

LUCHTFILTERS VOOR EEN BETER MILIEU

Ing. B. Bronsema

Ketel raadgevende ingenieurs bv, Delft/Technische Universiteit, Delft

LUCHTVERVERSING

In onze samenleving brengen mensen ca. 90% van hun leven "binnenshuis" door (woning - kantoor - fabriek - auto - trein etc.). De kwaliteit van de binnenlucht is daarom erg belangrijk. Door verontreiniging met ademlucht, uitwaseming van mensen en het interieur, emissies van kantoormachines en verspreiding van schoonmaak- en verzorgingsmiddelen moet de binnenlucht steeds worden verversd.

Luchtverversing kost veel energie; in Nederland naar schatting ca. 30% van het totale energiegebruik voor de klimaatregeling van gebouwen. Dit aandeel is sinds de tachtiger jaren behoorlijk gestegen omdat ter bestrijding van het *Sick Building Syndrome* de ventilatie van gebouwen werd opgevoerd en, vanwege de slechte kwaliteit van gerecirculeerde lucht, steeds meer ventilatiesystemen werden ontworpen voor 100% buitenlucht. Een betere dichtheid van de gevel (minder infiltratie) en toepassing van warmteterugwinning hebben de stijging van het energiegebruik niet kunnen compenseren.

Luchtverversing berust op het principe dat *gebruikte, slechte binnenlucht* wordt vervangen door *verse, goede buitenlucht*. Zolang de buitenlucht aan deze kwalificatie voldoet is een open raam een probaat middel om de kwaliteit van de binnenlucht op peil te houden. Op het platteland en in de provincie is dit vaak nog wel het geval, maar in grote steden en gebieden met veel verkeer en/of industrie is de buitenlucht vaak sterk verontreinigd, vooral overdag. Wat nu te doen met de nodige luchtverversing als er geen *verse, goede buitenlucht* ter beschikking is, maar alleen maar *slechte buitenlucht*?

De techniek kan dit probleem oplossen met behulp van mechanische ventilatie en hoogwaardige luchtfilters. Deze filters moeten in staat zijn de buitenlucht te reinigen, maar ook de gerecirculeerde lucht. In geval van slechte buitenlucht kan dan meer lucht worden gerecirculeerd zonder risico's voor het binnenmilieu.

VERONTREINIGING IN DE BUITENLUCHT

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne - RIVM beschikt over een Landelijk Meetnet Luchtqualiteit, LML, waarmee de verschillende luchtverontreinigingen worden gemeten [2] - zie tabel 1. Enkele verontreinigingen werken ook als *precursor* (voorloper/ingrediënt) voor vervolgvontreinigingen - zie tabel 2.

Tabel 1 - Primaire verontreinigingen in de buitenlucht.

Verontreiniging	Gasvorming	Stof	Precursor zie tabel 2
SO ₂ - Zwaveldioxyde	•		•
CO - Koolstofmonoxyde	•		
VOS - Vluchtige Organische Stoffen	•	•	•
PAK - Polycycl. Arom. Koolwaterstoffen	•	•	
Fijn stof - PM 10		•	•
"Zwarte Rook"		•	
NO _x - Stikstofoxyden	•		•
Zware metalen (arseen - cadmium - koper - lood - zink)		•	

Minder vluchtige VOS, waaronder PAK's zijn grotendeels geabsorbeerd op kleine stofdeeltjes (aërosolen). Ook zware metalen zijn hoofdzakelijk gebonden aan fijn stof, dat dan ook als een risicovolle verontreiniging kan worden beschouwd.

Tabel 2 - Secundaire verontreinigingen in de buitenlucht

● <i>Zomersmog</i>	gevormd door fotochemische inwerking van zonlicht op NO _x en VOS; de belangrijkste component van zomersmog;
● <i>Ozon</i>	De belangrijkste component van zomersmog
● <i>Wintersmog</i>	gevormd door SO ₂ en fijn stof (PM10);
● <i>Fijn stof</i>	(PM10) gevormd door atmosferisch - chemische reacties van SO ₂ , NO _x en NH ₃ .

FIJN STOF (PM10)

Onder stofvormige luchtverontreiniging wordt begrepen het totaal aan zwevende deeltjes in de lucht, ook wel *aërosolen* of TSP (*Total Suspended Particulates*) genoemd.

De afmeting van deze deeltjes varieert globaal van <10 µm tot tientallen µm. De fijnere deeltjes (<10 - 20 µm), aangegeven als fijn stof PM10, zijn voornamelijk van antropogene oorsprong ("*man made dust*"). De fijne fractie van het stof wordt slechts voor ca. 1/3 deel, het primaire aërosol, direct als stof in de atmosfeer geëmitteerd. Het grootste deel, aangeduid als secundair aërosol, wordt door atmosferisch - chemische reacties gevormd uit niet-stofvormige *precursors*. De voornaamste precursors zijn SO₂, NO_x en NH₃. Fijn stof kan diep in de luchtwegen doordringen, en irritatie van de longen veroorzaken. Hoge concentraties fijn stof versterken de longirriterende werking van SO₂. Daarnaast zal vooral de fijne fractie schadelijke stoffen als PAK en zware metalen bevatten.

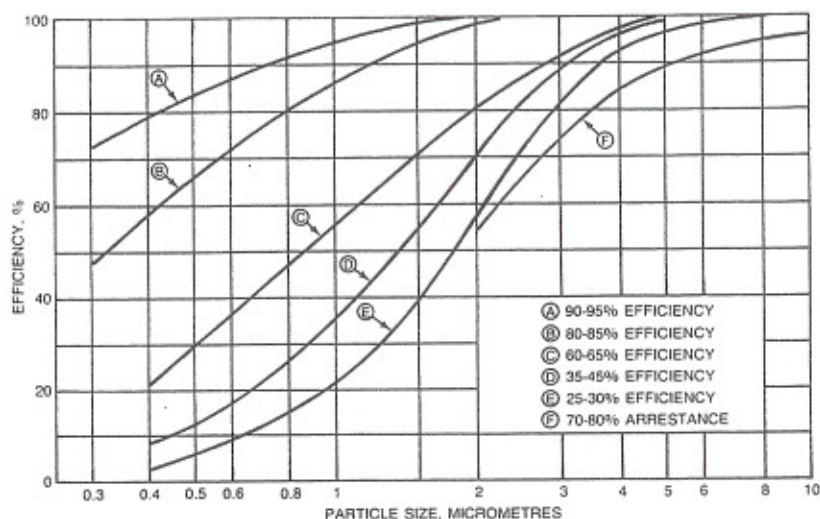
Ca. 80% van fijn stof in de Nederlandse atmosfeer is afkomstig van het buitenland; aërosolen kunnen zich met de wind over grote afstanden verplaatsen. Regionale bronnen geven slechts een bijdrage van 10%. Er is dan ook weinig verschil tussen de hoeveelheid stof in steden en op het platteland. Het gehalte aan gevaarlijke stoffen, zoals PAK's en zware metalen is in een stedelijke omgeving echter zeven maal hoger dan op het platteland [3].

Grenswaarden van PM10 werden in 1993 op nagenoeg alle stedelijke lokaties overschreden. Tijdens dagen waarop dit voorkomt is een grotere sterfte vastgesteld onder mensen met een verzwakte gezondheid. Deze mensen zou men kunnen beschouwen als *zintuigen* van de samenleving.

LUCHTFILTERS ALGEMEEN

In de luchtbehandelingstechniek voor comfortdoeleinden worden vrijwel uitsluitend zakkenfilters toegepast met glasvezel- of synthetisch vezelmedium. Door de lange standtijd zijn ze sinds de jaren '60 bijzonder populair geworden. Figuur 1 geeft een algemeen beeld van de zgn. *fractionele efficiency* van deze filters [4].

Figuur 1 - Gemiddelde fractionele efficiency van mechanische luchtfilters.



DE LUCHTFILTERPARADOX

Luchtfilters halen stof uit de lucht maar geven na verloop van tijd geur af die door mensen als onfris en belastend wordt ervaren. Logisch eigenlijk, want de lucht wordt via een vervuild medium aangezogen en neemt de geur daarvan aan. Onderzoek heeft aangetoond dat luchtfilters de grootste luchtvervuilers van klimaatinstallaties zijn! Ref. [1] geeft daarvan een uitgebreide bibliografie.

Een vuil luchtfilter kan verder een goede voedingsbodem zijn voor microbiële groei. Hierdoor wordt niet alleen de geuremissie versterkt, maar ook kunnen schimmelsporen e.d. door het filtermateriaal heen groeien en aan de schone zijde in de gefilterde lucht worden geëmitteerd. Dit kan bij gevoelige mensen allergische reacties geven [1].

Naarmate een luchtfilter ouder en vuiler is neemt de geuremissie toe en wordt de kans op microbiële groei groter. Luchtfilters zouden dan ook frequenter moeten worden vervangen maar dat is volstrekt in strijd met het *lange-standtijd* karakter van de in de klimaattechniek zo populaire zakkenfilters.

Wat we zouden willen is een luchtfilter met een hoog en constant rendement, dat periodiek wordt gereinigd waardoor de luchtfilterparadox niet optreedt en metterdaad smetteloze lucht wordt geleverd. Dergelijke luchtfilters zijn er merkwaardigerwijs al lang, maar ze worden voor comfort-klimaatregeling nauwelijks toegepast. Bedoeld wordt het elektrostatische filter met (automatische) wasinrichting.

ELEKTROSTATISCHE LUCHTFILTERS

Elektrostatische luchtfilters zijn opgebouwd uit een ionisatiesectie en een collectorsectie. Een grof voorfilter ("*keienvanger*") houdt insecten e.d. tegen. In de ionisatiesectie worden stofdeeltjes elektrisch geladen door luchtionen die met deze deeltjes *meeliften*. In de collectorsectie worden de stofdeeltjes aangetrokken door de elektrisch geladen collectorplaten en daarmee uit de luchtstroom verwijderd. Met behulp van een (automatische) wasinrichting wordt het filter periodiek gereinigd.

Voordelen van elektrostatische filters t.a.v. mechanische filters zijn de volgende:

- Geen geuremissie en microbiële groei in het filter mogelijk.
- Door het hoge rendement tot 98% bij 0,1 μm voor fijn stof worden tabaksrook, pollen, bacteriën, zwarte rook e.d. effectief afgescheiden.
- Microbiële verontreinigingen zoals bacteriën worden niet slechts afgescheiden, maar tevens door de in het hoogspanningsveld gevormde ozon "*geoxideerd*" oftewel verbrand.
- Door de genoemde ozonvorming worden ook vele organische geurstoffen "*geoxideerd*", waardoor de lucht frisser wordt, mede door de omzetting van O_3 naar O_2 .
- Constant drukverlies, onafhankelijk van de vervuilingstoestand. Hierdoor wordt ventilatorenergie bespaard.
- Lagere onderhoudskosten omdat geen filtercellen behoeven te worden verwisseld.
- Door de (automatische) wasinrichting worden afvalproblemen met volumineuze gebruikte filtercellen voorkomen.

Nadelen van elektrostatische filters zijn:

- Hogere investeringskosten
- Eventuele *restozon* productie, die echter in de praktijk geen probleem behoeft op te leveren door het grote reactievermogen van ozon, en de geringe halveringstijd van slechts 2,5 minuut.

LIFE CYCLE COST ANALYSE (LCCA)

Uit het oogpunt van een gezond binnenmilieu is de toepassing van elektrostatische luchtfilters in klimaatinstallaties toe te juichen. De hogere investeringskosten zouden hierbij echter een belemmering kunnen vormen, hoewel een gezond binnenmilieu best wat zou mogen kosten. Dat *goed* echter niet *duurder* hoeft te zijn is aangetoond met behulp van een Life Cycle Cost Analyse, de enige correcte manier om de exploitatiekosten van verschillende systemen goed te kunnen vergelijken.

Uit een groot scala van mogelijke filtersystemen is na een voorselectie van de volgende systemen een LCC analyse gemaakt [5]. De analyse heeft betrekking op een installatie met een luchtverplaatsing van 11,11 m³/s en continubedrijf.

- Zakkenfilter (Zf) F7 - momenteel het meest gebruikt - investeringskosten totaal NLG 15.000, =.
- Compactfilter (Cf) F9 met Voorfilter G3 - investeringskosten totaal NLG 30.000, =.
- Elektrostatisch - (ES) - filter \geq F9 met Voorfilter G1 - investeringskosten totaal NLG 120.000, =.

De LCC analyse is uitgevoerd voor een stofgehalte in de lucht van 0,08 resp. 0,12 mg/m³ en met vaste prijzen resp. prijsstijgingen.

De resultaten zijn als volgt:

Stofgehalte 0,08 mg/m³ - jaarlijkse exploitatiekosten NLG met prijsstijgingen

Systeem/Tijd	10 jaar	15 jaar	20 jaar	25 jaar (max)
Zf F7	16.455	17.090	17.846	18.512
Cf F9 + G3	16.396	16.207	16.515	17.282
E.S. > F9 + G1	20.100	16.604	15.184	14.275

Stofgehalte 0,12 mg/m³ - jaarlijkse exploitatiekosten NLG met prijsstijgingen

Systeem/Tijd	10 jaar	15 jaar	20 jaar	25 jaar (max)
Zf F7	22.742	23.877	25.077	26.285
Cf F9 + G3	19.625	19.709	20.279	21.042
E.S. > F9 + G1	21.618	18.399	17.043	16.287

CONCLUSIES

- Ondanks de ca. 8 x zo hoge investeringskosten geeft het elektrostatisch filter de laagste levensduurkosten met uitzondering van de situatie laag stofgehalte (0,08 mg/m³) en korte levensduur (10 jaar).
- Op lange termijn wordt het elektrostatisch filter steeds goedkoper t.g.v. de lage onderhouds en algemene kosten.
- Als gevolg van het hoge aandeel kapitaalslasten bij het elektrostatisch filter is dit filtersysteem bijna niet gevoelig voor prijsstijgingen.
- Een betere luchtfiltering met een E.S. filter F9 is niet duurder dan met de thans veel toegepaste zakkenfilters F7.
- De capaciteit van de geanalyseerde systemen is voldoende voor ca. 500 personen. Uit de berekeningen blijkt dat de jaarlijkse kosten voor een hoogwaardige luchtfiltering minder dan NLG 40 per persoon per jaar bedragen.
- Uit de LCC analyse blijkt dat het elektrisch energieverbruik bij het elektrostatisch filter minder dan 40% is van het verbruik bij de andere systemen, te danken aan de lage en constante luchtweerstand.

De eindconclusie luidt dan ook dat toepassing van elektrostatische filters niet alleen goed is voor het binnenmilieu maar ook voor het buitenmilieu en dat bij gelijke of mindere kosten.

REFERENTIES

- [1] Bronsema, B.
"Over lucht en luchtfilters"
TVVL Magazine 11/95
- [2] Aben, J; K. van Velre e.a.
"Luchtkwaliteit - Jaaroverzicht 1993"
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
Rapport nr. 722101014, december 1994
- [3] Verhoeff, A.
"Luchtkwaliteit in steden"
Symposium Vereniging Lucht - november 1995
- [4] Bauder Carl, J. - Matthew K. Klein - Eugene L. Valeria
"Air Cleaners for particulate contaminants"
Ashrae Handbook HVAC Systems and Equipment 1992
Chapter 25
- [5] Veerman, J.
"Vergelijking filtersystemen voor Amsterdam Airport Schiphol"
Rapport Ketel raadgevende ingenieurs nr. D0067 d.d. 24 mei 199