

# VENTILATION

ENERGIEFFEKTIVE  
TEKNOLOGIER



PROJEKT 341-010+342-016

## Energibesparelspotentiale ved kombineret luftkøling og -rensning i kontorer

Undersøgelse af nye teknologier til luftrensning i kombination med klimaanlæg viser, at elektrostatiske fiberfiltre kan rense luften med høj effektivitet og lavt energiforbrug.

## MÅLSÆTNING:

Formålet med det todeltede projektforsøg, fordelt på ELFORSK-projekt 341-010 "Nye muligheder i ventilationstekniske systemer skaber energieffektiv luftkvalitet indendørs" og ELFORSK-projekt 342-016 "Energibesparelspotentiale ved kombineret luftkøling og -rensning i kontorer" var at tilvejebringe et opdateret

## MÅLGRUPPE:

Resultaterne fra de to projekter indgår i et internationalt videnskabeligt samarbejde, der omfatter indeklimaforskere i Danmark, Sverige og Canada. Resultaterne har været præsenteret og diskuteret i internationale videnskabelige fora, bl.a. Indoor Air Conference 2011 og Healthy Building Conference 2012, og formidlet til indeklimaforskere gennem artikler i bl.a. "Indoor and Built Environment".

Projekterne er af stor faglig interesse for den ventilationstekniske branche, der kan bruge resultaterne til at udvikle og optimere energieffektive installationsløsninger, der kan sikre et sundt indeklima med rensede rumluft, og som bidrager til at overholde de skærpede energikrav til nye og renoverede kontorbygninger.

## PROCESSEN:

I det indledende projekt 341-010 har SBI-AAU og Institut for Byggeri og Anlæg v/AAU undersøgt fem forskellige filterteknologier til anvendelse i luftrensere, hvor luften recirkuleres og renses. De fem filtre var Ikke-termisk plasma system (NTP), Koronaudladningssystem (CDI), det transportable luftrensningssystem Clean Air (PAP), et elektrostatiske filter (EFF) og et tredimensionelt filter (3D filter).

Filtrene blev undersøgt i SBI-AAU's luftkvalitetslaboratorium i et testrum på 32 m<sup>3</sup> med lav baggrundskoncentration af ultrafine partikler. Kilden til produktion af de ultrafine partikler var et stearinlys, der var tændt i 30 minutter og derefter fjernet fra testrummet. Undersøgelserne viste, at driften af tre af fil-

terne (NTP, CDI og PAP) forårsagede en øget ozonkoncentrationen med en deraf følgende stigning i mængden af ultrafine partikler. Det skyldes en kemisk reaktion mellem den ozon, der genereres af disse filtre, og kemiske stoffer i indeluften.

De fem luftrensningsteknologier fik også målt deres rensnings- og energieffektivitet. Her dokumenterede det elektrostatiske fiberfilter EFF den højeste evne til at rense for de ultrafine partikler og det laveste trykfald, fulgt af 3D filtret. Måleresultaterne er gengivet i tabel 1. Yderligere undersøgelser viste via CFD-simuleringer, at placeringen af filtrene i testrummet ikke havde mærkbar indflydelse på rensningseffekten.

Ved at udvikle og teste et nyt luftkonditioneringsystem, som kombinerer nye luftrensningsteknologier og køling, skulle det samlede projektforsøg afklare potentialet for at sikre et sundt indeklima i kontorbygninger med et 10-20 procent lavere energibehov end ved anvendelse af traditionelle klimaanlæg.

**EN SAMMENLIGNENDE UNDER-  
SØGELSE AF FEM NYE FILTER-  
TEKNOLOGIER TIL LUFTRENSNING  
VISTE, AT ET ELEKTROSTATISK  
FIBERFILTER HAVDE DEN  
HØJESTE RENSNINGSEFFEKT  
OG LAVESTE TRYKFALD.**

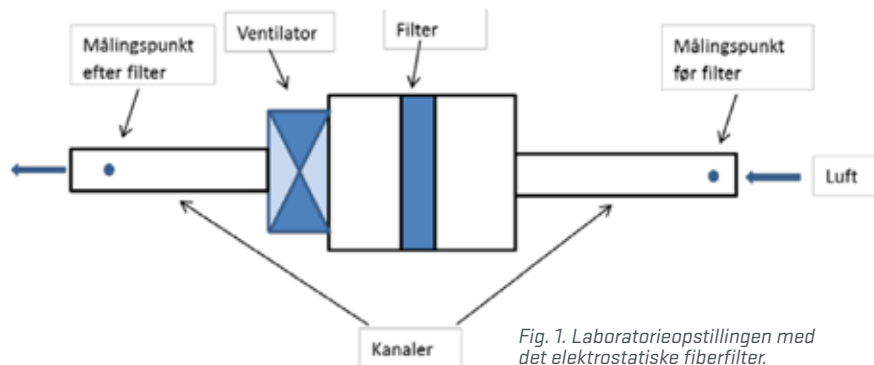


Fig. 1. Laboratorieopstillingen med det elektrostatiske fiberfilter.

trene (NTP, CDI og PAP) forårsagede en øget ozonkoncentrationen med en deraf følgende stigning i mængden af ultrafine partikler. Det skyldes en kemisk reaktion mellem den ozon, der genereres af disse filtre, og kemiske stoffer i indeluften.

De fem luftrensningsteknologier fik også målt deres rensnings- og energieffektivitet. Her dokumenterede det elektrostatiske fiberfilter EFF den højeste evne til at rense for de ultrafine partikler og det laveste trykfald, fulgt af 3D filtret. Måleresultaterne er gengivet i tabel 1. Yderligere undersøgelser viste via CFD-simuleringer, at placeringen af filtrene i testrummet ikke havde mærkbar indflydelse på rensningseffekten.

Som supplement til undersøgelsen i luftkvalitetslaboratoriet blev der gennemført eksperimentelle undersøgelser i et kontorrum. Da filtrene NTP, CDI og PAP var i drift, blev rumluftens koncentration af ozon øget, men mængden af ultrafine partikler var alligevel lavere i rumluften end i udeluften. Det kan ifølge projektgruppen hænge sammen med et lavt antal terpener i kontorrummet, der formentlig skyldes, at kemiske stoffer absorberes i materialet, og at der ikke foregik kemiske reaktioner mellem ozon og terpener i kontorrummet.

Projekt 341-010 var et ph.d.-studie, gennemført af Siamak Rahimi Ardkapan på AAU's Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakultet, der varetog supervisionen i samarbejde med SBI-AAU. Det samlede forløb blev finansieret med en tredjedel af ELFORSK, en tredjedel af AAU og en tredjedel i form af materialer, timer og faciliteter af Kemisk Institut v/København Universitet, og af virksomhederne Elfi Elektrofilter AB, Daikin Danmark/BKF Klima A/S, Vokes Air AB, Lindpro AB og Air Manager Nordic as.

Tabel 1. Luftstrøm, trykfald og udskilningsgrad for fem filterteknologier

Filter	Luftstrøm	Trykfald	Udskilningsgrad
NTP	140 m <sup>3</sup> /h	17 Pa	9 %
CDI	43 m <sup>3</sup> /h	23 Pa	40 %
PAP	300 m <sup>3</sup> /h	31 Pa	15 %
3D filter	180 m <sup>3</sup> /h	18 Pa	50 %
EFF	216 m <sup>3</sup> /h	5 Pa	78 %

Måleresultater fra ph.d.-projektet. Lavt trykfald giver størst energieffektivitet.

## RESULTATER:

Da resultaterne i ph.d.-studiet (ELFORSK-projekt 341-010) havde vist, at det var det elektrostatiske fiberfilter, der både havde den højeste rensningseffektivitet og det laveste trykfald og deraf følgende energiforbrug, blev denne teknologi valgt som filter i det kombinerede køle- og luftrensningssystem, der blev udviklet og testet i projekt 342-016. Systemet består udover filtret af en kølebuffel, der monteres i loftet i et kontorlokale.

Et elektrostatiske fiberfilter EFF består af et stort antal fibre, hvor diameteren af fibrene spænder fra nanometer til mikrometer. I denne type filter tilbageholdes partikler på grund af mekaniske effekter og elektrostatiske effekt. Ulempen ved EFF er, at dets rensningseffekt svækkes hurtigere end de øvrige filterteknologier og dermed har kortere levetid. Men både effektivitet og levetid kan optimeres ved at kombinere dette filter med en Ionizator for filtret.

Luftkonditioneringsystemet blev udviklet og opbygget som prototype i et samarbejde mellem SBI-AAU, Lindab Komfort A/S, Elfi Elektrofilter AB, Vokes Air AB og Lindpro AB. Målinger på denne prototype blev gennemført i en laboratorieopstilling med et testrum på 32 m<sup>3</sup> i SBI-AAU's luftkvalitetslaboratorium og viste, at partikeludskilningsgraden lå mellem 55 og 80 procent, afhængig af partikelkoncentrationen. Udskilningsgraden voksede med partikelkoncentrationen indtil et niveau på 60.000 ultrafine partikler pr. cm<sup>3</sup>. Også i dette forsøg blev der brugt et tændt stearinlys som partikelkilde.

Dette måleresultat kom umiddelbart som en overraskelse for forskerne, da det ikke stemte med hidtidige observationer. Der blev derfor gennemført supplerende eksperimenter med saltpartikler opløst i vand. I dette kontrolforsøg blev der ikke registreret samme sammenhæng mellem partikelkoncentration

og udskilningsgrad som i forsøgene med de ultrafine partikler. SBI-AAU iværksatte yderligere undersøgelser for at afklare årsagen til, at udskilningsgraden af et elektrostatiske filter øges med koncentrationsniveauet. På baggrund af undersøgelserne blev det vist, at årsagen er, at der dannes kædelignende dendritter på filtrets fibre.

En undersøgelse af køleblæns energibehov med og uden luftrensning blev gennemført i Lindabs laboratorium i et rum på 51 m<sup>3</sup>. Der blev målt effektbehov ved tre forskellige luftstrømme i tilluftskanalen. Måleresultaterne er vist i tabel 2. Der blev målt et 38 procent lavere effektbehov i køleblænen med filter ved en luftstrøm på 15 l/s end køleblænen uden filter.

SBI-AAU gennemførte også i projekt 342-016 CFD-simuleringer for at kunne studere, hvordan fordeling og koncentration af ultrafine fibre i forskellige højder i rummet afhænger af varmekildens og partikelkildens placering i rummet. Simuleringen blev efterfølgende sammenlignet med eksperimentelle undersøgelser i testrummet på SBI-AAU. Resultaterne af simuleringer og målinger er sammenlignet i fig. 2 og fig. 3, der viser temperaturprofil i en lodret linje i rummet. I fig. 2 er varmekilden placeret 10 cm over gulvet, i fig. 3 var varmekilden 50 cm over gulvet.

**Tabel 2. Køleblæns energibehov med og uden filter**

Luftstrøm	Køling med filter	Køling uden filter	Energibesparelse
15 l/s	242 W	390 W	38 %
25 l/s	310 W	435 W	29 %
45 l/s	410 W	525 W	22 %

Køleblæns energibehov ved forskellige luftstrømme. Øget luftstrøm reducerer energibesparelsen ved brug af filter.

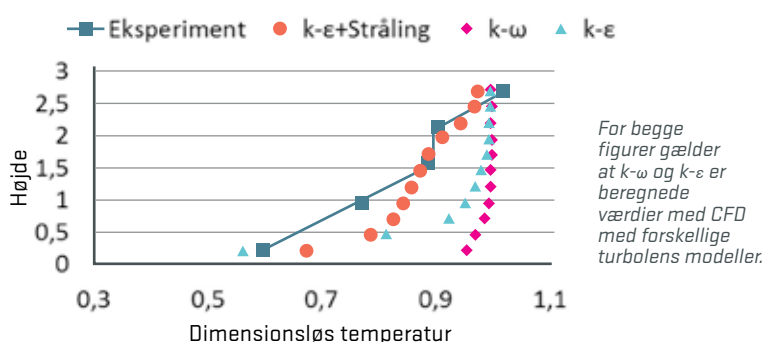


Fig. 2. Målt og beregnet temperaturprofil. Varmekilden placeret 10 cm over gulvet.

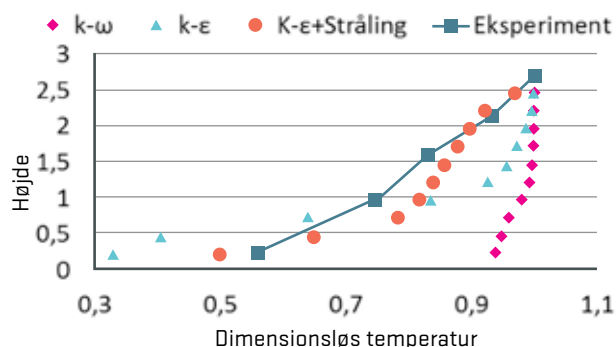


Fig. 3. Målt og beregnet temperaturprofil. Varmekilden placeret 50 cm over gulvet.

## EFFEKT:

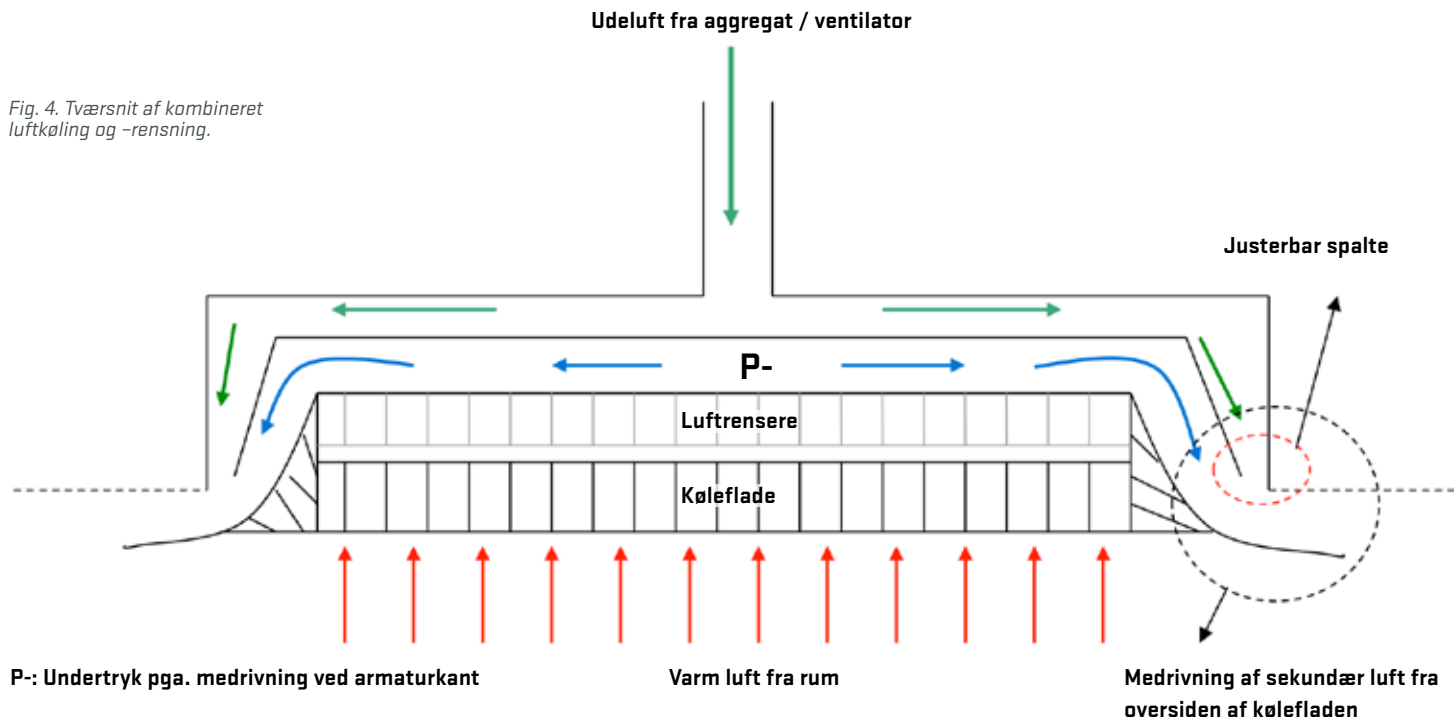
Nyere indeklimaforskning har vist, at brugerne reagerer positivt over for forhøjede ventilationsrater, hvis disse ikke medfører trækgener, fordi brugerne oplever en renere rumluft. Men forhøjede ventilationsrater medfører et øget energiforbrug til drift af ventilatorer og til opvarmning af den indblæste udeluft. Dertil kommer, at der i mange tilfælde indblæses udeluft med højt forure-

ningsniveau fra trafik og anden partikelforurening.

Der har derfor været øget opmærksomhed på potentialer i kombinerede systemer, hvor et klimaanlæg kombineres med et luftrensningssystem. Resultaterne fra de to projekter, som SBI-AAU har gennemført for ELFORSK, bekræfter, at dette system, der anvender ele-

ktrostatiske fiberfilter med en høj rensningseffekt og et lavt trykfald, er et mere energieffektivt luftrensningssystem. De energibesparelser, der kan opnås med den type rensningsteknologi, kan gøre det lettere for bygherrer af kontorbygninger at leve op til de stadig mere skærpede energikrav i Bygningsreglementet.

Fig. 4. Tværsnit af kombineret luftkøling og -rensning.



P-: Undertryk pga. medrivning ved armaturkant

Varm luft fra rum

Medrivning af sekundær luft fra oversiden af kølefladen

### Projektledelse:

Alireza Afshari  
Statens Byggeforskningsinstitut-AAU  
København  
A.C. Meyers Vænge 15  
2450 København SV

E-mail: ala@sbi.aau.dk  
Telefon: 99 40 23 93  
Web: www.sbi.dk

### Projekt:

Titel: Nye muligheder i ventilationstekniske systemer skaber energieffektiv luftkvalitet indendørs & Energibesparelsespotentiale ved kombineret luftkøling og -rensning i kontorer  
Nr. 341-010 & 342-016  
PSO Program 2009 og 2010  
Budget i alt: 5.580.547 kr.,  
hvoraf 2.850.082 kr. i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.03.2009-31.12.2013

### Program-kordinator:

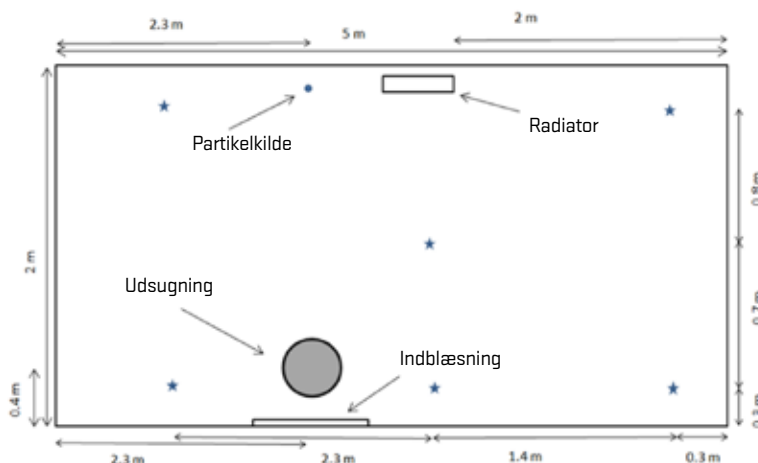
Forskningskordinator Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frederiksberg C

E-mail: jbj@danskenergi.dk  
Telefon: 35 300 934  
Web: www.elforsk.dk

## HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

SBI-AAU har i forlængelse af de to forskningsprojekter igangsat yderligere undersøgelser bl.a. for i detaljer at studere rensningseffektivitet og levetid af filtret i luftkonditioneringsystemet i kontorbygninger ved at kombinere systemet med en iongenerator før filtret. Lindab og Vokes Air AB, der har bidraget til tilvejebringelse af prototypen, ventes at kunne udnytte den nye viden om rensningseffektivitet og luftrensningssystemets samspil med partikkelkoncentration og arten af forurening af rumluften til at optimere deres produkter.

Fig. 5. Skitse af testrummet med placering af varmekilde, kilde til generering af partikler (stearinlys), prøvetagningssteder (stjerner) og rummets tilluft og fraluft.



VED AT BENYTTE MODERNE LUFTRENSNINGSFILTRE I KOMBINATION MED KØLEBAFLER FÅR BYGHERRER LETTERE VED AT SKABE ET SUNDT INDEKLIMA OG SAMTIDIG OPFYLDE SKÆRPEDE ENERGIKRAV.