



LUND UNIVERSITY

Textila slangfilters egenskaper och funktion

Bohgard, Mats

1990

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Bohgard, M. (1990). *Textila slangfilters egenskaper och funktion*. Lunds Tekniska Högskola.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Lunds Tekniska Högskola



TEXTILA SLANGFILTERS EGENSKAPER OCH FUNKTION

Mats Bohgard

Förord

Det ställs allt högre krav på rening av utsläpp från industriella processer och från förbränningsanläggningar. De ökande kraven har medfört ökad användning av textila spärrfilter. Dessa har normalt högre avskiljningseffektivitet för submikrona partiklar än andra konventionella gasreningsmetoder. Troligen kommer kraven att öka när det gäller denna partikelstorleksfraktion. Små partiklar har förmåga att hålla sig svävande länge i luften. Det innebär att de inte alltid främst utgör ett problem för den närmaste omgivningen utan miljöpåverkan kan uppstå långt från föroreningskällan. Små partiklar kan också ha globala effekter.

Innehållet i rapporten är en del av en förundersökning som avser att leda fram till ett kontaktforskarprojekt. Förstudien har finansierats av Envifront AB och Lunds Tekniska Högskola.

I rapporten ges en översiktlig beskrivning av funktionen hos textila slangfilteranläggningar, en genomgång av vilka egenskaper hos filteranläggningar som är önskvärda och av vilka parametrar som är väsentliga för att förutsäga funktionen. I rapporten görs också en litteraturgenomgång.

Förstudiens avsikt

Avsikten med föreliggande arbete är att förbereda ett projekt som avser att ge en långsiktig kunskapsutveckling avseende funktionen hos pulsrensade textila multislångfilter. Den övergripande målsättningen med kunskapsutvecklingen är att skapa förutsättningar för optimal utformning av sådana reningssystem, dvs genom att öka förståelsen för de fysikaliska mekanismer som ligger bakom filtrens funktion kunna förutsäga följden av en viss utformning. Detta skulle underlätta utvecklingen av anläggningar så att kravspecifikationer skulle kunna uppfyllas med högre precision än vad som är möjligt i dag.

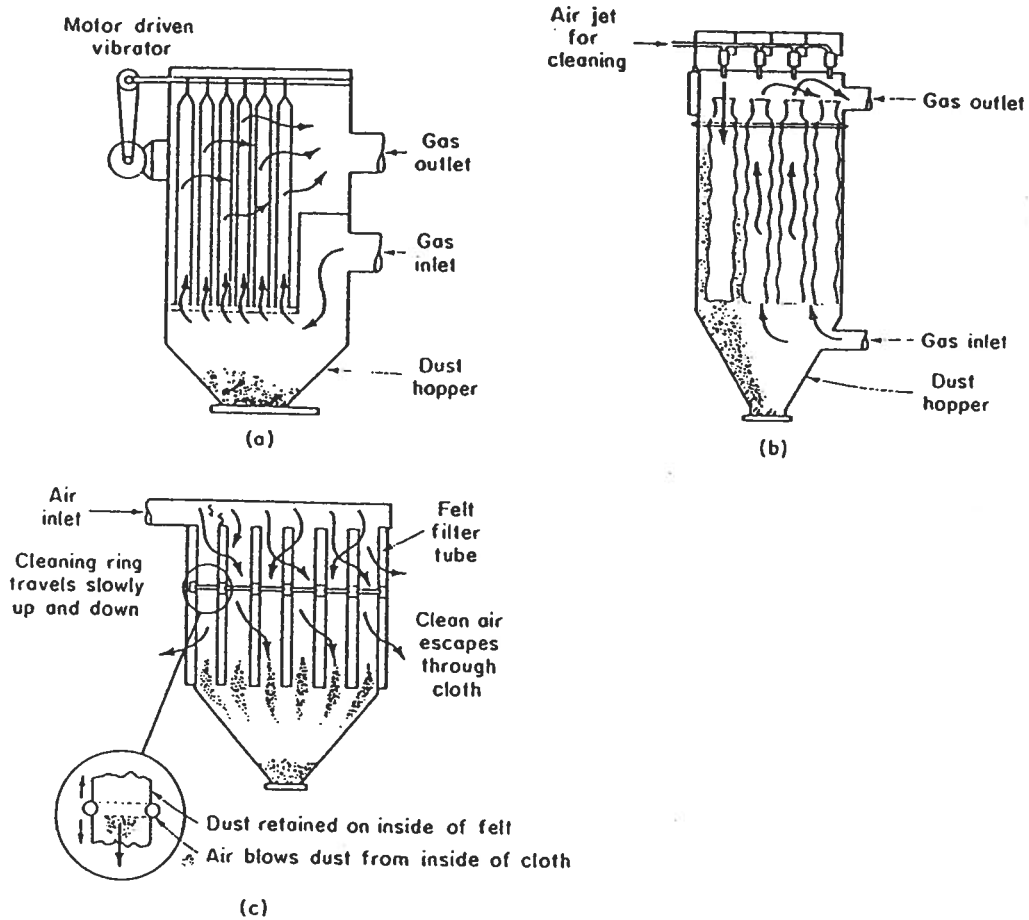
Förstudien inleds med att identifiera de egenskaper som kännetecknar en bra filteranläggning. Sedan diskuteras de parametrar som har betydelse för dessa egenskaper. Rapporten avslutas med en översiktlig litteraturgenomgång.

Hur fungerar och vad kännetecknar en god filteranläggning?

En filteranläggning av den typ som förstudien avser består av ett antal cylindriskt formade textilfilter (slångfilter). Den förorenade gasen, som t.ex kan vara luft från en industriprocess eller förbränningsavgaser från en uppvärmningsanläggning, förs genom cylindrarnas mantelytor (numera oftast utifrån och in). För att upprätthålla mekanisk stabilitet är filtermaterialet uppspant på cylindriskt formade ståltråds-konstruktioner (slångkorgar). Då förorenad gas passerar genom filtermaterialet avskiljs partiklar med viss effektivitet och de partiklar som deponeras på filterytan bygger upp ett skikt (stoftkaka) som kommer att tjäna som ett extra och effektivare filter än bakomliggande textil. Med ökande beläggning ökar tryckfallet varvid det så småningom blir så stort att luftflödet genom filteranläggningen begränsas. Då ett visst förutbestämt tryckfall uppnås rensas därför filtret genom att filterkakan skiljs av och faller ner i en stoftfälla, varifrån de avskiljda stoftet kan borttransporteras. Figur 1 visar schematiskt några olika typer av slångfilteranläggningar.

Det finns olika metoder för rensning. Den rensningsteknik som har blivit alltmer förhärskande innebär att ett motriktat pulsat luftflöde expanderar filterslangen varvid stoftkakan bryts upp och trycks bort från filtret, varefter stoftkakefragmenten under inverkan av gravitationen faller och/eller förs bort av luftströmmen.

En god filteranläggning kännetecknas av en tillräckligt hög **avskiljningseffektivitet**, dvs anläggningen ska kunna avskilja stoftpartiklar från gasströmmen i en omfattning som är önskvärd.



Figur 1. Exempel på några olika typer av slangfilteranläggningar (Fig. 7.28 från Flagan och Seinfeld (1988))

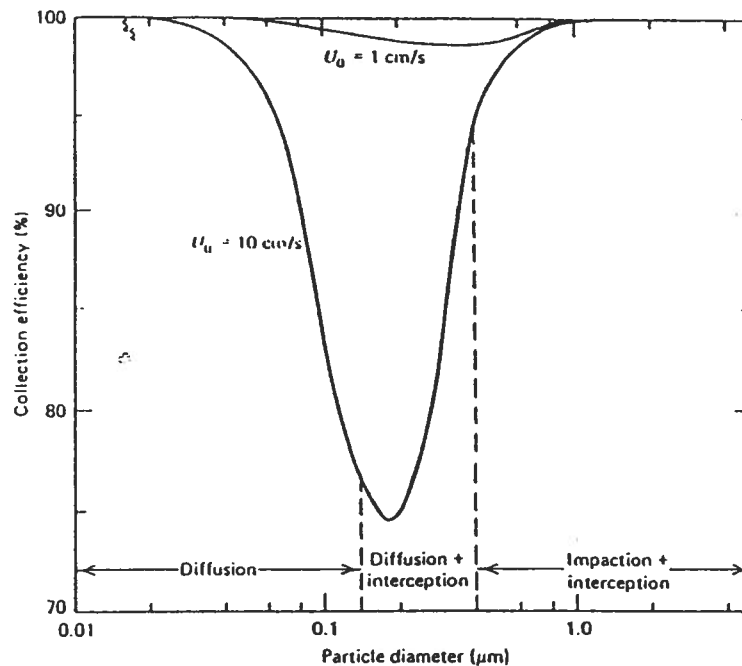
Vidare ska **tryckfallet** över filtret för ett givet luftflöde vara så **litet** som möjligt. Tryckfallet har betydelse för dimensionering av fläktar och för energiåtgång.

Filtret ska också vara **lätt att rensa** så att inte tryckfallet över filtret successivt ökar genom att deponerade partiklar ackumuleras i textiltfiltret över långa tidsperioder.

Slutligen ska filtren ha **lång livslängd**. Det innebär att de ska ha motståndskraft mot mekanisk och kemisk påverkan samt att renspulsernas intensitet och frekvens ska anpassas så att slitaget begränsas.

På vad beror effektiviteten?

Man brukar beskriva ett filters avskiljningseffektivitet som en funktion av en partikelstorleksparameter, t ex den aerodynamiskt ekvivalenta partikeldiametern. Olika avskiljningsmekanismer är verksamma vid olika storlekar. För små partiklar dominerar diffusion, för större partiklar sedimentation, impaktion och interception. Elektrostatiska effekter kan också ha stor inverkan på effektiviteten. Figur 2 visar några typiska avskiljningskurvor för ett filter.



Figur 2 Insamlingseffektivitet som funktion av partikeldiameter för fiberfilter för två olika lufthastigheter mot filtret. Fiberdiameter = $2 \mu\text{m}$, soliditet (=1 - porositet) = 0.05, filtertjocklek = 1 mm. (Fig. 9.8 från Hinds (1982) Vid den högre hastigheten har avskiljning genom impaktion ökad betydelse för partiklar med diameter mellan 0.3 och $1 \mu\text{m}$.

För ett filter utan partikelbeläggning är parametrar som fiberstorleksfördelning, porositet och elektriska egenskaper avgörande. För slangfilter där den filterkaka som byggs upp står för den huvudsakliga filtreringen beror avskiljningskarakteristiken på hur filterkakan är uppbyggd (t ex tjocklek och porositet). De parametrar som inverkar på detta torde vara partikelstorleksfördelning hos inkommande stoft, lufthastighet genom filtret, partiklarnas morfologi. Deras elektriska egenskaper och ytegenskaper, textiltfiltrets filtreringsegenskaper och ytstruktur. Luftströmningsförhållanden utanför filterkakan skulle också kunna påverka insamlingseffektiviteten.

För en given filterstruktur är lufthastighet och luftströmningsförhållanden genom anläggningen avgörande.

Allmänt gäller att med ökande lufthastighet förskjuts det typiska minimumet i filterkarakteristikkurvan (figur 2) mot minskande partikelstorlek. För ett fiberfilter ökar effektiviteten med avtagande fiberdiameter för en given porositet.

Förutom de parametrar som har betydelse för den teoretiska avskiljningseffektiviteten påverkas naturligtvis insamlings-effektiviteten av anläggningens kvalitetsmässiga egenskaper, dvs filtermaterialets homogenitet, förekomsten "hål" i filterduken, läckage mellan kaviteter för rågas och rengas.

Tryckfallet

Tryckfallet beror liksom effektiviteten på filtrets struktur och filterkakans uppbyggnad samt på lufthastigheten genom filtret. Också här kan kvalitetsmässiga egenskaper som filterdukens jämnhet och eventuella läckage ha en avgörande inverkan.

Tryckfallet ökar med lufthastigheten och filtrets tjocklek och minskar med porositeten. Normalt eftersträvas att kvoten mellan effektivitet och tryckfall blir så hög som möjligt. För fiberfilter innebär detta att man eftersträvar så små fibrer som möjligt. För filterkakan bör analogt gälla att den är uppbyggd av så små element som möjligt med upprätthållande av hög porositet.

Rensbarhet

Att filtren ska vara lätta att rensa innebär att så liten del av partiklarna som möjligt ska ha deponerats inne i filtret, dvs att stoftmängden huvudsakligen ska finnas på textiltfiltrets yta och i filterkakan. De parametrar som inverkar på detta torde vara partikelstorleksfördelning, textiltfiltrets fiberstruktur och fibrernas och partiklarnas vidhäftningsförmåga ("cohesivity")

Livslängden

Livslängden beror av rensbarheten och filtrets tålighet mot mekaniska påfrestningar och resistens mot kemisk påverkan från de kemiska föreningar som partiklarna innehåller. Stoffets och luftströmningens slitande inverkan på filterduken samt renspulsernas karakteristik och frekvens torde ha stor inverkan på livslängden.

Vilka parametrar har betydelse för anläggningens funktion?

För att kunna göra en analys och eventuellt en förutsägelse av en filteranläggnings funktion är förutsättningarna att vi känner till:

1. **aerosolens egenskaper** (storleksfördelning, elektriska egenskaper, partiklarnas struktur, ytegenskaper, partiklarnas förmåga till vidhäftning gentemot andra partiklar och filterduk, ingående gaser och ångor samt aerosolens temperatur),
2. **textilfiltrets egenskaper** (fiberstorlek/storleksfördelning, fibrernas orientering, filtrets porositet och homogenitet, ytegenskaper och mekaniska egenskaper,
3. **gashastigheten mot filtrets yta,**
4. **renspulsernas karakteristik** (intensitet, varaktighet, förmåga att bryta upp stoftkakan, frekvens för en given belastning och deras slitande inverkan på filterduken).
5. **anläggningens makroskopiska egenskaper** (geometrisk utformning, luftströmning genom anläggningen, turbulensgrad, luftströmningens samverkan med gravitation, eventuella läckage mm).

Litteraturgenomgång

I det följande görs en översiktlig genomgång av litteratur som har anknytning till de frågeställningar som är relevanta för förståelsen av funktionen hos textila slangfilter.

När det gäller grundläggande modeller för filter finns det både monografier och ett stort antal vetenskapliga artiklar. För att få någon behållning av dessa artiklar krävs i de flesta fall grundläggande kunskaper i Aerosolfysik/teknik. En introducerande bok om aerosoler har skrivits av Hinds (1981). Boken kan användas som läromedel och ger en introduktion till aerosolfysik/teknik, dvs sådana kunskaper som är grundläggande för luftburna partiklars transport och avskiljning. En användbar bok om partikelfiltrering har skrivits av Davies (1972). De vanligaste teoretiska modeller som behandlar partiklars avskiljning i fiberfilter utgår från modeller som beskriver luftflödet kring små cylindrar, varefter partikelbanor för luftburna partiklar beräknas. Ett arbete av Kuwabara (1952) ligger till grund för många av de vanligaste fungerande

modellerna. Ett ofta citerat arbete som handlar om partikelavskiljning i fibrösa filter har skrivits av Kirsch och Stechkina (1971).

När det gäller litteratur som behandlar funktionen hos textila slangfilter behandlas ofta dessa mycket översiktligt i monografier om luftreningsteknik (t ex Calvert och Englund (1984), Licht (1988) och Flagan och Seinfeld (1988)).

Följande periodiska tidskrifter innehåller ofta artiklar om olika aspekter på filtrering av luftburna partiklar.

Journal of Aerosol Science
Aerosol Science and Technology
Journal of Air Pollution Society
Journal of Fluid Mechanics
Journal of Applied Physics
Environment Science and Technology
Journal of Colloid Interface Science
Staub-Reinhaltung der Luft
Filtration & Separation
JAPCA (The journal of Air & Waste Management Association, tidigare Journal of Air Pollution Control Association)
Textile Research Institute Journal
Powder and Bulk Engineering

När det gäller arbeten som behandlar teoretiska modeller för filtrering i fiberfilter är sådana relativt vanligt förekommande i litteraturen. I denna förstudie har inte någon systematisk litteratursökning gjorts inom detta område. Här ska bara ges exempel på några publicerade artiklar:

Bahners and Schollmeyer (1986) beskriver en "Monte-Carlo-metod" för att datorsimulera filtreringsprocessen då en polydispers aerosol (en aerosol innehållande olika partikelstorlekar) passerar ett fiberfilter.

Kanaoka och Sotoji (1989) har studerat hur stoftbeläggning på enstaka fibrer i filter påverkar tryckfallet.

I Sverige har Cai och Peterson m fl., Institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH, Stockholm bl a intresserat sig för hur filterkakan byggs upp på fiberfilter. Ett antal artiklar om avskiljningseffektivitet, tryckfall och "dendritbildning" hos fiberfilter har publicerats i rapportserien "Stoftanalys", KTH. Exempel på några sådan artiklar är "Dendrites in Filters" (Cai 1990) och "p som funktion av dendritbildning" (Peterson, 1990)

En retrospektiv litteratursökning i databaser har gjorts med avseende på artiklar som specifikt behandlar textila slangfilter. Nedan görs en kortfattat genomgång av artiklar som kan vara användbara om man söker förståelse för slangfilteranläggningars funktion och egenskaper.

En genomgång av funktionen hos slangfilter med utgångspunkt i tekniska aspekter och empiriska beskrivningar om tryckfall som funktion av stoftbeläggning, partikelemission från filter, livslängd m.m. har gjorts av Strangert (1978).

Bush et al. (1989:I och 1989:II) har utifrån egenskaper hos rökgaser från koleldade kraftverk beskrivit hur rökgaserna inverkar på funktionen hos slangfilter.

Nierman (1989) presenterar en enkel datormodell med vilken konsekvenser på slangfilter av driftsförändringar i träfliseldade uppvärmningsanläggningar ska kunna identifieras.

Cushing et al. (1990) har gjort utvärdering av användares erfarenheter av 99 slangfilteranläggningar i USA. Ladd et al. (1981) rapporterar mätningar från några amerikanska koleldade kraftverk vid vilka slangfilter används för rökgasrening. Thanisch et al. (1987) rapporterar också erfarenheter från användning av slangfilter vid koleldade kraftverk. McKenna and Haley (1986) diskuterar olika testmetoder för bedömning av funktionen hos slangfilteranläggningar. Chen et al. (1986) beskriver testmetoder och redogör för testresultat avseende kvalitet hos filtermaterial från olika tillverkare.

Flera författare har behandlat möjligheter och teknik för att öka avskiljningen genom att använda sig av elektriska egenskaper hos aerosolen (Lathrache and Fissan (1986), Lamb and Duffy, (1986), Lamb and Duffy- Morris(1989))

Redfield (1988) har gjort en utvärdering av olika filterduks-materials användbarhet i slangfilteranläggningar.

Ett flertal artiklar behandlar renspulskaraktistik och rens-pulsens förmåga att avskilja stoftkakan från filterduken (Humphries and Madden (1983), Rothwell (1988), Sievert and Loeffler (1987), Templin and Leith (1988))

Slutligen, från den retrospektiva litteratursökningen, redovisar Clarke et al. (1981) i form av en patentansökan en slangkorgsutförning med löstagbara delar som uppges förlänga textilfiltrens livslängd.

Funktionen hos slangfilteranläggningar är naturligtvis kraftigt beroende av inkommande aerosol. Systematisk sökning av litteratur avseende emissionskaraktistik från olika processer har inte gjorts i denna förstudie. Bush et al. (1989:I och 1989:II) ger en del uppgifter om rökgaskaraktistik från koleldade anläggningar. Jansson och Lannefors (1987) beskriver rökgasens sammansättning från några olika typer av halmeldade värmeverk.

Fortsatta studier

För att öka förståelsen för funktionen hos en slangfilteranläggning i syfte att bättre kunna förutsäga dess egenskaper från en given konstruktion behövs ytterligare kunskaper. Nedan anges ett antal delområden som skulle kunna lämpliga för fort-

satta studier (teoretiska studier, litteraturstudier och experimentella undersökningar):

1. Den makroskopiska utformningens betydelse för anläggningens filtreringsegenskaper och rensbarhet (luftströmning mm),
2. Källkaraktäristika avseende aerosoler som avses att rensas med slangfilter,
3. Filtermaterialets och stoftkakans betydelse för insamlings-effektivitet och tryckfall,
4. Rensningens beroende av renspulsens karakteristik.

Referenser

- Bahners, T., Schollmeyer, E., Computer Simulation of the Filtration Process in a Fibrous Filter Collecting Polydisperse Dust, *Journal of Aerosol Science*, 17(1986)191-200
- Bush, P.V., Snyder, T.R., Chang, R.L., Determination of Bag-house Performance from Coal and Ash Properties: Part I, *Journal of Air Pollution Control Association* 39(1989)228-237
- Bush, P.V., Snyder, T.R., Chang, R.L., Determination of Bag-house Performance from Coal and Ash Properties: Part II, *Journal of Air Pollution Control Association* 39(1989)361-372
- Cai, J., Dendrites in Filters, *Stoftanalys*, Nr 1:1990, 8-17, Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik, Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm, (1990)
- Calvert, S., Englund, M., (Eds.), *Handbook of Air Pollution Technology*, John Wiley & Sons, New York (1984)
- Clarke, R.H., Mays, S.L., Clarke, R.H., Filter Bag with Removable Shaping Members, UK Patent Application 2064978 A (1981)
- Cushing, K.M., Merrit, R.L., Operating History and Current Status of Fabric Filters in the Utility Industry, *Journal of Air & Waste Management Association* 40(1990)1051-1058
- Davies, C N *Air Filtration*, Academic Press, London (1973)
- Flagan, R.C., Seinfeld, J.H., *Fundamentals of Air Pollution Engineering*, Prentice Hall, New Jersey (1988)
- Hinds, W.C., *Aerosol Technology*, John Wiley & Sons Inc. (1982)
- Humphries, W., Madden, J., Fabric Filtration for Coal-Fired Boilers: Dust Dislodgement in Pulse Jet Filters, *Filtration & Separation* 20(1983)40-42
- Jansson, S, Lannefors, H., *Miljövämlig energiproduktion från Halm*, Fläkt industri AB Växjö (1987)

Kanaoka, C., Sotoji, H., Pressure Drop of Air Filter with Dust Load, *Journal of Aerosol Science* 29(1989)127-137

Kirsch, A.A, Stechkina, I.B., The Theory of Aerosol Filtration with Fibrous Filters in *Fundamentals of Aerosol Science* (ed. by Shaw, D.T.), Wiley, New York (1978)

Kuwabara, S., The Forces Experienced by Randomly Distributed Parallel Circular Cylinders or Spheres in a Viscous Flow at Small Reynolds Number, *Journal of Physical Society of Japan*, 14(1959)524-532

Ladd, K.L., Chambers, R., Kunka, S., Harmon, D., Objectives and Status of Fabric Filter Performance Study, *Environment International* 6(1981)115-125

Lamb, G.E.R., Duffy-Morris, K.T., Electrical Stimulation of Fabric Filtration, *Textile Research Journal* 59(1989)257-263

Lamb, G.E.R., Duffy, K.T., Distribution of Fly Ash in a Filter Bag Operation with a Charged Axial Electrode, Technical Report, Electrical Power Research Institute, Pao Alto, California (1986)

Lathrache, R., Fissan, H., Enhancement of Particle deposition in Filters due to Electrostatic Effects, *Filtration & Separation*, November/December (1987)

Licht, W., Air Pollution Control Engeneering, Marcel Dekker, Inc., New York (1988)

Löffler, F., Jörg, S., Die Periodische Regenerierung als Kritische Phase beim Betrieb von Schlauchfiltern mit Druckstossabreinigung, *STAUB-Reinhaltung der Luft* 48(1988)273-279

McKenna, S.D., Leighton, H.H., Industrial Fabric Filter Bag Test Methods, Usefulness and Limitations, *Fluid Filtration: Gas*, Vol 1, ASTM STP 975 (ed. R.R. Ralen), American Society for Testing and Methods (1986)

Nierman H.H., Computer Models Identifies Consequences of System Changes, *Power* 133(1989)41-42

Peterson, F., p som följd av dendritbildning, *Stoftanalys Nr 1:1990*, 18-26, Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik, Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm, (1990)

Redfield, J.H., Evaluating Fabrics for Dust Collector Filter Bags, *Powder and Bulk engineering* 2(1988)30-36

Sievert, J., Loeffler, F., Dust Cake Release from Non Woven Fabrics, *Filtration & Separation*, November/December (1987)

Strangert, S., Predicting Bag Filter Performance, *Flakt Engineering* 2(1978), Technical Bulletin from Flakt Inc.

Templin, B.R., Leith, D., Effect of Operation Conditions on Pressure Drop in a Pulse-Jet Cleaned Fabric Filter, Plant/Oper. Prog. 7(1988)215-222

Thanisch, M.R., Rankin, D.M, Whaley H., Read, P.J. Fabric Filter Performance During Combustion of Coal-Water Fuel for Electric Power Generation, Proceeding from Third European Conference on Coal Liquid Mixtures, Malmö (1987)