Skov & Landskab

Center for Skov, Landskab og Planlægning

Skimmelsvampe på flisfyrede varmeværker

Sporespredning og forebyggelse

Simon Skov

Miljøministeriet
Forskningscentret for Skov & Landskab

Rapportens titel
Skimmelsvampe på flisfyrede varmeværker. Sporespredning og forebyggelse.

Forfatter
Simon Skov

Udgiver
Skov & Landskab (FSL)
Hørsholm Kongevej 11
2970 Hørsholm
Tlf. 4576 3200
Fax 4576 3233
fsl@fsl.dk

Serietitel, nr.:
Arbejdsrapport nr. 49
Publiceret på www.skovoglandskab.dk

Dtp
Inger Grønkjær Ulrich

Bedes citeret
Forfatter Simon Skov (2003): Skimmelsvampe på flisfyrede varmeværker. Sporespredning og forebyggelse. Arbejdsrapport nr. 49, *Skov & Landskab*, Hørsholm, 2003. 65 s. ill.

Oplag
75 eks.

Pris
150 kr. inkl. moms

Fotos
Simon Skov

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse
I salgs- eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt anvendelse af *Skov & Landskab*'s navn kun tilladt efter skriftlig tilladelse.

Rapporten kan købes ved henvendelse til
Skov & Landskab (FSL)
Hørsholm Kongevej 11
2970 Hørsholm

Abstract

The aim of this project was to examine the dispersal of mould spores from wood chips at district heating and CHP plants and test methods to reduce the spore content in the air.

Mould spores in the air we breathe can constitute a health risk. Many work situations have been shown to create a risk of exposure to mould spores. The symptoms connected to inhalation of mould spores are diverse. Typical illnesses are headache, tiredness, nasal congestion and irritated eye/skin/throat. In addition, genetically disposed workers may develop serious diseases like allergy or asthma. Recently, mould problems have come into focus in relation to heating and power plants using wood chips.

The distribution of mould spores in district heating and CHP plants was examined over a 2-year period. Spore loads in different areas were demonstrated by weekly measurements of spore concentrations in the air in a number of heating and power plants. Methods to reduce the spore concentration were tested. Measurements were taken before and after appropriate changes were done to reduce spore loads.

The results show that the chip storage rooms are permanently and strongly polluted. The spores are dispersed from the storages to the boiler rooms, which are momentarily and moderately polluted. Because the majority of working hours are spent in the boiler rooms, even moderate pollutions require action taken. The remaining rooms (including offices) in a heating or power plant are seldom seriously affected by mould spores.

From the tests, it can be seen that effective changes reduced the concentration of mould spores in the boiler room to a level similar to the natural outdoor level. One change proven effective was a double door between storage room and boiler room to prevent direct spore dispersal. Surveillance of the storage room via windows or video cameras can also be recommended to reduce visits to the heavily polluted area. Using af ventilation system, with inlet minimum 2 metres above the roof also insures better air quality in the boiler room.

Some of the main conclusions of the study are that moulds are present in stored wood chips in concentrations which could cause adverse work conditions in heating and power plants using woody biomass. The measures suggested here can improve the situation in most existing plants. Regarding to future heating or power plants (co-)fired with woody biomass, the risk of mould spore contamination should be taken into account at the planning stage.

The number of affected people in these plants is largely unknown, mainly due to a general lack of awareness of the connection between symptoms and exposure. Thus, the symptoms are not reported as work environmental

problems. Comprehensive medical screening of workers at heating and power plants should be carried out to get a more accurate understanding of the actual exposure and health effects. In Denmark, such a study has recently been initiated.

Keywords:
Mould, spore, chips, bioenergy, ventilation, working environment, asthma

Indhold

Abstract **3**

Keywords 4

Introduktion **7**

Formål **9**

Publikationer **10**

Publikationsliste 10

Metode **12**

Sporefangst og tælling 12

Biap Slitsampler 12

Scan og print 12

Navne 12

Enheden »cfu« 12

Måletid 13

Målevolumen 13

Maksimaltal 13

Forsøgsdesign 14

Målesteder 14

Varmeværker 15

Private fyr 15

Ombygninger 15

Lagerbesøg 16

Fejlkilder 16

Resultater **17**

Fordeling 17

Kedelhal 18

Sporekoncentrationen i gennemsnit 19

Frekvensfordeling 20

Ude/inde 21

Normaltal 21

Inde/ude sammenhæng 22

Flislagre 26

Antallet af lagerbesøg 27

Sporespredning gennem lagerdøren 28

Aflæsning 29

Slusen 30

Statistiske resultater 32

I slusen 33

Personalets vurdering 33

Ventilation 34

Personalets vurdering 34
Beskrivelse af 7 varmeværker 35
Anbefalinger til drift og indretning 38
Indretning 38
Slusedør 38
Ventilation 40
Videoovervågning af lageret 42
Fuger og samlinger 43
Udsugning i tørre/vejerum 45
Filtrerende indsug på førerkabiner 46
Drift 47
Maske 47
Filterturbo 48
Overtræksdragt 49
Aflæsning 49
Vejning og tørring 49
Instruktion 50
Privat flisfyring 51
Sporefordelingen 51
Manuel flishåndtering 52
Lagerforhold 52
Naborum til fyr eller lager 52
Gode råd ved privat flisfyring 53
Sundhedsrisiko 54
Påvirkning 54
Gener 54
Type I allergi 55
Type III allergi 55
Astma 55
Alveolitis 56
Allergilignende reaktioner 57
Andre reaktioner 57
Hyppighed 57
Konklusion 59
Eksponering for skimmelsvampe 59
Værnemidler 59
Ombygninger 59
Privat flisfyring 60
Sygdom 60
Fremtidige undersøgelser 61
Litteratur om skimmelsvampe, flis og allergi 62

Introduktion

Denne undersøgelse sætter fokus på forekomsten af skimmelsvampe på flisfyrede varmeværker. Antallet af biobrændselsfyr og antallet af personer, der beskæftiger sig med flis, er stigende. Derfor er det vigtigt at få opbygget en viden om risikoen ved dette arbejde. Det er håbet, at personer uden kendskab til problematikken via denne rapport og den øvrige formidling af dette projekt kan få et indblik i emnet og få den nødvendige viden til at undgå helbredsproblemer som følge af skimmelsvampe.

Skimmelsvampe medfører sundhedsrisiko, det er velkendt. En af de meget omtalte sammenhænge mellem skimmelsvampe og helbred er "tærskerlunge". Førhen var det almindeligt, at landarbejdere blev syge, når de tærskede. Senere er "tærskerlunge" blevet en sjælden lidelse, men reaktionerne optræder i andre sammenhænge. Nu kan man f.eks. møde mejeristlunge, gartnerlunge og savværkslunge. Disse alvorlige tilfælde er heldigvis sjældne, men eksponeringen for skimmelsvampe kan medføre andre, mindre alvorlige, gener, som ikke synes så sjældne. Ved formidling om skimmelsvampe og forslag til forbedringer af anlæg og rutiner kan det undgås, at "flislunger" bliver et almindeligt begreb. Målet er, at de rette indretninger og arbejdsmetoder anvendes, så man kan udnytte flis som energikilde, uden at risikere arbejdsmiljøproblemer.

Det skal stå klart for enhver, at arbejdsmiljøproblemerne, som følger af skimmelsvampevæksten i flis, ikke betyder, at man bør undlade at benytte flis til energiformål ! Det er almen viden, at man ikke må ryge på en tankstation. Bruger man flis som energikilde, skal man tage andre sikkerhedshensyn. Det er vigtigt at holde fast i proportionerne. Når man læser en rapport om et problem, kommer det måske til at virke stort. Problemet med skimmelsvampe i flis kan oftest løses med mindre investeringer og ændrede arbejdsrutiner. Kun hvis risikoen er ukendt, og flisen håndteres uhensigtsmæssigt, er risikoen betydelig.

Denne rapport præsenterer måleresultater, anbefalinger og erfaringer, der er opbygget gennem projektet "Sundhedsrisikoen ved håndteringen af flis til energiformål", der er betalt af Energistyrelsens UVE-midler, journalnummer 51161/00-0076. Projektet er en fortsættelse af Pilotprojektet: Brændselsflis og mikrosvampe, som ligeledes blev betalt af Energistyrelsen, journalnummer 1383/96-0008.

Der findes ingen grænseværdier for skimmelsvampe. For organisk støv er der en grænseværdi på 3 mg/m^3. Denne grænseværdi skal forstås som summen af organisk støv. I støvet kan der være elementer, der har lavere grænseværdier. Det har f.eks. træ, som kun må udgøre 2 mg/m^3. Flere varmeværker har fået udført støvmålinger, der viser, at det totale støvniveau ikke er for højt. Det er dog ikke nogen garanti for, at der ikke er uacceptabelt høje koncentrationer af skimmelsvampesporer. Af denne grund er det

vigtigt at sætte fokus på skimmelsvampene. Man kunne også have inkluderet endotoxin i undersøgelsen. Det er i andre projekter vist, at endotoxin også udgør en sundhedsfare. Af hensyn til projektets økonomi er endotoxinmålinger udeladt.

I rapporten kaldes alle typer af spredningsceller for sporer. Det har ingen praktisk relevans at dele sporerne op i de forskellige klasser, som findes i mykologien.

Der findes flere forskellige metoder til registrering af skimmelsvampesporer i luften. Desværre er der forskellige problemer med hver enkelt metode. I dette projekt er anvendt en Biap Slitsampler, der fungerer efter slit to agar-princippet. Der skal gøres opmærksom på, at de sporeværdier, der optræder i rapporten, kun kan sammenlignes med målinger taget med samme metode.

Formål

Det er formålet med projektet at afdække, om der i forbindelse med anvendelse af flis til energiformål er risiko for, at personalet udsættes for skimmelsvampeforurenet luft. Det har længe været kendt, at der er skimmelsvampe i luften på flislagre, mens spredningen fra lagrene har været ukendt. Omfanget og betydningen af forureningerne skal behandles i dette projekt. Hvis koncentrationerne viser sig at være sundhedsskadelige, skal problemet analyseres, og der skal udvikles løsningsforslag. En del af disse løsningsforslag skal afprøves, og effekten dokumenteres med sporemålinger.

På flisfyrede varmeværker er der stor interesse for arbejdsmiljø, men der er generelt et lavt vidensniveau om skimmelsvampe blandt ansatte. Da uhensigtsmæssige arbejdsrutiner som følge af manglende viden er afgørende for eksponeringens størrelse, er det prioriteret højt at formidle resultaterne direkte til branchen.

Desuden har private flisfyr været i fokus. Det skulle undersøges, om der i forbindelse med privat flisfyring opstår situationer med kraftigt forhøjede sporekoncentrationer.

Flisfyrede varmeværker ser meget forskellige ud, men mange er opbygget efter samme princip. I denne undersøgelse har Trustrup-Lyngby varmeværk spillet en stor rolle.

Publikationer

I løbet af projektperioden er der publiceret en række artikler om emnet. Desuden er projektets resultater formidlet ved en lang række andre lejligheder.

Publikationsliste:

Skov. S. 2001:
Skimmelsvampe på flisfyringsværker. Dansk BioEnergi, 57 (26-27)

Skov. S. 2001:
Pas på skimmelsvampe. Dansk BioEnergi, 59 (16-18)

Skov, S. 2002:
Skimmelsvampe må ikke blive et sundhedsproblem. Fjernvarmen, 3 (12-14)

Skov, S. 2002:
Privat flisfyring og skimmelsvampe. Dansk BioEnergi, 65 (6-7)

Skov, S. 2002:
Sundhedsskadeligt træstøv fra brændselspiller. Skoven, 11 (508-509)

Skov, S. 2002:
Flisfyring og skimmelsvampe. Skoven, 11: (510-511)

Skov, S. 2002:
Ny CD formidler viden om skimmelsvampe på flisværker. Fjernvarmen, 12 (4)

Skov, S. & Thomsen, I.M. 2002:
Sundhedsskadelige skimmelsvampe i flis. Videnblad 5.26-13. Park- og Landskabsserien. *Skov & Landskab* (FSL)

Skov, S. & Thomsen, I.M. 2002:
Sundhedsskadelige skimmelsvampe i flis. Videnblad 11.0-4. Skovbrugsserien. *Skov & Landskab* (FSL)

Skov, S. 2003:
DFF har gjort en god handel – penge til F&U er givet godt ud. Fjernvarmen, 1(22)

Skov, S. 2003:
Husk masken når du arbejder med flis. Dansk BioEnergi 67 (19)
Nielsen, E.J. 2003: Håndtering af flis kan skade helbredet. Skov & Landskab NYT 1/ 2003

Skov S. 2003:
Sådan undgår du skimmelsvampe. Dansk Bioenergi, 69 (20-21)

Skov, S. 2003:
Med filter- tak. Dansk Bioenergi 70 (16-18)

Skov, S. 2003:
Filter-fakta - om filtre og åndedrætsværn. Skoven 9 (432-4)

Desuden er emnet blevet formidlet ved:

- Temadag 12/6-01 med rundvisninger, foredrag og debat.
- Skov & Teknik 2002 med en poster og lungefunktionsmåler.
- Diverse foredrag bl.a. DFF's flis- og pillegruppemøde og Årsmøde for

primærværkernes sikkerhedsudvalg.

- Sammen med Danske Fjernvarmeværkers Forening er der udgivet en CD, en folder og en plakat. Sættet er gratis sendt ud til alle ansatte på flisfyrede varmeværker.
- Skov & Landskabskonferencen 2003 med poster "Skimmelsvampe i flis kan udgøre en sundhedsrisiko"
- Interviews til diverse blade og aviser.

Formidlingsmøder har bidraget til, at varmebranchen nu i højere grad er bekendt med skimmelsvampeproblematikken.

Metode

Sporefangst og tælling

Biap Slitsampler

Til analyse af luftens indhold af skimmelsvampesporer er der anvendt en Biap Slitsampler og mediet V8 agar med antibiotikum. Denne sampler virker ved, at en pumpe trækker en beskedent mængde luft gennem en sprække på 1 mm bredde. Derved opnår luften en hastighed på ca. 100 km/time. De sporer, der er i luften, får en øget kinetisk energi og afbøjes derfor ikke, når luftstrømmen rammer en agarplade, der roterer under sprækken.

Med en Biap Slitsampler er der taget over 1000 luftmålinger, hvor luftens sporeindhold er fanget og dyrket på agarplader.

Sporerne fanges på agarpladens fugtige overflade, hvor de efter dyrkning ved 27° C i ca. 7 dage er vokset til kolonier.

Scan og print

Hver agarplade bliver scannet, og på farveprintet tælles kolonierne. Agarpladen bruges til at slægtsbestemme de kolonier, der ikke umiddelbart kan bestemmes ud fra printet. Scan/print-metoden er velegnet til at sikre den kvantitative bestemmelse af luftens indhold af skimmelsvampesporer. Det er en stor fordel at kunne tælle samtidigt med, at kolonierne bliver markeret på printet.

Navne

Svampene er opdelt i 9 kategorier, som er slægterne: *Penicillium, Aspergillus, Rhizopus, Cladosporium og Trichoderma*, arterne: *Aspergillus fumigatus* og *Aspergillus niger,* vækstformen: gær og en diversegruppe, der bl.a. indeholder sterile mycelier, sammenvoksede og ubestemmelige svampe og skimmelsvampe, der ikke hører hjemme i de andre kategorier.

Enheden »cfu«

Metoden giver resultater med enheden »cfu« eller colony forming unit (kolonidannende enheder). Af formidlingsmæssige årsager vil cfu blive omtalt som sporer igennem hele rapporten. Ved denne metode registreres kun spiringsdygtige sporer og ikke døde sporer. Metoden indebærer også, at der opstår et misforhold mellem hurtigt spirende og langsomt spirende arter. Da væksten på agarpladerne opgøres efter ca. 7 dage, vil arter med en langsommere spiring ikke blive talt med. Der vil også være tendens til, at hurtigt voksende arter vil blive overrepræsenteret i forhold til langsomt

voksende arter, idet kun synlige kolonier tælles. Endelig indebærer metoden den fejlkilde, at samlinger af sporer vil blive talt som én koloni og ikke som det antal sporer, der var i samlingen.

Måletid

Der er benyttet to forskellige måletider i undersøgelsen. Fra begyndelsen blev der anvendt en måletid på 3 minutter. Det vil sige, at en agarplade var tre minutter om at dreje en omgang, og der blev suget ca. 300 liter luft ned over pladen. Det viste sig, at det var mere hensigtsmæssigt at reducere måletiden til 1 minut. Det betyder, at der er færre kolonier på pladerne, idet der kun suges 100 liter luft ind pr.måling. For alle målinger gælder det, at resultatet bliver ganget op, så resultatet svarer til antallet af cfupr.1000 liter luft. Af hensyn til de indregnede usikkerheder er det uhensigtsmæssigt at skifte måletid midt i et projekt. Det er dog blevet vurderet, at denne ulempe blev opvejet af fordelene ved en mere velegnet måletid. Et minuts måletid har vist sig optimal til at dække de koncentrationer, som findes på målestederne.

Målevolumen

Den pumpe, der suger luft gennem sporefangeren, skal suge et kendt volumen luft ind, for at cfu-antallet kan beregnes pr.kubikmeter luft. Da Biap Slitsampleren blev leveret sugede den 5,97 m^3/time. Uheldigvis blev pumpen utæt og måtte sendes til reparation. Fejlen var ikke iøjnefaldende og blev først opdaget efter længere tids brug. Efterfølgende måtte de fejlagtige målinger tages ud af datasættet og analyseres for sig. Af den grund er der kun fejlbehæftede målinger mellem 21/11-01 og 8/2-02. Da sporefangeren kom tilbage fra reparation med en ny pumpe sugede den ikke præcist lige så meget som den gamle pumpe. Efter d. 8/2-02 er sporekoncentrationen beregnet ud fra en sugeevne på 6,35 m^3/time.

Maksimaltal

Metoden har en overgrænse for hvor høj en sporekoncentration, der kan tælles. Hvor denne grænse ligger, kan diskuteres. Grænsen er kun interessant set fra en statistisk vinkel. De høje tal indgår i beregningerne og skal derfor tildeles en bestemt værdi. Set fra en arbejdsmiljømæssig vinkel er det til en vis grad underordnet, hvor højt værdien ligger. Det vigtige er, at den befinder sig over det, som man normalt anser som et kritisk niveau. Målinger på meget forurenede steder resulterer i en tæt skimmelvækst på agarpladen. Kolonierne kan ikke adskilles og dermed hverken bestemmes eller tælles. Det maksimale antal kolonier, der kan adskilles på agarpladerne varierer fra art til art. Der kan derfor ikke sættes noget fast maksimaltal. Som en tommelfinger regel kan der tælles ca. 2.000 kolonier pr. agarplade. Det giver hhv. ca. 7.000 og ca. 20.000 sporer/m^3 ved 3 og 1 minuts måletid (korrigeret for, at pumpeeffekt blev ændret samtidigt med, at måletiden blev nedsat). Skiftet mellem 1 og 3 minutters måletid giver mulighed for at analysere, hvorvidt 7000 sporer/m^3 er et reelt maksimaltal. Ved at beregne gennemsnittet af tal, der ligger over 7000 sporer/m^3, kan agarpladerne med sammenvoksede kolonier tildeles et bedre maksimaltal. I dette tilfælde blev tallet ca. 18.000 sporer/m^3. Det er sikkert, at nogle af de plader, der er tildelt maksimaltallet ca. 18.000 sporer/m^3, der reelt har været udsat for en

langt højere koncentration af sporer. Der er dog ikke noget grundlag for at øge maksimaltallet.

Man kunne vælge, at de 1-minuts målinger, der er sammenvoksede og har været udsat for en koncentration over 20.000 sporer/m^3, ikke skulle tildeles det lavere maksimaltal. Det ville dog give statistiske problemer at bruge to maksimaltal, og derfor er alle sammenvoksede agarplader tildelt samme tal, uanset måletiden.

Forsøgsdesign

Projektet har et meget bredt formål og må derfor se problematikken fra forskellige vinkler. Der er blandt andet set på forekomsten af skimmelsvampe –

- på både små og mellemstore flisfyrede varmeværker
- på flislagre
- på snegleFødte og kranFødte værker
- til vurdering af lagerdøren som spredningsvej
- på kontorarealer
- i forbindelse med flishåndtering
- udendørs til vurdering af årstidsvariationen
- i private fyrrum
- i nærtliggende rum til private fyrrum
- på private flislagre
- før og efter ombygninger

Ved at gennemføre over 1000 målinger på forskellige målesteder kan der udtrækkes data til at belyse sporeforekomsten i forskellige sammenhænge.

Målesteder

For at tilgodese alle elementer er der gennemført en målerutine med følgende kategorier af målepunkter:

- »Hal« er målinger taget midt i kedelhallen.
- »Åben Lager« er målinger taget midt i kedelhallen øjeblikkeligt efter, at lagerdøren er åbnet.
- »Lager« er målinger taget på lageret.
- »Ude« er målinger taget udenfor værkets hoveddør. På Ebeltoft og Trustrup Varmeværk er der taget ude-målinger på hhv. to og tre sider af bygningen.
- »Kontor« er målinger taget på kontorer eller lignende »rene« overvågningslokaler.
- »Vejerum« er målinger taget, hvor der afvejes og tørres flis.
- »Sluse« er målinger taget inde i en sluse. Døren mod lageret har ikke været åbnet.

Varmeværker

op til 1,4 MW, tilsyn	4 MW, 1 ansat	8 MW, todelt anlæg, 2 ansatte
Tirstrup, Balle, Ørum, Glesborg og Stenvad Varmeværk ▪ hal ▪ åben lager ▪ ude	Trustrup-Lyngby Varmeværk ▪ ude 1, 2 og 3 ▪ kontor (overvågning) ▪ kontor (sekretær) ▪ vejerum ▪ hal ▪ sluse ▪ lager	Ebeltoft Varmeværk ▪ ude 1 og 2 ▪ hal ▪ lager ▪ kontrolrum ▪ lille hal ▪ lille lager ▪ kontor ▪ vejerum

Desuden er der taget særmålinger på Assens, Galten, Allingåbro, Vivild, Svebølle-Viskinge, Snertinge-Serslev-Føllenslev og Skørping varmeværker. Endelig er der målt i forbindelse med flisaflæsning og hugning.

Private fyr

For at belyse forholdene ved privat flisfyring er der taget følgende målinger:

Privat flisfyr	Privat flisfyr	Privat flisfyr	Privat flisfyr
Thorup Hede, Rold ▪ fyrrum ▪ lager	Tvedhus, Rold ▪ lager ▪ naborum ▪ flishåndtering	Gunnarshus, Rold ▪ fyrrum ▪ lager ▪ ude ▪ flishåndtering	anonymt gods, Djursland ▪ fyrrum

Privat flisfyring sker under helt andre forhold end på et varmeværk. En langt højere del af flishåndteringen er manuel.

Ombygninger

Efter forekomsten af sporer er analyseret, er der udarbejdet en række forslag til ændringer på flisfyrede varmeværker. Der har været mulighed for at afprøve en del af disse forslag. På Trustrup-Lyngby Varmeværk er der lavet ændringer i ventilationssystemet i de rene rum, lavet friskluftindtag til kedelhallen og bygget en sluse ved den oprindelige dør mellem lageret og

kedelhallen. Ombygningerne beskrives i detaljer i afsnittet »Anbefalinger til drift og indretning« side 38.

For at efterprøve ombygningernes effekt på sporeniveauet er der foretaget sporemålinger både før og efter ombygningerne.

I Ebeltoft er ombygningen ikke sket som en planlagt del af projektet, men som en hurtig respons på målingerne. Ombygningen er planlagt og betalt af værket. I forhold til måleserien kom ombygningen for tidligt. Det havde været optimalt med lige mange sporemålinger inden og efter ændringerne, men sådan blev det ikke. Der er nu relativt få målinger i Ebeltoft inden ombygningen og relativt mange målinger efter.

I Trustrup er både slusen og ventilationsanlægget ombygget for projektmidler. Her fordeler målingerne sig mere ligeligt. Dog er der relativt mange målinger inden og relativt få målinger efter ombygningen.

Lagerbesøg

For at få et indtryk af, hvor ofte lagerdøren åbnes, blev der ophængt skemaer til at notere dato og navn ved hvert lagerbesøg. Skemaet blev ophængt i Balle, Glesborg, Stenvad, Ørum, Tirstrup, Ebeltoft og Trustrup. Det blev aftalt med personalet de pågældende steder, at skemaerne skulle føres samvittighedsfuldt. Skemaerne var ophængt fra d. 10/5-01 til d. 15/1-02, men blev ikke udfyldt i hele perioden på alle værker. Kvaliteten af de indsamlede data er tvivlsom, idet alle involverede erkendte af og til at have glemt at udfylde skemaet.

Fejlkilder

På alle de involverede værker var det intentionen at bevare rengøringsniveau, arbejdsrutiner, udluftning osv. uændret i projektperioden. Det har dog vist sig vanskeligt. Den formidling, der er sket under besøgene, er nok til, at personalet uundgåeligt ændrer adfærd. Det er f.eks. en adfærdsændring, når lagerdøren bliver lukket lidt hurtigere end den plejer, eller at vinduerne bliver lukket, når en chauffør leverer et læs flis. En anden ændring, der kan peges på, er rengøring. Det er indtrykket, at en slusedør mellem kedelhallen og lageret udover at reducere sporespredningen også reducerer den mængde støv, der blæser ind i kedelhallen. Når mængden af synligt støv er reduceret, vil rengøringsintensiteten også blive reduceret. Denne reaktion er uheldig for målingerne, idet rengøring med vand ser ud til at nedbringe sporekoncentrationen.

Adfærdsændringerne er fejlkilder, der vil påvirke målingerne på forskellig vis. Nogle vil reducere sporeniveauet, mens andre øger det. Det er umuligt at kvantificere, hvor meget dette forhold har betydet for målingerne. Denne fejlkilde er uundgåelig, når målingearbejdet foregår, hvor arbejdsprocesserne er under menneskelig styring.

Adfærdsændringerne viser dog også, at når personalet opnår mere viden om skimmelproblemet, er der vilje og interesse for at forbedre arbejdsrutiner.

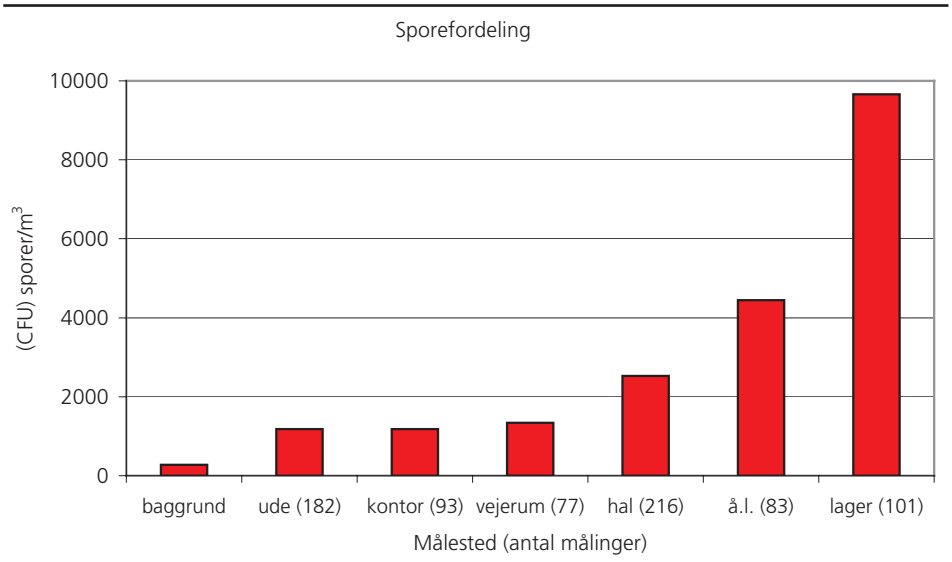
Resultater

Resultaterne i nærværende projekt er fremkommet på baggrund af de over 1000 sporemålinger, der er taget på og ved flisfyrede varmeværker. Sporemålinger er problematiske med hensyn til statistisk sikkerhed. Man må forestille sig sporer som tåge. Nogle dage og steder er tågen tættere end andre. Uanset tætheden forekommer der tågebanker. Når måletiden er helt nede på 1 minut, vil der nogle gange blive målt i en banke og andre gange mellem to banker. Statistisk set giver det en stor varians. Relativt få målinger med stor varians giver problemer med signifikansen. Der er i dette projekt lagt større vægt på at opnå en bredde i resultaterne end at opnå signifikans i den statistiske behandling.

Fordeling

Et af de centrale spørgsmål, der skal besvares ved dette projekt er: hvordan er fordelingen af skimmelsvampesporer på et flisfyret varmeværk ?

Den viden som eksisterede inden projektets begyndelse var, at der er mange sporer på flislagre. Hvorvidt sporerne blev spredt til resten af værket var uvist. På figur 1 kan man se forekomsten af sporer i forskellige rum på varmeværker.



Figur 1. Sporefordeling. Fordelingen af sporer i forskellige rum på et flisfyret varmeværk. I parentes står antallet af målinger i hver kategori. Se side 14 for definition af målepunkter.

Datasættet for »baggrund« er fra Larsen (1981) og viser gennemsnittet af dansk udendørsluft. Da det bagved liggende datasæt ikke er tilgængeligt, kan baggrundstallene ikke indgå i en statistisk sammenligning med de andre kategorier. Ekskluderes denne kategori, viser en multiple range test på de resterende 6 kategorier, at der er signifikant forskel på grupperne: (ude, kontor, vejerum), (hal), (åben lager) og (lager). Resultatet svarer til det visuelle indtryk, som figuren giver.

Man kan altså se et varmeværk som et antal rum eller områder med forskellige grader af sporeforurening.

- Der er »rene« rum, hvortil kontorer og vejerum hører. Sporeniveauet i disse rum er typisk på et acceptabelt niveau, men under flishåndtering i vejerummet, eller når der er forbindelse fra kontorer og ud til en aflæsningsplads via åbne vinduer, kan der også være et forhøjet sporeniveau i de »rene« rum.
- Luften i kedelhallen er typisk sporeforurenet. På mange værker bruges de fleste arbejdstimer i hallen, af den grund bør der fokuseres på sporeniveauet netop her.
- »Åben lagerdør« er en måleserie, hvor lagerdøren er blevet åbent, og straks derefter er der taget en luftmåling midt i kedelhallen. Målingerne viser, at sporekoncentrationen stiger i samme øjeblik, lagerdøren bliver åbnet.
- Lageret er det sted, hvor skimmelsvampene vokser, og sporerne bliver dannet. Der er altid mange sporer på lageret. Den viste koncentration er ikke noget præcist tal, idet sporeniveauet på lageret ofte overstiger, hvad der kan måles kvantitativt med en Biap Slitsampler med en et-minuts motor.

Kedelhal

Kedelhallen er det område, hvor de fleste arbejdstimer bruges. Sporeniveauet i hallen er derfor vigtig.

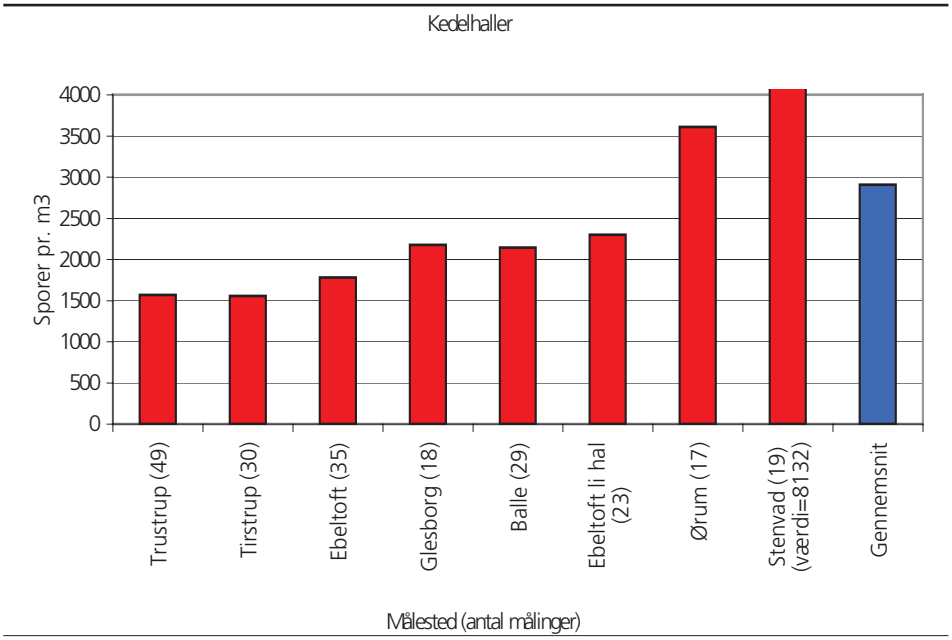
På de fleste værker er kedelhallen det rum, der ligger tættest på lageret. Kedelhallen er også det rum med størst risiko for at modtage forurenet luft fra lageret. Der er typisk forbindelse mellem kedelhallen og lageret via en dør. Under lagerbesøg spredes sporeforurenet luft fra lageret til hallen gen-

Den største del af arbejdstimerne på et flisfyret varmeværk bruges i kedelhallen. Derfor er sporekoncentrationen særlig vigtig netop her.

nem døren (se afsnittet »Sporespredning gennem lagerdøren« side 28). Eventuelle utætte fuger og væg/gulvgennemføringer samt utætheder i flistransportanlægget udgør også en risiko for spredning af sporer. Endelig er der på en del værker uhensigtsmæssige ventilationsanlæg, som kan medvirke til at pumpe forurenet luft ind i hallen. På store anlæg er lagret og kedelhallen ofte separate bygninger. Der er altså ikke mulighed for direkte lufttransport mellem rummene. I disse tilfælde er risikoen for sporespredning knyttet til transportsystemerne.

Sporekoncentrationen i gennemsnit

Der er taget rutinemæssige målinger i 8 kedelhaller. Sporeniveauet varierer meget både mellem hallerne og i hver hal.



Figur 2. Sporeniveauet i otte kedelhaller. Bemærk, at søjlen for Stenvad går ud over figurens skala. Sporeniveauet i Stenvad er i gennemsnit 8421 sporer pr. m³.

Gennemsnittet af sporer i kedelhallen varierer fra 1581 sporer/m³ i Tirstrup til 8421 sporer/m³ i Stenvad. Gennemsnittet af disse gennemsnitstal er 2949 sporer/m³, men idet der ikke er taget lige mange målinger i alle haller, er det vægtede gennemsnit for alle målinger i kedelhaller 2563 sporer/m³. Der er taget forholdsvist mange målinger i Trustrup og i Ebeltoft og forholdsvist få i Glesborg, Ørum og Stenvad.

Forskellen mellem de viste kedelhaller er der ingen præcis forklaring på, men der kan knyttes en kommentar til forholdene. En mere uddybende beskrivelse af værkerne kan læses i afsnittet »Beskrivelse af 7 varmeværker« side 35.

- Tirstrup. Ret få lagerbesøg, snegleFødet
- Trustrup. En del af målingerne er taget efter, slusen er bygget (se side 30), relativ høj rengøringstandard, ret mange lagerbesøg, kranfødet
- Ebeltoft. De fleste af målingerne er taget efter, slusen er bygget (se side 30), relativ høj rengøringstandard. Flere lagerbesøg end i Trustrup, kranfødet
- Glesborg. Relativ lav rengøringsstandard, ret få lagerbesøg, kranfødet

- Balle. Relativ lav rengøringsstandard, ret få lagerbesøg, sneglefødet
- Ørum. Relativ lav rengøringsstandard, ret få lagerbesøg, kranfødet
- Stenvad. Relativ lav rengøringsstandard, ret få lagerbesøg, sneglefødet, synlige utætheder.

Det er iøjnefaldende, at sporekoncentrationen i Stenvad i gennemsnit er over dobbelt så høj, som i nogle af de andre kedelhaller. Der kan gives to bud på årsagen. Det ene er, at der er en meget utæt væggennemføring mellem lageret og kedelhallen. Det anden er, at ovnen er utæt, så der blæser gløder ud ved indmaderen. Det skyldes, at ovnen beluftes kraftigt for at have høj ydeevne. Denne luftstrøm kunne bevirke, at sporeholdigt luft fra transportsystemet bliver blæst ud i kedelhallen. Begge faktorer forventes at have indflydelse på den ekstreme sporeforurening. Målingerne fra Stenvad er signifikant anderledes end målingerne fra alle andre værker.

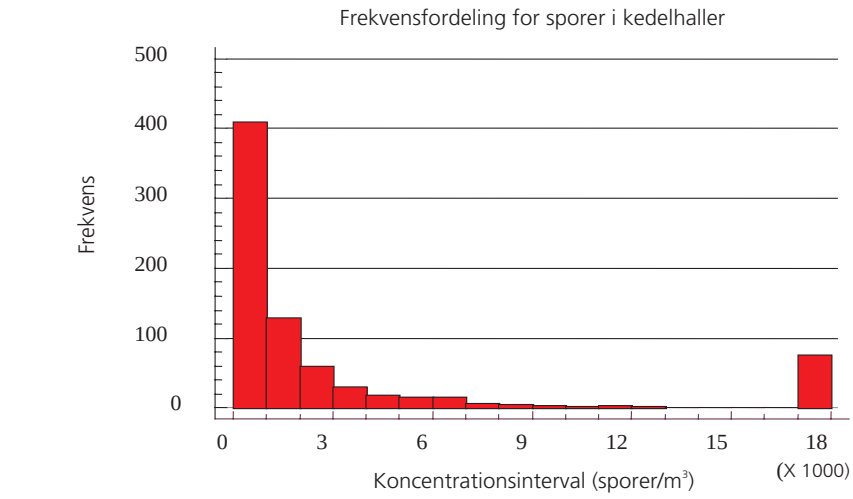
Der er også forholdsvist mange sporer i kedelhallen i Ørum. Da anlægget i Ørum både i drift, indretning og brændsel er næsten magen til anlæggene i Glesborg, Balle og Tirstrup, er det uforklarligt, hvorfor der skulle være flere sporer i luften i Ørum. Statistisk set er der da heller ikke signifikant forskel på sporekoncentrationen i Ørum og på de andre nævnte værker. Det ser ud til, at de få (17) målinger i Ørum er årsagen til, at gennemsnittet adskiller sig fra resten af værkerne.

En utæt indmader kan bidrage til sporeforureninger.

Frekvensfordeling

En frekvensfordeling fortæller, hvordan sporemålene varierer. I dette tilfælde er der mange målinger med forholdsvist lavt niveau og færre målinger med mange sporer.

Frekvensfordelingen af alle målinger taget i kedelhaller viser, at ved de fleste målinger er sporeniveauet under 1000 sporer pr. m^3. Fordelingen viser også, at der af og til er ekstremt mange sporer. 11 ud af 205 målinger ligger ud over den kvantitative grænse for Biap slitsampleren. Fordelingen viser desuden, at 93 målinger ligger over 1000 sporer pr. m^3, mens 112 må-



Figur 3. Frekvensfordeling af sporemålinger taget i kedelhaller.

linger ligger under. Der er altså ikke tale om en konstant forurening af kedelhallerne. Resultaterne viser, at der ved 45 % af målingerne er fundet et niveau, hvor det kan forventes, at der ved længere tids ophold kan opstå helbredsgener.

Fordelingen er som ventet, idet sporerne dannes på lageret og spredes til resten af værket med luftstrømme fra lageret. Disse luftstrømme er ikke konstante, men opstår f.eks. gennem en åben lagerdør (se afsnittet "Sporespredning gennem lagerdøren" side 28), eller når vinden er i en særlig ugunstig retning i forhold til værkets konstruktion.

Ude/inde

Der er løbende taget udemålinger i løbet af projektperioden. Målingerne er taget for at kunne sammenligne niveauet med hhv. målingerne fra kedelhallerne og med de tilgængelige gennemsnitlige tal for sporeindholdet i dansk udendørsluft. Det skal ud fra disse sammenligninger vurderes, om der spredes sporer ud af værket, eller om sporerne inde i kedelhallen stammer udefra. Som grundlag for denne vurdering bruges de tal som Lisbeth Larsen har publiceret om dansk udendørsluft (Larsen 1981).

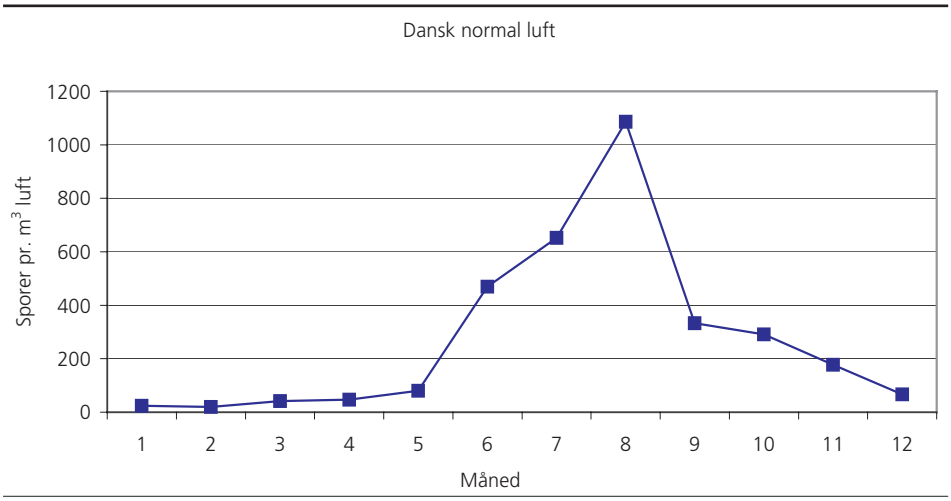
Fejlbehæftede data

For at kunne præsentere tal for sporekoncentrationen året igennem (excl. juni) har det været nødvendigt at inddrage de fejlbehæftede målinger, der er taget fra 21/11-01 til 8/2-02. Resultaterne for januar og december er i særlig grad påvirket af den tekniske fejl, da der ikke findes korrekte målinger fra samme periode. Det er vigtigt at vide, at fejlen på måleapparatet udelukkende medfører underestimeringer af sporekoncentrarionen. Det har altså mindst været det målte antal sporer pr. m^3 luft, og muligvis flere.

Normaltal

Lisbeth Larsen har i tre år (1977 til 1979) lavet en større undersøgelse af den kvantitative og kvalitative sammensætning af dansk udendørsluft

(Larsen 1981). Undersøgelsen er lavet med en Biap slitsampler (dog en tidligere model) og samme V8 agar, som er brugt i nærværende undersøgelse. Efter eksponeringen er agarpladerne dyrket ved ca. 26 ºC i 4-6 dage, hvilket ligeledes er meget tæt på den fremgangsmåde, der er brugt i dette projekt. Resultaterne kan derfor med rimelighed sammenlignes.



Figur 4. Sporefordelingen over et år som Lisbeth Larsen fandt det i 1977-1979 (Larsen 1981). Der er flest sporer i luften om sommeren og færrest om vinteren.

I 1977 og 1978 blev der taget målinger to gange ugentligt på taget af Alergologisk Institut på Amager. I 1979 blev målehyppigheden intensiveret til daglige målinger. Alle kolonier er talt og så vidt muligt navngivet. Resultaterne fra undersøgelsen er brugt i forskellige sammenhænge herunder. Hovedkonklusionerne er :

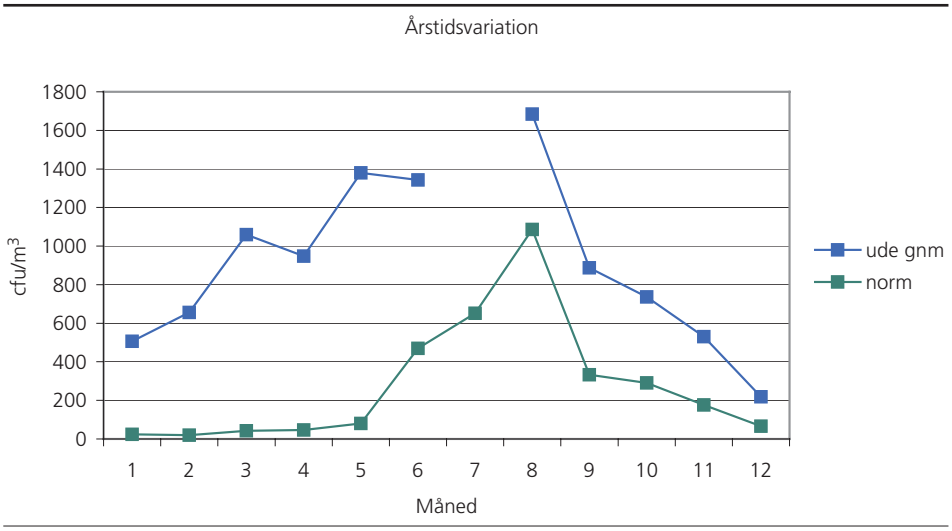
- Sporekoncentrationen er årstidsbestemt med maksimum sidst på sommeren og minimum sidst på vinteren.
- Cladosporium er langt den hyppigste slægt og står for ca. 70 % af de talte kolonier. Svampen er nedbryder af plantemateriale, især græs.

Inde/ude sammenhæng

For at vurdere sammenhængen mellem målingerne taget i kedelhallerne og de resultater, som Larsen præsenterer (Larsen 1981), er der beregnet et månedsgennemsnit for alle målinger taget i kedelhaller. Tallene viser ikke tydelig sammenhæng med normaltallene, men det vises i de efterfølgende figurer, at for nogle svampeslægters vedkommende er der sammenhæng mellem haltal, udetal og normaltal.

Udemålingerne, der er taget i umiddelbar nærhed af et flisfyret varmeværk, kan vises sammen med normaltallene.

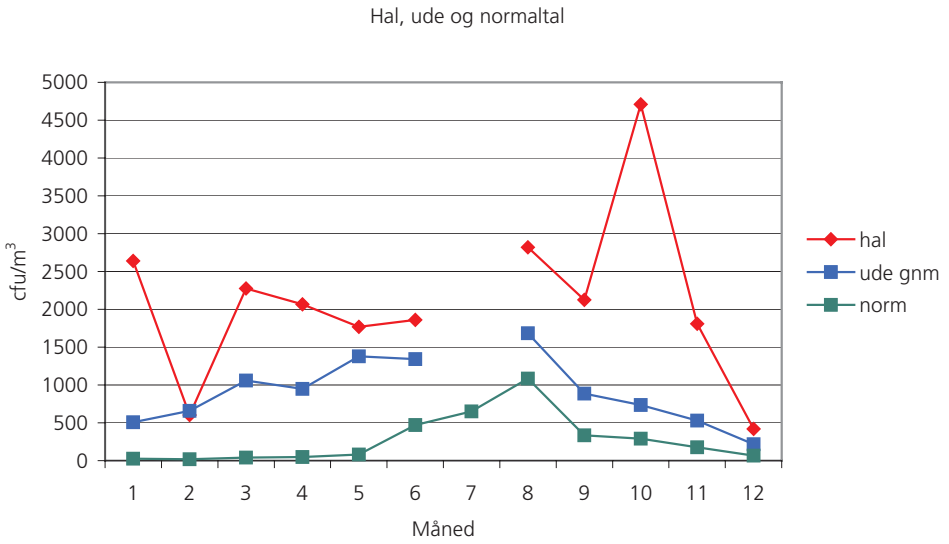
Figur 5 viser, at der er stor variation fra måned til måned. Faktorer som vind, temperatur, luftfugtighed, nedbør og tilgængeligheden af substrat påvirker sporetallene. Det overordnede indtryk er det samme i de to undersøgelser, nemlig at der er flest sporer om sommeren og færrest om vinteren. Dog er sporeniveauet væsentligt højere i nærværende undersøgelse end i Larsens (Larsen 1981). Enten sker der en spredning ud af værkerne eller også er det generelle sporeniveau i denne projektperiode blot højere end i



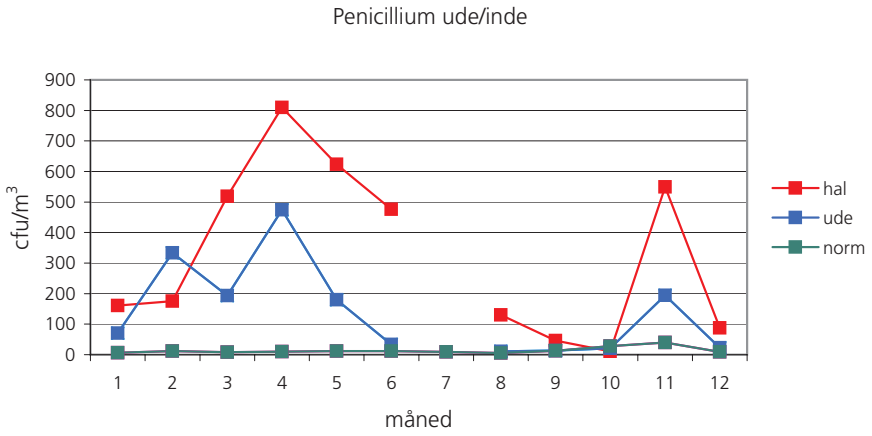
Figur 5. Sporekoncentrationen varierer over året. Også i denne undersøgelse er der målt flest sporer i luften om sommeren og færrest om vinteren. Den blå kurve er de målte sporekoncentrationer uden for flisfyrede varmeværker, den grønne kurve er normaltallene, som de er målt af Larsen (1981). Figuren indeholder fejlbehæftede data jf. side 21.

Larsens projektperiode. Imidlertid er Larsens prøver indsamlet på et tag, mens målingerne er taget i ca. 30 cm højde i denne undersøgelse. Denne forskel kan også forklare niveauforskellen i sporekoncentrationerne.

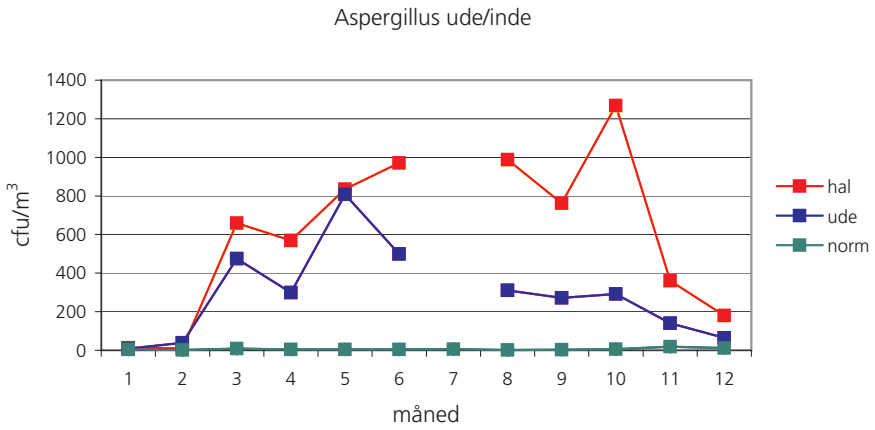
Ved at analysere forekomsten og koncentrationerne af forskellige skimmelsvampe tegner sig et billede af, at nogle skimmelsvampe dannes ude og blæser ind på værkerne, mens andre dannes inde og blæser ud af værkerne. Det generelle er, at der er mange skimmelsvampe i kedelhallerne og færre udenfor. Som det ses på figur 6 er der målt flere sporer lige udenfor værkerne, end man almindeligvis kan forvente at finde i udendørsluft. Det må skyldes, at luften omkring et flisfyret varmeværk er påvirket af sporekoncentrationen inde i værket. De følgende figurer viser, at der er forskellige grader af sammenhæng mellem halmålingerne, udemålingerne og normal-



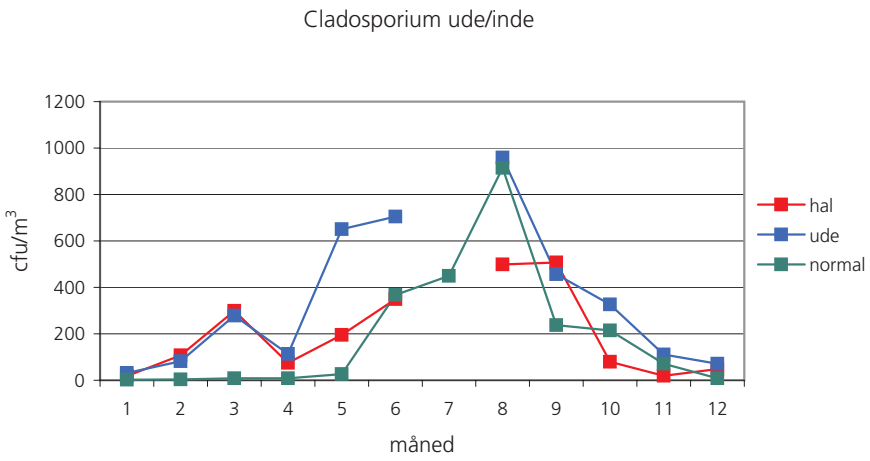
Figur 6. Den røde kurve viser månedsgennemsnittet for målinger taget i kedelhaller, den blå viser udemålingerne og den grønne viser Larsens (1981) tal for normal udendørsluft. Der er ikke tydelig sammenhæng mellem sporeniveauet i kedelhaller og det niveau, man iflg. Larsen (1981) kan forvente i udendørsluft. Figuren indeholder fejlbehæftede data jvf. side 21.



Figur 7. Den røde kurve viser månedsgennemsnittet for Penicillium i kedelhaller, den blå viser udemålingerne, og den grønne viser Larsens (1981) tal for normal udendørsluft.



Figur 8. Den røde kurve viser månedsgennemsnittet for Aspergillus i kedelhaller, den blå viser udemålingerne, og den grønne viser Larsens (1981) tal for normal udendørsluft.



Figur 9. Den røde kurve viser månedsgennemsnittet for Cladosporium i kedelhaller, den blå viser udemålingerne, og den grønne viser Larsens (1981) tal for normal udendørsluft.

niveauet. Sammenhængen er forskellig afhængig af, hvilken skimmelsvampeslægt man ser på.

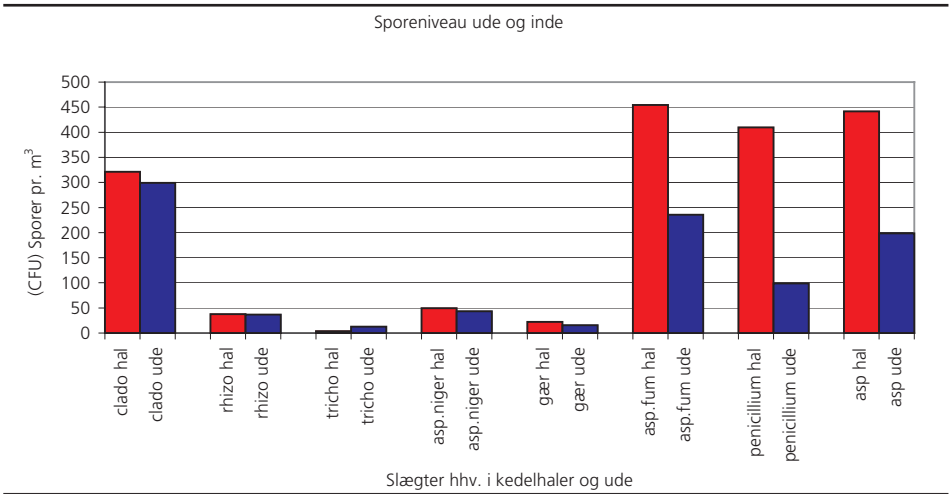
Penicillium er en af de meget hyppige skimmelsvampe i og omkring et flisfyret varmeværk. Figuren viser, at der er sammenhæng mellem hal og udemålinger, med det højeste niveau i hallen. Der er ingen sammenhæng til normaltallene. Også for *Aspergillus* gælder det, at der er sammenhæng mellem ude og halmålingerne, mens der ikke er sammenhæng til normaltallene. Sporekoncentrationen er størst i hallerne og mindre udendørs.

Forekomsten af *Cladosporium* adskiller sig helt fra de foregående slægter. De tre kurver har samme forløb, og det højeste niveau findes i udemålingerne.

Det viser sig altså, at der generelt er flest sporer i kedelhallerne, og færre uden for værkerne, men stadig et forhøjet sporeniveau i forhold til den naturlige sporekoncentration. For *Cladosporium* gælder det, at der er et højt normaltal, som også er bekræftet i denne undersøgelse. De mange Cladosporiumsporer ser ud til at blive transporteret ind på værkerne. Det viser sig ved, at variationen over året er den samme, men niveauet i kedelhallerne er lavere end udeniveauet. Man må forestille sig, at luften i kedelhallerne til en vis grad står i ligevægt med udeluften. Værkerne er bygget utætte for at komme af med varmen, og ventilatorer eller huller i væggene sørger for, at der sker et luftskifte mellem værket og omgivelserne. Der sker lufttransport både ud og ind af værket. Med luften transporteres skimmelsvampesporerne. På denne måde etableres der en sammenhæng mellem sporeniveauet i kedelhallen og uden for værket.

For at få et indblik i koncentrationsforskellen mellem udeluften og luften i kedelhaller er der beregnet et gennemsnit hhv. ude og inde for hver af de slægter/arter, som kolonierne er delt op i.

De første 5 slægter/arter (*Cladosporium, Rhizopus, Trichoderma, Aspergillus niger* og gær) har det til fælles, at der ikke er væsentlig forskel på gennemsnittene ude og inde. *Cladosporium* optræder i betydelige mængder, mens de 4 andre ikke bidrager meget til totalkoncentrationen. Helt anderledes stil-



Figur 10. De røde søjler viser den gennemsnitlige forekomst af de angivne skimmelsvampe i kedelhaller, mens de blå søjler viser koncentrationen uden for værkerne.

ler det sig med de sidste tre slægter/arter (*Aspergillus fumigatus, Penicillium og Aspergillus*). Disse svampe optræder i meget højere koncentrationer inde end ude. Man må formode, at forskellene i forekomster og koncentrationer fortæller, hvorfra sporerne kommer. Er koncentrationen størst ude, og passer forekomsten med Larsens normaltal (Larsen 1981), må man formode, at sporeproduktionen er udenfor værket. Er forekomsten uafhængig af den naturlige årsvariation, og er niveauet meget højere inde end ude, så må sporerne blive produceret inde på værket.

Da de sidste tre slægter/arter optræder i langt højere koncentrationer end de første 5, bliver den samlede konklusion, at der overordnet er en forhøjet sporekoncentration inde på et flisfyret varmeværk, og at lufttransporten ud af varmeværket fører sporer med sig, så omgivelserne til en vis grad forurenes. Endvidere er det fortrinsvist *Aspergillus fumigatus, Penicillium og Aspergillus*, der opformeres i flis. Der er i denne undersøgelse ikke målt, hvor langt væk fra et værk denne forurening kan registreres. Det formodes, at sporeforureningen hurtigt bliver fortyndet til et niveau, der gør den uskadelig.

Flislagre

Arbejdsrutinerne på flisfyrede varmeværker er analyseret med henblik på at finde de situationer, hvor personalet udsættes for særligt høje sporekoncentrationer, eller hvor der skabes særligt gode forhold for sporespredningen. Lagerbesøg er en af disse situationer. En anden kritisk situation er flisaflæsning, som beskrives på side 29.

Ved at gennemgå de lister, der har været hængt op ved siden af lagerdørene, kan der laves en opgørelse over hyppigheden af lagerbesøg på hvert værk og hyppigheden af lagerbesøg for hver medarbejder.

Antallet af lagerbesøg

Lagerbesøg er en rutine på de fleste værker. Formålet med besøget er oftest at se, om kranen arbejder efter hensigten. Rengøring og vedligeholdelse er også årsag til lagerbesøg.

Hyppigheden af lagerbesøg varierer fra værk til værk og afhænger af værkets størrelse og driftform. Generelt er der flest lagerbesøg på store bemandede værker og færrest på små ubemandede værker.

Med nogen usikkerhed er det opgjort hvor mange lagerbesøg, der foretages på forskellige værker.

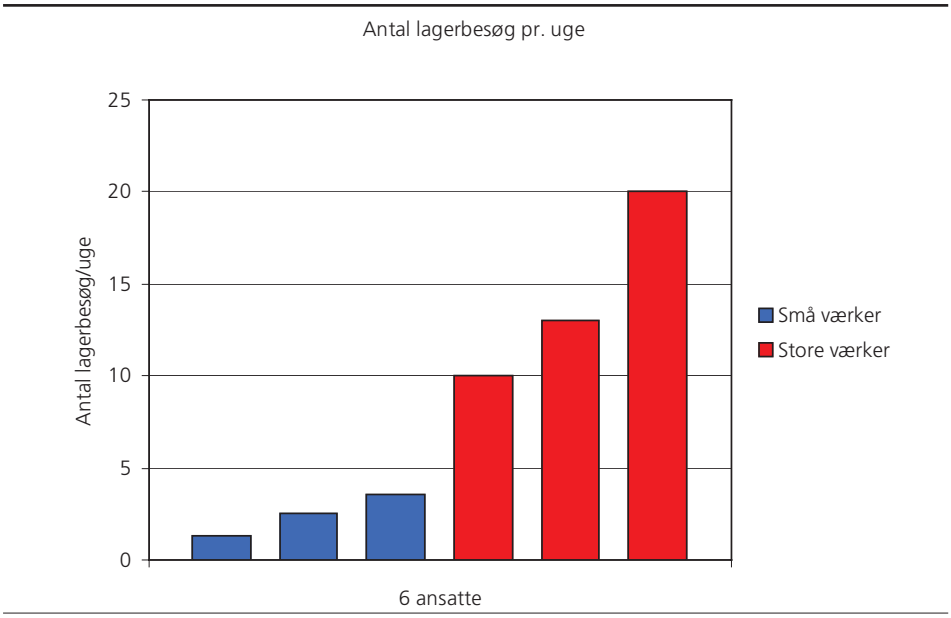
Som det ses i tabel 1 er der stor forskel på hyppigheden af lagerbesøg. Der er ikke direkte sammenhæng mellem antallet af lagerbesøg og sporekoncentrationen i de forskellige kedelhaller, men som det vises under »Sporespredning gennem lagerdøren« side 28 betyder hvert lagerbesøg en spredning af sporer fra lageret til resten af værket. Opgørelsen giver anledning til at rette fokus mod lagerbesøgene på de større værker.

Tabel 1. Der er sammenhæng mellem bemandingen, værkets størrelse og antallet af lagerbesøg.

Værk	Bemanding	Max. MW	Lagerbesøg/uge
Balle	tilsyn	0,8	0,8
Stenvad	tilsyn	0,8	1,5
Tirstrup	tilsyn	1,2	1,8
Glesborg	tilsyn	1,4	2
Ørum	tilsyn	1,4	2,5
Trustrup	1	4	11,5
Ebeltoft	2	8	28,5

Ser man på antallet af lagerbesøg pr. ansat, varierer det fra 0,3 til 4 lagerbesøg pr. dag. Opgørelsen er lavet ved, at medarbejderne har skrevet initialer og dato på en seddel, hver gang vedkommende var på lagerbesøg. Undersøgelsen er foretaget på de værker, der er nævnt i »Tabel 1«. Tendensen er, at ansatte på større værker foretager flere lagerbesøg end ansatte på mindre værker. Desuden influerer den interne arbejdsfordeling på besøgsantallet. Der har medvirket tre medarbejdere fra større værker. De tre besøger i gennemsnit lageret 2,7 gange om dagen. Tallet varierer mellem 2 og 4 gange om dagen afhængigt af, hvem man ser på. I undersøgelsen er der 3 medarbejdere, der fører tilsyn med mindre værker. De er på lagerbesøg i

På de fleste mindre værker er kedelhallen og flislagret forbundet med en dør.

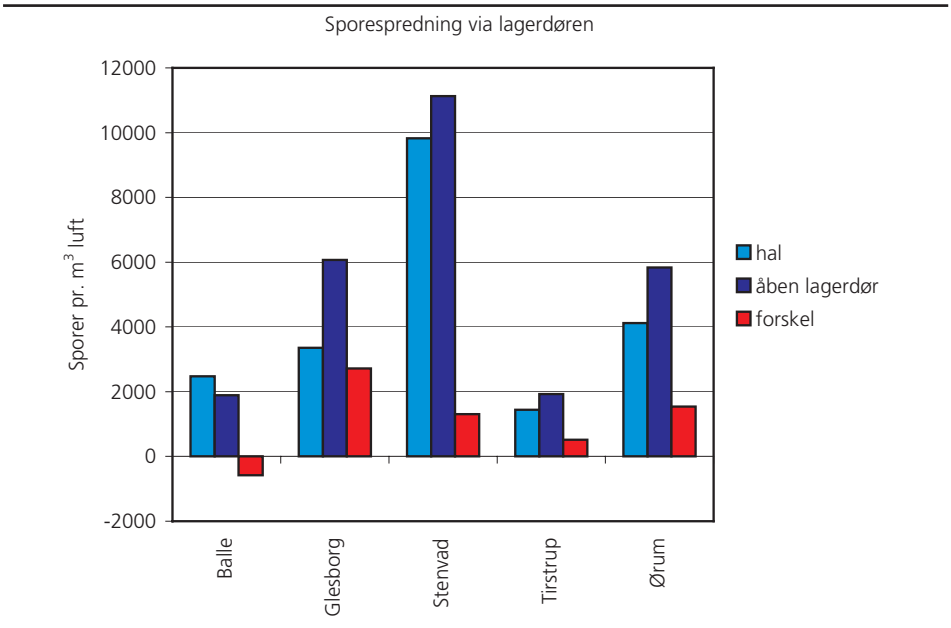


Figur 11. Seks medarbejdere har deltaget i undersøgelsen af lagerbesøg. De tre ansatte på små varmeværker er repræsenteret af blå søjler, mens de tre fra større værker er vist med røde søjler. Gennemsnitligt besøgte medarbejderne på små værker lageret 2,5 gange om ***ugen****, mens man på større værker i gennemsnit går på lageret 2,7 gange om* ***dagen****.*

gennemsnit 2,5 gange om ugen. Beregnes deres personlige lagerbesøgsfrekvens fremkommer tallene 1,3; 2,5 og 3,6 gange om ugen. Et lagerbesøg betyder ophold i ekstremt sporeforurenet luft. Varigheden af lagerbesøgene varierer fra et kort øjeblik til det meste af dagen. For den enkelte ansatte har antallet og varigheden af lagerbesøg betydning for risikoen for gener.

Sporespredning gennem lagerdøren

På de fleste flisfyrede værker er der en direkte adgang mellem kedelhallen og lageret. For at analysere sporespredningen gennem denne dør er der udført en målrettet prøvetagning på 5 værker.



Figur 12. De lyseblå søjler viser sporekoncentrationen i kedelhallen inden lagerdøren bliver åbnet, de mørkeblå søjler viser sporekoncentrationen i kedelhallen straks efter, at lagerdøren er blevet åbnet. De røde søjler viser koncentrationsforskellen. Der er i gennemsnit 1100 sporer/m³ luft mere i kedelhallen, lige efter lagerdøren er åbnet.

Der er to iøjnefaldende resultater på figur 12. For det første er det underligt, at der i Balle bliver i gennemsnit 580 sporer/m^3 færre sporer, når lagerdøren åbnes. Statistisk set er der imidlertid ikke forskel på de to måleserier (t-test, P=0,11). En forklaring kunne være, at bygningskonstruktion og vindforhold resulterer i, at luften blæser fra kedelhallen og ind på lageret. I kedelhallen bliver luften så erstattet med ren udendørsluft. Målinger på lageret i Balle viser, at sporeniveauet er lige så højt som på andre lagre, så det er ikke forholdene på lageret, der er anderledes. For det andet er det iøjnefaldende, at sporekoncentrationen i kedelhallerne i gennemsnit stiger med hele 1100 sporer/m^3, når lagerdøren åbnes. Det er en overraskende stor stigning i forhold til den korte tid, døren er åben. Målingen varer 1 min og begynder samtidigt med, at lagerdøren bliver åbnet. Sporerne spreder sig fra lageret, gennem den åbne dør og ud midt i kedelhallen, hvor målingen er taget. Denne spredning kan altså ske meget hurtigt. Resultatet viser, at selv kortvarige perioder med åben lagerdør på de fleste værker vil medføre en relativ kraftig stigning af sporekoncentrationen i kedelhallen.

Måleserierne „hal" og „åben lagerdør" er statistisk testet med en parret t-test. I Balle, Ørum og Stenvad er serierne ikke signifikant forskellige, men der er forskel i Glesborg (P=0,04) og Tirstrup (P=0,03). Hvis alle måleenhederne lægges sammen, er der signifikant forskel på sporeniveauet før og efter lagerdøren blev åbnet (P=0,04).

Aflæsning

Aflæsning af flis er en af de situationer, hvor der spredes meget store mængder skimmelsvampesporer og støv. Ved aflæsning forstås maskinel håndtering af flis enten fra lastbil til læssegrav eller med gummiged på et nærlager.

Aflæsninger støver og skimmelsvampesporerne spreder sig ud i alle retninger. På grund af turbulens spredes sporerne også mod den fremherskende vindretning.

Der er ikke taget systematiske målinger af aflæsninger, da de foregår på varierende og ikke-forudsigelige tidspunkter. Der er dog taget tilstrækkeligt mange målinger til at vise, at der er ekstreme sporekoncentrationer på alle sider af en aflæsning.

Der er målt både på læsiden og vindsiden af aflæsninger. Der er naturligvis flest sporer på læsiden, altså sporer, der er svævet med vinden. Mere overraskende er det, at der også er mange sporer på vindsiden af aflæsningen. Turbulensen omkring aflæsningsstedet betyder, at mange sporer spredes op mod den fremherskende vindretning med små lokale vinde. Det er altså ikke tilstrækkeligt at opholde sig rigtigt i forhold til vindretningen under en flisaflæsning, man bør helt undgå at opholde sig i nærheden.

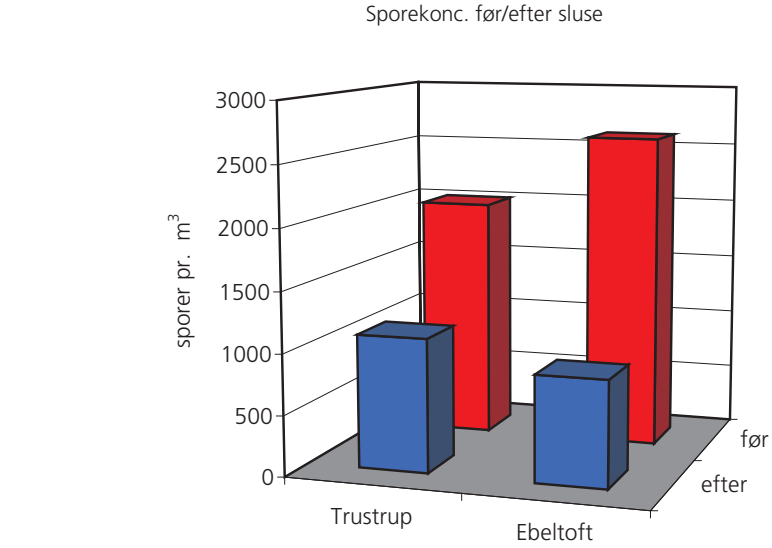
Slusen

Under projektperioden har der været lejlighed til at måle i forbindelse med etableringen af to sluser. På værkerne er der taget målinger før og efter, at der er bygget en sluse omkring lagerdøren. For yderligere beskrivelse af slusedøre se afsnittet »Slusedør« side 38.

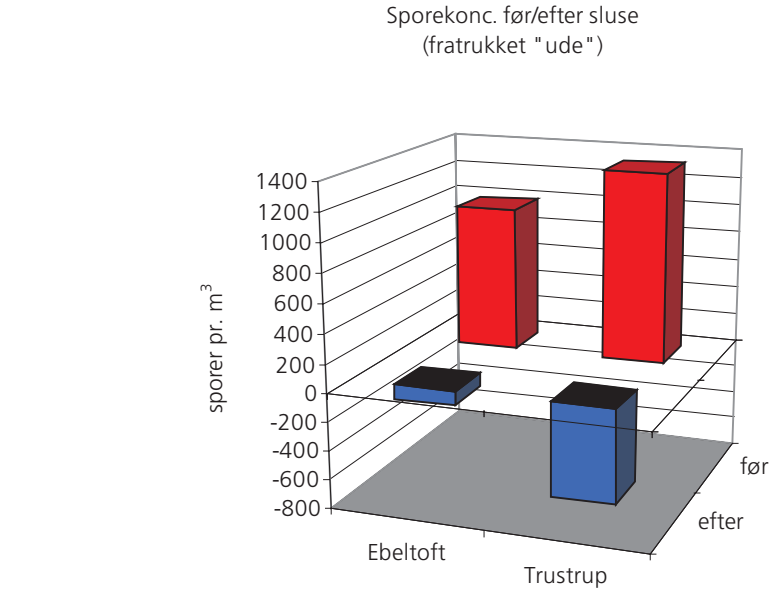
Den nye sluse på Ebeltoft Varmeværk er bygget på halsiden af den originale branddør.

Figur 13 viser, at sporeniveauet i kedelhallen falder, når der bygges en slusedør. I præsentationen af slusedørenes effekt kunne man inddrage de udemålinger, der er taget samtidigt med målingerne i kedelhallerne. Figur 14 bygger på tallene fra kedelhallerne på Trustrup-Lyngby og Ebeltoft Varmeværk. Hver halmåling er fratrukket sporetallet fra den udemåling, der er taget næsten samtidigt. Figuren viser altså, hvor mange sporer der er i kedelhallerne i forhold til udendørsluften.

Uanset om man ser på figur 13 eller figur 14 viser det sig, at der er sket en reduktion i sporekoncentrationen. På figur 14 ses det endda, at sporeniveau-



Figur 13. På Trustrup-Lyngby og Ebeltoft Varmeværk er der etableret en sluse ved den oprindelige lagerdør. Den røde søjle viser det gennemsnitlige sporeniveau, inden slusen blev bygget, mens den blå viser niveauet, efter slusen var lavet.

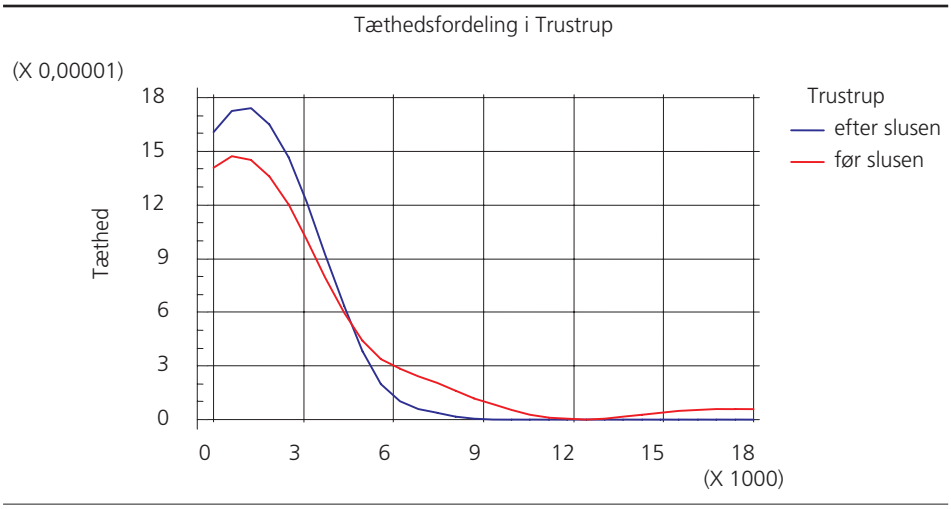


Figur 14. Sporeniveauet før og efter slusen er monteret. Halmålingerne er fratrukket den udemålingen, der er taget samtidigt og på samme værk.

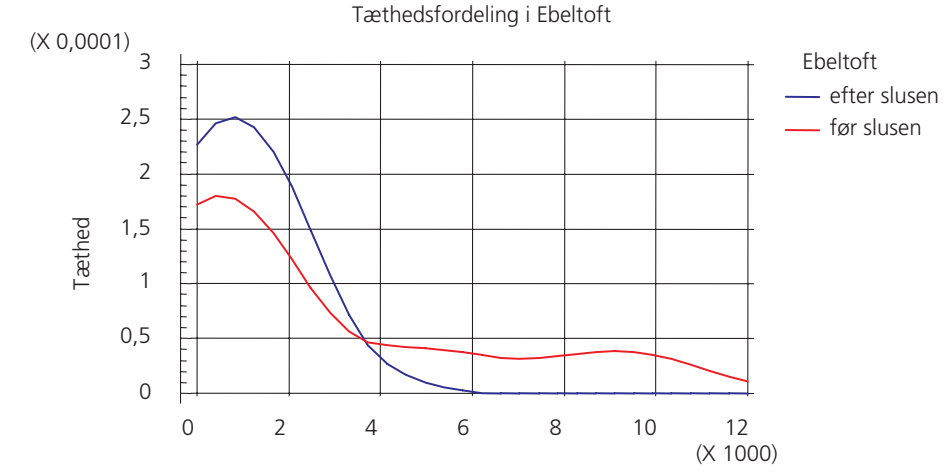
et i kedelhallerne i gennemsnit er lavere end udendørs. Det kan hænge sammen med, at udemålingerne er taget i jordhøjde, mens den indpumpede luft til kedelhallen hentes ca. 3 meter over taghøjde Trustrup og i taghøjde i Ebeltoft. Luften i den højde indeholder færre sporer end luften ved jorden. Figuren antyder altså også, at nye luftindtag forbedrer forholdene i kedelhallen.

Gennemsnittene dækker over store variationer. Derfor er det interessant at se på tæthedsfordelingerne. Herunder er tæthedsfordelingen for kedelhallen hhv. i Trustrup og i Ebeltoft vist.

Før slusen blev bygget var der mange målinger med et forholdsvist lavt sporeniveau og færre målinger, der viste et meget højt sporeniveau. Efter slusen er bygget, er der ikke registreret disse meget høje sporeniveauer i kedelhal-



Figur 15. Data fra Trustrup-Lyngby Varmeværk. Den røde linie viser tæthedsfordelingen inden slusen og den blå linie viser tæthedsfordelingen efter slusen. Det fremgår, at der oftere er få sporer og aldrig rigtig mange sporer i kedelhallen, når der er monteret en slusedør.



Figur 16. Data fra Ebeltoft Varmeværk. Den røde linie viser tæthedsfordelingen inden slusen og den blå linie viser tæthedsfordelingen efter slusen. Det fremgår, at der oftere er få sporer og aldrig rigtig mange sporer i kedelhallen, når der er monteret en slusedør.

len, og andelen af lave målinger stiger derfor. Situationen er helt den samme på de to værker.

Ovenstående frekvensfordelinger kan tages som bevis for, at en slusedør kan forhindre de kraftige sporeforureninger, der af og til måles i kedelhaller med en direkte adgangsvej mellem hal og lager.

Statistiske resultater

Sporekoncentrationen før og efter slusen kan sammenlignes statistisk. I nedenstående tabel præsenteres de statistiske værdier.

I tabellen ses effekten af slusedøre. For at vurdere slusens effekt må man se på to statistiske resultater. Det ene er variansen, som fortæller, hvor meget tallene i hver række svinger. Det andet er middelværdien (gennemsnittet). Det generelle billede i tabellen er, at variansen er forskellig, med den største varians før slusen blev bygget. Resultatet fortæller, at slusen medfører et me-

re jævnt sporeniveau. Middelværdien fortæller om det jævne niveau ligger over eller under forholdene inden slusen. I alle tilfælde er middelværdien lavere, efter slusen er bygget, men resultatet er ikke signifikant i alle tilfælde. Det formodes, at den manglende signifikans skyldes den store varians og de forholdsvist få målinger. Når man se på talrækkerne "tilsammen", der indeholder data fra de begge værker, er der flere data i rækkerne, og middelværdierne er nu signifikant forskellige.

Tabel 2. De statistiske værdier for sporekoncentrationen før og efter slusedørene er monteret. Der er både vist tal for de direkte sporemål i kedelhallerne og tal korrigeret for sporeniveauet udendørs. I forbindelse med de meget varierende sporemålinger er det rimeligt at anvende et 90 % signifikansniveau. Til sammenligning af middelværdier mellem talrækker med uens varians er der brugt en t-test, der tager hensyn til det. I alle andre tilfælde er der brugt en traditionel t-test.

Sted	Type	Antal målinger	Gennemsnit	Standard-afvigelse	Varians F-test	Middel t-test
Trustrup-Lyngby Varmeværk	før	30	1986	3537	P=0,00 forskel	P=0,17 ens
	efter	16	1036	875		
	før-ude	26	1329	3395	P=0,05 forskel	P=0,02 forskel
	efter-ude	18	643	2136		
Ebeltoft Varmeværk	før	12	2610	3489	P=0,00 forskel	P=0,15 ens
	efter	22	1029	1112		
	før-ude	6	1002	1347	P=0,02 forskel	P=0,31 ens
	efter-ude	22	-97	4281		
Tilsammen	før	42	2164	3493	P=0,00 forskel	P=0,05 forskel
	efter	38	1032	1006		
	før-ude	33	1270	3109	P=0,54 ens	P=0,04 forskel
	efter-ude	40	-343	3454		

I slusen

Sporeniveauet inde i slusen er undersøgt på Trustrup-Lyngby Varmeværk. 23 gange er der målt inde i slusen og umiddelbart derefter på lageret. Resultatet af målingerne er, at der i denne periode var i gennemsnit 9662 sporer pr. m^3 i slusen. Gennemsnittet er højt og fortæller, at slusen ikke er et sikker sted at opholde sig. Sporeniveauet er dog ikke så højt som på lageret, så til små inspektioner er ophold i slusen at foretrække. I øvrigt er slusens største fordel at mindske spredningen fra lageret, det er sekundært om slusen er forurenet eller ikke.

Personalets vurdering

Den subjektive vurdering af slusen er meget vigtig. Det er afgørende, om slusen virker i dagligdagen på varmeværkerne. Både i Trustrup og Ebeltoft er personalet meget tilfredse. Det blev hurtigt en vane at åbne to døre i stedet for en. I Trustrup er der tydeligvis renere i kedelhallen, fordi der ikke

længere blæses støv ind fra lageret. På grund af vinduet i slusen er det ikke længere nødvendigt at gå helt ind på lageret, for at se om alt er i orden. Slusen er også subjektivt en yderst tilfredsstillende indretning.

Ventilation

I projektperioden er der udført ændringer af ventilationsanlægget på Trustrup-Lyngby Varmeværk. Der er lavet ændringer i kedelhallen og i kontorarealerne. Ændringerne er beskrevet under »Ventilation« side 40.

I kedelhallen er ventilationen ændret samtidigt med opførslen af slusen. Der findes derfor ingen data, der direkte påviser den sporereduktion, som ventilationen betyder. Det kan dog bemærkes, at sporeniveauet i hallen, efter ventilationen og slusen er monteret, er på et lavere niveau, end det er målt uden for bygningen. Det fortæller, at transporten af sporer fra lageret er stoppet, og at der blæses ren luft ind i hallen via ventilationskanalen. Målingerne tyder altså på, at det nye ventilationssystem i kedelhallen virker tilfredsstillende.

Personalets vurdering

Den subjektive opfattelse af det nye ventilationssystem er god. Der er blandt andet nævnt, at

- nedkølingen er tilstrækkelig.
- der indblæses ikke insekter som tidligere.
- der er ingen problemer med træk på trods af, at der kun indblæses gennem et hul i væggen. Der er ikke brug penge på indblæsningsposer eller fordelerrør. Om disse kan spares, må bero på et lokalt skøn.

Effektiviteten af ventilationsanlægget i kontorarealerne kan heller ikke bevises med målinger. Som det ses under "Fordeling" side 17 er kontorarealerne ikke det sted på et varmeværk, som skal først i fokus, når det drejer sig om reduktion af sporeforureninger. På grund af det forholdsvist lave sporeniveau kræver det mange målinger at påvise ændringer. Det har ikke været muligt at gennemføre tilstrækkeligt mange målinger inden for projektets rammer. I kontorarealerne er det mest afgørende resultat, at komforten er øget. Træk ved åbne vinduer og ventilationshuller i væggene undgås helt ved det nye anlæg. Samtidigt undgås sporespredning fra aflæsningsområdet uden for kontoret og ind på kontoret.

Det mest interessante resultat med hensyn til sporespredning er, at man ikke længere kan lugte, når tørreovnen benyttes. Tidligere kunne det lugtes i hele kontorområdet, når der var flis i ovnen. Nu betyder luftcirkulationen, at den lugtende og/eller forurenede luft suges ud af bygningen. Selvom resultatet ikke er bevist ved målinger, er det dog meget pålideligt, at lugten er væk.

Beskrivelse af 7 varmeværker

I det følgende vil de 7 varmeværker, som har dannet grundlag for den ugentlige målerunde på Djursland, blive beskrevet. Beskrivelsen består af en kort teknisk specifikation og en gennemgang af de vigtigste spredningsveje for skimmelsvampe på hvert værk. I det omfang, der er sket ændringer af betydning for sporespredningen i løbet af projektperioden, er de beskrevet.

Trustrup-Lyngby Varmeværk

Anlægsår: 1997	Max effekt : 4 MW
Bemanding (antal praktisk personale): 1	Fødningsmetode: Kran
Ventilation i kedelhal: Skorsten, indblæsning	Lagerstørrelse (indendørs): 1200 m^3

Værket er anlagt med udendørslager og læssegrav i umiddelbar nærhed af hoveddøren og kontorlokalerne. Det betyder, at under levering eller flytning af flis er der stor risiko for sporespredning til de "rene" lokaler. Kontorlokalerne var oprindeligt ventileret med riste i væggene og udsugning i loftet. Ventilationsløsningen var meget uheldig, da den indsugede luft kom fra aflæsningsområdet. Nu er ventilationen ændret som et led i nærværende projekt. Ombygningen er beskrevet under »Ventilation« side 40.

Tørre/vejerummet er helt frit for overskydende flis. Alle flisrester bæres ud af rummet, og rengøringsstandarden er høj.

Kedelhallen var oprindeligt ventileret med en motor, der blæste luft ind i hallen. Der er ikke lavet særlige kanaler til luftstrømme ud af hallen, men den utætte bygningskonstruktion tillader stort luftskifte.

Rengøringen i kedelhallen sker med vandspuling og er især rettet mod det støv, der kommer fra lageret.

Lageret bliver rengjort med kost og skovl.

Ebeltoft Varmeværk

Anlægsår: 1988	Max effekt : 8 MW
Bemanding (antal praktisk personale): 2	Fødningsmetode: Kran
Ventilation i kedelhal: passiv, rist i væg, loftlem	Lagerstørrelse (indendørs): 1300 m^3

Værket er anlagt med to fliskedler og to flislagre. Med hensyn til forbrændingseffektivitet er det godt med en lille og en stor kedel. Det giver kombinationsmuligheder, der passer til årstidernes skiftende behov. På værkets område er der udendørs flislager langs hele den ene side af bygningen. Det betyder, at der foregår intensiv flishåndtering med gummiged meget tæt på værket. Det største flislager har porte i enden af bygningen og er velventileret pga. naturlige vindforhold. Det lille flislager ligger midt i bygningen, mellem de to kedelhaller. Læssegraven ligger lige ved siden af værkstedsindgangen til kedelhallerne. Det betyder, at der er stor risiko for forureninger i forbindelse med aflæsninger på det lille lager.

Oprindeligt gik adgangsvejen til den lille kedelhal gennem det lille lager. Denne dørføring blev ændret i forbindelse med nærværende projekt. Nu er der etableret en ny yderdør fra den lille kedelhal og direkte ud, så man undgår at passere gennem flislageret.

Tørre/vejerummet ligger i forbindelse med værkstedet. Overskydende flis bliver smidt i en affaldstønde uden låg. Der er etableret udsugning af luften fra tørreovnen.

Rengøringen på lagrene foregår med kost og skovl, mens rengøringen i kedelhallen sker med spuling.

Der er ingen aktiv ventilation på værket udover aftrækket fra tørreovnen. Der er dog sat en rist i en dør i begge kedelhaller. Desuden er der lavet tagvinduer midt i bygningen. De begynder over lageret og slutter midt i den store kedelhal. Disse vinduer kan åbnes. Man må formode, at der transporteres sporer fra lageret til kedelhallen via tagvinduerne.

Overvågningen af værket sker fra et kontrolrum, der er skærmet fra kedelhallen med en glasvæg. Målinger viser, at dette lokale er forurenet. Efter projektets afslutning er der monteret en ventilator, der pumper luft ind i kontrolrummet via et hul i væggen. Ventilatoren er forsynet med indblæsningspose. (En medarbejder kan konstatere en helbredsmæssig forbedring, efter ventilatoren er monteret). Kontorarbejde sker i en isoleret del af bygningen. Det store lager inspiceres 5-10 gange dagligt ved korte lagerbesøg.

Tirstrup

Anlægsår: 2000	Max effekt : 1,2 MW
Bemanding (antal praktisk personale): Tilsyn	Fødningsmetode: Kran
Ventilation i kedelhal: indsugning	Lagerstørrelse (indendørs): 300 m^3

Værket ligger åbent i landskabet. Værket er ikke permanent bemandet, men besøges rutinemæssigt af den tilsynsførende og serviceres ved alarmer. Denne bemandingsform fritager ikke værket for krav til arbejdsmiljøet, men betyder, at mange spidsbelastninger sandsynligvis undgås. Det er f.eks. sandsynligt, at mange flisaflæsninger sker, mens værket er ubemandet.

Ventilationen i kedelhallen sker ved udsugning i den ende af bygningen, der er optimal i forhold til den fremherskende vindretning. I modsatte ende af bygningen er der et hul på ca. 1 m^2, hvor igennem erstatningsluften kommer.

Der ses mindst én tydelig utæthed i flistransportsystemet. Hullet er ikke lukket, men der er opsat en trillebør til opsamling af spild.
Betongulvet er malet og er derfor let at rengøre.

Balle

Anlægsår: 2000	Max effekt : 0,8 MW
Bemanding (antal praktisk personale):Tilsyn	Fødningsmetode: Snegl
Ventilation i kedelhal: Rist i væg, tagskakt	Lagerstørrelse (indendørs): 90 m^3

Værket er anlagt uden for byen. Det er anlagt, så lagerporten er lige ved siden af indgangsdøren. Døren er anbragt i den overdækning, der også huser askecontaineren og ventilationsristen. Vindmæssigt er placeringen uheldig, da vinden vil bære skimmelsvampesporer fra aflæsninger ind i overdækningen og videre ind ad døren eller ventilationsristen.

Ventilationen er en skakt i loftet og en rist i væggen. Begge dele er placeret, så varmen fra fyret bringer luften i cirkulation.

Der er i forbindelse med sneglens gulvgennemføring lagt tilpassede gulvplader over den støbte rende, som snegletruget løber i. Der er store utætheder mellem pladerne og truget. Det betyder, at lagerluft kan sive ind i kedelhallen.

Glesborg

Anlægsår: 1994	Max effekt : 1,4 MW
Bemanding (antal praktisk personale): Tilsyn	Fødningsmetode: Kran
Ventilation i kedelhal: rist, udsugning i loft	Lagerstørrelse (indendørs): 310 m^3

Værket ligger udenfor Glesborg by. Transportsystemerne er tætte. Ventilationsristen og lagerdøren er eneste oplagte spredningsveje.

Ørum

Anlægsår: 1994	Max effekt : 1,4 MW
Bemanding (antal praktisk personale): Tilsyn	Fødningsmetode: Kran
Ventilation i kedelhal: rist, udsugning i loft	Lagerstørrelse (indendørs): 310 m^3

Værket ligger i udkanten af Ørum. Værket er i det store hele magen til Glesborg Varmeværk. Transportsystemerne er tætte. Ventilationsristen og lagerdøren er eneste oplagte spredningsveje.

Stenvad

Anlægsår: 1998	Max effekt : 0,8 MW
Bemanding (antal praktisk personale): Tilsyn	Fødningsmetode: Snegl
Ventilation i kedelhal: loftskakt	Lagerstørrelse (indendørs): 110 m^3

Værket ligger uden for byen. Snegletruet er ført gennem væggen mellem hal og lager. Denne gennemføring er ikke tæt, og der er i denne forbindelse direkte forbindelse mellem lager og kedelhal. Udførslen og indstillingen af maderen og belufteren til fyret betyder tilsammen, at der blæses luft og delvist brændt flis ud ved siden af indmaderen. Man må forvente, at luften indeholder store mængder skimmelsvampesporer.

Anbefalinger til drift og indretning

I løbet af projektet er der udarbejdet en række anbefalinger til indretningen og driften af flisfyrede værker. Ikke alle beskrivelser og anbefalinger passer til alle værker, men grundprincipperne kan som regel bruges i en tilpasset form. Der er meget stor forskel på indretningen og driften af forskellige værker. Derfor vil nogle af anbefalingerne være en indarbejdet rutine på et værk og en nyhed på et andet. Herunder er det forsøgt at finde et passende niveau således, at man på et "gennemsnitsværk" kan få glæde af anbefalingerne.

Indretning

Anbefalingerne omhandler:

- slusedør
- ventilation
- videoovervågning af lageret
- fuger og samlinger
- punktudsug
- filtrerende indsug på førerkabiner

I det følgende bliver anbefalingerne gennemgået punkt for punkt.

Slusedør

Slusedøren er en meget vigtig ændring af eksisterende værker. Med en sluse er der aldrig mulighed for fri luftbevægelse mellem lager og hal. Når man går mellem lageret og hallen, bliver der kun transporteret den mængde sporer, der er i de få kubikmeter luft i slusen. Slusen kan monteres enten på lagersiden eller på kedelhalsiden af den eksisterende branddør. Der laves en lufttæt kasse omkring den eksisterende lagerdør. I kassen monteres en almindelig tætsluttende dør. Kassen skal mindst have en døre bredde og være mindst ca. 1 meter lang. Sidder slusen på lagersiden er det praktisk at lave taget så skråt, at støv glider ned af sig selv.

Ved at bygge slusen på lagersiden af den eksisterende branddør og sætte et vindue i slusevæggen, kan man i mange tilfælde nøjes med at gå ind i slusen for at tilse lageret, man undgår derved at opholde sig på lageret. Det er vist, at der i gennemsnit er færre sporer i slusen end på lageret. Både spredningsmæssigt og eksponeringsmæssigt er der altså en gevinst ved at erstatte lagerbesøg med slusebesøg.

Man kan vælge at ventilere slusen. Forklaringen tager udgangspunkt i en slusedør monteret på lagersiden af den eksisterende lagerdør. Princippet er, at der skal skabes en ren luftstrøm gennem slusen, så de sporer, der kommer ind, bliver suget ud igen. Der skal laves et indtag gennem ydervæggen i lage-

Den nye slusedør på Trustrup-Lyngby Varmeværk er bygget på lagersiden af den oprindelige branddør. Slusen er forsynet med inspektionsrude og skråt tag, så smuld kan glide ned.

ret eller fra kedelhallen (med brandspjæld). Ventilatoren kan have afkast til lageret. Ventilatoren skal være så kraftig, at luften bliver skiftet et par gange, mens man er i slusen. Den kan laves med timer, så den tænder, når man går ind og så kører f.eks. 20 min. Ved at føre luften f.eks. gennem en hullet plade i loftet bliver ventilationen mere diffus, og luften kommer på den måde bedre rundt i rummet. Ingen af de afprøvede sluser har været ventileret. Metoden er altså ikke afprøvet i praksis. Hvis slusen udelukkende fungerer som adgangsvej til lageret, er ventilatorens effekt tvivlsom. Er slusen uden vindue, vil man kun opholde sig i slusen meget kortvarigt og altid med maske, idet den bør hænge uden for slusedøren. Hvis slusen derimod er forsynet med inspektionsrude, og der forekommer mange kortvarige besøg uden maske, må det anbefales at ventilere slusen.

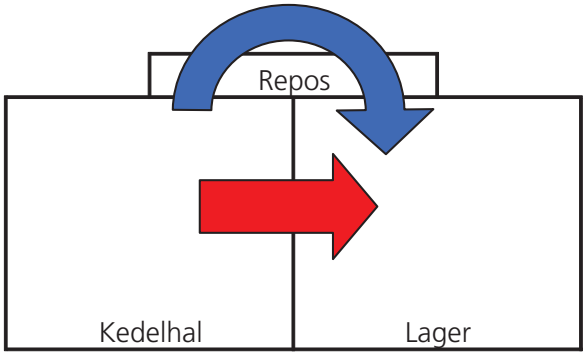
Prisen for en sluse afhænger af de lokale forhold, materialevalget og hvem, der udfører arbejdet.

På Trustrup-Lyngby Varmeværk blev elarbejdet udført af varmemesteren og resten af en tømrer. Slusen er forsynet med vindue, og den ekstra dør er en brugt branddør. Kassen er lavet af krydsfiner, og alle samlinger er fuget med silikone. Slusen kostede ca. 10.000 kr. ex. moms.

For helt at forhindre lufttransport fra lageret til resten af værket kan man lave adgang til lageret via en yderdør. Løsningen er nok mest realistisk, når den er med i projekteringen af nye værker. Løsningen kan sammenlignes med forholdene på større værker, hvor lager og kedelhal er i separate bygninger. I kedelhallen på Assens Fjernvarmeværk er der taget et mindre antal målinger med et gennemsnit på 1045 cfu/m^3. Denne lave sporekoncentration skyldes sandsynligvis hovedsageligt, at der ikke er mulighed for direkte spredning fra lager til kedelhal.

Ofte er lagerdøren fra kedelhallen hævet, så den er i niveau med indfødningstragten. Da kan det være en mulighed at lave en yderdør ved siden af den oprindelige lagerdør. Uden for denne nye yderdør opsættes en repos, der fører hen til en dør, der giver adgang til lageret. Altså i stedet for en lagerdør i kedelhallen, med direkte adgang til lageret, skal man nu ud af en yderdør, hen ad en repos og ind af en anden yderdør. Der er ikke længere direkte forbindelse mellem hal og lager.

Der kan ydermere være en fordel i, at de sporer, der sidder i tøjet efter lagerbesøget, bliver blæst af, mens man er på reposen.



Figur 17. Den røde pil indikerer en direkte adgang fra kedelhellen til lageret, mens den blå pil viser, hvordan adgangen kan ske via en repos. Er adgangen til lageret via en repos, skabes der ikke en direkte spredningsvej, når lagerdøren åbnes.

Ventilation

Ventilation kan være meget dyrt. Alle tanker om at etablere permanent overtryk med filtreret luft i kontorer og kedelhaller virker urealistiske. I det følgende er der lagt vægt på et godt forhold mellem effekt og pris. Varmeværker er oftest lavet med en forholdsvis utæt konstruktion. Det er praktisk for at slippe af med varmen, men gør det svært at styre luftstrømmene på værkerne.

Det er vigtigt at sørge for, at ventilationssystemet pumper en stor mængde ren luft ind på værket. Et indsugningsrør et par meter over bygningen er i reglen nok til, at ventilationsluften er forholdsvis sporefattig. Ved at pumpe luft ind i lokaler skabes en luftstrøm ud af alle revner og sprækker. På denne måde styres det, hvorfra luften i bygningen kommer.

Grundreglerne er, at indtaget skal være så højt oppe og så langt fra lagerudluftning og aflæsningsarealer som muligt. I kedelhallen er det vigtigt, at luftmængden er stor, så afkølingen er tilstrækkelig, og den forurenede luft erstattes af ren luft.

På Trustrup-Lyngby Varmeværk er der afprøvet en løsning, der har vist sig at være tilfredsstillende. Den oprindelige ventilationsløsning var to huller i væggen øverst i kedelhallen. Senere var der monteret en staldventilator foran det ene hul. Den nye løsning tager udgangspunkt i de eksisterende forhold. Det ene hul i væggen blev blændet af. Udenfor det andet hul blev der opsat et 80 cm Ø rør. Røret står på et støbt fundament på jorden, går op

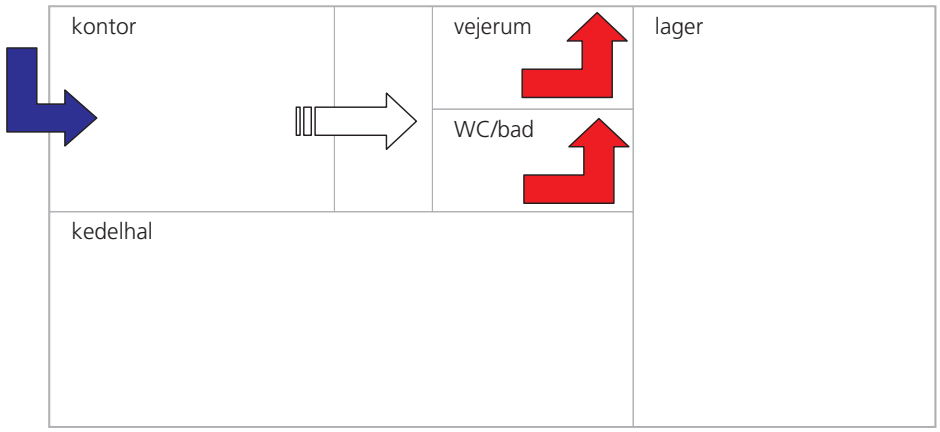
På Trustrup-Lyngby Varmeværk trækkes der frisk luft ind i kedelhallen gennem en indsugningsskorsten, med indtag 3 meter over tagniveau.

forbi det oprindelige hul i væggen og er forbundet med hullet med et T-stykke. Røret fortsætter 3 meter op over tagniveau. Af hensyn til pris og stabilitet er røret ikke forsynet med vindhætte for oven. Røret er lige afsluttet og indtaget er en taglagt rist sat i siden af røret. Den oprindelige motor er monteret i T-stykket. Motoren er nu forsynet med regulator. Motorens placering i T-stykket er ikke støjmæssigt optimal, men støjen fra motoren er under alle omstændigheder ubetydelig i forhold til den øvrige støj i kedelhallen. Indblæsningen til hallen sker direkte gennem hullet i væggen. Der findes forskellige indblæsningsløsninger. Luften kan f.eks. blæses ind gennem en lang pose ophængt under loftet eller gennem et rørsystem med dyser. Alle løsninger har til formål at forhindre træk. På grund af de specielle varmeforhold i kedelhallen, er de særlige indblæsningsløsninger fravalgt. Det opleves som et plus, at man kan mærke den svalende luftbevægelse i den varme kedelhal.

I kontorområdet på Trustrup-Lyngby Varmeværk er der også valgt en løsning, der i videst muligt omfang bruger det oprindelige system. Oprindeligt var ventilationen lavet som en udsugning gennem udtag i lofterne. Via en fælles motor blev der suget luft fra to kontorer, en gang, et vejerum og et

bad/WC. Erstatningsluften kom via spjæld øverst på væggene i de forskellige rum. Da kontorarealerne ligger i nærheden af aflæsningsområdet, var det ikke hensigtsmæssigt at hente erstatningsluften gennem vægspjæld. Desuden var det problematisk, at luft fra tørre/vejerummet og fra yderdøren blev trukket ind i kontorerne.

Den valgte løsning var at lave en kontrolleret luftstrøm fra det inderste kontor, gennem det midterste kontor, gennem et gangareal med en yderdør og ind i veje/tørrerum og bad/WC. Ved at pumpe luft ind i de inderste rum og suge luft ud i de sekundære rum forhindres en sporetransport fra veje/tørrerummet og yderdøren til kontorarealerne. Det oprindelige ventilationssystem blev delt i to. Over kontorerne blev rørføringen og loftudtagene forbundet med et indtag ca. 2 meter over kedelhallens tag. Over veje/tørrerummet og bad/WC blev de oprindelige udtag beholdt. Udsugningen varetages af den oprindelige motor, mens indsugningen sker via en ny motor. De to luftstrømme løber gennem en varmeveksler for at øge komforten og mindske varmetabet.



Figur 18. Ventilationen i kontorområdet på Trustrup-Lyngby Varmeværk er lavet, så luften strømmer fra rene rum mod mere forurenede områder som f.eks. vejerummet.

For at få glæde af ventilationssystemets rensende effekt er det vigtig at undgå åbne vinduer og passiv ventilation via huller i væggene, idet luften ude fra muligvis vil være sporeholdig. Især i tilfælde hvor vinduerne sidder i nærheden af aflæsningsområdet, vil det være uhensigtsmæssigt at ventilere gennem vinduerne.

Videoovervågning af lageret

Hver gang lagerdøren åbnes, spredes sporer ind på resten af værket. Desuden udsættes den ansatte for høje koncentrationer af skimmelsvampesporer, hvis ikke vedkommende bærer maske. Den optimale løsning er at minimere antallet af lagerbesøg. Man kan f.eks. skære ned på antallet af kontrolbesøg ved at etablere videoovervågning. Der kan for under 10.000 kr. sættes flere kameraer op, så man ved at skifte kanal kan få et samlet overblik over lageret. Monitoren/skærmen kan f.eks. opstilles sammen med computerovervågningen af forbrændingsanlægget i et kontrolrum. Erfaringer fra værker med videoovervågning viser, at kameraerne kun sjældent (4-6 gange årligt) skal støves af og i øvrigt virker upåklageligt på trods af fugt og støv.

Overvågningskameraer er desuden tidsbesparende og kan medføre en forbedret lagerovervågning.

Med et eller flere overvågningskameraer kan man undgå de fleste lagerbesøg.

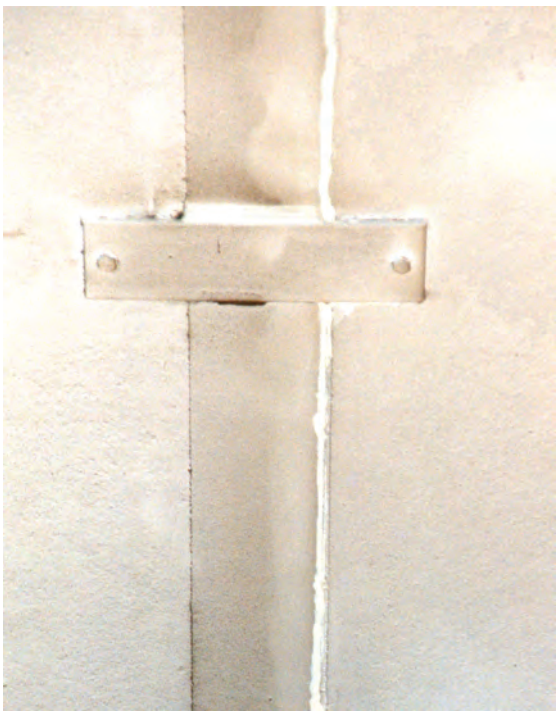
Det er også muligt at overvåge lagerområdet gennem et vindue. Der kan sættes et godkendt brandvindue i væggen mellem lager og hal. Der er også gode erfaringer med at sætte et vindue i en sluse. Begge løsninger betyder, at antallet af lagerbesøg falder. Det medfører, at der spredes færre sporer ud på værket, og hver enkelt ansat undgår de høje sporekoncentrationer, der er i luften på lageret.

Fuger og samlinger

Fuger i vægge, der adskiller forurenede områder fra rene områder, skal være så tætte, at der ikke siver luft gennem dem. Ved at vedligeholde fuger evt. med elastisk fugemasse, kan man isolere f.eks. lagerluft fra luften i kedelhallen.

Især fuger mellem loft og væg har tendens til at smuldre, når bygningen bevæger sig. Også fuger mellem beton-elementer kan falde ud og give uhensigtsmæssige luftstrømme. Utætheder viser sig som mørke støvfaner, der dannes af luftstrømmen gennem hullet. En anden mulighed er at bruge røg til at afsløre, om der er luftstrømme gennem utæthederne. Det er umuligt at måle vigtigheden af tætte fuger. Fugning er dog en nem og billig forbedring, der bidrager til et renere arbejdsmiljø.

Utætte samlinger i transportanlæggene formodes at være en væsentlig spredningsvej til kedelhallen. Utætheder i anlægget viser sig ofte som små dynger smuld. Hvor der kan komme smuld ud, er der også en luftstrøm med sporer fra det flis, der bliver ført afsted inde i anlægget. Når flisen bevæges i anlægget, frigøres meget store mængder sporer. Derfor må man regne med, at selv små utætheder i transportanlægget kan betyde spredning af betydelige mængder sporer. Disse sporer skal blive inde i anlægget og ende med at blive brændt. Gummipakninger, glastov og silikonefuge giver gode muligheder for at have et tæt anlæg.



Hvis værket er bygget af betonelementer er der risiko for at fugerne mellem elementerne falder ud eller bliver utætte. De kan vedligeholdes med elastisk fugemasse.

Der er ofte utætheder i forbindelse med gulv og væggennemføringer.

Pakninger i transportsystemet skal efterses og vedligeholdes.

Udsugning i tørre/vejerum

Tørre-/vejerummet skal være sporespredningsmæssigt isoleret fra resten af værket. Da der håndteres flis i rummet, må der tages særlige forholdsregler for, at skimmelsvampe ikke spreder sig, og dermed forurener nærtliggende

Ved at håndtere flisprøverne i et stinkskab kan skimmelsvampesporerne suges ud af rummet. Bemærk at overskydende flis falder gennem et rør ned i en container.

rum. Det kan gøres ved at kombinere en hensigtsmæssig udsugning med en omhyggelig brug af rummet.

Håndteringen skal minimeres. Det gøres f.eks. ved at fylde tørrebakkerne udendørs, i stinkskab eller så roligt som muligt. Der kan laves punktudsugning, som er særlig kraftig lige omkring vejestedet. Efter den ønskede mængde flis er afvejet, skal resten smides ud. Det kan ske ved at bære flisen ud af værket eller bruge en særlig indrettet affaldstønde. Hvis flisen smides i en affaldsspand eller tønde, skal den være forsynet med låg, og flisportionerne bør være lukket inde i en affaldspose, hvis affaldsspanden tømmes sjældent. Der bør ikke være synligt flis i rummet, ud over de afvejede portioner.

Er tørreovnen af varmluft-typen, er der sporer i den luft, som kommer ud af ovnen. Det er ikke kvantificeret, hvor meget denne kilde betyder. Risikoen for sporeforurening er væk, hvis afkastet fra ovnen føres udendørs f.eks. ved at føre et rør fra ovnen og ud gennem væggen. Røret må ikke være et plastik flexrør, dels pga. den meget varme luft, dels pga. modstanden i de mange riller i røret. Hvis ventilationen i vejerummet er kraftig, er udendørs afkast fra ovnen sandsynligvis ikke nødvendig.

Filtrerende indsug på førerkabiner

Når flis håndteres med maskiner, hvirvles meget store mængder skimmelsvampe og støv op. Nogle gange kan det tydelig ses, at maskinen indhylles i støv, andre gange er det mindre synligt. Alle de målinger, der er taget i forbindelse med flytning eller aflæsning af flis, har indeholdt en sporekoncentration, der var så høj, at den ikke kunne kvantificeres med den anvendte metode. Kabinen på f.eks. en gummiged kan være meget kraftigt forurenet. Man bør installere et filtersystem, der filtrerer ventilationsluften. Systemerne fås som en motorenhed, en filterkasse, en styringsenhed og et rørsystem. Systemet kan udvides med air kondition. Hvis maskinen bruges i længere tid af gangen, må air kondition tilrådes, idet varme og ubehageligt klima i kabi-

Når flis flyttes med f.eks. en gummiged, hvirvles meget store mængder sporeholdigt støv op i luften. Det er vigtigt at holde døre og vinduer lukkede og evt. forsyne kabinen med renset luft.

nen tilskynder føreren til at køre med åbne vinduer. Det må kraftigt frarådes at håndtere flis med maskiner med åbne vinduer eller taglem.

For at forbedre luftkvaliteten i førerkabinen er det vigtigt, at kabinen er tæt, så alt luften tilføres kabinen via filtersystemet. Det vil sige, at alle vinduer skal være hele og tætte, at dørene skal slutte tæt, og at kabinen i øvrigt er lufttæt.

Det er meget vigtigt at få filtre, der fanger partikler ned til under 2/1000 mm. Filtrene har forskellige benævnelser hos forhandlerne, men skal overholde EU-standard F7 og gerne F8 eller F9. Flere forhandlere benævner disse filtre som »tilsvarende P3«, som er den fineste kategori af filtre til personlige værnemidler. Som et billigt alternativ kan man vælge at bruge en filtermaske eller hætte, mens man sidder i gummigeden.

Drift

Herunder kommer en række råd til, hvordan man kan mindske eksponeringen for skimmelsvampe ved hensigtsmæssige arbejdsrutiner og værnemidler. Anbefalingerne vil ikke være til stort besvær i dagligdagen, men betyde at den enkelte medarbejder udsættes for færre skimmelsvampesporer.

Anbefalingerne omhandler:

- maske
- filterturbo
- · overtræksdragt
- aflæsning
- vejning og tørring

Maske

En personlig maske er et meget effektivt fremskridt i forhold til arbejdsmiljøet i forbindelse med flis. Til korte ophold i forurenede lokaler som f.eks. lageret anbefales en let halvmaske. Den skal være hurtig at tage på og af. Når opholdet kun er kort, er det ikke generende at trække vejret gennem filtrene.

En god maske med ekstra filtre koster omkring 400 kr. excl. moms. (Prisen er hentet hos ArSiMa). Loven siger, at man maksimalt må bruge en maske uden motor i tre timer om dagen. Få mere at vide hos Arbejdstilsynet www.at.dk. Anvendelsen af værnemidler er behandlet i At-meddelelse nr. 4.09.1.

Lageret er det sted på et flisfyret værk, hvor der findes flest sporer. Derfor bør man altid bære maske under lagerbesøg – også selvom opholdet kun er kort. Hvis man er nødt til at opholde sig, hvor der læsses flis af, er det også vigtigt at bruge maske.

Ved arbejde i forbindelse med flis skal filtrene beskytte mod svampesporer, støv og giftige gasser. Det betyder, at der skal bruges to filtre. Et P3 filter,

En god halvmaske med P3 og A2 filtre er hurtig at tage på og ikke ubehagelig at have på. Den bør bruges i støvende arbejdssituationer.

der fanger partikler og et A2 filter, der beskytter mod gasser. Det er meget vigtigt, at alle masker har de rigtige filtre. En maske med forkerte filtre giver falsk tryghed og kan resultere i en kraftigere eksponering, end hvis man slet ikke bar maske.

Filtre har en begrænset levetid, som afhænger af, hvor meget luft, der er suget gennem dem, og hvor forurenet luften er. Der kan ikke gives nogen tidsangivelse for, hvor ofte filtrene skal skiftes. Tommelfingerreglen er, at når det bliver svært at suge luft gennem filtret, eller når man kan lugte forureningen inde i masken, skal filtret skiftes.

Filterturbo

Til længere lagerophold, opgaver hvor man sveder eller til personer med skæg, er en hætte med filtrerende pumpe den rigtige løsning. Systemet kaldes en filterturbo.

Hætten dækker hele hovedet og den nederste krave slutter løst til overkroppen. På fronten af masken er et stort klart felt, der giver næsten naturligt udsyn. Filterenheden spændes om livet. Den består af en opladelige pumpe, der suger luft gennem en filterboks. De valgte filtre lægges i boksen. Enheden er let og spændes nemt om livet med det medfølgende bælte. Fra pumpen blæses det rensede luft gennem en blød slange op bag på hætten. I hætten strømmer luften ned forbi ansigtet og ud under kraven. Åndedrættet er ubesværet, og luftstrømmen forhindrer, at man sveder under masken. Når man efter kort tid har vænnet sig til at have hætten på, er filterturboen ikke til gene for brugeren.

Denne løsning er også velegnet til brug i førerkabiner, hvor der enten af praktiske eller økonomiske grunde ikke er monteret filtre. Generelt er beskyttelsen langt højere ved anvendelse af filterturbo med hætte end ved halvmaske. En filterturbo må anvendes hele dagen, men der skal holdes et antal pauser, der afhænger af arbejdsintensiteten og generne ved at bære værnemidlet. En filterturbo med hætte og P3 og A2 filter koster omkring 6000 kr. excl. moms. (Prisen er hentet hos ArSiMa).

Overtræksdragt

Skal man undtagelsesvis grave i flis, ned i lagergraven eller lignende, er det en god ide at tage en overtræksdragt på. Når ansatte udfører disse særligt støvende opgaver, er der grund til at være ekstra opmærksom på brugen af personlige værnemidler. Ud over åndedrætsværn bør der bruges dragt. Dragten forhindrer støv og sporer i at sætte sig i tøjet. Uden dragt bæres støv og sporer med til rene områder, som derved forurenes. Et eksempel kunne være, at en medarbejder kommer fra lagret til frokoststuen, hvor jakken tages af og hænges over en stol. Idet jakken blev rystet, er frokoststuen blevet forurenet med sporer.

En hætte med turbopumpe er effektiv men lidt mere besværlig at have på end en halvmaske.

En engangsdragt koster 48 kr. excl. moms. (Prisen er hentet hos ArSiMa). Dragten kan dog udmærket bruges flere gange, så længe de er hele og rene indvendigt. For at dragterne bliver brugt i praksis, er der vigtigt, at de hænger et praktisk sted. Det kunne f.eks. være ved siden af maskerne foran slusen.

Aflæsning

Uanset om aflæsning af flis sker fra en gummiged eller fra lastbil medfører det meget høje sporekoncentrationer i luften omkring læssestedet. Det er vist ved målinger, at sporerne spreder sig til alle sider. Man kan altså ikke undgå eksponering ved at stå på den rigtige side i forhold til vinden. Ophold i nærheden af maskiner, der læsser flis af, bør helt undgås. Er det af praktiske grunde nødvendigt at udføre opgaver i forbindelse med aflæsningen, bør man benytte åndedrætsværn. Rengøring af lad og containere efter aflæsning er naturligvis også en arbejdssituation, hvor man bør bære maske. Denne rapport er ikke rettet mod chaufførers arbejdsvilkår. Det må dog bemærkes, at denne personalegruppe ofte er kraftigt eksponeret under aflæsning af flis.

Vejning og tørring

Al flishåndtering medfører en risiko for sporeforureninger. Håndtering af flis i forbindelse med vejning og tørring er i mindre målestok en kilde til forurening. Et gennemtænkt og hensigtsmæssigt ventilationssystem er vigtigt

Det anbefales, at der etableres et udsugningssystem, så sporespredningen fra afvejning og tørring minimeres.

for at undgå sporespredning til andre rum. Det er også vigtigt, at hver enkelt medarbejder er opmærksom på problemet under tørring og vejning. Man kan hælde flis op i en bakke på en mere eller mindre rolig måde. Gode arbejdsrutiner medvirker til at undgå spild, samt forkorter den tid, flisen håndteres og står fremme. En hensigtsmæssig behandlingen af prøven og det overskydende flis er medvirkende til at undgå forureninger.

Instruktion

De farer, der hænger sammen med skimmelsvampes vækst på flis, kan man ikke gætte sig til. Flis og skimmelsvampe udsender ikke faresignaler, som umiddelbart skaber respekt. Man er derfor nødt til at lære om de risici, der findes i forbindelse med flishåndtering.

Det er må anbefales at undervise hele personalet i sikker omgang med flis og gøre opmærksom på de gener, som eksponering for skimmelsvampe kan medføre. Undervisningen kunne tage udgangspunkt i den CD, der er udgivet i forbindelse med nærværende projekt. Det er vigtigt at vedligeholde vidensniveauet. Nye ansatte skal undervises i gode rutiner og gøres opmærksom på forholdene omkring mikrobielt støv.

Som leder af et flisfyret værk må man være opmærksom på, at det er værkets ansvar, at udefrakommende arbejdere, herunder chauffører, overholder sikkerhedskravene på stedet. I arbejdsmiljøloven tager man det udgangspunkt, at udefrakommende arbejdere ikke kender risici og sikkerhedsforanstaltninger på den pågældende virksomhed. Det påhviler virksomheden at instruere alle, der udfører en opgave "inden for hegnet". Udføres en opgave f.eks. aflæsning af flis på en uforsvarlig måde, er det altså værkets ansvar at tage affære.

Privat flisfyring

Et stadig stigende antal boliger opvarmes ved afbrænding af flis. Størrelsen varierer fra en-familieshuse til større ejendomme og institutioner. Fælles for dem er, at det er mindre fyr, som passes af personer, der ikke er professionelle varmemestre. Forholdene og flishåndteringen adskiller sig på mange måder fra situationen på varmeværker. Derfor er der lavet særlige målinger, med det formål at belyse forekomsten af skimmelsvampe ved privat flisfyring.

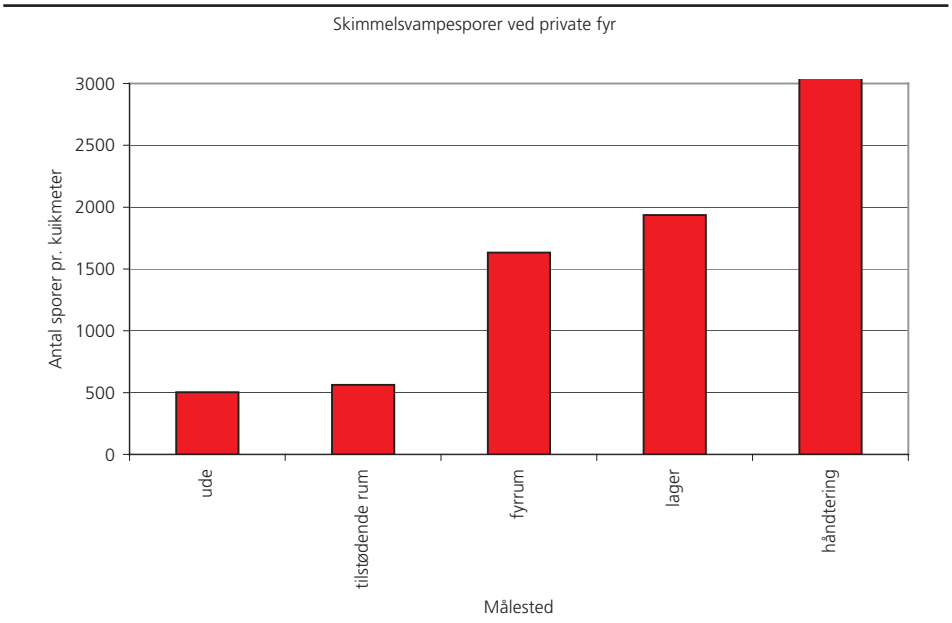
Målingerne er taget, så resultaterne fortæller noget om de forhold, som ser ud til at kunne udgøre en risiko.

Der er særligt lagt vægt på:

- manuel flishåndtering
- lagerforhold
- sporekoncentrationen i naborum til lager og/eller fyr

Sporefordelingen

Målingerne viser hvor og hvor mange sporer, der optræder i forbindelse med privat flisfyring. Det fremgår af figuren, at kun flishåndtering giver meget høje sporekoncentrationer. Så længe flisen ligger stiller, er sporeniveauerne ikke væsentligt højere end den naturlige udendørs sporekoncentration. Der skal tages forbehold for, at denne del af projektet er understøttet af ret få målinger. Forholdene ved private fyr er meget varierende, og undersøgel-



Figur 19. Den gennemsnitlige sporekoncentration på de forskellige kategorier af målepunkter. Der er taget mindst ti målinger i hver kategori. Bemærk, at søjlen for flishåndtering går ud over skalaen på 2. aksen. Alle målinger i forbindelse med flishåndtering viser så høje sporekoncentrationer, at det anvendte måleudstyr ikke kan kvantificere målingerne.

sens resultater dækker ikke hele dette spænd. I udvælgelsen af målesteder med private fyr er der lagt vægt på, at størstedelen af de enfamilieshuse, der opvarmes med flis formodes at være beboet af ansatte i skovvæsenet. Der er ofte tale om fritliggende huse med fyr og lager placeret i et udhus.

Manuel flishåndtering

I forbindelse med små anlæg er flishåndteringen ofte helt manuel. På flislageret skovler man flis op i en balje, som bæres ind til fyret. Her bæres baljen op til magasinluen og tømmes. Magasinstørrelsen varierer meget, men det er ikke ualmindeligt at skulle fylde magasinet to gange dagligt om vinteren. Det er ofte én person, der står for flispåfyldningen. Derfor er det vigtigt, hvilken eksponering personen udsættes for.

Der er taget 10 målinger i forbindelse med flishåndtering. De er taget enten på lageret, mens flisbaljen blev fyldt, eller i fyrrummet, hvor baljen blev tømt. Resultatet er entydige. Der er taget 10 målinger, og sporekoncentrationen overskred i alle tilfælde, hvad målemetoden kan kvantificere. Der er altså meget høje sporekoncentrationer i forbindelse med flishåndtering. Resultatet gælder uanset om flisen er af løv- eller nåletræ.

Flishåndteringen i forbindelse med privat flisfyring bliver yderligere kritisk ved, at der ofte ikke er etableret hensigtsmæssig ventilation. Er flisfyret i et rum, der ligger i forbindelse med boligen, er det særligt vigtigt at bringe den forurenede luft ud af bygningen.

Konklusion: Flishåndteringen bør ske med P3 maske og under kraftig ventilation.

Lagerforhold

Der er taget ti målinger på forskellige lagre. Alle målingerne er taget, mens flisen ligger stille. Resultatet er, at sporeniveauet kun er lettere forhøjet i forhold til udendørsluft. Flislageret er altså kun i mindre grad en konstant kilde til sporeforurening. Først når flisen bevæges, spredes store mængder sporer. Resultatet betyder blandt andet, at ventilationsanlægget ikke behøver at køre hele tiden, med mindre der er fugtproblemer. Det betyder også, at man udmærket kan købe store partier flis hjem. Det er bedre at købe så meget flis af gangen, at en mekanisk håndtering er økonomisk muligt, end at købe små partier, der f.eks. skal skovles frem til lageret. Det må dog frarådes at have flis på lager mere end et år, da de biologiske processer i flisen nedsætter brændværdien. Jo længere tid flisen lagres, jo mere falder brændværdien.

Konklusion: Kun en mindre forurening så længe flisen ligger stille.

Naborum til fyr eller lager

Der er taget ti målinger i naborum til fyr eller lager. I de otte tilfælde ligger

flisen stille på lageret. Da er der ikke et forhøjet sporeniveau i naborummene. De sidste to målinger er taget, mens der blev skovlet flis på lageret. Da var der er et let forhøjet sporeniveau i rummet. Også i denne sammenhæng viser det sig, at når flisen håndteres, er det vigtigt at suge det forurenede luft ud. Hvis luften ikke suges ud, spredes den til nærtliggende rum.

Resultaterne fra de ti målinger giver ikke grund til at bekymre sig om skimmelsvampeforureninger i naborummene til flisfyr. Det kan måske skyldes, at forholdene var heldige på de fire besøgte fyr. Det må straks siges, at der kendes sager, hvor fyr og lagre f.eks. lå i kælderen, og sporeholdigt luft var i direkte forbindelse med boligen. Sådanne indretninger er naturligvis helt uacceptable. Fyr og især lagre bør ikke ligge i samme bygning som boligen.

Konklusion: Generelt ingen problemer, hvis lager og fyr er i udhuse.

Gode råd ved privat flisfyring

Fyringsanlæg, lagerforhold og betjening er forskellig fra hus til hus. Alligevel kan der gives en række fælles råd.

- **Stort magasin.** De fleste fyr har et magasin til flis. Jo større magasin jo længere tid går der mellem hver påfyldning. Det betyder også, at man sjældnere udsættes for skimmelsvampe-forurenet luft. Nogle fyr kan udstyres med en automatisk indføder, der transporterer flis fra lageret til fyret. Derved undgås det at have direkte kontakt til flisen. Hav så sjælden og kort kontakt med flis som muligt.
- **Isolér lageret fra opholdsrum.** Lageret er en kilde til skimmelsvampe. Det er derfor vigtigt, at lageret er isoleret fra andre rum. Det er ikke hensigtsmæssigt at have flis til at ligge i den ene ende af et værksted, som ofte bruges. Hvis flisen ligger på et loft, er det vigtigt at kunne lukke loftslemmen tæt til eller på anden måde adskille lagret fra opholdsrum.
- **Kraftig ventilation.** Lageret skal være godt ventileret. Frisk flis fordamper store mængder vand, der gerne skal ud af bygningen. Desuden er det vigtigt, at flishåndteringen sker et godt ventileret sted. Der kan enten bruges passiv ventilation f.eks. ved at have flis i et tremmehus eller aktiv ventilation ved at montere en kraftig blæser, der suger det forurenede luft ud af lageret.
- **P3 og A2 maske.** Al flishåndtering skal ske med åndedrætsværn. For ca. 500 kr. incl. moms kan man købe en behagelig halvmaske med P3- og A2-filtre. P3-filtret sorterer de meget små partikler fra luften, mens A2-filtret sørger for, at de giftige gasser, som svampene laver, bliver udenfor masken. Til korte opgaver med flis er en let maske ideel og ikke ubehagelig at have på. Til længere opgaver skal der andre masketyper til, men det er sjældent nødvendigt hos private brugere. (Se evt. under "Filterturbo" side 48 for information om andre værnemidler)
- **Ingen legeplads.** Uanset hvor fristende det kan være at lege i en flisstak, er det uacceptabelt, da børnene så opholder sig i en sporesky.

Følges disse grundregler, er der i de fleste tilfælde ingen grund til bekymring.

Sundhedsrisiko

Her skal kort beskrives, hvordan skimmelsvampe påvirker os, og hvilke gener de kan medføre. Det må understreges, at reaktionerne er individuelle og rammer os ved forskellige niveauer af eksponering.

Påvirkning

Skimmelsvampe påvirker os på flere måder:

- sporerne påvirker os som organisk støv.
- overfladeproteiner på sporerne er allergener.
- stofskiftemolekyler enten på fast form (mykotoxiner) eller gasform (VOC'er) påvirker slimhinder og nervesystemet.

Mennesker har altid været påvirket af skimmelsvampe, som jo er en naturlig del af vores omgivelser. Der findes skimmelsvampe overalt.

Skimmelsvampe danner ufatteligt mange sporer. De løsnes og svæver med den mindste luftbevægelse.

Der er flere grunde til, at skimmelsvampene ikke har været et registreret problem tidligere. Dels har man ikke vidst, hvorfor diverse symptomer opstod. Dels havde de fleste mennesker førhen en mere afvekslende arbejdsdag. Endelig udsættes man generelt for flere fremmedstoffer i dag.

Tidligere kunne man kortvarigt udføre en støvende opgave og så gå videre til en anden og renere opgave. I dag er mange specialiserede, så de beskæftiger sig med det samme en stor del af dagen. Hvis der er forhøjet sporekoncentration i forbindelse med ens arbejdsopgaver, vil man være eksponeret i meget længere tid end tidligere. Desuden ved man, at fremmedstoffer som f.eks. diselos øger risikoen for allergi. Der er sikkert mange andre ukendte forhold i vores dagligdag, der påvirker risikoen for allergi.

Gener

Skimmelsvampe kan medføre allergi og allergilignende gener. Generne er meget varierende fra patient til patient. Hvilke koncentrationer der skal til for, at vi mærker påvirkningen, er meget forskellig fra person til person. En bliver allergisk af forholdsvis lave koncentrationer, og en anden kan arbejde i skyer af skimmelsvampesporer hver dag uden at mærke det. De heldige, der ikke oplever ubehag i forbindelse med skimmelsvampe må vide, at generne kan opstå på hvilket som helst tidspunkt, selv efter flere års eksponering.

Der eksisterer ikke fyldestgørende viden om dosis-responsforhold. Det ligger dog fast, at jo flere skimmelsvampe man udsættes for, og jo længere tid eksponeringen varer, jo større er risikoen for at blive syg af det.

Herunder beskrives nogle af de mest alvorlige og/eller almindelige problemer.

Type I allergi

Denne type allergi regnes som den mindst hyppige i forhold til skimmelsvampe. Typen er karakteriseret ved, at allergenet og IgE udløser en uhensigtsmæssig rektion. Hos allergikere får IgE antistoffer nogle særlige mastceller til at frigive store mængder histamin, som igen bevirker, at slimhinder hæver. Hævede slimhinder kan bl.a. betyde stoppet næse, rindende øjne og vejrtrækningsproblemer.

Type I allergi kan opstå, hvis man er genetisk disponeret for allergi, og man udsættes for allergenet flere gange. De første gange man udsættes for allergenet, forløber en sensibiliseringsfase, hvor immunforsvaret lærer at genkende allergenet. Ved senere kontakter skal der kun små mængder allergen til at udløse allergien. Denne opdeling i en sensibiliseringsfase og en symptomfase betyder, at man først kan omgås allergenet uden problemer og senere efter sensibilisering bliver syg af det.

Type III allergi

Denne type allergi er den mest hyppige i forbindelse med skimmelsvampe. Problemerne opstår, når et allergen indåndes i store mængder. Allergenet bliver angrebet af IgG eller IgM, som er stoffer i vores immunsystem. Tilsammen danner allergenet og IgG eller IgM en klump, der kaldes et immunkompleks. Dette kompleks angribes af andre stoffer, som nedbryder klumpen. Problemer kommer, når der dannes så mange komplekser, at nedbrydningen ikke kan følge med. Mængden og størrelsen af immunkomplekserne kan blive så store, at de sætter sig fast i de helt små blodkar. Immunsystemet reagerer på det blokerede blodkar, og der udvikles en lokal betændelse. Sker blokeringen i lungerne, taler man om en allergisk lungebetændelse. Symptomerne opstår 6-8 timer efter eksponeringen. De begynder som almindelig utilpashed og udvikler sig til en influenzalignende tilstand med feber, muskel- og ledsmerter. Symptomerne varer i et par dage og forsvinder uden at efterlade varige men. Fortsætter påvirkningen, kan det medføre vægttab, åndenød, astma og bindevævsdannelser i lungerne.

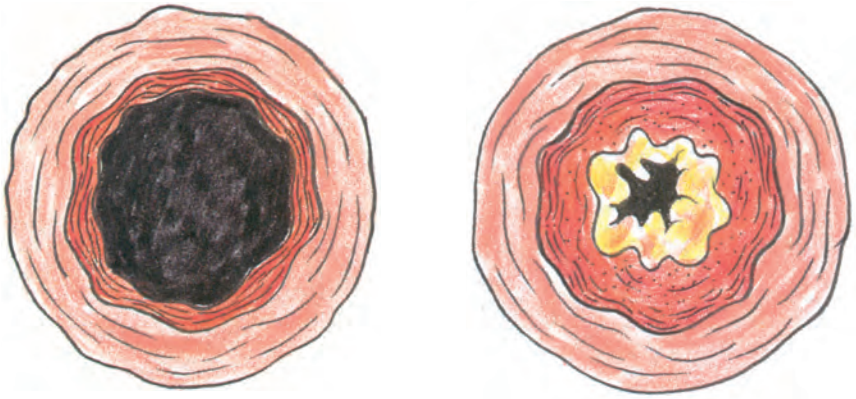
Astma

Astma kan være en alvorlig og invaliderende lidelse. Cirka 200.000 voksne danskere (ca. 4%) har lægediagnosteret astma. Landbruget er det erhverv med den værste påviste overhyppighed af astma. Efter få års arbejde i svinestalde har 12-20 % astma.

Det kaldes astma, når reaktioner i immunforsvaret eller faktorer som stress, anstrengelse, angst, mados, parfume, tobak, kold og tør luft, luftforurening m.v. får luftvejene til at trække sig sammen, så det bliver svært at trække vejret. Immunologisk udløst astma kan deles i IgE og ikke IgE-medieret astma.

Den IgE-medierede udløses af højmolekylære stoffer eller komplekser af stoffer. Denne type er mest relevant i forbindelse med skimmelsvampe.

Hos nogle er det skimmelsvampesporer, der udløser astmaen. Sporerne kommer ned i lungerne og udløser en reaktion tilsvarende et type I allergianfald. Mastcellerne i lungerne frigiver en række stoffer bl.a. histamin. Stofferne påvirker muskulaturen omkring de små luftsække (alveolerne), så der opstår krampe. Desuden påvirkes de slimproducerende celler, som begynder at lave en sej slim. Der opstår en slags betændelsestilstand, der gør luftvejene yderligere forsnævrede. Patienten oplever, at det bliver vanskeligt at trække vejret, og der kan hostes sejt slim op.



Figur 20. Astma er en alvorlig sygdom. Til venstre ses et normalt luftrør. Yderst et muskellag, derunder et lag bl.a. med slimproducerende celler. Til højre er et luftrør under et astmaanfald. Der er krampe i muskellaget, og laget af bl.a. slimproducerende celler er hævet. Der er sejt slim og betændelse i luftrøret. Der er kun begrænset mulighed for at trække vejret med det astmaramte luftrør.

Arbejdsrelateret astma kan bl.a. undersøges ved hjælp af peakflowmålinger. Med mindre patienten er gået ind i en kronisk tilstand, hvor astmaen også udløses af andre påvirkninger end den oprindelige faktor, kan der påvises sammenhæng mellem eksponeringen på arbejdet og peakflowet. Faldet i peakflow kan have forskellige forløb. Nogle viser et dagligt minimum, andre forværres i løbet af ugen og kommer sig igen i løbet af weekenden. I den kroniske tilstand er en weekend eller almindelig ferie ikke nok til at se en forbedring. Da må en længere periode f.eks. på 6-8 uger uden eksponering vise, om der sker en forbedring af peakflowet og en efterfølgende forværring ved genoptagelse af jobbet. Før astmaen kan påvises og relateres til arbejdsmiljøet, skal patienten igennem et grundigt 3-ugers peakflow-program, hvor der pustes hver 3 time og ved natlige anfald. Der suppleres med immunologiske undersøgelser for at finde den udløsende faktor. Allergikere har en øget risiko for at udvikle erhvervsbetinget IgE-medieret astma i forhold til personer uden allergisk disponering. Allergikere bør i særlig høj grad undgå eksponering for allergene stoffer.

Alveolitis

Der findes to typer alveolitis. De vil blive omtalt herunder. Den ene skyldes en allergisk reaktion, og hedder derfor allergisk alveolitis, mens den anden skyldes en slags forgiftning og kaldes toksisk alveolitis.

Allergisk alveolitis er rapporteret fra næsten alle arbejdsmiljøer, hvor der behandles organisk materiale. Sygdommen hænger sammen med eksponeringen for proteiner, svampesporer eller thermofile actinomyceter. Sygdommen er oprindeligt beskrevet ud fra arbejdssituationen som f.eks. tærskerlunge, maltarbejderlunge, ostearbejderlunge eller dueholderlunge. Senere har man erkendt, at det er samme sygdom. Symptomerne er feber, kulderystelser, hoste, åndenød, trykken for brystet, muskel- og ledsmerter, hovedpine og træthed. Det er ofte trætheden, der først giver problemer, senere og i forbindelse med fysisk anstrengelse viser der sig lungeproblemer. På et røntgenbillede kan det ses, hvordan luftvejene fortættes. Oprindeligt er sygdommen beskrevet som en type III allergi, men nyere undersøgelser viser, at det er en anden slags immunologisk reaktion. Hvis sygdommen ikke behandles, og eksponeringen ikke ophører, medfører allergisk alveolitis kroniske lungeskader.

Toksisk alveolitis er også kaldt toksisk pneumonitis, inhalationsfeber, akut allergisk alveolitis, metalrøgsfeber eller Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS). Sygdommen kan udløses både af organisk og uorganisk støv. Symptomerne er i grove træk de samme som for allergisk alveolitis, men på røntgenbilleder ses kun beskedne fortætninger af luftvejene. Symptomerne begynder 6-8 timer efter eksponeringen. Ubehaget varer typisk indtil næste morgen og medfører ingen varige men. Efter et stykke tid med samme eksponering forsvinder symptomerne helt og vil først vise sig, hvis man skifter jobfunktion og derved udsættes for andre eller højere eksponeringer. Symptomerne kan også opstå efter ferier eller andre perioder, hvor den daglige eksponering afbrydes.

Der er ingen præcise tal for hvor mange skimmelsvampesporer, der skal til at udløse en af de ovennævnte sygdomme. Det ser dog ud til, at der skal 5-10 gange så høje koncentrationer til at udløse toksisk alveolitis som allergisk alveolitis. Forebyggelsen af begge sygdommene ligger først og fremmest i at undgå eksponeringen.

Allergilignende reaktioner

Der er erfaring for, at skimmelsvampe, mykotoxiner og VOC'er kan medføre allergilignende reaktioner hos personer, hvor man ikke kan påvise allergi. For patienten er generne de samme, men teknisk set er der en forskel. De ikke-allergiske reaktioner kaldes intolerans (Gravesen 1997).

Andre reaktioner

Ud over de ovenstående symptomer er der rapporteret slimhindebesvær som kløende øjne og stoppet næse og påvirkninger af centralnervesystemet med hovedpine, udtalt træthed og koncentrationsbesvær som følge af eksponering for skimmelsvampe. Disse gener registreres af og til hos en meget stor del af befolkningen. Det kan derfor være meget svært at afgøre om lidelsen har forbindelse til eksponeringen, eller den skyldes andre faktorer.

Hyppighed

Der findes ingen samlet opgørelse over, hvor mange personer, der oplever gener i forbindelse med flishåndtering. De arbejdsmedicinske klinikker har

et registersystem, der samler den slags oplysninger. Systemet indeholder data fra de patienter, der har besøgt en arbejdsmedicinsk klinik. Desværre er adgangen til de arbejdsmedicinske klinikker begrænset af, at patienterne skal henvises af de almindelige praktiserende læger. Dette system bevirker, at mange lidelser, der faktisk er arbejdsrelaterede, aldrig bliver registreret. Det gælder også i høj grad for generne, som eksponering for skimmelsvampesporer kan medføre. Mange praktiserende læger er enten ikke bekendt med den risiko, som skimmelsvampeeksponering medfører eller mener ikke, at patienten behøver at blive henvist.

I forbindelse med dette projekt står det klart, at der generelt er et lavt vidensniveau omkring skimmelsvamperelaterede sygdomme. Samtidigt er det almindeligt, at ansatte genkender nogle af de typiske reaktioner, når de præsenteres.

I et enkelt tilfælde er der fundet en medarbejder på et varmeværk, som reagerer øjeblikkeligt på eksponeringen for skimmelsvampe. På trods af helt tydelig sammenhæng, var det ikke muligt at påvise noget unormalt, da patienten blev peakflowmålt hos lægen. Man kan altså opleve tydelige symptomer, som det er svært at diagnostisere.

Det er en vigtig faktor i registreringen, at alle ansatte ved, hvilke symptomer der eventuelt kan opstå, og ved, at der kan være en sammenhæng til arbejdsmiljøet. Uden denne viden kan tilfældene ikke blive registreret.

Konklusion

På flisfyrede varmeværker udsættes personalet af og til for koncentrationer af skimmelsvampesporer, som kan medføre gener. Det anbefales at bruge maske på særligt forurenede steder og ved håndtering af større flismængder. Desuden bør flisfyrede værker indrettes, så forureningen begrænses.

Herunder er en emneopdelt konklusion, der fremhæver de vigtigste resultater af projektet.

Eksponering for skimmelsvampe

- Der er altid ekstremt mange sporer på flislagre.
- Al flishåndtering medfører ekstreme sporekoncentrationer
- Der er ofte mange sporer i kedelhaller. Af og til er der ekstremt mange.
- Sporekoncentrationen i kedelhaller stiger øjeblikkeligt, når en direkte lageradgang åbnes.
- Ved flisaflæsning er der, uanset vindretningen, ekstremt mange sporer hele vejen rundt om aflæsningsstedet.
- Ansatte på små værker går sjældnere på lageret and ansatte på større værker.

Værnemidler

- Til kortvarige opgaver i forurenede områder skal der altid bruges halvmaske med P3- og A2 filtre. Denne løsning må maksimalt bruges 3 timer om dagen.
- Til længerevarende opgaver kan man beskytte sig med en filterturbo, der består af en motordrevet filterenhed og en hætte, hvori man kan trække vejret ubesværet i renset luft.
- Førerhuse bør holdes rene og ventileres med renset luft via et overtryksystem med F7 eller gerne F8 eller F9 filter.
- Overtræksdragter kan være gode, når der arbejdes i meget støvede områder.

Ombygninger

- Det er effektivt og billigt at bygge en sluse ved den oprindelige lagerdør.
- Korte lagerbesøg kan erstattes af videoovervågning og inspektionsruder.
- I forbindelse med ventilation skal der både tænkes på indsugning og udsugning.
- Der kan med fordel hentes frisk luft gennem en indsugning, der er hævet over tagniveau.
- Der bør indrettes en rumventilation, der tager hensyn til sporespredningen. Der skal laves en luftstrøm, der blæser fra rene til mindre rene områder.

- Passiv luftindtag f.eks. via riste i væggene kan bevirke, at forurenet luft trænger ind i bygningen.

Privat flisfyring

- Al flishåndtering medfører en ekstrem eksponering. Der skal bruges værnemidler.
- Flislagre bør ligge i en separat bygning, adskilt fra beboelse.
- Flislagre skal være godt ventileret.
- Flisfyret bør have så stort magasin som muligt, så der går længere tid mellem påfyldningerne.
- Flislagre er absolut ikke legepladser.

Sygdom

De mest almindelige gener i forbindelse med eksponering for skimmelsvampe er:

- Træthed
- Hovedpine
- Sviende øjne, hals og hud
- Stoppet næse
- Trykken for brystet
- Åndenød
- Hoste
- Ømme muskler og led
- Allergi
- Allergisk og toksisk alveolitis
- Astma

Hyppigheden af lidelserne er ikke belyst. Hovedparten af de ansatte, der er i kontakt med flis, er ikke bekendt med, at ovennævnte symptomer kan have sammenhæng til eksponeringen for mikroorganismer. Af den grund rapporteres sygdommene ikke som arbejdsrelaterede lidelser. Ved interview af ansatte på flisfyrede varmeværker erkender de ansatte i mange tilfælde at have oplevet de ovennævnte symptomerne.

Fremtidige undersøgelser

Der er i løbet af projektperioden indsamlet omfattende viden om forekomsten af skimmelsvampe på flisfyrede varmeværker. Der hor dog også vist sig en række emner, hvor manglende viden er en hindring for udviklingen af biomassebranchen. Nogle af disse emner vil blive nævnt herunder.

Der er utilstrækkelig viden om:

- Sammenhængen mellem eksponering og sygdom. Det vides ikke hvilken form for eksponering, der er mest skadelig: En langvarig lav belastning eller en kortvarig høj belastning.
- Spredningen af skimmelsvampe uden for varmeværker. Emnet er interessant for naboer og kommunale miljømyndigheder, der skal give tilladelser til f.eks. udendørs afkast fra ventilationsanlæg.
- Hvordan lagringsforhold påvirker væksten af skimmelsvampe. Forvaltningen af lagerkapaciteten er forskellig fra værk til værk. Nogle værker har altid lagrene fulde, andre kører med lavest mulig lagerniveau. Hvad betyder lagerpolitikken for forekomsten af skimmelsvampe ?
- Hvordan forskellige flistyper egner sig som vækstsubstrat for skimmelsvampe. Er f.eks. barkandelen afgørende for svampevæksten ?
- Hvor lang tid, der går fra flisen er blevet hugget, til der er betydelig vækst af skimmelsvampe ?
- Kan tilsætning af stoffer til flisen begrænse væksten af skimmelsvampe ?
- Basisviden om, hvor der bruges flis både privat og erhvervsrelateret og kendskab til, hvor mange der arbejder med flis.

Desuden anvendes der jo flis i mange andre sammenhænge. Anlægsgartnere, skovarbejdere, chauffører, kranmontører, komposteringsarbejdere osv. er i tæt kontakt med flis. Man må forvente, at disse grupper af ansatte også udsættes for doser af bl.a. skimmelsvampesporer, der kan medføre helbredsrisiko.

Litteratur om skimmelsvampe, flis og allergi

Der er skrevet meget lidt om skimmelsvampe på flis. Der imod findes store mængder litteratur, der behandler skimmelsvampe i mange andre sammenhænge. Herunder ses en liste med forskelligartet litteratur om skimmelsvampe, flis og allergi/astma. I øvrigt henvises til de udgivelser, der er lavet i forbindelse med dette projekt.

AMI-rapport nr. 33/1990.
Allergi- og overfølsohedsfremkaldende stoffer i arbejdsmiljøet. Arbejdstilsynet

Autrup H. et al. 2003.
Miljø- og arbejdsmedicin. side 281-303. Foreningen af danske lægestuderendes forlag

Barnett, H.T 1969.
Illustrated genera of imperfect Fungi. 2. ed. Burgess Publishing Company

Barron, G.L. 1968.
The genera of hyphomycetes from soil. The William & Wilkins Company

Bech-Andersen, J. 2001.
Indeklima og skimmel. Olsens Bogtrykkeri

Blomquist G. et al. 1983.
Hälsorisker orsakade av mikroorganismer i samband med storskalig handtering av träflis. ASF-projekt 82-0282. Del Undersökningsrapport nr.: 16: 1-17 Umeå, Arbetarskyddsstyrelsen

Breum, N.O. Nielsen, E.M. og Nielsen. B.H. 1996.
Sikkerhed og sundhed ved affald og genanvendelse; rapport nr. 6. Arbejdsmiljøinstituttet

Diverse udgivelser af Astma-Allergi forbundet

Domsch K.H. og Gams W. 1993.
Compendium of soil fungi. IHW-Verlag

Flannigan, B. (ed) 2001.
Microorganisms. Taylor and Francis, London

Gravesen S. og Schou C. 1997.
Allergi og anden overfølsomhed. Munksgaard

Johanning, E. (ed) 1999.
Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins. Eastern New York Occupational and Environmental Helth Center, Albany, New York, USA

Gravesen S. og Wilken-Jensen K. 1984.
Atlas of moulds in Europe causing respiratory allergy. ASK publishing
Gravesen, S. Frisvad, J.C. og Samson. R. 1994. Microfungi. Munksgaard

Jäppinen, P. Haahtela, T. og Lira. J. 1987.
Chip pile workers and mould exposure. Allergy 42: 545-548

Keiding, L. 1997
Astma, allergi og anden overfølsomhed i Danmark. Notex - Tryk & Design

Larsen L.S. 1981.
A three-year-survey of microfungi in the air of Copenhagen 1977-79. Allergy 36:15-22

Måling og vurdering af indeklimaet.
En håndbog for sikkerhedsorganisationen og bedriftssundhedstjenesten. Arbejdstilsynet. (www.at.dk/sw7683.asp)

Pellikka, M. og Kotimaa. M. 1983.
The mould dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors. Folia Forestalia: 1-18

Samson, R.A. 1994
Health Implications of Fungi in Indoor Environments. Elsevier, Amsterdam

Tech-wise og AMI. 2002.
Arbejdsmiljø og biobrændsler, slutrapport. Tech-wise A/S

Watanabe, T. 1994.
Soil and Seed Fungi. Lewis Publishers