit geval om een grote stad gaat dient op basis van hygiënische redenen het filter per half jaar te vervangen (TNO bouw), wat dus overeenkomt met 595 gram stof.

De initial arrestance (begin stofvangst) en de average arrestance (gemiddelde stofvangst) liggen bij een F7 filter hoger dan 99%.

Dus als men deze logica volgt zal men een filter moeten vervangen als dit filter in een half jaar ongeveer 595 gram stof heeft gevangen. Maar in de praktijk zal men een filter nooit vervangen op basis van de dust holding capacity vervangen, maar deze waarde zegt wel iets over de kwaliteiten van het filter.

Conclusie m.b.t vervangen van deze F7 zakkenfilter.

Vervang een filter elke 3 tot 12 maanden, afhankelijk van de situatie, verkeer en andere omgevingsinvloeden. Maar in het algemeen elke 6 maanden voor sterk verontreinigde gebieden (stad) en éénmaal per jaar voor gebieden met geringe luchtverontreinigingen (platteland).

Hou daarbij ook rekening met de vuistregels.

- 2 maal de aanvangsweerstand.
- aanvangsweerstand x 1,6 + 40Pa.
- aanvangsweerstand + 100Pa.

6.5 Filterkosten

De keuze van een filter hangt van een aantal factoren af. De belangrijkste is de kwaliteit van de lucht na de filter, in dit geval de hoeveelheid stof in deze lucht. Daarnaast zijn de kosten belangrijk.

Beschouwt men deze per jaar per filter, dan bestaan deze jaarkosten uit:

- vervangingskosten van het medium per jaar (mediumkosten).
- kosten voor onderhoud en vervanging (arbeidskosten).
- energiekosten.

6.5.1 Bepaling van de filterkosten per jaar voor de filtervergelijking

Aan de hand van deze gegevens en berekeningsmethodes zal ook de kostenvergelijking per filter tussen de diverse filters van verscheidene filterfabrikanten/ leveranciers gedaan worden.

Voor dat men een berekening kan maken zal men het een en andere moeten weten.

Benodigde gegevens voor berekening:

Voorbeeld systeem

- type gebouw:	kantoor
- bedrijfstoestand:	8 uur per dag
- omgeving:	grote stad
- luchtdebiet (q_v):	8,5 m ³ /s (30.600 m ³ /h)
- luchtdebietregeling:	constant
- stofgehalte (C):	0,20 mg/m ³ (0,20*10 ⁻³ g/m ³)
- frontoppervlak 2,02*2,02:	4,04 m ²
- elektrische energie (e):	€ 0,07 per kWh (controleer energieprijis bijv. op www.essent.nl)
- rendement ventilator + motor:	70% (aanname)
- bedrijfstijd per jaar t_b :	2.500h/a (uur per jaar)
- aantal filters:	9 stuks

Hieruit volgt het stofaanbod per jaar:

tijd × luchtdebiet × stofgehalte

$$2.500h \times 30.600 \frac{m^3}{h} \times 0,20 * 10^{-3} \frac{g}{m^3} = 15.300 \frac{g}{a}$$

Luchtfilter

- soort filter:	fijnfilter
- type filter:	zakkenfilter of compact cassette filter
- luchthoeveelheid per filter	0,944m ³ /s (3400m ³ /h) of 1,180m ³ /s (4250m ³ /h)
- begin /aanvangsweerstand over het filter	..Pa

Standtijd

- 2 maal de aanvangsweerstand.
- of
- aanvangsweerstand x 1,6 + 40Pa.
- of
- aanvangsweerstand + 100Pa.

TNO bouw geeft aan een filter elke 3 tot 12 maanden, afhankelijk van de situatie, verkeer en andere omgevingsinvloeden te vervangen. Maar in het algemeen elke 6 maanden voor sterk verontreinigde gebieden (stad) en éénmaal per jaar voor gebieden met geringe luchtverontreinigingen (platteland).

Kosten voor vervanging van het medium.

Zijn de kosten van de filters M , dan zijn bij een standtijd t_L (in jaren) de jaarkosten k_m dus:

$$k_m = \frac{M}{t_L} \quad [€/a]$$

De hoeveelheid tijd die men gemiddeld besteed aan het reinigen van een LBK is normaal ongeveer 4 uur. Onderhoud aan een LBK gebeurt normaal om het halfjaar.

Arbeidskosten voor het vervangen van het medium.

Als de arbeidskosten voor het vervangen van het medium B zijn, dan zijn bij een standtijd van t_L (in jaren) de jaarkosten k_B dus:

$$k_B = \frac{B}{t_L} \quad [€/a]$$

Gemiddeld kost het vervangen van een zakken- of compactfilter ongeveer 10-15 minuten tijd.

Energiekosten

Voor de jaarlijkse energiekosten k_E [€/a] geldt:

$$k_e = \frac{t_b \times e \times q_v \times \Delta p_{gem}}{\eta \times 1000} \quad [\text{€/a}]$$

hierin is:

t_B	= jaarlijkse bedrijfstijd	[h/a]
e	= prijs per kWh	[€]
q_v	= het (constante) debiet	[m ³ /s]
Δp_{gem}	= gemiddelde van begin- en eindweerstand	[Pa]
η	= het rendement van de ventilator + motor	[%]
1000	= 1 kWh	

Totale jaarkosten

Dit is de som van de investerings-, medium- energiekosten per jaar:

$$k_{tot} = k_M + k_B + k_E$$

Hoofdstuk 7 Vergelijken

Men kan een vergelijking tussen diverse filterfabrikanten /leveranciers of filterkeuze aan de hand van twee manieren doen:

1) Men vergelijkt de kwaliteiten van de filters aan de hand van de documentatie van de fabrikanten /leveranciers.

Het nadeel hiervan is dat niet altijd alle filtermaten in de documentatie staat, ook staat vaak niet het beginrendement en begindrukval bij $0.944\text{m}^3/\text{s}$ ($3400\text{m}^3/\text{h}$) aangegeven. Ook is niet te controleren of de testen door een onafhankelijk testinstituut gedaan zijn, dus of de gegevens mogelijk niet correct kunnen zijn. Verder wordt o.a. het stofhoudend vermogen (dust holding capacity), elektrostatisch geladen (untreated) en ontladen rendement (discharged efficiency) nooit vermeldt, deze gegevens zeggen echter veel over de kwaliteiten van het filter.

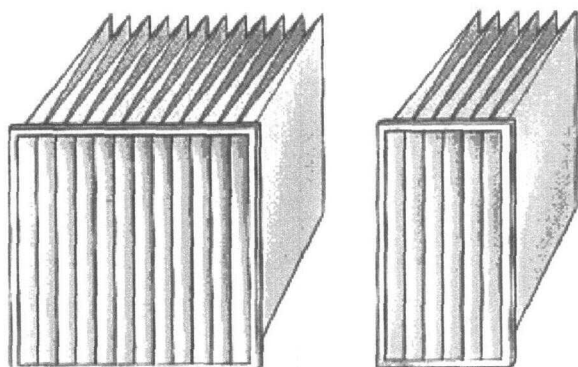
2) Maak een vergelijking of keuze aan de hand van volledige testrapporten.

Deze rapporten geven precies de kwaliteiten van het filter weer. Deze volledige testrapporten worden echter niet altijd direct verstrekt. Controleer de onafhankelijkheid van het testinstituut zelf met behulp van internet. Het is dus altijd aan te raden een testrapport op te vragen bij de fabrikant/ leverancier.

In welke filtermaten zijn testrapporten te verkrijgen:

Alleen bij hele maten per klasse bijvoorbeeld een F5 filter met 6 zakken met een maat van $592 \times 592 \times 600$ mm of $592 \times 592 \times 635$ mm (bxhxd) afhankelijk van fabrikant /leverancier.

Er is alleen een testrapport verkrijgbaar als er **geen** gelijke verhouding is tussen de breedte en hoogte met de aantal zakken en het effectieve filteroppervlak, bij een gelijke diepte.



Figuur 16: Hele en halve filtermaat

Is er wel een verhouding bijvoorbeeld een filter met 3 zakken met de maten $287 \times 592 \times 600$ mm of $287 \times 592 \times 635$ mm met de helft van het effectief filteroppervlak (zie figuur 16). Dan is het rendement en de drukval alleen gelijk bij 50% van de luchthoeveelheid.

7.1 Vergelijking tussen twee filters

Glasvezelfilters

Deze vergelijking is goed te doen als men twee testrapporten heeft van een glasvezelmedium met hetzelfde aantal filterzakken in dezelfde filterklasse, omdat men geen rekening hoeft te houden met het ontladen rendement (discharged efficiency). Men kan per teststof toevoerfase het filterrendement nalopen met het daar bijbehorend drukverschil.

Men kan zich beter op de volgende onderdelen richten om een betere indruk te krijgen van de kwaliteiten van een filter tijdens een testprocedure, namelijk:

- initial pressure drop (aanvangsdrukval/ beginweerstand) » hoe lager hoe minder energiekosten.
 - initial efficiency (begin /aanvangsrendement) » hoe hoger hoe meer deeltjes er gevangen worden.
- Men dient echter wel een berekening van de theoretische standtijd te maken.

- De average efficiency (gemiddelde rendement) is minder belangrijk, omdat deze gemiddelde bepaald wordt over de periode totdat de eindweerstand van 450Pa bereikt is, dit kan dus een vertekend beeld geven

over het werkelijke rendement van het filter gedurende de standtijd, ook heeft de dust holding capacity (hoeveelheid toegevoegde teststof) een invloed.

Synthetische filters

Als men een vergelijking wil maken tussen twee testrapporten van een synthetisch medium krijgt men te maken met het ontladen rendement (discharged efficiency) van het filter.

Zoals bekend is zijn deze filters elektrostatisch geladen, maar deze lading is afhankelijk van de omgevingsinvloeden na een week a twee weken verdwenen, als gevolg van o.a. verbrandingsdeeltjes in de lucht.

Normaal kost het testen van een filter anderhalve week tot twee weken tijd en het filter krijgt in deze tijd 400 / 500 / 600gram stof te voorduren waarvan hij een bepaald percentage van vangt tot zijn eindweerstand van 450Pa bereikt is. Men probeert zo een beeld te krijgen van de kwaliteiten van het filter gedurende zijn levensduur.

Te schone toevoerlucht

Maar omdat men bij het testen van een filter wil zorgen voor een schone toevoerlucht, filtert men deze toevoerlucht voor alle grof- en fijnfilters (voor zowel glas- als synthetisch filters) eerst d.m.v. een Hepa filter. Dit moet volgens de NEN minimaal een H13 zijn en dit filter wordt o.a. gebruikt voor het vangen van virussen en radioactieve deeltjes. Men mag dus ook de hoogst mogelijke Hepa filter gebruiken de H14, deze wordt gebruikt om de lucht te filteren voor een operatiekamer in het ziekenhuis. Het gevolg is dat als er veel verbrandingsdeeltjes of roetdeeltjes in de lucht zaten, een groot deel tot "alle" deeltjes uit de lucht verwijderd zijn.

Dit zorgt voor een onrealistisch testresultaat, omdat synthetische filters wel gevoelig zijn voor verbrandingsdeeltjes en glasvezelfilters niet. Het maken van een vergelijking tussen de synthetische filters is wel mogelijk maar het is dus erg moeilijk om een goed beeld te krijgen van de werkelijke kwaliteiten van het filter in een praktijk situatie.

Wat het nog lastiger maakt is dat het ontladen rendement maar bij één weerstand/ drukval over het filter bepaald wordt en dat is bij de begin drukval. Er is dus geen verloop te zien van stijging van het filterrendement door vervuiling van het ontladen filter als gevolg van de stoftoevoer.

Glasvezel en synthetische filters

Aan de hand van het bovenstaande blijkt dat de vergelijking tussen deze twee materialen eigenlijk niet realistisch is.

7.2 Vergelijken van testrapporten

Voorbeeld testrapport zie bijlage B

Op welke punten moet ik letten bij het vergelijken van de testrapporten van fijnfilters:

1) **Controleer of de alle gegeven zijn ingevuld**, en of men in het bezit is van een volledig testrapport volgens de NEN-EN 779:2002 (zie bijlage). Een volledig rapport bestaat ongeveer uit 6 pagina's beginnende met een samenvatting. Het verschil met dit testrapport en een testrapport uit de praktijk is dat achter dit testrapport nog een aantal calculatie bladen zijn toegevoegd, in praktijk gebeurt dit niet.

2) **Controleer of de test door een onafhankelijk testinstituut gedaan is, doe dit altijd zelf.**

Men kan dit o.a. controleren door op de site van het testinstituut of testinstelling te kijken, dus neem niet aan dat het een onafhankelijk testinstituut is als de naam anders is dan de naam van de filterfabrikant /leverancier.

Meestal is snel duidelijk of het hier om een onafhankelijk testinstituut gaat en of zij hier zelf belangen bij hebben. Is de test niet door een onafhankelijk testinstituut gedaan, bestaat de mogelijkheid dat niet alle gegevens correct zijn.

3) **Initial en average efficiency** (begin/ aanvangsweerstand en gemiddelde rendement)

De initial efficiency zegt meer over de kwaliteiten van het filter dan de average efficiency. Dit komt omdat de average efficiency bepaald wordt tot het drukverschil over het filter is opgelopen tot 450Pa. De initial efficiency wordt bepaald bij de initial pressure drop (begin/aanvangs weerstand).

4) **Untreated en initial efficiency** (onbehandeld (geladen) en begin rendement).

In de samenvatting van het testrapport staat een untreated efficiency (onbehandelde rendement), deze waarde komt ongeveer overeen met het initial efficiency (begin of aanvangsrendement) beide bij 0,4um. Normaal worden beide bepaald bij een ongeveer gelijk drukverschil, in de regel is dit voor beide bij de initial pressure drop (begin/aanvangs weerstand), zie testrapport.

Is het untreated efficiency veel hoger dan het initial efficiency dan is deze waarde bij een groter drukverschil bepaald (als men alleen de samenvatting in het bezit heeft kan dit een fout beeld scheppen omdat hierin niet staat aangegeven bij welk drukverschil deze waarde bepaald is).

5) **Untreated en discharged efficiency** (onbehandeld (geladen) en ontladen rendement).

Glasvezel filtermedium

Als men een testrapport van een glasvezel filtermedium heeft, zal blijken dat het geladen rendement ongeveer gelijk met het ontladen rendement bij een gelijke volumestroom en gemeten bij een gelijk drukverschil. Als deze waarden sterk verschillen of als het ontladen rendement hoger is dan het geladen rendement, dan zijn deze niet bij ongeveer gelijke drukverschillen bepaald.

Synthetisch filtermedium

Bij een testrapport van een synthetisch filtermedium zal blijken dat het geladen rendement hoger tot veel hoger ligt dan het ontladen rendement afhankelijk van de filterklasse. Dit betekent dat als deze elektrostatische lading na ongeveer één week/ twee weken verdwenen is (afhankelijk van omgevingsinvloeden zoals o.a. roetdeeltjes in de lucht). Met het gevolg dat het filter een veel lager rendement heeft of zelfs een aantal filterklassen gezakt is.

Voor een uitgebreide uitleg zie hoofdstuk 7.1 Vergelijking tussen twee filters.

6) **Dust holding capacity** (stofhoudend vermogen)

Deze naam is eigenlijk fout. De dust holding capacity geeft aan de hoeveelheid afgevangen/ tegengehouden stof, totdat de eindweerstand van 450Pa bereikt is.

(dust holding capacity: amount of loading dust retained by the filter up to final pressure drop)

Dus als ik twee filters vergelijk (van dezelfde kwaliteit en met hetzelfde filterrendement) waarbij het eerste filter een dust holding capacity van 500g heeft en de tweede filter een dust holding capacity heeft van 300g, betekent het dat de tweede filter een betere filter is. Dit omdat het eerste filter 200g meer teststof heeft doorgelaten om dezelfde eindweerstand van 450Pa te bereiken.

Terwijl de naam in eerste instantie doet vermoeden dat het filter met een hogere dust holding capacity, automatisch een beter filter is, dit is dus niet zo.

Maar het gevolg is wel dat de standtijd van het eerste filter langer is (minder filterkosten en men hoeft minder vaak naar de locatie) ook zijn de energiekosten lager. Maar de LBK is wel sneller vuil dan in de situatie van het tweede filter. Dit zorgt wel weer voor extra reinigingskosten, ook zal bijvoorbeeld de verwarmers sneller vervuilen waardoor het rendement hiervan achteruitgaat. Het blijft dus altijd een afweging die men maakt.

7) Ga de hoeveelheden teststof na die worden toegevoegd, de rede hiervan is als volgt. Het kan voorkomen dat men de teststof niet in gepaste hoeveelheden toevoegt. De eerste hoeveelheid teststof die men toevoegt is 30 gram bij bijvoorbeeld 90Pa, de tweede is bijvoorbeeld 100 of 120 gram bij 120Pa. Het is niet de bedoeling dat als men de tweede keer teststof toegevoegd, men 200 of 300 gram teststof toegevoegd bij 120Pa. Het gevolg van een te grote toevoer van stof kan betekenen dat het filter verstopt kan raken, wat dus kan zorgen voor een hoger filterrendement met het gevolg dat het filter uiteindelijk in een hogere klasse terecht kan komen.

8) Filterklasse volgens huidig geldende norm de NEN-EN 779:2002

De rendementen zijn bepaald bij een volumestroom van $0,944\text{m}^3/\text{s}$ ($3400\text{m}^3/\text{h}$)

Filter Class	Final pressure drop [Pa]	Average arresstance (A_m) of synthetic dust [%]	Average efficiency (E_m) of $0,4\mu\text{m}$ particles [%]
G1	250	$50 \leq A_m < 65$	-
G2	250	$65 \leq A_m < 80$	-
G3	250	$80 \leq A_m < 90$	-
G4	250	$90 \leq A_m$	-
F5	450	-	$40 \leq E_m < 60$
F6	450	-	$60 \leq E_m < 80$
F7	450	-	$80 \leq E_m < 90$
F8	450	-	$90 \leq E_m < 95$
F9	450	-	$95 \leq E_m$

Note The characteristics of atmospheric dust vary widely in comparison with those synthetic loading dust used in the tests. Because of this test results do not provide a basis for predicting either operational performance or life. Loss of media charge or shedding of particles or fibres can also adversely affect efficiency

Tabel 5: luchtfilterklassen en hun rendementen

Average arresstance = gemiddelde stofvangstpercentage [%].

Average efficiency of $0,4\mu\text{m}$ particles = gemiddelde filterrendement [%] bij een deeltjes grootte van $0,4\mu\text{m}$.

9) Vergeet niet dat aan de uitslag van de test geen voorspellingen gedaan kunnen worden m.b.t. de kwaliteiten van het filter in een praktijk situatie.

Kort samengevat

Hoe kies ik nu het filter dat het beste filtert in de gewenste klasse.

- zorg voor een lage initial pressure drop (begin/aanvangs weerstand).
- zorg voor een hoge initial efficiency (begin rendement).
- zorg voor een hoge discharged efficiency (ontladen rendement).
- zorg voor een lage dust holding capacity (stofhoudend vermogen).
- dus minder stof in de lucht na het filter.

Dit filter dient me wel eerder te vervangen.

Hoe kies ik nu het filter die het goedkoopst in energiekosten is in de gewenste klasse.

- zorg voor een lage initial pressure drop (begin/aanvangs weerstand).
- zorg voor een lage initial efficiency (begin rendement).
- zorg voor een lage discharged efficiency (ontladen rendement).
- zorg voor een hoge dust holding capacity (stofhoudend vermogen).
- dus meer stof in de lucht na het filter.

Dit filter hoeft men wel minder vaak te vervangen.

Men dient bij de keuze echter wel de gevolgen in acht te nemen voor de onderdelen van de LBK en leefomgeving van de mensen, het blijft dus altijd een afweging.

Conclusie

NEN-EN 779:2002

Aan deze norm zitten een aantal haken en ogen, waardoor de mogelijkheid om een juiste vergelijking te maken tussen de verschillende filtermedia wordt bemoeilijkt. Een voorbeeld hiervan is dat men het gemiddelde rendement van alle fijnfilters bepaald over een drukverschil van 450Pa terwijl een drukverschil voor een klasse F5 van 150Pa, voor een F7 van 200Pa en voor een F9 van 250Pa meer gepast zou zijn.

Het beste zou eigenlijk zijn de filterklasse niet te over een gemiddeld filterrendement te bepalen maar aan de hand van het beginrendement. Op deze wijze krijgt men een beter beeld van de kwaliteiten van het filter in een praktijk situatie. Omdat men weet dat als het filter vuil wordt het filter het filterrendement stijgt, de hoogte van deze stijging is weer afhankelijk van de vervuiling van het filter.

De NEN zou eigenlijk moeten verplichten dat alle filtertesten gedaan moeten worden door een onafhankelijke testinstantie, zou dat foefjes om de testuitslag te beïnvloeden niet meer van de orde zullen zijn. Zoals bijvoorbeeld: te veel teststof toevoegen, testgegevens weglaten en geladen en ontladen rendementen bij een hogere drukverschil bepalen.

Filtertest en praktijk

Een filtertest geeft geen garantie voor de kwaliteiten van het filter in de praktijk situatie. Omdat het glasvezelmateriaal geen invloed ondervindt van roetdeeltjes in de buitenlucht is de filtertest van een glasvezelmedium realistischer dan een filtertest van een synthetisch filtermedium. Deze deeltjes zorgen ervoor dat de elektrostatische lading van het synthetische filtermedium na een week tot twee weken verdwijnt waardoor het filterrendement beduidend zakt.

Omdat de toevoerlucht die voor een filtertest gebruikt wordt d.m.v. een Hepa filter (minimaal klasse H13) gefilterd wordt, zijn deze verbrandingsdeeltjes nagenoeg uit de lucht verdwenen. Het gevolg hiervan is dat dit zorgt voor een meer onrealistische testuitslag omdat deze deeltjes normaal in de buitenlucht aanwezig zijn.

Filter

Moet men kiezen tussen een zakkenfilter of een compact cassette filter als hoofdfilter in een LBK, kies dan in eerste instantie voor een zakkenfilter vanwege de kosten.

Filtermedium

Als men op basis van behoud van filterrendement een keuze moet maken tussen een glasvezel of een synthetisch zakkenfilter, kies dan voor een glasvezel zakkenfilter.

Filterkeuze

Hoe kies ik nu het filter dat het beste filtert in de gewenste klasse.

- zorg voor een lage initial pressure drop (begin/aanvangs weerstand).
- zorg voor een hoge initial efficiency (begin rendement).
- zorg voor een hoge discharged efficiency (ontladen rendement).
- zorg voor een lage dust holding capacity (stofhoudend vermogen).
- dus minder stof in de lucht na het filter.

Dit filter dient me wel eerder te vervangen.

Hoe kies ik nu het filter die het goedkoopst in energiekosten is in de gewenste klasse.

- zorg voor een lage initial pressure drop (begin/aanvangs weerstand).
- zorg voor een lage initial efficiency (begin rendement).
- zorg voor een lage discharged efficiency (ontladen rendement).
- zorg voor een hoge dust holding capacity (stofhoudend vermogen).
- dus meer stof in de lucht na het filter.

Dit filter hoeft men wel minder vaak te vervangen.

Men dient bij de keuze echter wel de gevolgen in acht te nemen voor de onderdelen van de LBK en leefomgeving van de mensen, het blijft dus altijd een afweging.

Testrapporten

Niet alles is zoals het in eerste instantie lijkt, men dient hier van bewust te zijn zodat men geen verkeerde conclusies trekt.

Eindconclusie

Het blijkt dus dat de luchtfilters zelf ook een belangrijke bijdrage leveren aan de achteruitgang van de luchtkwaliteit voor de mens. Een voorbeeld hiervan is de schimmel, deze zet zijn sporen af als ze geen kans meer zien om te overleven en geven ook in een normale omstandigheden stoffen aan de lucht af die de gezondheid van de mens nadelig kunnen beïnvloeden.

Maar is het filter van een dusdanige filterkwaliteit dat hij deze sporen niet doorlaat dan zullen er weer schimmels kunnen ontstaan als de juiste leefomstandigheden hiervoor weer bereikt zijn. Laat het filter deze sporen wel door dan kan dit weer gezondheidsklachten bij de mens opleveren.

Dit proces zal door blijven gaan tot het filter weer vervangen wordt. Daarom is het belangrijk dat men de filters tijdig vervangt en er voor zorgt dat het filter droog blijft door bijvoorbeeld de straling van de verwarmers. Men dient er na te streven op basis van hygiëne en drukverschil een zo goed mogelijke balans te vinden om de luchtkwaliteit voor de mens zo min mogelijk nadelig te beïnvloeden.

De achteruitgang in de kwaliteit van de toevoerlucht blijft bestaan zolang men met een vuilfilter een schone toevoerlucht probeert te verwezenlijken.

Zolang men zorgt voor een droog filter kan men de gezondheids problemen voor de mens zo veel mogelijk voorkomen.

Het mag duidelijk zijn dat voor de onderdelen van de luchtbehandelingskast geldt hoe hoger de filterklasse, hoe minder de vervuiling van de kast dus ook hoe minder vaak men deze dient te reinigen. Dit is echter niet per klasse aan te geven omdat dit sterk afhankelijk is van de omgeving waarin de LBK zich bevindt, men dient dit individueel te bekijken.

Bijlage A Luchtfilters en gezondheid

Mogelijke verontreinigingen van en door filters

De mogelijke oorzaken van het verontreinigende effect van luchtfilters zijn:

- het loslaten van vezels
- stof achtergebleven in het filter
- micro-organismen waaronder met name schimmels

Het loslaten van vezels

In tegenstelling tot stof, dat vaak een min of meer bolvormige vorm heeft, is een vezel langgerekt van structuur. Veel voorkomende vezels in de bouwkundige omgeving zijn afkomstig van glas- en steenwol en van papier.

Uit epidemiologisch onderzoek waarin het resultaat opgenomen is in het handboek "een schone en energie efficiënte klimaatinstallatie" van TNO bouw blijkt dat nog geen overtuigend bewijs dat in de kantooromgeving synthetische glasvezelachtige vezels de oorzaak zijn van kanker. Wel kunnen deze vezels huidirritaties en irritaties van ogen en keel opwekken.

Het in het voorgaande genoemde handboek "een schone en energie efficiënte klimaatinstallatie" van TNO bouw is voortgekomen uit een Europees onderzoek naar maatregelen die hun oorsprong hebben in onderdelen van een klimaatinstallatie te identificeren en te voorkomen.

De auteur van dit handboek is Dr.Ir.Philomena M. Bluysen. Zij schrijft op de internetsite van TNO nog het volgende.

http://www.tno.nl/nieuws/tno_magazine/archief/2002/oktober_2002/tw5_16_19.html

'Er wordt veel geld uitgetrokken voor duurzame en energie-efficiënte gebouwen, maar nog nauwelijks geld voor ook gezonde gebouwen. Een ongezond binnenklimaat kan ervoor zorgen dat de productiviteit van werknemers behoorlijk kan afnemen. Waarschijnlijk levert het meer op om gezonde kantoren en gebouwen neer te zetten, dan een aantal zonnepanelen op het dak.

In onze westerse wereld verblijven we voor zo'n negentig procent van de dag in gebouwen of andere omsloten ruimtes, zoals in auto's, treinen en vliegtuigen. Dat betekent dat we al die tijd ook te maken hebben met een binnenmilieu van klimaat, lucht, licht en geluid. Dit binnenmilieu waarin mensen werken, wonen of zich verplaatsen, bepaalt niet alleen of de menselijke gezondheid en welzijn gewaarborgd blijven, maar bevordert in het ideale geval ook de prestaties van werknemers, bewoners en bijvoorbeeld ook die van scholieren. Volgens dr. ir. Philo Bluysen moeten we er daarom voor zorgen dat het binnenmilieu zo aangenaam mogelijk is: dus goed ingerichte kantoren, woonhuizen en scholen met een prima binnenklimaat. Sinds begin dit jaar is ze plaatsvervangend hoofd van de afdeling 'Gezonde Gebouwen en Installaties' (GGI) van TNO Bouw in Delft, een afdeling met dertig mensen. Daarnaast is ze ook één van de twee themaleiders van het thema 'Gezondheid en Comfort' van het instituut. 'Je ziet vaak dat klachten over het binnenmilieu gekoppeld zijn aan een hoger ziekteverzuim van kantoormedewerkers. Dat betekent verlies aan productiviteit en aan werkefficiëntie. Dat kost veel geld. Daarnaast zie je dat mensen in woningen en flats ook steeds vaker last hebben van astma en allergie-gerelateerde ziekten, waardoor de gezondheidskosten stijgen.'

Voor een congres over gezonde, productieve en duurzame kantoorgebouwen begin dit jaar heeft Bluysen met behulp van Amerikaanse gegevens berekend dat een gezond en comfortabel binnenmilieu in ons land tussen de 2,1 en 12,4 miljard euro aan potentiële besparingen en productiviteitswinst kan opleveren. Een reductie van allergieën en astma zou voor een besparing van 0,1 tot 0,3 miljard euro zorgen. Een vermindering van het Sick Building Syndrome levert 0,6 tot 1,9 miljard euro op, terwijl directe verbeteringen in de prestaties van werknemers zelfs voor een besparing van 1,3 tot 10,3 miljard euro kunnen zorgen.

De naam Sick Building Syndrome is eigenlijk ontstaan als gevolg van de rage om in gebouwen energie te besparen: ramen, muren en daken werden geïsoleerd en alle gaten werden dichtgestopt. De natuurlijke ventilatie verdween daardoor. Bluysen: 'In feite is er nog steeds een contradictie tussen energiebesparingsmaatregelen en een gezond binnenmilieu. Op dit moment geldt nog: hoe meer je aan energiebesparing doet – zoals isoleren van

gebouwen – hoe meer consequenties dit voor het binnenmilieu kan hebben. Men is geneigd vanwege de energiebesparing zo min mogelijk te ventileren, terwijl een efficiënte ventilatie weer noodzakelijk is voor een gezond binnenmilieu. Optimalisatie van beide is de oplossing.'

Luchtfilters en -kanalen

In plaats van de natuurlijke ventilatie kwamen er ventilatiesystemen, airco's of klimaatinstallaties in de gebouwen. Deze hebben juist voor een verslechtering van het binnenmilieu gezorgd in plaats van een verbetering. Volgens Bluysen zijn vooral de luchtfilters en de luchtkanalen zelf de grote boosdoeners: 'Oorspronkelijk zijn filters in het ventilatiesysteem geplaatst om het systeem schoon te houden van stof en insecten. Deze blijven achter in het filter. Bijvoorbeeld regen kan het al vieze filter vochtig maken. Het wordt dan een voedingsbodem voor schimmels en bacteriën, die voor ongezonde, ziekmakende en stinkende stoffen kunnen zorgen. In de luchtkanalen kan de olie die na de fabricage achtergebleven is, ook voor behoorlijke verontreiniging zorgen. Het blijft natuurlijk een rare gedachte dat, als je "schone" buitenlucht door vieze filters en verontreinigde luchtkanalen leidt, je dan denkt dat de binnenlucht schoner wordt.'

Getrainde panels van mensen leken in eerste instantie de oplossing te zijn om de kwaliteit van binnenlucht te bepalen. Vanwege haar ervaring opgedaan in Denemarken werd Bluysen in 1991 gevraagd om bij TNO Bouw de ontwikkelde trainingsmethode voor panels toe te passen. Met deze levende snuffelpalen kwam ze op tv en radio en in de krant. Maar al vrij spoedig bleek dat getrainde panels alléén niet voldoende waren als basis om het binnenmilieu te verbeteren. Er was meer nodig om vragen op te lossen zoals: hoe meet je de verschillende kwaliteiten, welke verbanden zijn er vast te stellen, hoe kun je de kwaliteit beïnvloeden en hoe beperk je tegelijkertijd het energiegebruik en daarmee de uitstoot van kooldioxide?"

Stof achtergebleven in de filter

Als een filter vervangen wordt is deze filter vervuild met alle bestanddelen die gedurende zijn standtijd heeft afgevangen. Om lichaamscontact en verspreiding van de inhoud hiervan te voorkomen dient zorgvuldig met het filter om te gaan, zodat deze stofdeeltjes ook in het filter blijven. Men kan dit voorkomen door de juiste beschermingsmiddelen te dragen en het filter van tevoren ligt te bevochten d.m.v. een plantenspuit.

Schimmels

Schimmels kunnen op het filtermateriaal kunnen ontkiemen, groeien en sporen afgeven aan de passerende lucht. Zij kunnen dit doen omdat ze leven van het stof dat door het filter wordt afgevangen. Of afgevangen schimmels kunnen groeien en sporen los kunnen/ willen laten in het filtermateriaal is afhankelijk van:

- de temperatuur
- de relatieve vochtigheid
- de vochtinhoud
- de voeding (afgevangen stof/deeltjes)
- zuurstof
- zuurgraad
- luchtstroom door de filter.

De meeste schimmels geven sporen af wanneer de situatie voor overleving ongeschikt wordt. Schimmels kunnen buiten sporen ook mycotoxinen en vluchtige organische componenten (VOC's) afgeven aan de passerende lucht.

Mycotoxinen zijn stoffen die toxisch voor mensen kunnen zijn en worden in het algemeen gemaakt wanneer een cel van een schimmel de beschikbare voeding heeft uitgeput. Wanneer schimmels mycotoxinen maken worden ook "versterkers" aangemaakt, welke het effect van andere toxinen kunnen versterken. VOC's worden geproduceerd zolang er actieve groei van schimmels aanwezig is.

De hoeveelheid afgevangen schimmels is afhankelijk van de concentratie in de buitenlucht, het soort schimmel en type filter.

Relatieve vochtigheid en Waterinhoud

De verwachte hoge relatieve vochtigheid (>75%) van de toevoerlucht in Nederland samen met de toename van de vochtinhoud van het filtermateriaal in de tijd, resulteert bijna altijd in genoeg water om de groei van schimmels in het filtermateriaal mogelijk te maken.

De waterinhoud van nieuwe filters schijnt voornamelijk af te hangen van de structuur van het materiaal, terwijl de hoeveelheid afgevangen stof voornamelijk verantwoordelijk is voor de waterinhoud van de gebruikte filters. In het algemeen neemt de waterinhoud toe naarmate de filter langer in gebruik is.

Filtermateriaal

Het filtermateriaal heeft soms invloed op de groei en het overleven van micro-organismen. Het filtermateriaal zelf schijnt niet als voedingsbodem te dienen. Het afgevangen stof en de opgenomen hoeveelheid water wel.

Luchtstroom

De continuïteit van de luchtstroom door een filter schijnt een parameter van belang te zijn voor de potentiële verontreiniging van dat filter. Bij een onderzoek werd gedurende enige tijd de luchtstroom door de filters stop gezet. Bij het opnieuw starten van de luchtstroom was de luchtkwaliteit aanzienlijk slechter beoordeeld. Tevens nam de levensvatbaarheid van omgevingsgevoelige organismen af bij blootstelling aan een luchtstroom in het onderzoek. Bij sterkere organismen werd echter geen afname in levensvatbaarheid gezien.

Relatie geur en gemeten stoffen

Er blijkt geen eenduidige relatie te zijn tussen chemische stoffen, biologische stoffen en geur-emissie. De concentratie van chemische stoffen in de passerende lucht (toevoerlucht) zijn in het algemeen te laag om te analyseren. Wanneer de TVOC (Totale scala aan Vluchtige Organische Stoffen) worden geregistreerd wordt soms een verband met de waargenomen luchtkwaliteit gevonden.

Temperatuur en snelheid hebben een veelbetekende invloed op de geur-emissie, relatieve vochtigheid en de gebruikstijd niet. De waargenomen luchtkwaliteit varieert weinig met het luchtdebiet door de filter. Dit wijst op toename van afgifte van verontreiniging bij toename van het luchtdebiet.

Voorkomen beter dan genezen

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Ten eerst is het tot nu toe nog onduidelijk waardoor de verontreinigingen van filters precies door veroorzaakt wordt. Er wordt verondersteld dat micro-organismen (met name schimmels) verantwoordelijk zijn voor de geur van gebruikte filter. Echter hoe en wanneer is nog niet aangetoond.

Schimmels geven VOC af wanneer zij groeien en geven toxische stoffen en sporen af wanneer zij niet meer kunnen groeien (overlevingsreactie). De onderzoeken geven echter aan dat ondanks dat schimmels niet schijnen te groeien en toch MVOC's worden geproduceerd. Ook is er aangetoond dat ondanks de (schijnbare) afwezigheid van micro-organismen, filters toch kunnen stinken. Stank bestaat voornamelijk uit vluchtige organische stoffen.

Bij verschillende deelopervlakken van hetzelfde filter werden overigens grote verschillen van concentraties van micro-organismen gevonden (tot een factor 10). Dit geeft aan dat men bij microbiologische evaluaties van filters voorzichtig moet zijn. Een andere reden kan zijn dat het niet de schimmels zijn die verontreinigen, maar misschien andere stoffen, bijvoorbeeld bacteriën.

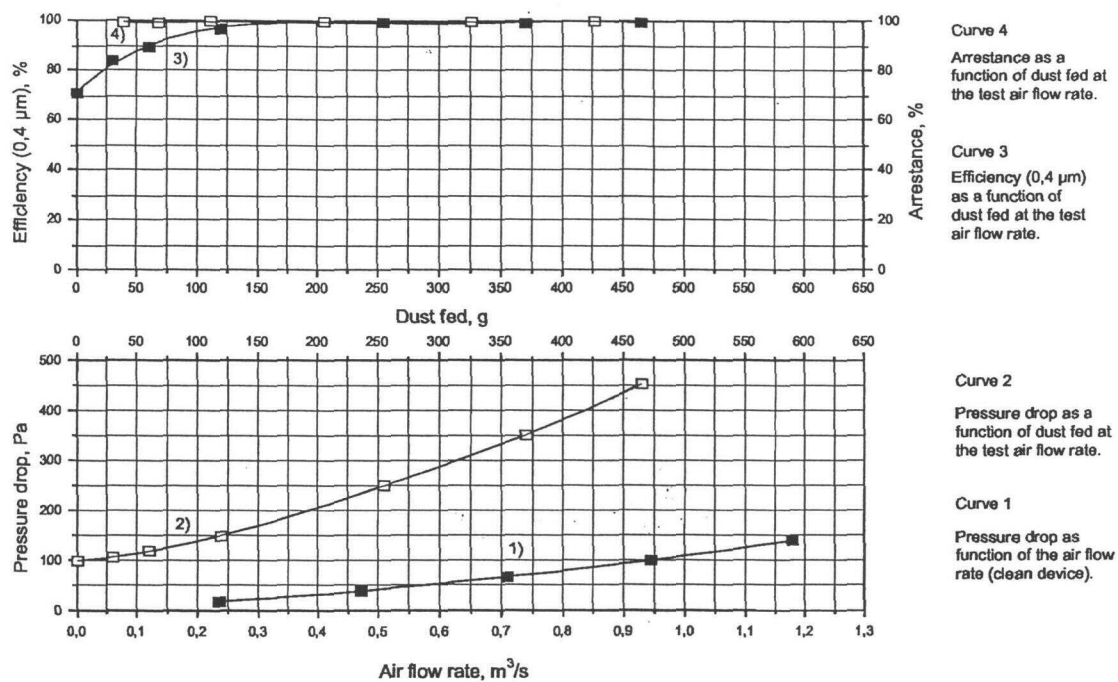
Bijlage B Voorbeeld testrapport volgens NEN-EN 779:2002

(Informative)

Example of a completed test report

E.1 Example of test reports

EN 779:2002 - AIR FILTER TEST RESULTS				
Testing organisation: Superlab Inc.			Report nr.: 007-2002	
GENERAL				
Test no.: 12345		Date of test: 2002-02-01		Supervisor: James Bond
Test requested by: World Best Filter Inc.			Device receiving date: 26-01-2002	
Device delivered by: World Best Filter Inc.				
DEVICE TESTED				
Model: WBF Leader 100		Manufacturer: World Best Filter Inc.		Construction: Filter compact 4 V-shaped pockets
Type of media: Glass & plastic fibre WBF Mix G & F		Net effective filtering area: 19 m ²		Filter dimensions (width × height × depth): 592 mm × 592 mm × 592 mm
TEST DATA				
Test air flow rate: 0,944 m ³ /s	Test air temperature: 20 to 24 °C	Test air relative humidity: 26 to 61 %	Test aerosol: DEHS	Loading dust: ASHRAE
RESULTS				
Initial pressure drop: 99 Pa	Initial arrestance: 98 %	Initial efficiency (0,4 µm): 70 %	Dust holding capacity: 254 g / 369 g / 461 g	Untreated / discharged efficiency of media (0,4 µm, annex A): 70,6 % / 69,6 %
Final pressure drop: 250 Pa / 350 Pa / 450 Pa	Average arrestance: 99 %	Average efficiency (0,4 µm): 93 % / 95 % / 96 %	Filter class (450 Pa): F9	
Remarks: -				



NOTE The performance results are only valid for the tested item cannot by themselves be quantitatively applied to predict filter performance in service.

Figure E.1 — Summary of test results

Table E.1 — Efficiency and uncertainty after different dust loading phases

EN 779:2002 - Efficiency and uncertainty after different dust loading phases								
Air filter: WBF Leader 100								
Test no.: 12345								
Test aerosol: DEHS								
Air flow rate: 0,944 m ³ /s								
Particle size µm		Efficiency %						
		Pressure drop Pa		and		dust fed g		
Interval	Mean	99 Pa 0 g	106 Pa 30 g	119 Pa 60 g	148 Pa 120 g	250 Pa 255 g	351 Pa 370 g	453 Pa 465 g
0,20 - 0,25	0,22	59,9 ± 1,7	73,1 ± 1,1	82,3 ± 1,4	93,5 ± 1,1	98,8 ± 0,4	98,8 ± 0,5	99,0 ± 0,2
0,25 - 0,35	0,30	64,0 ± 3,1	77,6 ± 2,5	84,2 ± 0,9	94,9 ± 1,0	99,0 ± 0,3	99,1 ± 0,5	99,1 ± 0,2
0,35 - 0,45	0,40	70,2 ± 1,4	83,7 ± 0,8	89,4 ± 0,8	96,7 ± 0,5	99,4 ± 0,2	99,2 ± 0,3	99,3 ± 0,1
0,45 - 0,60	0,52	76,5 ± 2,1	88,7 ± 2,0	94,0 ± 0,8	97,9 ± 0,4	99,5 ± 0,3	99,4 ± 0,1	99,4 ± 0,2
0,60 - 0,75	0,67	86,4 ± 1,5	92,9 ± 1,4	97,2 ± 0,4	99,1 ± 0,5	99,7 ± 0,2	99,6 ± 0,2	99,1 ± 0,3
0,75 - 1,00	0,87	90,3 ± 1,2	96,2 ± 0,7	98,5 ± 0,4	99,5 ± 0,2	99,5 ± 0,2	99,6 ± 0,2	99,5 ± 0,3
1,00 - 1,50	1,22	94,9 ± 0,6	98,2 ± 0,5	99,5 ± 0,2	99,6 ± 0,3	99,5 ± 0,2	99,6 ± 0,2	99,6 ± 0,1
1,50 - 2,00	1,73	98,7 ± 0,3	99,3 ± 0,3	99,6 ± 0,2	99,7 ± 0,2	99,7 ± 0,1	99,6 ± 0,2	99,5 ± 0,3
2,00 - 3,00	2,45	99,6 ± 0,3	99,8 ± 0,1	99,8 ± 0,1	99,7 ± 0,3	99,8 ± 0,1	99,8 ± 0,2	99,7 ± 0,2
3,00 - 4,50	3,67	99,7 ± 0,4	99,9 ± 0,2	99,7 ± 0,3	99,8 ± 0,4	99,8 ± 0,4	99,7 ± 0,3	99,8 ± 0,3
NOTE The uncertainty of the measured efficiencies is reported on a 95 % confidence level.								

Table E.2 — Average efficiency at different final pressure drops

EN 779:2002 - Average efficiency at different final pressure drops				
Air filter: WBF Leader 100				
Test no.: 12345				
Test aerosol: DEHS				
Air flow rate: 0,944 m ³ /s				
Particle size μm		Average efficiency %		
Interval	Mean	Final pressure drop		
		250 Pa	350 Pa	450 Pa
0,20 - 0,25	0,22	88,6 ± 1,0	91,7 ± 0,8	93,2 ± 0,7
0,25 - 0,35	0,30	90,2 ± 1,1	93,0 ± 0,9	94,2 ± 0,8
0,35 - 0,45	0,40	93,1 ± 0,6	95,0 ± 0,5	95,8 ± 0,4
0,45 - 0,60	0,52	95,5 ± 0,7	96,7 ± 0,6	97,3 ± 0,5
0,60 - 0,75	0,67	97,3 ± 0,6	98,0 ± 0,5	98,3 ± 0,4
0,75 - 1,00	0,87	98,4 ± 0,4	98,8 ± 0,3	98,9 ± 0,3
1,00 - 1,50	1,22	99,1 ± 0,3	99,2 ± 0,3	99,3 ± 0,2
1,50 - 2,00	1,73	99,6 ± 0,2	99,6 ± 0,2	99,6 ± 0,2
2,00 - 3,00	2,45	99,8 ± 0,2	99,8 ± 0,2	99,8 ± 0,2
3,00 - 4,50	3,67	99,8 ± 0,4	99,8 ± 0,4	99,8 ± 0,3
Dust holding capacity		254 g	369 g	461 g
Filter class		-	-	F9

EN 779:2002 – Efficiency after different dust loading phases

Air filter: WBF Leader 100

Test no.: 12345

Test aerosol: DEHS

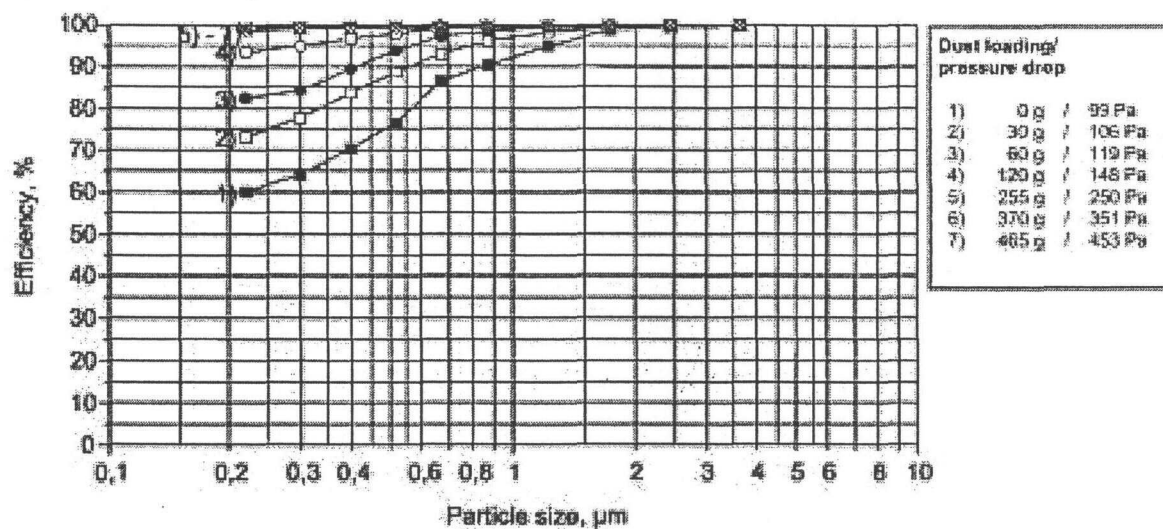
Air flow rate: 0,944 m³/s

Figure E.2 — Efficiency after different dust loading phases

EN 779:2002 – Initial and average efficiency at different final pressure drops

Air filter: WBF Leader 100

Test no.: 12345

Test aerosol: DEHS

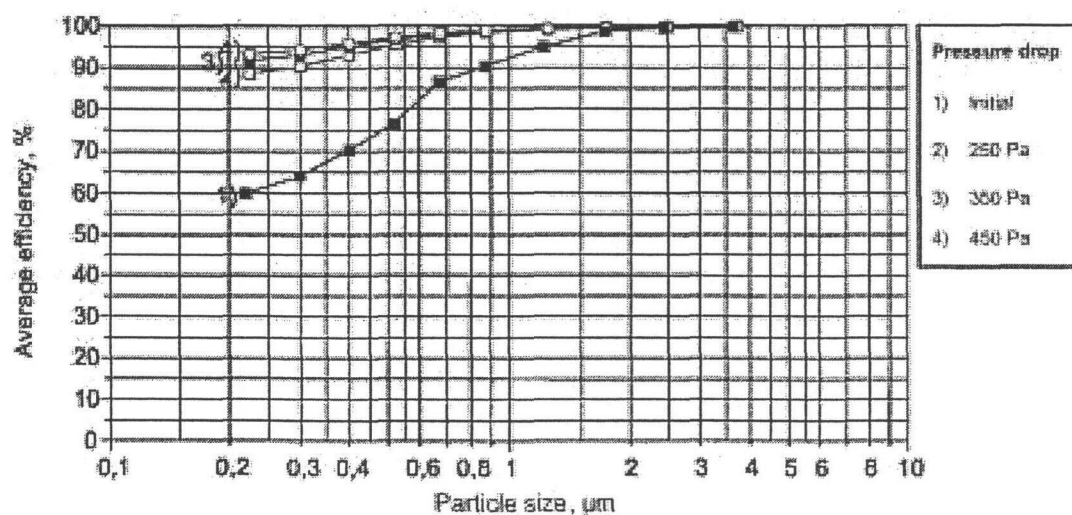
Air flow rate: 0,944 m³/s

Figure E.3 — Initial and average efficiency at different final pressure drops

Table E.3 — Air flow rate and pressure drop after different dust loading phases

EN 779:2002 - Air flow rate and pressure drop after different dust loading phases												
Air filter: WBF Leader 100												
Test no.: 12345												
Test aerosol: DEHS												
Air flow rate: 0,944 m ³ /s												
Date	Dust fed	Orifice plate 191,5 mm / 234,8 mm				Filter						
	m_{tot} g	t_f °C	p_{sf} kPa	Δp_f Pa	q_m kg/m ³	t °C	φ %	p_a kPa	ρ kg/m ³	q_v m ³ /s	Δp Pa	$\Delta p_{1,20}$ Pa
Clean filter												
2002-02-01	0	20,1	-1,570	1 695	1,415	20,3	26,2	101,2	1,199	1,180	139	139
2002-02-01	0	20,3	-1,027	1 073	1,132	20,3	26,1	101,2	1,199	0,944	99	99
2002-02-01	0	20,2	-0,604	599	0,851	20,2	26,1	101,2	1,199	0,710	66	66
2002-02-01	0	20,1	-0,292	262	0,566	20,1	26,0	101,2	1,200	0,472	39	39
2002-02-01	0	20,3	-0,088	64	0,282	20,4	25,6	101,2	1,199	0,236	18	18
Clean filter pressure drop is proportional to $(q_v)^n$, where $n = 1,2640$												
Dust loading phase												
2002-02-01	0	23,4	-1,404	1 067	1,126	24,1	36,5	102,2	1,193	0,944	99	98
2002-02-01	30	23,1	-1,416	1 072	1,129	23,2	38,6	102,2	1,197	0,943	107	106
2002-02-01	30	23,2	-1,416	1 070	1,127	23,6	39,9	102,2	1,194	0,944	107	106
2002-02-01	60	23,2	-1,425	1 069	1,127	23,4	42,5	102,2	1,195	0,943	120	119
2002-02-01	60	23,2	-1,425	1 069	1,127	23,4	42,5	102,2	1,195	0,943	120	119
2002-02-01	120	23,3	-1,464	1 073	1,128	23,5	43,0	102,1	1,194	0,945	149	148
2002-02-01	120	23,1	-1,448	1 069	1,125	23,5	57,3	102,1	1,192	0,945	149	148
2002-02-01	255	23,2	-1,561	1 069	1,124	23,3	59,2	102,1	1,192	0,943	251	250
2002-02-01	255	23,7	-1,572	1 072	1,125	24,0	57,8	102,1	1,190	0,945	249	248
2002-02-01	370	23,5	-1,664	1 071	1,124	23,6	60,5	102,1	1,191	0,944	353	351
2002-02-01	370	23,8	-1,671	1 071	1,124	24,3	58,2	102,1	1,188	0,946	349	347
2002-02-01	465	23,6	-1,123	1 071	1,123	23,8	61,0	102,0	1,189	0,944	455	453
Symbols and units												
m_{tot}	Cumulative mass of dust fed to filter, g					t_f	Temperature at air flow meter, °C					
p_a	Absolute air pressure upstream of filter, kPa					ρ	Air density upstream of filter, kg/m ³					
p_{sf}	Air flow meter static pressure, kPa					φ	Relative humidity upstream of filter, %					
q_m	Mass flow rate, kg/m ³					Δp	Measured filter pressure drop, Pa					
q_v	Air flow rate at filter, m ³ /s					Δp_f	Air flow meter differential pressure, Pa					
t	Temperature upstream of filter, °C					$\Delta p_{1,20}$	Filter pressure drop at air density 1,20 kg/m ³ , Pa					

Table E.4 — Pressure drop and arrestance after different dust loading phases

EN 779:2002 - Pressure drop and arrestance after different dust loading phases									
Air filter: WBF Leader 100									
Test no.: 12345									
Test aerosol: DEHS									
Air flow rate: 0,944 m ³ /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 %
2002-02-01	98	30	30	106	2 291,8	2 292,0	0,2	0,0	99,3
2002-02-01	106	30	60	119	2 292,0	2 292,3	0,3	0,0	99,0
2002-02-01	119	60	120	148	2 292,4	2 292,5	0,1	0,0	99,8
2002-02-01	148	135	255	250	2 293,2	2 293,6	0,4	0,0	99,7
2002-02-01	248	115	370	351	2 293,6	2 294,1	0,5	0,0	99,6
2002-02-01	347	95	465	453	2 294,0	2 294,2	0,2	0,0	99,8
Mass of tested device Initial mass of tested device: 5 113,4 g Final mass of tested device: 5 581,7 g									
Symbols and units A Arrestance, % m_d Dust in duct after device, g m_{tot} Cumulative mass of dust fed to filter, g m_1 Mass of final filter before dust increment, g m_2 Mass of final filter after dust increment, g Δm Dust increment, g Δm_{ff} Mass gain of final filter, g Δp_1 Pressure drop before dust increment, Pa Δp_2 Pressure drop after dust increment, Pa									

Table E.5 — Efficiency and pressure drop of untreated filter material

EN 779:2002 - Efficiency and pressure drop of untreated filter material					
Air filter: WBF Leader 100					
Test no.: 12345					
Test aerosol: DEHS					
Air flow rate: 45 m ³ /h					
Media velocity: 0,05 m/s					
Size of material sample: 0,25 m ²					
Particle size µm		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
		Efficiency %			
Interval	Mean	Pressure drop			
		100 Pa	98 Pa	102 Pa	100 Pa
0,20 - 0,25	0,22	59,9 ± 1,5	60,0 ± 1,8	60,2 ± 1,6	60,0
0,25 - 0,35	0,30	63,5 ± 2,8	63,0 ± 2,7	63,5 ± 2,5	63,3
0,35 - 0,45	0,40	70,5 ± 1,6	70,3 ± 1,8	71,0 ± 1,6	70,6
0,45 - 0,60	0,52	76,2 ± 1,8	75,9 ± 2,0	76,5 ± 1,9	76,2
0,60 - 0,75	0,67	86,0 ± 1,9	85,2 ± 1,7	86,3 ± 1,8	85,8
0,75 - 1,00	0,87	90,5 ± 1,0	90,4 ± 0,8	91,0 ± 1,0	90,6
1,00 - 1,50	1,22	94,7 ± 0,5	94,1 ± 0,5	95,0 ± 0,6	94,6
1,50 - 2,00	1,73	99,0 ± 0,3	98,8 ± 0,2	99,2 ± 0,2	99,0
2,00 - 3,00	2,45	99,8 ± 0,3	99,8 ± 0,2	99,9 ± 0,3	99,8
NOTE The uncertainty of the measured efficiencies is reported on a 95 % confidence level.					

Table E.6 — Efficiency and pressure drop of discharged filter material

EN 779:2002 - Efficiency and pressure drop of discharged filter material					
Air filter: WBF Leader 100					
Test no.: 12345					
Test aerosol: DEHS					
Air flow rate: 45 m ³ /h					
Media velocity: 0,05 m/s					
Size of material sample: 0,25 m ²					
Particle size μm		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
		Efficiency %			
Interval	Mean	Pressure drop			
		103 Pa	105 Pa	104 Pa	104 Pa
0,20 - 0,25	0,22	58,5 ± 1,6	61,0 ± 1,5	59,0 ± 1,8	59,5
0,25 - 0,35	0,30	62,5 ± 2,5	62,0 ± 2,8	62,0 ± 2,7	62,2
0,35 - 0,45	0,40	69,3 ± 1,6	69,3 ± 1,6	70,1 ± 1,8	69,6
0,45 - 0,60	0,52	76,0 ± 1,9	74,0 ± 1,8	76,0 ± 2,0	75,3
0,60 - 0,75	0,67	85,5 ± 1,8	85,0 ± 1,9	85,4 ± 1,7	85,3
0,75 - 1,00	0,87	90,5 ± 1,0	90,2 ± 1,0	89,5 ± 0,8	90,1
1,00 - 1,50	1,22	94,5 ± 0,6	94,0 ± 0,5	94,0 ± 0,5	94,2
1,50 - 2,00	1,73	99,0 ± 0,2	98,5 ± 0,3	98,5 ± 0,2	98,7
2,00 - 3,00	2,45	99,7 ± 0,3	99,6 ± 0,3	98,5 ± 0,2	99,3
NOTE The uncertainty of the measured efficiencies is reported on a 95 % confidence level.					

Literatuurlijst

Literaire Bron:

Handboek "een schone en energie efficiënte klimaatinstallatie"

Auteur: Dr.Ir.Philomena M. Bluysen.

Handboek Installatietechniek

Auteur: ISSO

Luchtbehandelingstechniek 2

Auteur: ing. H.Th.C. Kuling

NEN-EN 779: 2002 Luchtfilters voor ventilatiedoeleinden. Bepaling van de luchtfILTERprestatie.

Auteur: NEN

ISSO publicatie 27 Luchtfilters voor comfortinstallaties

Auteur: ISSO

ISSO rapport 33 Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO) van technische installaties in gebouwen.

Auteur: ISSO