

Heeft het zin om ventilatiekanalen schoon te maken?

Het schoonmaken van ventilatiekanalen wordt geassocieerd met een goede binnenluchtkwaliteit, gezondheid, kostenbesparing en een verbeterde prestatie van het ventilatiesysteem. Het doel van dit artikel is een systematisch overzicht te geven van het wetenschappelijke bewijs hiervoor. Samenvattend kan worden gesteld dat de behoefte aan het reinigen van ventilatiekanalen op een juiste manier dient te worden afgewogen. Dit moet gebeuren op basis van de mogelijke verontreinigingen die door het schoonmaken ontstaan en de daaropvolgende potentiële gezondheidsrisico's.

Z. (Zuraimi) Sultan MS, Indoor Environment Research Program, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada

Vanuit commercieel oogpunt wordt het reinigen van ventilatiekanalen gepromoot omdat het verontreinigingen in een ventilatiesysteem zou verwijderen (Brousseau et al., 200a, b). Gedurende de laatste jaren claimen steeds meer bedrijven dat het schoonmaken van ventilatiekanalen leidt tot een verbeterde luchtkwaliteit, gezondheid, systeemprestatie, kostenbesparing en energiebesparing (Brousseau et al. 200a; EPA, 1997; NEMI, 2002).

METHODEN

Er is een zoekopdracht verricht naar literatuur met de steekwoorden 'duct cleaning, cleanliness or hygiene'. Deze zoekopdracht werd beperkt tot titels en samenvattingen van papers op het gebied van woongebouwen en niet commerciële utiliteitsbouw. Wetenschappelijke literatuur, gepubliceerd in journal papers, werd gezocht via databases (Airbase from the Air Infiltration and Ventilation Center; Current Contents; Inspec; Medline; PubMed; en Sciencedirect). Conferentiepapers zijn in dit onderzoek niet

meegenomen. Verder beperkte het onderzoek zich tot artikelen die zijn gepubliceerd in de periode januari 1980 tot januari 2009.

Van de gevonden literatuur werden de samenvattingen bekeken. Acceptatie van de papers voor het onderzoek gebeurde aan de hand van de volgende criteria:

- metingen in de kanalen en de karakteristieken van de kanalen;
- prestatie door het reinigen van de kanalen;
- gezondheidsvoordelen en de risico's van het reinigen van kanalen.

Hierna volgde een zorgvuldige analyse van de volledige papers. Ook belangrijke referenties in de bestudeerde papers of rapporten die nog niet eerder waren gevonden binnen de zoekopdracht, werden geanalyseerd. Uitgesloten werden onderzoeken met duidelijke tekorten en gebreken in de methoden evenals onderzoeken die de invloed van andere aspecten onder de loep namen (bijvoorbeeld nieuwe filters).

De onderzoekers gebruikten verschillende criteria voor het beoordelen van de rapporten

waarin gezondheidsaspecten waren gerelateerd aan het schoonmaken van ventilatiekanalen, gebaseerd op:

- ontwerp van het onderzoek;
- gebruikte methoden om gezondheidsaspecten te beoordelen;
- aanwezigheid van vertekeningen (bias);
- gebruik van randomisatie en/of het meenemen van cofounders;
- grootte van de steekproef (Cook and Campbell, 1979; Gordis, 1996).

Het concept van efficiëntie en effectiviteit van Miller-Leiden et al. (1996) werd gebruikt voor de discussie over de prestatie van het schoonmaken van kanalen. Hierin wordt onder efficiëntie verstaan de waarschijnlijkheid om met kanaalreiniging de verontreinigingen van het kanaaloppervlak te verwijderen. Effectiviteit betreft de invloed van kanaalreiniging op het verminderen van verontreinigingen die in de binnenlucht aanwezig zijn. De effectiviteit is dus relevanter als naar de blootstelling aan verontreinigingen en het gezondheidsrisico wordt gekeken. De efficiëntie (η) en de effecti-

viteit (ε) zijn gegeven in vergelijking 1 en 2.

$$\eta = 1 - C_{s,A} / C_{s,B} \quad (1)$$

$$\varepsilon = 1 - C_{i,A} / C_{i,B} \quad (1)$$

Hierin zijn $C_{s,B}$ en $C_{s,A}$ de concentraties verontreinigingen aan het kanaaloppervlak respectievelijk voor en na het reinigen van de kanalen. $C_{s,B}$ en $C_{s,A}$ zijn de aanwezige concentraties in de binnenlucht voor en na het reinigen van de ventilatiekanalen. Onderzoeken waarin alleen voorbeelden van vervuilingsniveaus voor en na het schoonmaken worden gegeven, maken het voor deze review lastig om de efficiëntie objectief te beoordelen. Daarom wordt de geschatte range van deze waarden gegeven. Om vergelijkingen mogelijk te maken, zijn de gerapporteerde concentraties van de verontreinigingen geconverteerd naar dezelfde eenheden. Om de voordelen van het schoonmaken kwalitatief te beoordelen, zijn de statistische analyses bekeken die zijn uitgevoerd voor het beoordelen van de verschillen. Bevindingen werden als significant beschouwd wanneer de p-waarde van het verschil minder dan 0,05 bedroeg en wanneer de betrouwbaarheidsintervallen 95% waren.

RESULTATEN

Figuur 1 toont een stromingsschema van het systematische reviewproces en de categorieën van de artikelen. Aanvankelijk werden 104 papers geselecteerd, waarvan er uiteindelijk 48 voldeden aan de selectiecriteria. Er werden twee verschillende groepen gemaakt: één met de artikelen waarin metingen in de kanalen verricht werden en de karakteristieken van de kanalen in kaart gebracht werden; en één met de artikelen over de prestatie van het reinigen van de kanalen en de voordelen ervan.

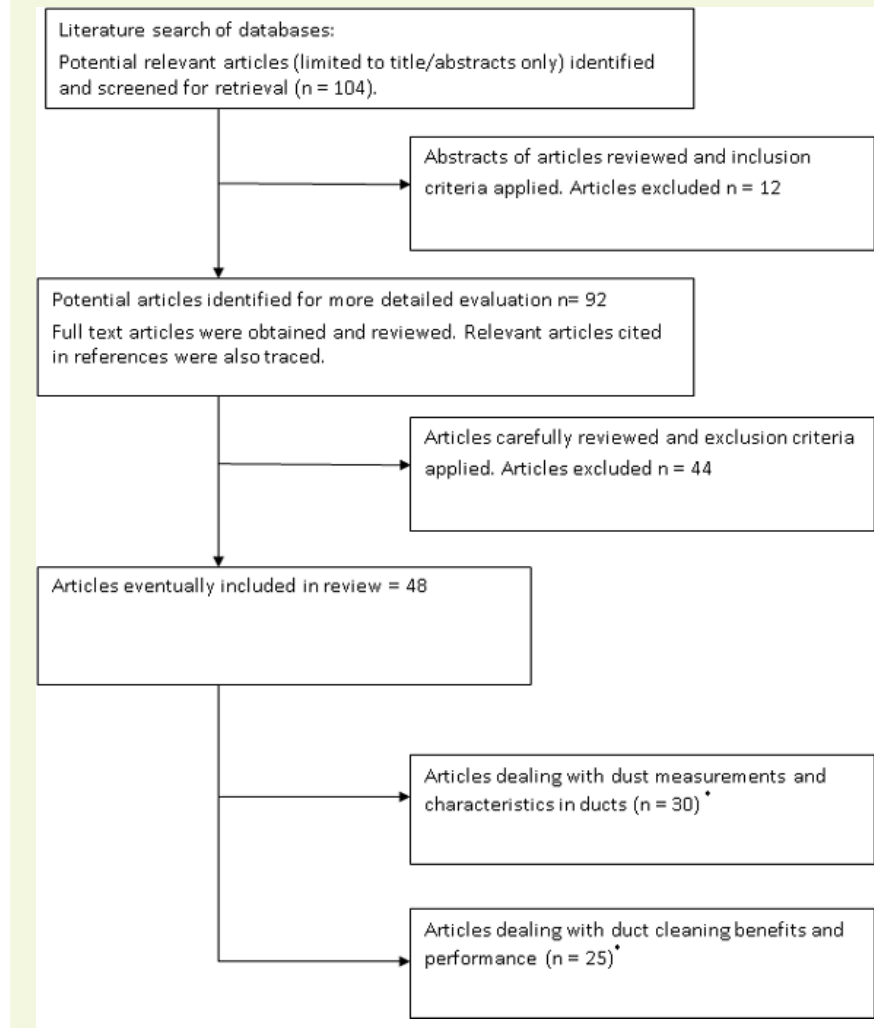
Metingen en karakteristieken

Kanaalvervuiling

Er zijn verschillende bronnen voor het ophopen van verontreinigingen in de kanalen gedurende twee fasen:

- stoffen afkomstig uit de bouwfase en olie-residuen afkomstig van het fabricageproces van de kanalen (Pasanen, 1998; Pasanen et al., 1995, Holopainen et al., 2002b);
- stoffen afkomstig van buiten en gerecirculeerde lucht tijdens de gebruikfase van het gebouw (Pasanen, 1998).

De aangehouden geschatte jaarlijkse hoeveelheid opgehoopt stof in toevoerkanalen in de commerciële industrie bedraagt 1g/m². Echter, Pasanen (1998) vond een gemiddeld ophopingsniveau van 5,1 g/m² in toevoerkanalen van gebouwen die minder dan een jaar



-Figuur 1- De verschillende fases van de systematische analyse en de artikelcategorieën

gebruikt werden. Holopainen et al. (2002b) mat stofniveaus van 4,9 g/m² in nieuwe gebouwen. Zij merkten op dat met de juiste beschermingsmethoden de niveaus van stofophoping lager zullen zijn in situaties zonder bescherming (0.4–2.9 g/m² vs 1.2–4.9 g/m²). Asikainen et al., (2003) merkten op dat de hoeveelheid olieresiduen in spiraalvormige kanalen en andere componenten 0.014 tot 0.196 g/m² bedroeg, terwijl de hoeveelheid olie bij gegalvaniseerd plaatmetaal bedekt met een roestvoorkomende olielaag 0.5–1.0 g/m² bedroeg. Simulatiestudies van stofafzetting gedurende de gebruikfase van een gebouw lieten zien dat kanaalafzetting te verwaarlozen is voor stofdeeltjes kleiner dan 1 µm en volledig voor deeltjes groter dan 50 µm (Sippola and Nazaroff, 2003). Stofafzetting op de vloer van ventilatiekanalen is ongeveer twee keer

groter dan op andere kanaalvlakken. Dit wordt veroorzaakt door de zwaartekracht (Zhao and Chen, 2006). Anderen vinden dat de oriëntatie van het kanaaloppervlak minder belangrijk is wanneer de turbulentie toeneemt – een fenomeen waarin de turbulentie-impact en diffusieprocessen de afzetting van respectievelijk grote en kleine stofdeeltjes domineren (Kvasnak et al., 1993). Hoge luchtsnelheden, de ruwheid van het oppervlak en stromingobstructies (bochten, diffusors, dempers etc.) verhogen de stofafzetting (Miguel et al., 2004; Sippola and Nazaroff, 2003).

Er is geen bewijs uit veldstudies beschikbaar die aantonen dat stofophoping een hoger energiegebruik, slechte systeemprestaties of lagere ventilatiedebieten kan veroorzaken. Wanneer de vochtigheid toeneemt kan de stofafzetting toenemen door twee factoren:

- geabsorbeerde watermoleculen op opper-

Evaluation method	Application	Measurement units	Reference
Gravimetric			
Gravimetric vacuum test method is commonly used as a reference method for evaluating the dust accumulation on the duct surface.	Evaluation of cleaning work	g/m ²	Nadca, 2006; Brosseau et al., 2000b
Gravimetric wiping method uses non-woven cloth or cloth applied with solvent, is an efficient method of collecting dust on the duct surface.	Evaluation of cleaning work	g/m ²	Fitzner et al., 2000; Brosseau et al., 2000b
Gravimetric tape method is fast and applicable to relatively low dust accumulation in the field.	Evaluation of cleaning work	g/m ²	Fransson et al., 1995; Pasanen, 1998; Brosseau et al., 2000b
Optical			
Sampling using gelatine tapes or semi-transparent engineering adhesive tapes- determining percentage reduction of light transmission through a transparent adhesive tape contaminated with dust compared to its clean state	Evaluation of cleaning work	%	Schneider et al., 1996; Jadca-02, 1997; Fransson et al., 1995; Brosseau et al., 2000b
Thickness measurement			
Sampling by determining dust deposit thickness test (D.T.T.) method with an instrument or with a comb.	Evaluation of cleaning work	µm	HVCA, 2005; Brosseau et al., 2000b
Visual			
Visual inspection by trained and experienced inspectors, surface comparison test with the contact vacuum equipment, as well as use of special tools such as borescopes, mirrors and remote-controlled video-camera robots with illumination capability.	Evaluation of cleaning work Commissioning for new air ducts	-	Nadca, 2006; HVCA, 2005; Brosseau et al., 2000b

-Tabel 1- Steekproefmethoden voor het oppervlaktestof

vlakten hebben een hogere aantrekkingskracht op hygroscopische deeltjes;
 - een grotere deeltjesgroei bij een hogere relatieve luchtvochtigheid verhoogd de gravitatische snelheid (Arundel et al., 1986).

Er zijn geen onderzoeken verricht waarin de afzetting van bioaerosols op het oppervlak werd geëvalueerd. Echter, onderzoek in een ruimte (Kanaani et al., 2008) laat vergelijkbare hoeveelheden afzetting zien van schimmelsporen (*Aspergillus niger* en *Penicillium spp*) en levenloze stofdeeltjes (canola-olie en talkpoeder). Dit geeft aan dat het proces wellicht vergelijkbaar is in kanalen. Zowel de afzetting van aerosols als de afzetting van bioaerosols bleek een functie te zijn van de deeltjesgrootte.

Micro-organismen

Pasanen et al. (1997) vonden geen concentratieverschil tussen de schimmelsporen in toevoer- en afvoerkanalen. Zij wijdden dit aan de ongunstige microklimaatcondities voor schimmels in ventilatiekanalen. Echter, een verhoogde levensvatbare schimmelconcentratie werd gevonden in de afvoerkanalen in vergelijking met deze concentratie in de toevoerkanalen. Vermoedelijk zijn de vochtcondities in de afvoerkanalen stabielere waardoor de schimmels kunnen blijven leven. Pasanen et al. (1993) vonden dat, in een experimentele opstelling, de watercondensatie op de stoffige metaalvlakken van kanalen en het ventilatie-

systeem de ontkieming en de spoorvorming van schimmels stimuleert. Chang et al. (1996) toonden het belang aan van het beperken van stofophoping om zo de groei van schimmels bij hoge relatieve luchtvochtigheden (97%) te voorkomen. Een gemiddelde vervuiling (4-7 g/m²) resulteerde in schimmelgroei op het kanaalbeschoot van glasvezel en flexibele kanalen, maar niet op gegalvaniseerd staal. Hoge vervuilingniveaus (90-180 g/m²) leidden wel tot schimmelgroei op gegalvaniseerd staal. Ook Foarde et al. (1996) vonden schimmelgroei op de glasvezel-draden van kanalen, bij vochtigheidsniveaus boven de 90%, wanneer deze sterk vervuild waren (10-20 g/m²). Er werd echter geen groei waargenomen onder dezelfde omstandigheden, zonder kanaalvervuiling. Zijn voegden eraan toe dat lage temperaturen (12°C) het ontstaan van schimmelgroei kunnen vertragen, maar ze zullen de groei niet stopzetten. Ezeonu et al. (1994) vonden dat de schimmelgroei op glasvezelisolatie, zonder vervuiling, alleen plaatsvond bij relatieve vochtigheden hoger dan 85%. In het geval van vervuiling, bleek op geen van de glasvezelmateriaal aanwijzing te zijn voor kolonisatie bij vochtigheden lager dan 50%.

Kanaalmonsters

Voorafgaand aan het nemen van de stofmonsters, werden diverse technieken toegepast om het stof los te krijgen; waaronder het

gebruik van een doek, een scheermesje en plastic messen (Nielsen et al., 1990; Pasanen, 1998). Verder zijn er verschillende technieken gebruikt voor het meten van het stof in de ventilatiekanalen. Studies hebben aangetoond dat de resultaten afhankelijk kunnen zijn van de steekproefmethoden die zijn toegepast (Holopainen et al., 2002a; Fransson et al., 1995). Tabel 1 geeft een korte beschrijving weer van deze methoden.

Tabel 2 geeft een samenvatting van de resultaten van de stofprofielen die zijn voortgekomen uit de onderzoeken aan de kanaaloppervlakken. De gemiddelde stofconcentraties aan het oppervlak varieerden tussen 0,2 en 13,2 g/m², waarbij stofafzettingen tot 158 g/m² gevonden werden. De jaarlijkse ophoping van stof varieerde tussen <0,1 tot 1,0 g/m² per jaar. Uit een overzicht van de gegevens blijkt dat de niveaus in kantoren hoger zijn ten opzichte van die in woongebouwen. Mogelijke voorspellers van het stofniveau tijdens de gebruiksfase zijn factoren zoals de aanwezigheid, filterkwaliteit, gebouwleeftijd, toevoerlocatie, tijd dat het ventilatiesysteem in gebruik is en afzetting van stofdeeltjes (Pasanen, 1998).

Stofsamenstelling

Het stof dat verzameld is, is geanalyseerd op de elementaire (Fransson et al., 1995; Foarde et al., 1996), biologische (Asikainen et al., 2003.), microbiële (Nyman en Sandström,

Study	Building types	Building age (years)	n	Method	Filter class	Mean (range) dust concentration (g/m ²)	Annual dust accumulation (g/m ²)
Nielsen et al. (1990)	Office, schools	3 to 29	13	Razor blade, vacuum method	...	6.8 (1.1-50.9)	0.7
Auger (1994)	Residential	0 to 45	33	Vacuum method	...	0.2 (< DL-2.7)	<0.1
Pasanen et al. (1995)	Office	3 to 34	14	Plastic blade, vacuum method	EU2-7	13.2 (1.2-158)	1.0
Fransson et al. (1995)	Residential	19 to 37	5	Tape method	EU2-6	2.6 (1.9-3.0)	0.2
Fortmann et al. (1997)	Residential	9 to 35	9	Vacuum method	...	6.4 (1.5-26.0)	...
Holopainen et al. (2002b)	Office, schools, daycare ^a	0 (new construction)	9	Vacuum method	...	0.9 (0.4-2.9)	...
	Cinema, office, schools, daycare ^b	0 (new construction or recently renovated)	9	Vacuum method	...	2.3 (1.2-4.9)	...
Kolari et al. (2005)	Office	4 to 26	10	Vacuum method	EU4-8	8.8	...

-Tabel 2- Een samenvatting van de resultaten van stof dat aanwezig is aan de binnenzijden van ventilatiekanalen (n = het aantal gebouwen dat onderzocht is). a) buildings with proper cleanliness category or protection methods; b) buildings with no specific requirements for protection methods; DL: detection limit; ...: data not available

Study	Building types	Building age (years)	n	Method	Filter class	Viable fungi concentration range (x10 ³)	Viable bacteria concentration range (x10 ³)
Nyman and Sandstrom (1990)	Office, daycare centers	...	6	Swab	EU2-7	0.001 – 0.015 CFU/m ²	0.001 – 0.022 CFU/m ²
Auger (1994)	Residential	0 to 45	33	contact plates	...	< DL-80 CFU/m ²	<DL-320 CFU/m ²
Fortmann et al. (1997)	Residential	9 to 35	9	Swab	...	13-250 CFU/m ²	0.005-1.5 CFU/m ²
Kolari et al. (2005)	Office	4 to 26	10	Direct cultivation	EU4-8	8-17 CFU/m ²	0.012 CFU/m ²
Pasanen et al. (1995)	Office	3 to 34	14	Direct cultivation	EU2-7	0.3-24 CFU/g	...
Pasanen et al. (1997)	Residential	2 to 16	24	Direct cultivation	EU3-5	2-6100 CFU/g	...

-Tabel 3- Samenvatting van de resultaten van de levensvatbare schimmels en bacteriën die zich nestelen aan de binnenkant van de ventilatiekanalen (n = het aantal onderzochte gebouwen). DL: detection limit; ...: data not available; a) total microbial counts

1991) en allergene samenstelling (TSAY et al., 2000).

Voor schimmels en bacteriën zijn verschillende technieken verricht. Deze omvatten de directe kweek van stof, contactplaten en een uitstrijkpreparaat. De bacteriëconcentraties varieerden van 1 tot 320.000 CFU/m², terwijl de schimmelconcentraties varieerden van 1 tot 250.000 CFU/m² (tabel 3). Nyman en Sandström (1991) rapporteerden een lagere bacteriële vervuiling in kanalen in vergelijking tot de andere componenten van het ventilatiesysteem (roterende warmtewisselaars, koelelementen of luchtbevochtigers). Daarbij daalden de concentraties naarmate de diepte

in het kanaal toenam. Sommige factoren worden gerelateerd aan hogere micro-organismenniveaus. Deze factoren omvatten temperatuur, luchtrecirculatie, vochtig of nat isolatiemateriaal en stofbelasting (zie hierna). Pasanen et al. (1997) concludeerden dat het levensvatbare aandeel minder was dan 5% van het totaal aantal schimmels in het stof. Tsay et al. (2000) bestudeerden de stofallergenen die afkomstig waren uit toevoer- en retourkanalen van woningen waar huisdieren aanwezig waren. Zij vonden hogere allergeneniveaus in de afvoerkanalen (kattenallergeen: <0,5-339 µg/g stof; hondenallergeen: <0,5 tot 213 µg/g stof) in vergelijking tot de toevoer-

kanalen (kattenallergeen: <0,5-10,8µg/g stof; hondenallergeen: <0,5-24 µg/g stof). De auteurs merkten op dat de allergeneniveaus van de lucht die de ruimte terug inkomt via de toevoerkanalen drastisch verlaagd worden door de filters die aanwezig zijn in het ventilatiesysteem. Zij concludeerden daarnaast dat er weinig tot geen ophoping van mijt in de kanalen plaatsvindt, hetgeen suggereert dat de randvoorwaarden in de kanalen niet geschikt zijn voor mijtgroei. Stof dat zich ophoopt in toevoerkanalen bestaat uit 16 tot 20% organisch stof, anorganische elementen die een samenstelling hebben van 12% ijzer, 0,4% magnesium, 4%

Technique	Method of removing dust	Reference
Dry method		
Contact vacuuming	Suction and brushing using a brush head to transfer dirt to a collection point.	Auger, 1994; Foarde et al., 1997; Ahmad et al., 2001;
Compressed air cleaning	Dust is dislodged from surfaces using airflow movement (via air nozzle) and collected using a vacuum collector.	Ahmad et al., 2001; Holopainen et al., 2003;
Mechanical brushing	A brushing or mechanical action is used to dislocate dust from surfaces and transferred to a vacuum collector. The most commonly used is the rotating brushes.	Auger, 1994; Ahmad et al., 2001; Holopainen et al., 2003;
Wet method		
Hand washing	Cleaning components surfaces by hand using tools such as brushes, sponges, cloths and a source of water with a cleaning agent.	Brosseau et al., 2000b
Water jet spray	Liquid solutions are sprayed or wet-fogged to adhere, bond, or fibre- fixed particles that were not removed by mechanical cleaning	Luoma et al, 1993; Brosseau et al., 2000b
Chemical disinfection	The use of biocides and sealants to coat and encapsulate duct surfaces. Some duct cleaning contractors introduce ozone as part of the disinfection process.	Luoma et al, 1993; Figley, 1994; Brosseau et al., 2000b; EPA, 1997.

Tabel 4- Een overzicht van de verschillende kanaalreinigingsmethoden

zink en 14% silicium (Foarde et al., 1996). Pasanen (1998) concludeerde dat het stof vergelijkbaar was met het stof dat aanwezig is in de buitenlucht.

Stofresuspensie en effecten op de binnenlucht-kwaliteit

Yoshizawa et al. (1997) onderzochten de effecten van het in- en uitschakelen van de ventilatoren op de concentratie van stofdeeltjes in de toevoerkanalen. De concentratie stofdeeltjes nam, met ongeveer een orde van grootte, in aantal toe binnen een periode van vijf minuten nadat de ventilator werd aangezet. De auteurs schreven dit effect toe aan de resuspensie van het neergeslagen stof. Na het schoonmaken van het ventilatiekanaal was dit effect sterk verminderd, vooral voor deeltjes groter dan 2 micron.

De luchtsnelheid kan invloed hebben op de microbiële resuspensie van kanaaloppervlakken, waarbij dit dus de kans krijgt om teruggevoerd te worden in de luchtstroming. Pasanen et al. (1991) merkten op, bij luchtsnelheden van 0,5 m/s, dat in de binnenomgeving *A. fumigatus* en *Penicillium* spp. sporen werden vrijgelaten uit hun schimmelsporen, terwijl *Cladosporium* sporen op zijn minst een snelheid vereisen van 1,0 m/s. Hoge luchtsnelheden (boven de 0,4 tot 10,2 m/s) resulteerden in een verhoogde schimmelfragmentatie (Gorny et al., 2002; Kanaani et al., 2009). Kanaani et al., (2009) merkten op dat het percentage schimmelfragmentatie toeneemt bij toenemende luchtsnelheden. Submicron gefragmenteerde onderdelen namen tijdens de fragmentatie toe door respectievelijk tot 400 keer, 9,4 keer en 6,3 keer *Penicillium*, *Aspergillus* en *Cladosporium* te verhogen.

De relatieve vochtigheid kan ook invloed hebben op de sporen die vrijkomen van de kanaaloppervlakken. *A. fumigatus* en *Penicillium* spp. sporen waren doorgaans hoger in droge lucht dan in vochtige lucht, waarbij het aantal het kleinst was bij relatieve vochtigheden boven de 70% (Pasanen et al., 1991). Er zijn zeer weinig systematische veldonderzoeken verricht waarbij de correlatie tussen verontreinigingen van het kanaaloppervlak en verhoogde verontreinigende stofniveaus in de binnenlucht is onderzocht. Morey (1988) rapporteerde een casestudie van een gebouw waarin de kanalen ongeveer 1 miljoen levensvatbare schimmels per gram stof bevatten. Op deze plek werd in de lucht meer dan 3.000 CFU/m³ *Penicillium* gemeten, hetgeen meer is dan tien keer het buitenniveau. Een andere casestudie (Bernstein et al., 1983) rapporteerde een hoger aantal schimmels in de binnenlucht van een kantoor dat werd blootgesteld aan een 'besmet ventilatiesysteem' in vergelijking met een 'controle' kantoor.

Werking en voordelen

Technieken

Technieken voor het reinigen van kanalen kunnen gecategoriseerd worden in droge en natte methoden (Brosseau et al., 2000b; CEN, 1997; HVCA, 2005). Tabel 4 geeft een overzicht van de verschillende technieken.

Efficiëntie en effectiviteit

In het algemeen geldt dat de efficiëntie van het verminderen van stof in de kanalen door middel van perslucht en mechanische borstelmethoden varieert van 50 tot 99% (tabel 5). De resultaten van veldstudies zijn iets lager in vergelijking met data verkregen uit labora-

toriumonderzoek. De stofzuigermethode liet een lagere efficiëntie zien (Foarde et al., 1997). Echter, Fugler en Auger (1994) merkten geen verschil in hun onderzoek in 33 woningen. De efficiëntie van kanaalreiniging in een laboratoriumopzet met oppervlakteschimmels en -bacteriën bedroeg 27%, met een grote variatie (-36 tot 99%) (Foarde et al., 1997). Laboratoriumstudies rapporteerden hoge verwijderingsrendementen voor olieresten (95 tot 99%). Alleen de studie van Fugler en Auger (1994) vond een significant resultaat voor het verwijderen van stof aan het oppervlak ($P < 0,05$).

Tabel 6 geeft de resultaten weer van de berekende effectiviteit, van het reinigen van kanalen, op de verontreinigingen die de binnenlucht-kwaliteit beïnvloeden. De onderzoeken rapporteerden geen wijzigingen in de bedrijfsomstandigheden of -parameters voor en na het reinigen van de kanalen. Voor deeltjes geldt dat er grote verschillen in de berekende effectiviteit waargenomen kunnen worden (van -473% tot 62%). De kanaalreinigingsmethode en de deeltjesgrootte beïnvloeden de effectiviteit niet. Wanneer gekeken wordt naar het verwijderen van levensvatbare schimmels, dan wordt een effectiviteit behaald variërend van -103 tot 99%. Slechts twee studies vonden significante verschillen in de verontreinigingsniveaus voor en na het reinigen van de kanalen. Een significante vermindering werd waargenomen voor de levensvatbare schimmels en bacteriën in de lucht (Fugler en Auger, 1994).

Invloed op andere parameters

Auger (1994) vond geen effect van kanaalreini-

Study	Setting	Duct cleaning method	Pollutant	Pre- cleaning concentration (unit)	Post- cleaning concentration (unit) ^b	Efficiency (%)
Surface dust						
Fugler and Auger (1994)	Field studies –residential	mechanical brush	Dust c, d	2 (g/m ²)	1 (g/m ²)	50.0
Foarde et al. (1997)	Laboratory	contact vacuum	Dust	7.3 to 96.5 (g/m ²)	3.5 to 13.3 (g/m ²)	32.1 to 93.6
Holopainen et al. (2003)	Field studies -New Office, Schools	mechanical brush	Dust	0.6 to 0.9 (g/m ²)	0.1 to 0.2 (g/m ²)	66.6 to 87.5
	Field studies -New Office, Schools	compressed air	Dust	5.4 (g/m ²)	0.3 (g/m ²)	94.4
Holopainen et al. (2003)	Laboratory	mechanical brush	Ashare Test Dust	6.0 to 8.6 (g/m ²)	0.2 to 0.8 (g/m ²)	95.0 to 97.7
		compressed air	Ashare Test Dust	5.3 to 7.2 (g/m ²)	0.1 to 1.0 (g/m ²)	86.1 to 98.6
		mechanical brush	Construction Site Dust	1.0 to 10.1 (g/m ²)	<DL (g/m ²)	95.0 to 99.5
		compressed air	Construction Site Dust	3.5 (g/m ²)	<DL (g/m ²)	98.6
Microorganisms						
Fugler and Auger (1994)	Field studies –residential	mechanical brush, compressed air	Fungi and Bacteria c	3.2 (CFU/cm ²)	2.3 (CFU/cm ²)	26.6
Foarde et al. (1997)	Laboratory	contact vacuum	P. chrysogenum	0.01 to 41 (CFU/cm ²)	0.08 to 4.8 (CFU/cm ²)	-35.7 to 99.7
	Laboratory	contact vacuum	A. versicolor	0.01 to 1800 (CFU/cm ²)	0.01 to 0.1 (CFU/cm ²)	0 to 99.9
Residual oil						
Holopainen et al. (2003)	Laboratory	mechanical brush	Residual Oil	33 to 119 (mg/m ²)	16 to 52 (mg/m ²)	95.0 to 99.0
Holopainen et al. (2003)		compressed air	Residual Oil	9 (mg/m ²)	15 (mg/m ²)	98.6

-Tabel 5- De prestatie van kanaalreiniging voor het verminderen van oppervlaktestof, micro-organismen en olieresten

ging op de luchtsnelheden in de toevoerkanaalen in woningen. Maar deze kanalen bevatten oorspronkelijk slechts weinig stof. Voor sterk verontreinigende retourkanalen daarentegen, werd een niet-significant positief effect gevonden van het reinigen van de kanalen op de luchtstroming in de kanalen (een toename van 8%). Wallin (1991) rapporteerde een toename van 20 tot 30% in de luchtstroming in de retourkanalen. Het is onduidelijk of een verhoogde luchtstroming zal leiden tot een hoger ventilatiedebiet of hogere luchtsnelheden in de ruimte. Onderzoekers hebben geen significante verschillen geconstateerd in de luchtsnelheden of koolstofdioxideconcentraties (een ruwe indicator voor de ventilatiekwaliteit) voor en na het reinigen van de kanalen (Kolari et al., 2005). Auger (1994) rapporteerde geen significant

effect op de stroomsterkte van de ventilator in het ventilatiesysteem (5,06 versus 4,92 ampère) en de spanning (126 versus 127 V). Dit lijkt aan te geven dat kanaalreiniging het energiegebruik niet significant doet verminderen. De onderzoeker voegde eraan toe dat er geen significante toename van het drukverschil van de ventilator waarneembaar was. Foarde en Menetrez (2002) onderzochten het gebruik van drie vaak toegepaste antischimmelcoatings op de 'hergroei' op kanalen van glasvezel en gegalvaniseerd staal. Dit deden zij in een statische ruimte. De auteurs concludeerden dat de coatings de hergroei hielpen te beperken, maar zorgden niet voor een volledige beperking ervan op glasvezel. Er werd geen hergroei waargenomen op het gegalvaniseerd staal.

Gezondheidsvoordelen

Er zijn drie soorten studies gevonden die de mate van schoonheid van het kanaal relateren aan gezondheidsproblemen:

- door proefpersonen ervaren luchtkwaliteit (PAQ);
- aanwezigheid van sick building symptomen;
- met schimmels besmette ventilatiematerialen.

Laboratoriumonderzoeken lieten zien dat olieresten en opgehoopt stof de kwaliteit van de toegevoerde lucht die wordt ervaren kunnen beïnvloeden (Pasenen et al., 1995). Een getraind panel proefpersonen evalueerde gedurende acht maanden de geur afkomstig van olieresten van minerale en plantaardige oliën. Er werd gemeld dat de geur sterk waarneembaar was voor beide soorten oliën.

Study and building types	Duct cleaning method	Pollutant (unit)	Pre- cleaning indoor concentration	Post- cleaning indoor concentration b	Pre- cleaning outdoor concentration e	Post- cleaning outdoor concentration e	Effectiveness (%) f based only on indoor levels	Effective-ness (%) g considering in/out levels	Comments h
Ahmad et al. (2001) Residence	contact vacuum	Particles: > 0.3 mm (x103 no/L)	14.4 to 44.3	3.7 to 5.1	2.4	3.2	-158 to 38.6	-11 to 70	Post - DC samples were taken two days after pre – DC measurements.
	mechanical brush		40.4 to 175.6	180.0 to 231.8	49.9	207.2	-473 to -2.5	-38 to 75	
	compressed air		28.2 to 52.0	64.9 to 198.9	40.4 to 40.6	33.4	-282 to -130	-363 to -180	
	contact vacuum	Particles: > 1.0 mm (x103 no/L)	9.4 to 3.4	3.7 to 5.1	2.4	3.2	-49 to 62	-11 to 70	
	mechanical brush		6.9 to 7.3	3.5 to 6.3	3.1	1.0	8 to 51	-181 to -41	
	compressed air		4.7 to 5.3	2.6 to 4.7	1.7	1.9	11 to 45	20 to 50	
	contact vacuum	viable fungi (CFU/ m ³)	300 to 410	200 to 610	-103 to 51	...	
	mechanical brush		280 to 300	180 to 300	0 to 36	...	
	compressed air		560 to 820	130 to 280	66 to 77	...	
Auger (1994) Residence	mechanical brush, compressed air	Particles: (mg/ m ³) c	120	310	-158	...	Pre- cleaning tests were less than a week before DC while post- cleaning tests were 2 to 7 days after DC.
Bernstein et al. (1983) Office	No information provided	viable fungi (CFU/ m ³)	90 to 6000	20 to 40	78 to 99	...	Post - DC measurements were taken two and half months after pre – DC measurements
Fugler and Auger (1994) Residence	mechanical brush, compressed air	viable fungi and bacteria (CFU/ m ³) c, d	513	380	26	...	Pre-DC tests were less than a week before cleaning while post-DC tests were 2 to 7 days after DC.

-Tabel 6- De prestatie van kanaalreiniging op het verminderen van de binnenluchtverontreiniging

De geuremissies van plantaardige olie bleven stijgen.

Kolari et al. (2005) onderzochten 410 woningen in tien verschillende woongebouwen waar zich geen problemen voordeden. Deze woningen werden geselecteerd aan de hand van opdrachten van bedrijven die de kanalen reinigen. De auteurs vonden dat de stofafzetting significant gecorreleerd was aan een ver-

hoogde aanwezigheid van nasale symptomen maar ook aan een vermindering van concentratieproblemen. In een Niosh-studie onder 2.435 gebruikers in tachtig Amerikaanse kantoorgebouwen met aanwezige gezondheidsklachten, concludeerden Sieber et al. (1996) dat vervuilde kanalen (één van de indicatoren voor onvoldoende kanaalreiniging) significant gerelateerd zijn aan een verhoogd risico voor

meervoudige luchtwegklachten (relatief risico: 2,1). Daarnaast zijn deze niet-significant gerelateerd aan een verhoogd risico op meerdere atopische symptomen (relatief risico: 1,2). Ze voegden eraan toe dat de relatieve risico's van blootstelling aan lucht uit luchtkanalen die nooit schoongemaakt zijn, significant zijn voor een grotere kans op ademhalingsproblemen en meerdere atopische symptomen

(relatief risico: 2,8 en 1,8 respectievelijk). In een Amerikaanse EPA Base-studie analyseerden Mendell et al. (2008) de condities van het ventilatiesysteem en hoe ze gerelateerd konden worden aan symptomen van 4.326 bewoners van kantoorgebouw. Zij merkten op dat matige of slechte omstandigheden in de luchtbehandelingskast of luchtkanalen gerelateerd konden worden aan problemen aan de luchtwegen van de bewoners (gecorrigeerde odds ratio: 1.43).

Twee werknemers die werden blootgesteld aan een 'besmet ventilatiesysteem' in een Amerikaans kantoorgebouw meldden symptomen die vergelijkbaar zijn met overgevoelige pneumonitis (HP) (Bernstein et al., 1983). Hun symptomen namen in ernst toe gedurende de werkdag en hielden aan tijdens de werkweek, maar in het weekend of op feestdagen verminderden ze. Uit een retrospectieve epidemiologische analyse bleek dat het aantal niet-specifieke ziekten van de luchtwegen bij werknemers in het 'blootgestelde kantoor' hoger te zijn in vergelijking met de werknemers die werkzaam waren in het 'controle kantoor' (10,8 versus 6,3 persoonjaren in gevaar, relatief risico: 1,71). Vanwege de kleinschaligheid van de steekproef (n = 25) of vanwege niet-specifieke aandoeningen van de luchtwegen, werden er geen significante verschillen gevonden.

Ezeonu et al. (1994) slaagden erin om zwaar vervuilde en schimmelbevattende kanaalelementen uit acht gebouwen, waar bewoners klaagden over schimmelgeuren, te isoleren. In een ander onderzoek, werden veertien soorten schimmelpreparaten verkregen uit ventilatiesystemen. Deze werden gebruikt als een huidpriktest op 150 patiënten (Schata et al., 1989). Bij alle patiënten waren allergische aandoeningen aanwezig waarbij de symptomen vooral vrijkwamen in kamers met airconditioning – er werden geen 'gezonde' patiënten gebruikt als controle. De auteurs meldden dat 90% van de patiënten positieve reacties op de huidtesten lieten zien.

Slechts één studie evalueerde de onafhankelijke effecten van het schoonmaken van de kanalen op de bewonersgezondheid. Bernstein et al. (1983) concludeerden dat aanwezige HP-symptomen bij werknemers aanwezig bleven, ook na het reinigen van de kanalen. Eeveneens concludeerden ze dat de werknemers gevoelig zouden kunnen zijn geraakt, zodanig dat zelfs een lage blootstelling aan vervuiliingsbronnen (na kanaalreiniging) HP-symptomen kan initiëren.

Negatief effect

Aan de hand van interventies en casestudies is geconcludeerd dat kanaalreiniging een

toename in de mate van luchtvervuiling binnenshuis kan bewerkstelligen. In een zorgvuldig ontworpen interventiestudie met controlemonsters in huizen waarvan de kanalen niet gereinigd waren, bleek dat de gemeten stofconcentraties in de binnenlucht tijdens het schoonmaken van de kanalen hoger waren dan de stofconcentraties voor het reinigen (Ahmad et al., 2001). Daarnaast waren de concentraties ook na reiniging hoger (Auger, 1994; Ahmad et al., 2001). Dit geeft aan dat vuil en andere verontreinigende stoffen in de lucht terecht kunnen komen als gevolg van verstoringen die veroorzaakt worden door het reinigingsproces. De stofzuiger die wordt gebruikt voor het reinigen van de kanalen is wellicht een belangrijke bron voor verontreinigende stoffen die vrijkomen in het gebouw (Puhakka et al., 1992). Dit geldt met name als de retourlucht wordt gerecirculeerd.

Tot op heden is niet duidelijk hoe giftig kitproducten en biociden zijn, die gebruikt worden voor het reinigen van kanalen (EPA, 1997). In verschillende onderzoeksrapporten is het potentiële risico van het gebruik van biociden en ozon gerapporteerd (Hubbard, 2006, EPA, 2001; 2006). Voor gebruikelijke biociden (hypochlorides, quaternaire ammoniumverbindingen, fenolen, aldehyden en jodiden), zijn de risico's van het gebruik gerelateerd aan onder andere irritaties aan de ogen, huid, neus, slijmvliezen en zelfs giftige carcinogenese (Brosseau et al., 2000a; EPA, 2001, 2006). Figley (1994) rapporteerde 'relatief lage' gemeten biocideconcentraties in vijf woningen, waarvan de kanalen schoongemaakt waren. Deze concentraties werden gemeten nadat de ventilator ingeschakeld was en de ramen zes uren hadden opengestaan. Er waren echter geen normen beschikbaar om de concentraties aan te kunnen toetsen.

■ DISCUSSIE

Levert het reinigen van ventilatiekanalen voordelen op voor de binnenluchtkwaliteit en gezondheid?

Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de ventilatiekanalen vervuild kunnen raken tijdens de bouw- en gebruiksfases van het gebouw. Er is duidelijke informatie beschikbaar over stof en schimmels, en in mindere mate, bacteriën en accumulatie van oliëresten in de kanalen. Tijdens de gebruikfase faciliteren micro-omstandigheden in de kanalen, zoals hoge luchtsnelheden en stromingsobstructies, de ophoping van stof. Stofophopingen in kanalen stimuleren op hun beurt de groei van schimmels bij relatieve luchtvochtigheden boven de 50%. Echter, voor de resuspensie van verontreinigende stoffen hebben laboratoriumstudies uitgewezen dat de luchtsnelheid en

de relatieve vochtigheid belangrijke parameters zijn. Deze parameters veroorzaken een combinatie van hogere turbulentie-intensiteiten en meer trillingen in het kanaalsysteem, hetgeen de hechting van de stofdeeltjes vermindert. Droge omstandigheden stimuleren de vermindering van de deeltjeshechting verder, waardoor ze vatbaarder worden voor convectie door lokale turbulente wervels die veroorzaakt worden door de luchtbewegingen. Gecontroleerd laboratoriumonderzoek (Yoshizawa et al. 1997) toonde aan dat de accumulatie van verontreinigende stoffen in kanalen gerelateerd is aan een verhoogde deeltjesconcentratie in de binnenlucht. Er is echter geen veldonderzoek beschikbaar om het voorgaande te bevestigen. Ook heeft geen enkele studie onomstotelijk aangetoond dat de ophoping van stof wordt geassocieerd met een hoger energiegebruik, slechtere prestaties van het ventilatiesysteem of een verminderd ventilatiedebiet.

Een onderzoek naar de bestaande laboratoriumstudies liet zien dat oppervlakteschimmels zich in de lucht verspreiden bij luchtsnelheden gelijk aan de luchtsnelheden in ventilatiekanalen. Daarnaast kunnen cyclische RV-condities leiden tot het vrijkomen van schimmelsporen. Ondanks de casestudies van Bernstein et al. (1983) en Morey (1988), werd er geen systematisch veldonderzoek gevonden waarin de mate van schimmels in een ventilatiekanaal gekoppeld werd aan verhoogde schimmelconcentraties in de ruimtelucht. Levensvatbare schimmelconcentraties, verzameld in kanalen (tabel 3), waren slechts een beetje hoger dan die in huisstof (Hyvärinen et al., 1993) maar lager dan in het kantoorstof (Mølhave et al., 2000). De belangrijkste schimmels in stof in luchtkanalen (Penicillium, Cladosporium en Aspergillus) zijn meestal van buiten afkomstig (Pasanen et al., 1997; Pasanen, 1998). Dezelfde schimmels werden waargenomen in opgehoopt stof in luchtkanalen (Pasanen et al., 1997), stof op de vloer (Hyvärinen et al., 1993) en stofmonsters afkomstig uit de binnenlucht (Toivola et al., 2004; Shelton et al., 2002). Eerdere analyses van epidemiologische studies (Seppänen en Fisk, 2002) gaven aan dat wellicht het ventilatiesysteem zelf een vervuiliingsbron is. Deze analyses lieten zien dat significant meer symptomen, gerelateerd aan de aanwezigheid van stofdeeltjes, voorkwamen in gebouwen met airconditioning dan in gebouwen die natuurlijk geventileerd werden. Seppänen en Fisk (2002) suggereerden dat de verontreinigende stofdeeltjes afkomstig uit de ventilatiekanalen getransporteerd worden naar de kantoorruimten en vervolgens daar deze klachten veroorzaken. In dit literatuuroverzicht, waarin drie studies naar sick building

syndrome (SBS)-symptomen zijn opgenomen, wordt deze suggestie bevestigd aan de hand van de bevindingen uit de studie naar gebouwen waar zich klachten voordeden (Sieber et al., 1996) en gebouwen waar zich geen klachten voordeden (Mendell et al., 2008). De grote dataverzameling van binnenomgevingen en gebruikerssymptomen tezamen met de dwarsdoorsnede aanpak zorgt ervoor dat de risico's nauwkeurig geschat kunnen worden. De resultaten hiervan zijn gecorrigeerd voor de relevante versturende variabelen. Ook relateerden deze studies de gezondheidseffecten, verkregen uit informatie van de gebruikers, aan de reinheid van de kanalen (verkregen aan de hand van inspecties door de onderzoekers). Deze methode sluit afhankelijkheid tussen blootstelling en gezondheidseffecten uit (Kristensen, 1992). Vooroordelen die de bevindingen kunnen verklaren onder deze omstandigheden zijn geminimaliseerd. Echter, nog steeds geeft de data slechts een associatie weer van de reinheid van de kanalen en de gezondheidseffecten, en geeft deze geen causale interpretatie. Het is ook onbekend wat de mogelijke mechanismen zijn (biologische, chemische of blootstelling aan verontreinigende deeltjes) die ervoor zorgen dat de reinheid van de kanalen gekoppeld kan worden aan negatieve gezondheidseffecten.

Veel studies rapporteerden een concentratie van levensvatbare schimmels. Echter, de concentraties levensvatbare schimmels reflecteren de totale schimmelbesmetting in opgehoopt stof niet. Niet alle schimmelsporen zijn levensvatbaar als gevolg van de ongunstige omstandigheden voor hun overleving in ventilatiesystemen. Pasanen et al. (1997) concludeerden dat minder dan 5% van de totale schimmels in stof levensvatbaar is. Toch is dit percentage hoger dan het percentage gerapporteerd aan de hand van luchtmonsters (0,6%) (Toivola et al., 2004). Dus stof dat afkomstig is van de oppervlakten van kanalen heeft een hogere microbiële belasting dan de lucht die getransporteerd wordt. Dit geeft aan dat de volledige gezondheidspotentie van stof dat zich nestelt in luchtkanalen niet duidelijk is. Inderdaad, de meeste schimmelsporen kunnen hun allergische eigenschappen behouden zelfs wanneer de sporen niet meer kweekbaar zijn (Levetin, 1995), terwijl sommige schimmels die dood zijn zelfs giftig kunnen zijn (EPA, 2001). Elders, hebben onderzoekers de effecten bestudeerd van schimmels en gezondheidseffecten aan de hand van alternatieve benaderingen zoals immunodetectie (Immonen et al., 2002), extracellulaire polysacchariden (Douwes et al., 1999), schimmel biomassa, zoals 1-3 b-d-glucan of ergosterol (Szponar et al., 2000;

Rylander, 1999) en chemische mycotoxinen of microbiële vluchtige organische stoffen (Nielsen et al., 1999; Schleibinger et al., 2008). Enkele van deze technieken zijn gebruikt om de blootstelling aan schimmels te relateren aan SBS-symptomen, astma en allergieën en ademhalingsproblemen (Wan en Li, 1999; Douwes et al., 1999; Park et al., 2008). Door Pasanen et al. (1995) en Asikainen et al. (2003) zijn geuremissies gerapporteerd afkomstig van verontreinigingen uit 'vervuilde' kanalen. Weschler en Nazaroff (2008) verrichtten een theoretische analyse waaruit bleek dat een evenwicht van een verdeling van semi-vluchtige organische stoffen uit de lucht op stofdeeltjes makkelijk kan worden bereikt, in het bijzonder op een dik absorberend reservoir. Latere desorptie zou kunnen dienen als een secundaire verontreinigingsbron en geur. Afhankelijk van de olfactorische eigenschappen van deze organische verbindingen, kunnen de geuren verschillend worden waargenomen door de gebouwgebruikers. Echter, de testpanels die zijn gebruikt voor het evalueren van de geuren zijn wellicht niet blind geweest voor de condities van de kanalen. Meer onderzoek is nodig om de effecten te bestuderen die leiden tot geurklachten.

Is kanaalreiniging efficiënt en effectief voor het verwijderen van verontreinigingen?

In het algemeen kunnen verontreinigende stoffen efficiënt verwijderd worden door het reinigen van de kanalen. Maar er worden ook grote verschillen in efficiëntie gerapporteerd. Het belangrijkste is dat de meeste studies de efficiëntie niet statistisch geëvalueerd hebben. Daarom kan de significantie van de efficiëntie niet betrouwbaar worden vastgesteld. Onderzoekers hebben geconcludeerd dat de verschillende methoden die gebruikt worden om de stofniveaus in kanalen te beoordelen, tot zeer verschillende resultaten kunnen leiden (Holopainen et al., 2002a.; Fransson et al., 1995). Ook kan een onevenredige stofdistributie op de kanaaloppervlakken invloed hebben op de metingen, hetgeen kan leiden tot aanzienlijke verschillen (Holopainen et al., 2002a). En inderdaad, onzekerheden die voortvloeien uit deze twee factoren moeten nauwkeurig in kaart worden gebracht tijdens het berekenen van de efficiëntie.

Na het reinigen kan het kanaal opnieuw worden verontreinigd door afzetting van stof of, in het geval van microben, hergroei. Volgens Wallin (1991) zou het reinigen van de kanalen om de één à twee jaar uitgevoerd dienen te worden, afhankelijk van de kwaliteit van de buitenlucht en de activiteiten in het gebouw. Foarde et al. (1997) toonden aan dat het schimmelniveau na het schoonmaken van

de kanalen binnen zes weken weer gelijk was aan het niveau voor het schoonmaken. Hun studies toonden aan dat alleen mechanische reiniging slechts een tijdelijke vermindering van de oppervlakteschimmels bewerkstelligde. Uit latere experimenten (Foarde en Menetrez, 2002) bleek dat zelfs het gebruik van een antischimmelcoating niet leidde tot een volledig afname van de hergroei van schimmels op glasvezel kanalen. Een casestudie, waarbij in een vijftien jaar oud gebouw inkapselmiddel werd toegepast (Groen, 1995), toonde aan dat de microbiële groei weer net zo snel terug was als een jaar na het schoonmaken. Binnen een seizoen deed de groei zich opnieuw voor, ondanks dat er coating werd toegepast op de kit van de kanaalvoegen.

De verontreinigende stofconcentraties in de binnenlucht zijn dynamisch en zijn een functie van diverse parameters, zoals het buitenniveau, bronsterkte, oppervlaktedepositie en ventilatie. Tijdens het reinigen van de kanalen wordt de bronsterkte in de kanalen verlaagd. Vanuit het oogpunt van blootstelling van de mens betekent zelfs een volledige verwijdering van de verontreinigende stofbron in het kanaal (100% efficiënt) niet dat andere bronnen in de binnenlucht van die bepaalde verontreinigende stof niet bestaan. Daarnaast kan het binnendringen van buiten niet voorkomen worden. Dus, in termen van effectiviteit, is *alleen* kanaalreiniging wellicht niet voldoende. In lijn met het voorgaande, hebben enkele kanaalreiniging interventiestudies onder meer het post-reinigen van nieuwe filters (Kolari et al., 2005) en nieuwe elektrostatische filters (Garrison et al., 1993) onderzocht. Bij deze scenario's zal de verlaging in deeltjesconcentratie niet te wijten zijn aan de onafhankelijke effecten van de kanaalreiniging. Het installeren van nieuwe filters of elektrostatische filters om oude en vervuilde filters te vervangen kan ervoor zorgen dat het vrijkomen van stofdeeltjes of het vrijlaten van vluchtige verontreinigingen uit vervuilde filters versterkt wordt. Dit is nog meer bewijs dat laat zien dat het erg moeilijk kan zijn om de binnenverontreinigingen effectief te verminderen via alleen kanaalreiniging.

Zijn er gezondheidsvoordelen verbonden aan kanaalreiniging?

Ondanks het suggestieve bewijs dat niet goed onderhouden kanalen gerelateerd kunnen worden aan SBS-klachten, is er weinig wetenschappelijk bewijs gevonden om de hypothese te bevestigen dat kanaalreiniging een positief effect kan hebben op de gezondheid van gebouwgebruikers. Dit is te wijten aan het beperkte aantal studies dat is uitgevoerd en de beperkingen in de opzet van interventiestudies. Zo werden bijvoorbeeld de positieve effecten

op de gezondheid van de kanaalreinigingsstudie door Kolari et al. (2005) uitgesloten van het onderzoek, omdat de installatie van nieuwe filters de SBS-symptomen van gebouwgebruikers kunnen verbeteren (Mendell et al., 2002).

De effectiviteit van kanaalreiniging toonde zeer grote verschillen waarbij een negatieve effectiviteit gevonden werd voor de lagere ranges. Dit laatste geeft aan dat kanaalreiniging zelf een verontreinigingsbron kan zijn. Een verhoogde blootstelling aan verontreinigende deeltjes tijdens en na kanaalreiniging heeft negatieve gevolgen voor de gezondheid. En inderdaad, een blootstelling aan fijne stofdeeltjes kan in verband worden gebracht met ziekte en sterfte (Schwartz en NEAS, 2000). Daarnaast is een aantal biociden die worden gebruikt voor het reinigen van de kanalen, geclassificeerd als pesticiden (Godish, 2003; Sondossi, 2004). De Usepa merkte op dat blootstelling aan biociden die nog niet zijn goedgekeurd voor het gebruik in ventilatiesystemen, schadelijke effecten op de gezondheid kunnen hebben. Deze effecten zijn gelijk aan, of zelfs nog erger, dan de effecten die veroorzaakt worden door blootstelling aan de bio-verontreinigingen waarvoor de biociden gebruikt worden om deze te verwijderen (EPA, 2006). Andere desinfectiemiddelen, met name ozon, die gebruikt worden tijdens het reinigen van de kanalen zijn ook problematisch (Hubbard, 2006; EPA, 2001). Reacties van ozon, dat uitgestoten wordt binnenshuis tijdens deze activiteiten, kunnen zorgen voor een grote bron van secundaire verontreinigende stoffen. Sommige reacties zijn bekend als irriterend en giftig (Weschler, 2006). Het ventilatiesysteem kan na het reinigen de verspreiding door het hele gebouw van biociden of ontsmettingsmiddelen en hun bijproducten vergroten.

Beperkingen

De conferentie papers over dit onderwerp zijn talrijk en wellicht interessant. De reden dat deze uitgesloten waren van dit onderzoek lag in het feit dat de meeste conferentiepapers niet peer-reviewed zijn. Maar ook het feit dat deze moeilijk vindbaar zijn speelde een rol. Dit onderzoek werd verricht door slechts één reviewer – er is dus geen sprake van een blind panel om mogelijke vertekeningen te minimaliseren. Andere beperkingen zijn: vertekeningen die eigenlijk inherent zijn aan de gepubliceerde studies, zoals vertekening die op kan treden door de selectie van de probleemgebouwen (een belangrijk punt bij een aantal van de beoordeelde studies) en de generaliseerbaarheid van de resultaten.

Toekomstig onderzoek

Een gestandaardiseerde meting van de vervuiling door stofmeting is onontbeerlijk wanneer de effecten van kanaalreiniging, aan de hand van voor- en nametingen, nauwkeurig gekarakteriseerd dienen te worden. Meer onderzoek is nodig om te beoordelen of de reinheid van een kanaal inderdaad de binnenluchtkwaliteit verbetert, het energiegebruik vermindert, de luchtstroom verhoogt en de prestaties van het ventilatiesysteem verbetert. Om meer inzicht te verkrijgen in de mechanismen die gerelateerd zijn aan een vervuild kanaal en de effecten op de gezondheid, moet toekomstig onderzoek gericht zijn op het testen van nieuwe hypothesen, zoals de effecten van specifieke fysische, chemische of microbiële agentia. Verder onderzoek is nodig voor het bestuderen van de gezondheidsvoordelen van kanaalreiniging. Dit dient onderzocht te worden in een gecontroleerde omgeving; het reinigen van de kanalen moet worden verricht binnen een blinde opzet van het onderzoek, zodat dat de onderzoekers die de resultaten beoordelen niet in staat zijn om een onderscheid te maken tussen de interventie- en controlegroep. De gezondheidsrisico's van kanaalreiniging die gerelateerd zijn aan deeltjesresuspensie, gebruik van biociden, kitten en inkapselmiddel moeten ook onderzocht worden.

CONCLUSIE

Er wordt alom beweerd dat het reinigen van ventilatiekanalen leidt tot een goede binnenluchtkwaliteit, positieve gezondheidseffecten, een verbeterde prestatie van het ventilatiesysteem, een verhoogde levensduur en een besparing op de energie- en onderhoudskosten. Uit dit onderzoek is gebleken dat er duidelijke aanwijzingen zijn dat onder normale bedrijfsomstandigheden, ventilatiekanalen vervuild kunnen zijn met stof en als opslag dienen waarin microbacteriën zich makkelijk kunnen vermeerderen. Hoewel er geen veldstudies beschikbaar zijn die een goede binnenluchtkwaliteit gecorreleerd hebben aan de reinheid van ventilatiekanalen, tonen gecontroleerde experimentele studies aan dat de resuspensie van verontreinigingen afgezet op het kanaaloppervlak vertaald kan worden naar hogere blootstellingsniveaus binnenshuis. Echter, aan de hand van dit wetenschappelijk onderzoek kan geconcludeerd worden dat er geen onomstotelijk bewijs beschikbaar is dat het reinigen van ventilatiekanalen leidt tot een verbeterde binnenluchtkwaliteit. Ondanks de grote efficiëntie die behaald wordt ten aanzien van de verwijdering van vuil in de kanalen, loopt de effectiviteit van het schoonmaken op het verminderen van de verschillende

luchtvervuilingsbronnen binnen sterk uiteen. In veel gevallen waren de luchtverontreinigende stofconcentraties na het schoonmaken hoger dan voor het schoonmaken. Daarnaast spelen de gezondheidsaspecten, door het gebruik van biociden, kitten en inkapselmiddelen die gebruikt worden tijdens sommige reinigingsprocessen, een rol. Aan de hand van deze review wordt ook geconcludeerd dat er onvoldoende bewijs bestaat dat kanaalreiniging de SBS-symptomen van gebouwgebruikers vermindert. Ook is er onvoldoende bewijs gevonden dat de luchtstroom in de kanalen verbetert en het energiegebruik vermindert door het reinigen van de kanalen. Op basis van dit onderzoek dient de noodzaak voor het reinigen van ventilatiekanalen op een juiste manier afgewogen te worden aan de hand van de mogelijke verontreinigingen die ontstaan door het reinigen en de daaropvolgende potentiële gezondheidsrisico's.

DANKWOORD

Dit werk is gefinancierd door de Clean Air Agenda van de Canadese regering en de onderzoeksbeurs van de NRC-IRC Indoor Air Initiative. De auteur heeft waardering voor de goede ideeën en opmerkingen van de Technische Adviescommissie van de Indoor Air Initiative en de deelnemers aan de Duct Cleaning Workshop. De auteur is Robert Magee en Don Fugler dankbaar voor de inbreng in het oorspronkelijke ontwerp van dit manuscript. De auteur is ook dankbaar voor de nuttige en constructieve opmerkingen van de reviewers.

De bij dit artikel horende literatuurlijst is terug te vinden op de website van TVVL: www.tvvl.nl of via onderstaande QR code

