

Auteurs Dirk Noordmans; eigenaar Luchtfilteradvies, Richard Klazinga; product manager OC Verhulst, Toine van den Boomen; technisch adviseur Systemair

Fijnstof, Filtratie en Binnenmilieu

In twee artikelen kijken TVVL kennispartners OC Verhulst en Systemair vooruit naar de inpassing van de nieuwe, op fijnstofrendement gebaseerde filternormering (ISO16890). Een gezond binnenmilieu in relatie tot fijnstof wordt steeds belangrijker. In het eerste deel (TVVL Magazine nr. 4, 2018) werd gesproken over de risico's van fijnstof voor de gezondheid van de mensen. Tevens kwam aan bod hoe deze nieuwe wereldwijde filternorm, die per augustus dit jaar definitief van kracht is geworden, de fijnstof vangst-efficiency van een filter heeft opgenomen in de classificering van de filters. Dit deel gaat verder in op de invulling van de norm in de praktijk van de luchtbehandelingskasten en de daarbij voorkomende aandachtspunten/uitdagingen. Ondersteund door filterexpert Dirk Noordmans hebben beide bedrijven de gevolgen op nieuwe en bestaande lucht-behandelingssystemen in kaart gebracht.

Al jaren wordt er gesproken over de filterclassificering volgens EN779. Daarin werden de oude vertrouwde luchtfilters zoals bijvoorbeeld de F7 en M5 omschreven. Sinds medio 2018 zijn deze filters er niet meer. Luchtfilters worden nu alleen nog maar geclassificeerd volgens ISO16890.

ISO16890

Deze nieuwe filterclassificatie is de opvolger van de EN779 en is, zoals in deel 1 (TVVL magazine april 2018) beschreven, helemaal geënt op de fijnstofproblematiek. Elk luchtfilter wordt in één ePM_x klasse op de markt gebracht. Dit is altijd de hoogst mogelijke klasse waar de grens van minimaal 50% vangstpercentage gehaald wordt. De vangstpercentages worden gemeten op het hele samengestelde, en ook ontladen filter. Deze verandering in de norm en de steeds grotere bewustwording van de gevaren van fijnstof zorgt ervoor dat de aanpak van de luchtfiltratie-uitgangspunten herzien moet worden.

EN16798-3

EN 16798-3 is hier een goed hulpmiddel voor. Deze normering is de opvolger van de EN13779 en adviseert een bepaalde kwaliteit luchtfiltratie gerelateerd aan de buitenluchtkwaliteit (tabel 1). Waar de EN13779 vier verschillende binnenluchtkwaliteiten benoemde (IDA1 – IDA4) specificeert de EN16798 vijf verschillende toevoerluchtkwaliteiten (SUP1-SUP5). Logica daarachter is dat IDA van meer factoren afhankelijk is dan enkel de ventilatiehoeveelheid en luchtfiltratie. Een betere ontwerpwaarde is de toevoerluchtkwaliteit (SUP) die als KPI gemonitord kan worden.

Categorie	SUP1	SUP2	SUP3	SUP4	SUP5
ODA1	M5 + F7	F7	F7	F7	-
ODA2	F7 + F7	M5 + F7	F7	F7	G3, M5
ODA3	F7 + F9	F7 + F7	M6 + F7	F7	F7

Tabel 1: Mogelijke luchtfiltratie volgens EN779 op basis van ODA en SUP (EN16798-3)

Zoals in tabel 1 is te zien verwijst de EN16798-3, op het moment van schrijven van deze tekst, nog naar de filterclassificering volgens EN779. Ongetwijfeld zal in de toekomst deze norm aangepast worden.

Om vanaf augustus toch een werkbare situatie te realiseren heeft Eurovent recommendation 4/23 samengesteld. Deze verbindt de kwalitatieve waardering uit de EN16798-3 in praktisch meetbare PM_x waarden en vangstpercentages gebaseerd op de ISO16890.

Eurovent recommendation 4/23

In deze aanbeveling worden de ODA waardes en de SUP waardes uit de EN16798-3 gekwantificeerd. Met behulp van de volgens de ISO16890 geclassificeerde luchtfilters kan een ontwerp voor de luchtfiltratie gemaakt worden met meetbare waardes die mogelijk als KPI meegenomen kunnen worden in het GBS om een gezond binnenmilieu te realiseren en te bewaken.

Categorie	SUP1	SUP2	SUP3	SUP4	SUP 5
PM ₁₀	≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 30
PM _{2,5}	≤ 2,5	≤ 5	≤ 7,5	≤ 10	≤ 15
ODA1	ePM ₁ ≥ 60%	ePM ₁ ≥ 50%	ePM _{2,5} ≥ 60%	ePM ₁₀ ≥ 60%	ePM ₁₀ ≥ 50%
ODA2	ePM ₁ ≥ 80%	ePM ₁ ≥ 70%	ePM _{2,5} ≥ 70%	ePM ₁₀ ≥ 80%	ePM ₁₀ ≥ 60%
ODA3	ePM ₁ ≥ 90%	ePM ₁ ≥ 80%	ePM _{2,5} ≥ 80%	ePM ₁₀ ≥ 90%	ePM ₁₀ ≥ 80%

Tabel 2: Normering fijnstof vangstpercentage in de toevoerlucht (Eurovent recommendation 4/23)

* Bij SUP1 en SUP2 is de laatste trap volgens de norm minimaal ePM₁ ≥ 50%

** Bij SUP3 is de laatste filtertrap volgens de norm minimaal ePM_{2,5} ≥ 50%

De bovenste twee rijen geven de maximale fijnstofwaardes weer welke in de toevoerlucht aanwezig mogen zijn om in de betreffende SUP categorie te vallen. PM₁ klasse is daar nog niet in opgenomen vanwege het feit dat deze nog niet overal in de buitenlucht wordt gemeten. PM₁₀ wordt al sinds 2005 gemeten en PM_{2,5} sinds ongeveer 2012. Het is, vanwege de zeer schadelijke gezondheidseffecten, onontkoombaar dat PM₁ binnenkort aan dit rijtje wordt toegevoegd. In de EN16798-3 (Tabel 1) is te zien dat vanaf ODA2/SUP2 al gesproken wordt over het toepassen van minimaal 2 trappen waarvan de laatste trap een aangegeven minimum van F7 heeft.

In de Eurovent recommendation worden kantoren en scholen gezien als SUP2 en worden ziekenhuizen en verpleeghuizen als SUP1 categorie gezien. De keuze voor een klasse kan elke eindgebruiker op dit moment nog zelf maken. De kans is groot dat er, door de toenemende bewustwording van de risico's van blootstelling aan fijnstof, in de nabije toekomst wetgeving komt die de minimale binnenluchtkwaliteit (IAQ) en dus toevoerlucht kwaliteit gaat regelen en bewaken (IAQ-alert). Daarbij kan voor bepaalde ruimtes besloten worden dat de toegestane hoeveelheid PM_{2,5} en PM₁₀ lager wordt en daarmee de SUP ook in een hogere categorie zal komen.

Tot nu toe gangbare werkwijze

Sinds de overgang naar vol buitenluchtsystemen halverwege de jaren 90 van de vorige eeuw wordt

voor het toevoerfilter standaard vaak een F7 gekozen en voor het afvoerfilter een M5. Meertrapsfiltratie, zoals opgegeven in EN 16798-3, is in de praktijk meer uitzondering dan regel. Meertrapsfiltratie met bijvoorbeeld F7 en F9 komt wel voor in een goed ziekenhuisontwerp. Waarbij vaak het F9 filter als laatste sectie in de luchtbehandelingskast wordt geplaatst voor optimale schone toevoerlucht.

De gemiddelde buitenluchtconditie in Nederland ligt op de overgang tussen ODA2 en ODA3 (PM_{2,5} = 15 [µg/m³]).

Bij het toepassen van een enkel F7 filter

wordt bij een ODA2 een SUP3 bereikt en bij een ODA3 komen niet verder dan een SUP4. Normwaarden voor kantoren en scholen kunnen hiermee volgens de nieuwe fijnstofindeling niet worden gehaald. De verwachting is dan ook dat er in de LBK steeds zwaardere filtratie geëist zal gaan worden zoals in de Eurovent recommendation al wordt aangegeven.

Filters in de toevoer

Uitgaande van de geadviseerde filtratie genoemd in Eurovent recommendation 4/23 (tabel 2) is 1-traps filtratie nog steeds mogelijk. Er zijn per slot van rekening filters verkrijgbaar met de classificatie ePM₁ 90%. Echter 1 filter in de toevoer met een hoge classificatie geeft nog geen garantie dat de gevraagde luchtkwaliteit ook echt gehaald wordt.

Evenredig met het hoger worden van de filterklasse zal ook de problematiek van natte toevoerfilters, snellere vervuiling van de filters en de filtersectie toenemen. Een filter vangt geen vocht uit de lucht af mits het druppels/aerosolen zijn (bijv. mist, RV=100%). Bij het passeren van het filter neemt echter de dampspanning in de lucht toe naar rato van de filterweerstand. Hierdoor kunnen aerosolen ontstaan die opgenomen worden door de hygroscopische stofdeeltjes.

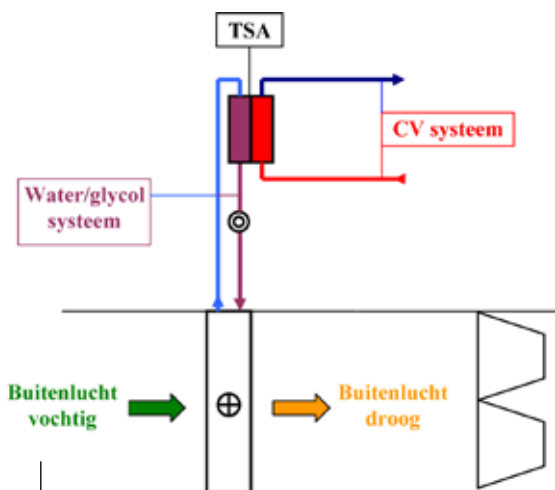
Bij hogere RV gaat meer vocht zich hechten aan het vuil in het filter. Als de langsstromende lucht koud is zal het filter niet makkelijk door de langsstromende lucht gedroogd worden. De dampmoleculen in de filters kunnen dan druppels gaan vormen. De in de lucht en stof aanwezige gassen (NO₂, SO₂, enz.) zullen deels oplossen in de druppels en zuren vormen (H₂SO₄, HNO₃). Deze druppels zullen uit de filters vallen en onder de filters op de bodem van de luchtbehandelingskast terecht komen. Dit vervuult daarmee aan de schone zijde van het filter en de filtersectie. Hierdoor treden er behoorlijke vervuilingen op in de kast. Dientengevolge zal er regelmatig in deze

sectie gereinigd moeten worden. Wordt deze sectie niet juist beschermd of onvoldoende gereinigd dan zal dit de levensduur van dat deel van de luchtbehandelingskast aanmerkelijk verkorten.



Figuur 1: Corrosie achter het filter

Vochtige filters vormen ook een goede voedingsbodem voor bacteriegroei in de filters. Deze brengen geurstoffen in de toevoerlucht en kunnen eveneens met de druppels, of zelfs met de lucht mee, in het gedeelte na het filter terecht komen. Praktische consequentie van nat wordende filters is dat de vuilfiltersignalering als storingsignaal vaak wordt onderdrukt. Tijdige filtervervangning komt hiermee in gevaar indien het niet periodiek gebeurt.



Figuur 2: Schema voorverwarmer voor filter

Voorverwarmers

EN 16798-3 geeft aan dat het belangrijk is dat filters moeten worden beschermd tegen nat worden. Om de filters te beschermen tegen nat worden zal de relatieve vochtigheid (RV) niet hoger mogen zijn dan 80%. De enige manier om de RV in deze situaties te verlagen is om de luchttemperatuur te verhogen. Door gebruik van voorverwarmers kan dit gerealiseerd worden. De buitenlucht met hoge RV ca. 3 à 4 graden opwarmen is daarvoor vaak al voldoende.

Voorverwarmers kunnen elektrisch- en watergevoed worden uitgevoerd. Beide systemen worden daarvoor vaak zonder aluminium vinnen of met vinnen met een grote onderlinge afstand uitgevoerd. Dit om vuilophoping op de verwarmingselementen te voorkomen. Deze praktijkkennis is voor het Rijks Vastgoedbedrijf Bedrijf aanleiding geweest om de voorverwarming sinds 2017 op te nemen in hun standaard LBK bestekken.

Meertraps filtratie

Indien er gekozen wordt voor meertraps filtratie kan het vochtprobleem minder zijn omdat aan de luchtintrede zijde vaak een minder 'dicht' filter geplaatst kan worden met verderop in de luchtbehandelingskast een filter met een hogere filtratie waarde. De luchtfiltratie en daarmee luchtkwaliteit die uit de luchtbehandelingskast komt is hierbij het resultaat van de optelling van de 2 filters.

Door de nieuwe filter classificatie is het makkelijker geworden om het effect van meerdere filtertrappen te bepalen. De filters kunnen nu als het ware bij elkaar worden opgeteld waarmee de totale cumulatieve filterefficiency bepaald kan worden. Hieronder een formule waarmee de gecumuleerde filterefficiency bepaald kan worden.

$$ePM_{x, cum} = 100 \cdot \left(1 - \left(\left(1 - \frac{ePM_{x, s1}}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{ePM_{x, s2}}{100} \right) \cdot \dots \cdot \left(1 - \frac{ePM_{x, sn+1}}{100} \right) \right) \right)$$

$ePM_{x, cum}$: gecumuleerde efficiency van de filters

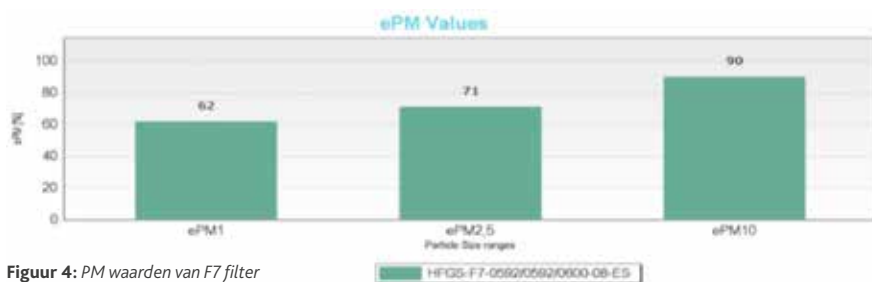
$ePM_{x, s1}$: efficiency van 1 filtertrap

Volgens de nieuwe normering worden de filters in één klasse (bijvoorbeeld $ePM_{2,5}$) opgenomen. Zij vangen echter ook deeltjes van de andere groottes af. Zie figuur 3 en 4 voor voorbeelden van vangstpercentages op alle ePM klassen van een M5 en F7 filter gemeten volgens EN 16890.

Voor bijvoorbeeld de situatie ODA2 en SUP2 wordt geadviseerd een totale filtratie te hebben van $ePM_1 \geq 70\%$. De aanbeveling van Eurovent is om hier 2 filter-trappen toe te passen. Als we deze aanbeveling volgen en voor 2 filter-trappen kiezen voor een bepaald filterfabrikaat dan kan dit bijv. een filtertrap ePM_1 30% zijn met daarachter een filter ePM_1 62%.



Figuur 3: PM waarden van M6 filter



Figuur 4: PM waarden van F7 filter

Exploitatie luchtfilter	Ca. %
Energie ventilator	65%
Materiaal	20%
Arbeid + Afval	15%

Tabel 3: Percentage exploitatiekosten luchtfilter

Volgens de berekening resulteert dit in een totale filtratie van ePM_1 73%.

$$ePM_{x, cum} = 100 \times (1 - ((1 - 0,3) \times (1 - 0,62))) = 73$$

Zoals eerder al genoemd kan deze filtratie met één filter. Dat is de situatie die nu veelal wordt toegepast omdat de algehele perceptie is dat dit in gebruik goedkoper is. Als alle filters evenredig vuil zouden worden is dit waar. Echter zal een filter met een hoge filtratieklasse in de eerste trap sterker gaan vervuilen en dus eerder in weerstand gaan oplopen. Hierdoor zal het stroomverbruik van de 1-traps oplossing sneller oplopen dan dat zou gebeuren bij de eerder genoemde 2-traps oplossing.

Exploitatie adviezen van luchtfilters hangen sterk samen met locatie en toepassing. Heel globaal kan de volgende verdeling gemaakt worden met betrekking tot de exploitatiekosten (tabel 3). Uitgaande van een buitenluchtsituatie ODA3 en toevoerlucht SUP2, wat voor grote delen van Nederland van toepassing is op scholen en kantoren in stedelijke gebieden, zal volgens de Eurovent recommendation, filtratieklasse $ePM_1 \geq 80\%$ benodigd zijn. Dit is mogelijk met 1 filter ePM_1 80% (F9) of 2 filters klasse ePM_1 60% (F7) meertraps (cumulatief 84%). Exploitatiekosten en eventuele globale meerinvestering in de LBK voor het nafilteer en de voorverwarmer staan in tabel 4 en tabel 5.

ODA3/SUP2	Vervangfrequentie filters	per m ³ /s per jaar
1 traps $ePM_1 = 80\%$	4 filters per 2 jaar	€ 526,-
1 traps $ePM_1 = 80\%$	2 filters per 2 jaar	€ 595,-
2 traps elk $ePM_1 = 60\%$	3x 1ste trap & 1 x 2de trap per 2 jaar	€ 529,-
2 traps elk $ePM_1 = 60\%$	2x 1ste trap & 1 x 2de trap per 2 jaar	€ 550,-

Tabel 4: Exploitatiekosten 1 traps of 2 traps luchtfiltratie

Investering LBK	per m ³ /s
LBK	€ 7.500,-
2de filtertrap	€ 600,-
Voorverwarmer	€ 500,-

Tabel 5: meerinvestering nafilteer en voorverwarmer (excl. glycolcircuit)

Bij de bepaling van de kosten per m³/s is uitgegaan van een tijdsduur van 2 jaar, 24 uur per dag en 7 dagen per week ventilatie. Wat opvalt in de bovenstaande exploitatiekosten is dat meertraps filtratie in gebruik niet duurder hoeft te zijn dan 1-traps filtratie indien er goed gekeken wordt naar de frequentie van vervanging van de filters.

Gasfiltratie

De EN 16798-3 geeft naast geadviseerde fijnstofvangstpercentages ook aan in welke situaties gasfiltratie vereist of aanbevolen wordt (zie tabel 6). Bij het toepassen van meertraps filtratie is het eenvoudiger om gasfiltratie toe te passen. Voor gebruik in stedelijke omgevingen kan er in de tweede filtersectie bijvoorbeeld gekozen worden voor zogenaamde combi-filters. Deze filteren zowel stof als gas.

Categorie	SUP1	SUP2	SUP3	SUP4	SUP5
ODA (G) 1	aanbevolen				
ODA (G) 2	vereist	aanbevolen			
ODA (G) 3	vereist	vereist	aanbevolen		

Tabel 6: Aanbeveling gasfiltratie (EN16798-3)

Gasfiltratie zal naar verwachting in de toekomst belangrijker gaan worden. Veel van de kantoren en bebouwing bevindt zich in industriële omgevingen en langs snelwegen. Dat zijn de plaatsen waar de concentraties NO_x , CO_2 en SO_2 hoog zijn. Deze gassen hebben net als fijnstof grote invloed op de gezondheid van mensen. Apps als 'Mijn Luchtkwaliteit' en de website www.luchtmeetnet.nl geven ook hier waarden van op, zodat ook hiervan kan worden ingeschat hoe noodzakelijk de gasfiltratie is om het gewenste binnenklimaat te halen.

Net als de fijnstoffilters zijn ook de filters voor gasfiltratie gevoelig voor een hoge RV. De luchtvochtigheid beïnvloedt de werking van deze filters en daarmee beïnvloedt het de luchtkwaliteit dat een gebouw wordt ingeblazen. Plaatsing van deze filters dient daarom bij voorkeur na de verwarmers of warmteterugwinning en voor de koeler te zijn. Investeringskosten en exploitatiekosten voor koolstoffilters zijn aanmerkelijk hoger dan voor deeltjesfilters.

Ionisatie

Sinds enige tijd komt er meer vraag naar ionisatie apparatuur in de LBK. Ionisatie zorgt ervoor dat hele kleine deeltjes (waaronder geurmoleculen) gaan 'klonteren' en door deeltjesfilters afgevangen kunnen worden. Door deze klontering van deeltjes is het mogelijk om met relatief grove filters hoge stofvangstpercentages te halen. Een aantal ziekenhuizen waaronder het Catharina Ziekenhuis in Eindhoven heeft al geruime tijd ervaring met ionisatie van de ventilatielucht in combinatie met combikoolfilters en is daar zeer tevreden over.

Investering LBK	per m ³ /s
Combi-filter	€ 1.000,-
Filterbussen	€ 2.000,-
Ionisatie	€ 700,-

Tabel 7: Meerinvestering geurfilters

Geurfilters	per m ³ /s per jaar
Combi-filters	€ 850,-
Filterbussen	€ 1.750,-
Ionisatie	€ 150,-

Tabel 8: Exploitatiekosten geurfilters

Conclusie

Om een gezond binnenklimaat te kunnen garanderen is het van belang om de juiste filtratieklasse te kiezen, de juiste positionering van de filters te bepalen en te zorgen voor goed onderhoud van deze secties. De keuze om één filtertrap toe te passen lijkt voldoende en goedkoper maar blijkt lang niet altijd de gevraagde luchtkwaliteit te kunnen garanderen en in exploitatie het goedkoopst te zijn. Filters worden nat, krijgen een hogere luchtweerstand en kunnen geuroverlast en corrosie veroorzaken.

Het is daarom van belang om bij het ontwerp van een luchtbehandelingssysteem stil te staan bij de diverse aspecten om zo het optimale rendement uit de filters te halen. EN 16798-3 en de eurovent recommendation 4/32 kunnen daarin een goede hulpmiddelen zijn. Door de nieuwe filter classificering is het eenvoudiger geworden een verband te leggen met de buitenluchtsituatie wat het maken van een juiste keuze vereenvoudigt. De filterleveranciers en de leveranciers van de luchtbehandelingskasten kunnen helpen hierin de juiste keuzes te maken.