



**Ekstern sporespredning fra flisfyrede varmegærker
afrapportering af Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2010-1**

Skov, Simon

Publication date:
2012

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Skov, S. (2012). *Ekstern sporespredning fra flisfyrede varmegærker: afrapportering af Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2010-1*. Frederiksberg: Skov & Landskab, Københavns Universitet. Arbejdsrapport Skov & Landskab, Nr. 156/2012



Ekstern sporespredning fra flisfyrede varmegværker



Afrapportering af Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2010-1

Af Simon Skov



Titel

Ekstern sporespredning fra flisfyrede varmekærker
Afrapportering af Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2010-1

Forfatter

Simon Skov

Fotos

Simon Skov

Dtp

Sidsel Lotz Jespersen

Udgiver

Skov & Landskab
Københavns Universitet
Rolighedsvej 23
1958 Frederiksberg C

Serie

Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 156-2012
Rapporten publiceres udelukkende elektronisk på www.sl.life.ku.dk

ISBN

978-87-7903-608-6

Bedes citeret

Simon Skov (2012): Ekstern sporespredning fra flisfyrede varmekærker.
Afrapportering af Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2010-1. Arbejdsrap-
port Skov & Landskab nr. 156-2012. Skov & Landskab, Københavns
Universitet, Frederiksberg, 27 s. ill.

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse

I salgs- eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt
anvendelse af navnet Skov & Landskab kun tilladt efter skriftlig tilladelse.

Indholdsfortegnelse

Resumé	4
Introduktion	4
Sporemålinger	5
Værkerne	6
Sporer i udeluft	6
Sporer inde på lageret	7
Ingen grænseværdi for sporer	8
Måleresultater	8
Statistisk behandling	19
Forskel på værkerne	22
Flisstakke	23
Vurdering af undersøgelsen	24
Opsummering	25
Konklusion	26
Anbefalinger	26

Resumé

Projektets formål er at bidrage med fakta i forhold til miljøsagsbehandling af emissionen af skimmelsvampesporer fra flisfyrede varmekærker. Der er foretaget måling af luftbårne sporer fra skimmelsvampe både før, ved siden af og efter flisfyrede værker i forhold til vindretningen. Der indgår tre værker i undersøgelsen. Der indgår også nogle få målinger af sporespredningen fra håndtering af flis fra skovstakke. Hver måling er foretaget med to målemetoder for at opnå størst mulig sikkerhed for resultaterne inden for projektets ramme. Resultaterne opsummeres under ”Opsummering” side 22. Konklusionen er blandt andet, at koncentrationen af spredte sporer med vinden er så lav, at de ikke forventes at medføre helbredsgener. Effekten af øget afstand i forhold til sporekoncentrationen kan ikke beskrives inden for nærværende projekt.

Introduktion

I forbindelse med miljøgodkendelsen af nye flisfyrede værker, eller revision af eksisterende værkers miljøgodkendelse, har der i flere tilfælde været tvivl om, hvilken rolle værkerne eksterne sporespredning skulle spille i miljøgodkendelsen. Dansk Fjernvarmes F&U-konto har imødegået problematikken ved at støtte projektet ”Ekstern sporespredning”. Projektet er et samarbejde mellem varmekærkerne i Skanderborg, Lem og Sdr. Omme, og Bjarne Bro (kommunal miljøsagsbehandler), Henrik Andersen (DF), Viktor Jensen (DFP) og Simon Skov (Skov & Landskab).

Projektet har til formål at give et indtryk af, hvor mange sporer der spredes fra et flislager og ud mod naboer mv. Det er en viden, der helt har manglet, så værkerne indretning og kommunernes sagsbehandling har ikke baseret sig på et fagligt grundlag.

Kommunerne skal vurdere, om et værk er til urimelig ulempe for naboerne under hensyntagen til områdets klassifikation som bolig, industri eller landzone. Der er ingen specifikke grænseværdier for sporespredning, så afgørelserne beror på et skøn. I en miljøgodkendelse kan kommunen bl.a. kræve særlig ventilation eller filteranlæg på lageret eller beplantning omkring værket.



Foto: Håndtering af flis til energi medfører risiko for både inden- og udendørs spredning af sporer fra skimmelsvampe. Der er ingen sporer i skorstensrøgen.

Som en tilføjelse til projektet er der foretaget få målinger i forbindelse med lagring af flis i store stakke. Eksemplet er en stor stak flis lagret under presenning i en skov.

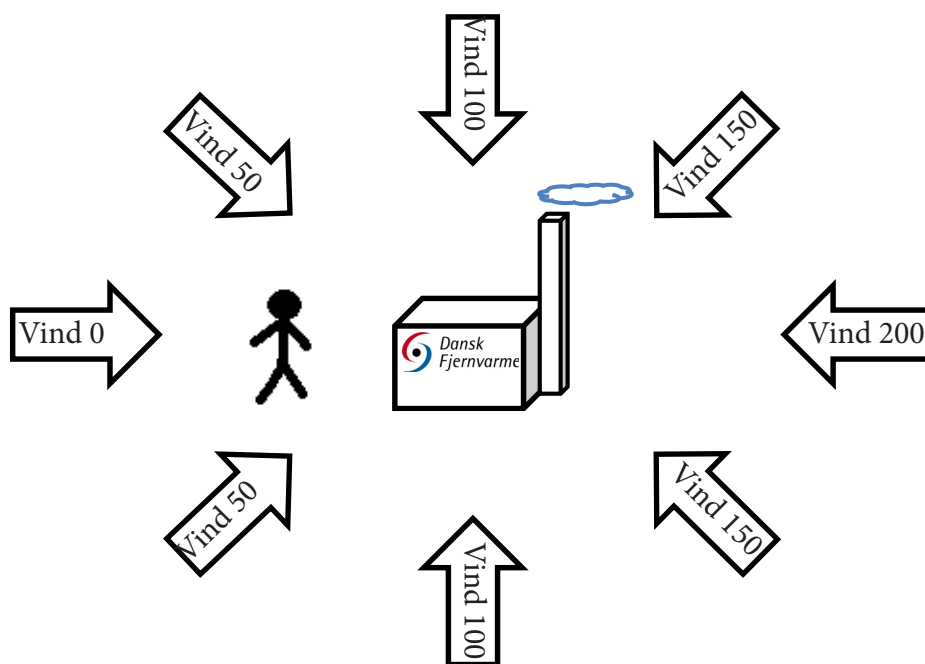
Projektet er så lille, at der ikke kan forventes statistisk sikre resultater, og der kan kun indgå et begrænset antal værker og variationer i målearbejdet. På den anden side er et pilotprojekt et fint grundlag for videre arbejde eller overvejelse.

Sporemålinger

Sporemålingerne sker med to metoder. Metoderne er Biap Slitsamplers og Anderson N6. Disse metoder er i tidligere projekter anvendt inde på værkerne. Begge målemetoder bringer et bestemt volumen luft i kontakt med den fugtige overflade på en agarplade, der er et vækstmedium for skimmelsvampe. Agaren er en V8-agar med antibiotikum, der hæmmer bakterievækst. Varmeskabet er 28 °C og inkuberingstiden er typisk en uge, men afhænger af væksten på agarpladerne. Når sporerne fanges på den fugtige overflade og sættes i varmeskab, spirer de frem til små kolonier, der kan tælles. Ud fra antallet af kolonier og den indsugede luft beregnes cfu/kbm - colonyforming units pr. kubikmeter luft. I rapporten bruges sporer/kbm og cfu/kbm som synonymmer.

Omkring hvert værk blev der målt opvinds, nedvinds og sidevinds for værket. Opvindsmålingerne tages for at kende sporetallet i det luft, der blæser til værket. Nedvindsmålingerne viser sporekoncentrationen efter værket. Forskellen mellem de to mål viser værkets bidrag. Målestedets placering i forhold til vind og værk blev omsat til en talkode (Se figur 1). Der blev ikke taget hensyn til vindhastigheden, men alle måledage var præget af jævn vindstyrke og ingen nedbør.

Ud fra forventningerne til sporespredningen fokuserede vi prøvetagningen inden for de første 100 meter fra lageret, ligesom det blev prioriteret at tage flere nedvinds målinger frem for opvinds og sidevinds målinger.



Figur 1. Målestedet (markeret med en mand) i forhold til værket og vindretningen tildeles en talkode. Opvinds målinger har kode 0, sidevinds målinger kode 100 og nedvinds målinger kode 200. Hver måling beskrives således af en retningskode, en afstand til værket og et værknnummer.

Datamaterialet er ca. 160 målinger i alt, fordelt ligeligt på de to målemetoder. Alle målinger er taget uden for perioden mellem juni til september, hvor der er flest sporer i naturlig udeluft.

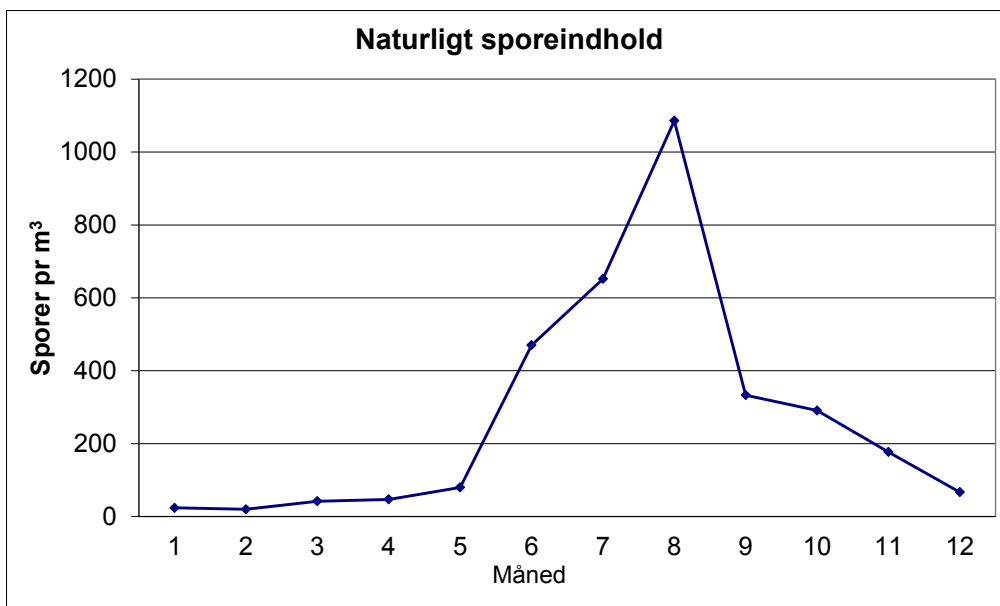
Værkerne

De deltagende værker er anonymiseret, men for at tolke resultaterne skal man vide at:

- værk 1 har diffus udluftning af lageret gennem spalter i væggene.
- værk 2 har aktiv udluftning af lageret via et udsugningsanlæg.
- værk 3 har passiv ventilation gennem tagvinduer.

Sporer i udeluft

Man må huske på, at skimmelsvampesporer i luften er helt naturligt. Sporerne er først problematiske, hvis der er rigtig mange af dem, og man udsættes for dem over længere tid. De fleste mennesker reagerer ikke på de naturlige koncentrationer af sporer. Der er dog astmatikere/allergikere, der reagerer, så det er ikke uden grund, at skimmelsvampene *Alternaria* og *Clatosporium* nævnes sammen med pollentallene. En tidligere undersøgelse af sporer i udeluft har givet nedenstående resultat. (Larsen, L., 1981. A tree-year-survey of microfungi in the air of Copenhagen 1977-79. Allergy 36:15-22.)



Figur 2. Sporekoncentrationen i udeluft varierer over året og opnår de højeste koncentrationer i sensommeren. Resultaterne stammer fra (Larsen, L., 1981)

Sporer inde på lageret

Fra tidligere undersøgelser (Skov, S., Schlünssen, V. og Sigsgaard, T. 2008. Flis og arbejdsmiljø. Arbejdsrapport Skov & Landskab 43-2008. Københavns Universitet.) på flisfyrede værker ved vi, at sporekoncentrationen på flislagre er meget høj. Der er på baggrund af 76 målinger beregnet en median på ca. 7000 sporer pr. kubikmeter. Der er en stor andel af lagermålingerne, der ikke resulterer i et troværdigt mål for sporer/kubikmeter. Årsagen er, at mange af resultaterne ligger over den maksimale koncentration, som målemetoderne kan kvantificere. Målemetoden har en øvre grænse omkring 10.000 sporer pr. kubikmeter. Det er derfor rimeligt at forvente en gennemsnitlig sporekoncentration på over 7000 sporer pr. kubikmeter.

Disse meget høje sporekoncentrationer er kilden til sporespredning ud af værket. Dette vil dels ske ved ventilation (tagvinduer, åbne partier i vægge, riste, mv.), dels ved aflæsning, hvor porten til lageret åbnes, og der læsses et stort volumen flis af. En tilsvarende mængde luft bliver fortrængt og hvirvler ud af lageret.



Foto: Måleudstyr og generator monteret på sækkevogn.

Ingen grænseværdi for sporer

Der findes ingen grænseværdi for luftens indhold af sporer fra skimmelsvampe. Da det naturlige indhold af sporer i luften varierer betragteligt, ville grænseværdier være meget vanskelige at administrere. I øvrigt er sporenes helbredseffekter meget forskellige fra menneske til menneske, og de koncentrationer, der skal til for at udløse gener, er vidt forskellige. Der kan heller ikke sættes en meningsfuld grænseværdi ud fra en helbedsbetragtning. I arbejdsmiljøloven er skimmelsvampe behandlet sådan, at ansatte skal udsættes for så lave koncentrationer, som det er teknisk og økonomisk muligt.

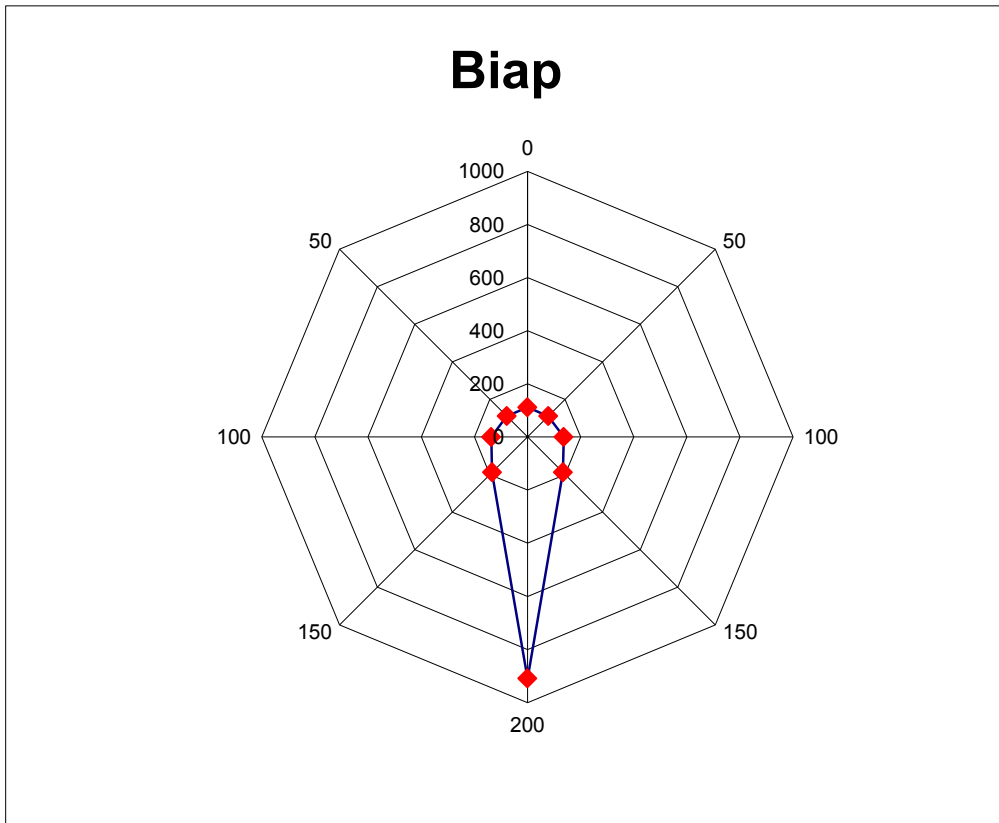
I forhold til kommuners miljøgodkendelse har sagsbehandlerne heller ikke grænseværdier at forholde sig til, men kun den overordnede intention om, at en virksomheds miljøpåvirkning skal være acceptabel og ikke påføre naboer unødige og betydelige gener. Der er altså en høj grad af vurdering i sagsbehandlingen. Det er håbet, at dette arbejde kan bidrage til at bringe erfaringer og faglighed ind i sagsbehandlingen.

Måleresultater

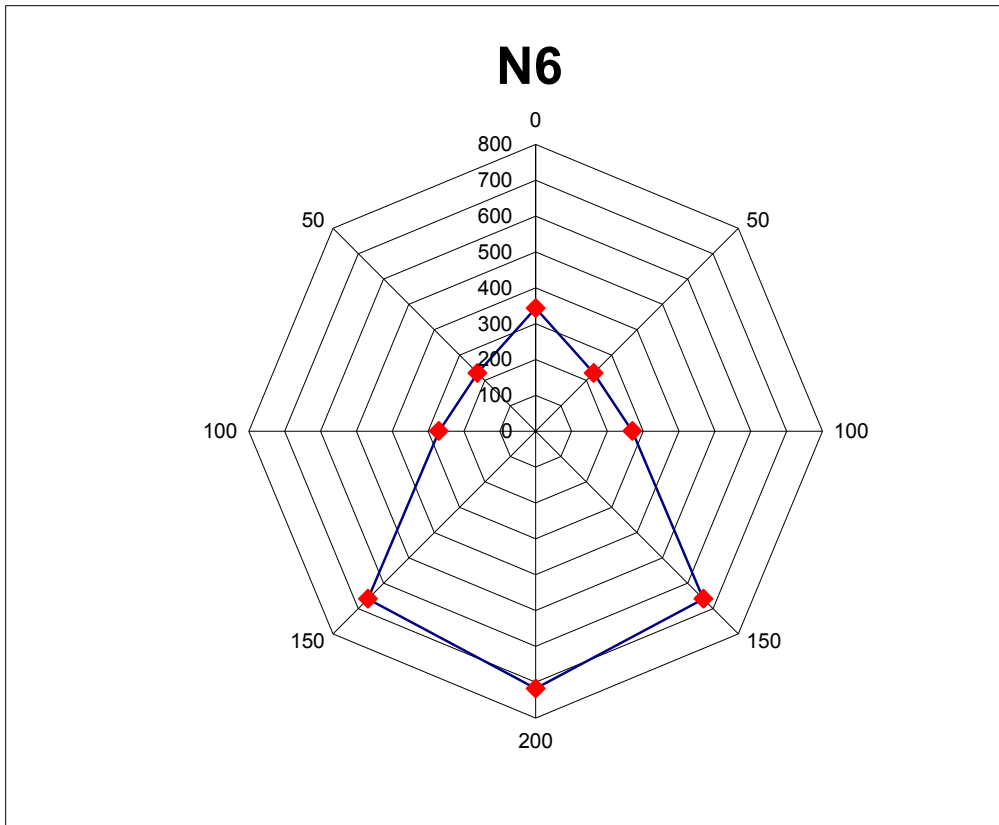
Alle målinger er taget parvise med to metoder: biap og N6. I det følgende præsenteres resultaterne fra begge typer måling. De deltagende værker er navngivet værk 1-3. Resultaterne gengives derved anonymiseret.

Den overordnede spredning med vinden vises på de to nedenstående figurer. Resultaterne er et gennemsnit af alle målinger i de respektive vindretninger.

Der forventes naturligvis flest sporer nedvinds for værket i vindretning 200. Vindretningen er beskrevet ved tal, som er forklaret under ”Sporemålinger”.



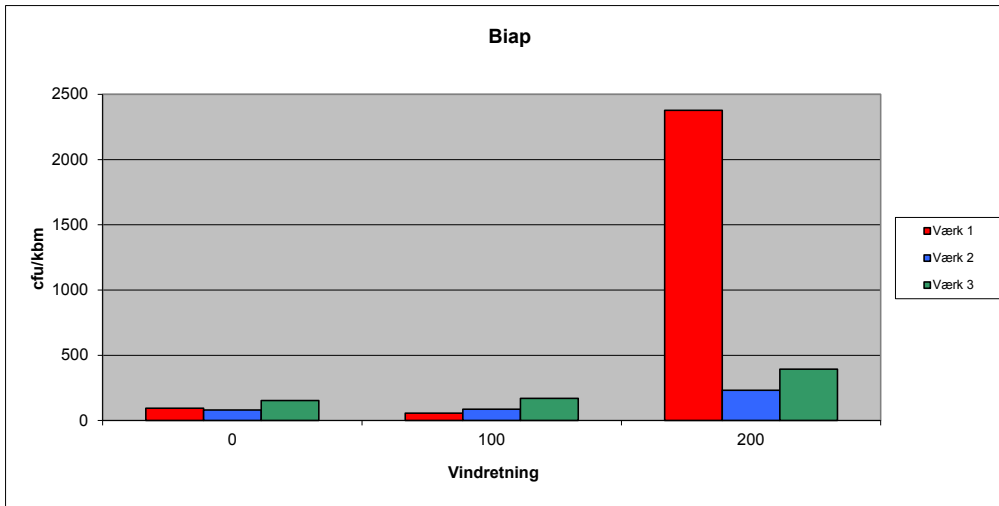
Figur 3. Resultater af biap-målinger i forskellige vindretninger. Figuren skal læses som om værket ligger i midten af spindet. Vinden blæser fra ”vindretning 0” frem mod værket i midten og videre frem mod ”vindretning 200”. Koncentrationen af sporer aflæses som punktets afstand til midten. Enheden er sporer pr. km.



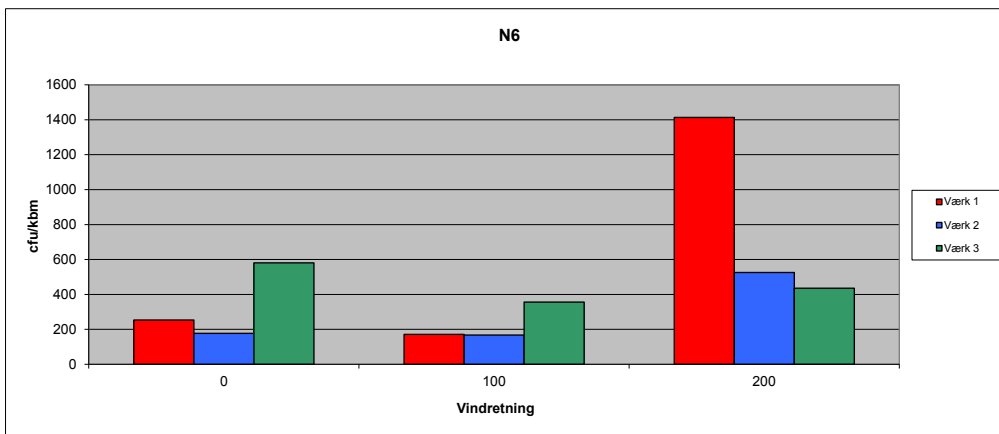
Figur 4. Resultater af N6-målinger i forskellige vindretninger. Figuren skal læses som om værket ligger i midten af spindet. Vinden blæser fra "vindretning 0" frem mod værket i midten og videre frem mod "vindretning 200". Koncentrationen af sporer aflæses som punktets afstand til midten. Enheden er sporer pr. kbm.

De to ovenstående figurer viser, at der er relativt få sporer i den luft, der blæser til værket (vindretning 0) og at der er en højere sporekoncentration i luften, efter vinden har passeret værket (vindretning 200). Der er lidt forskel på spredningen skråt efter værket, når man ser på de to målemetoder. Med biap er der kun øget sporeindhold direkte efter værket, mens N6 viser en bredere sporefane efter værket. Årsagen til uoverensstemmelsen formodes at stamme fra usikkerheden fra de forholdsvis få målinger, der er taget i vindretning 150.

Måleresultaterne kan deles op efter værkenummeret og den vindretning, de er målt i. Da der kun er få målinger i vindretning 50 og 150 på hvert værk, er de for overblikkets skyld fjernet.



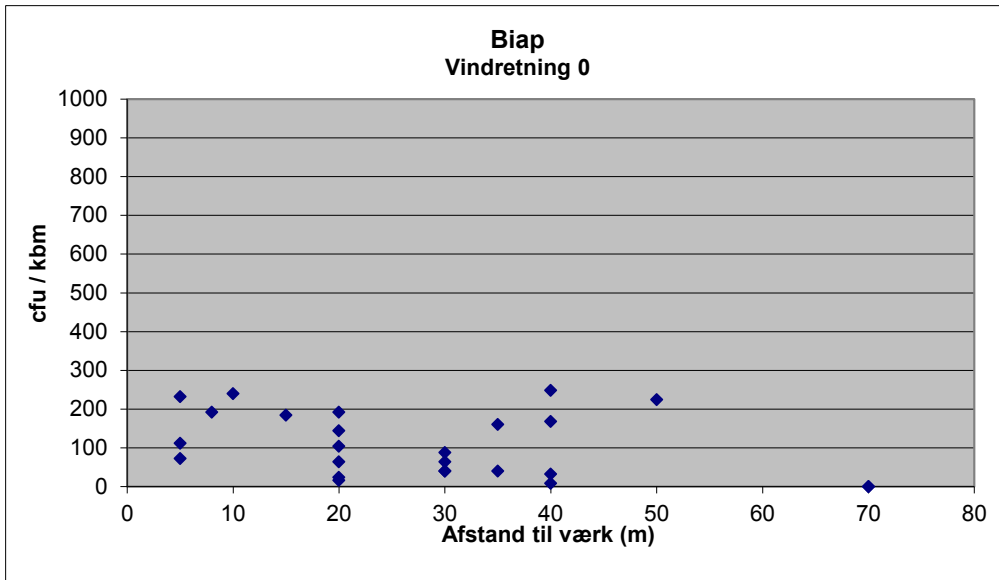
Figur 5. Biap-målinger af sporer hhv. opvinds (vindretning 0), sidevinds (vindretning 100) og nedvinds (vindretning 200) for de tre værker.



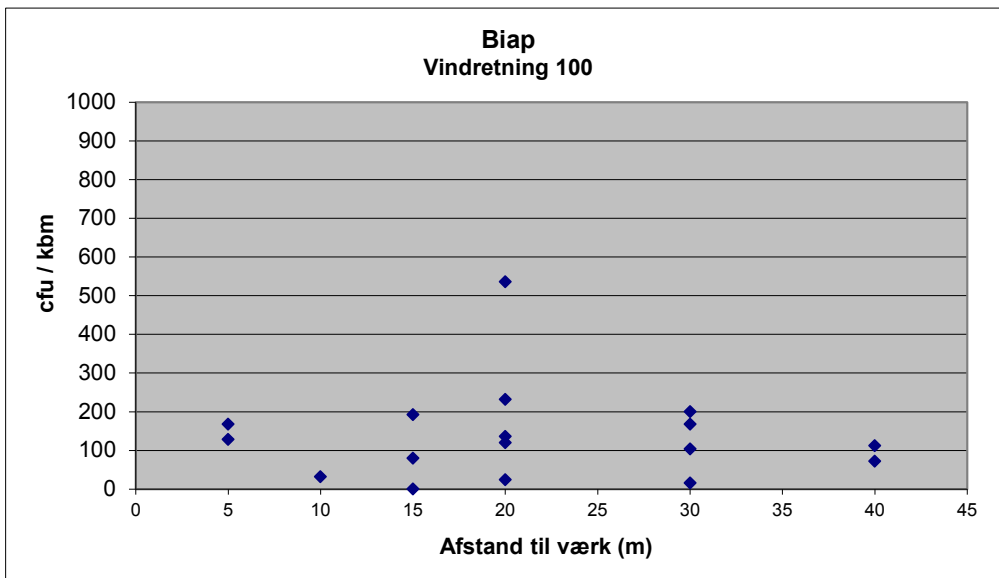
Figur 6. N6-målinger af sporer hhv. opvinds (vindretning 0), sidevinds (vindretning 100) og nedvinds (vindretning 200) for de tre værker.

Indtrykket af figur 5 og 6 herover er det samme. Først bemærkes, at der er sporer i luften, allerede inden den rammer værket. Der er i gennemsnit flere sporer i luften efter værket. Når resultatet for N6, ”vind 0”, værk 3 er højere end de andre vindretninger, så må det dels skyldes, at der er taget relativt få målinger opvinds, dels at der er meget turbolens ved værkerne. Resultatet viser, at sporespredningen påvirkes af mange forhold omkring kilden. Det er også tydeligt, at der er forskel på de tre værker. Værk 1 afviger tydeligt med et højt sporeniveau nedvinds for værket.

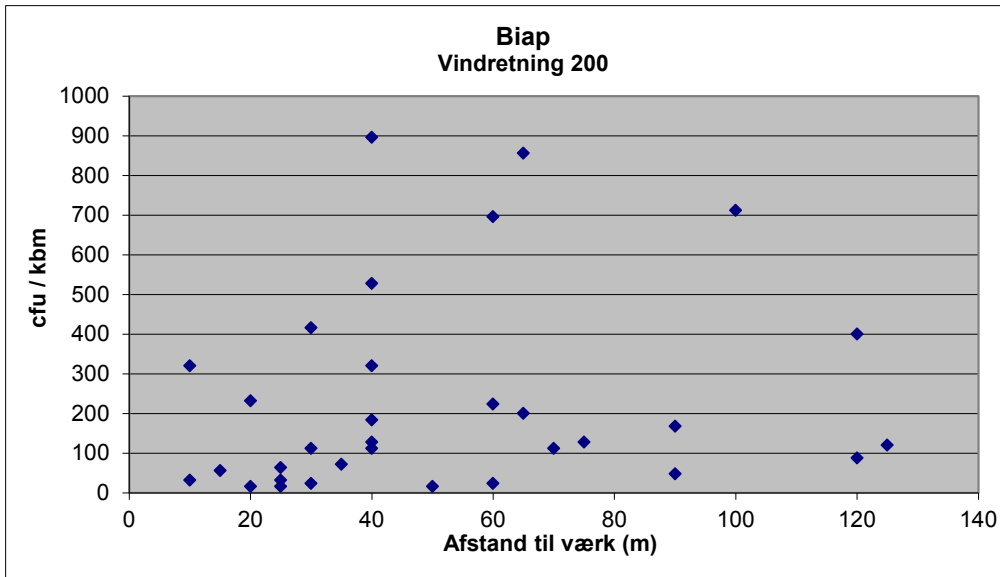
I de ovenstående figurer er der kun taget hensyn til vindretningen, men ikke til afstanden til værkerne. I nedenstående figurer er resultaterne fra hver vindretning (0, 100 og 200) præsenteret ud fra målingens afstand til værket.



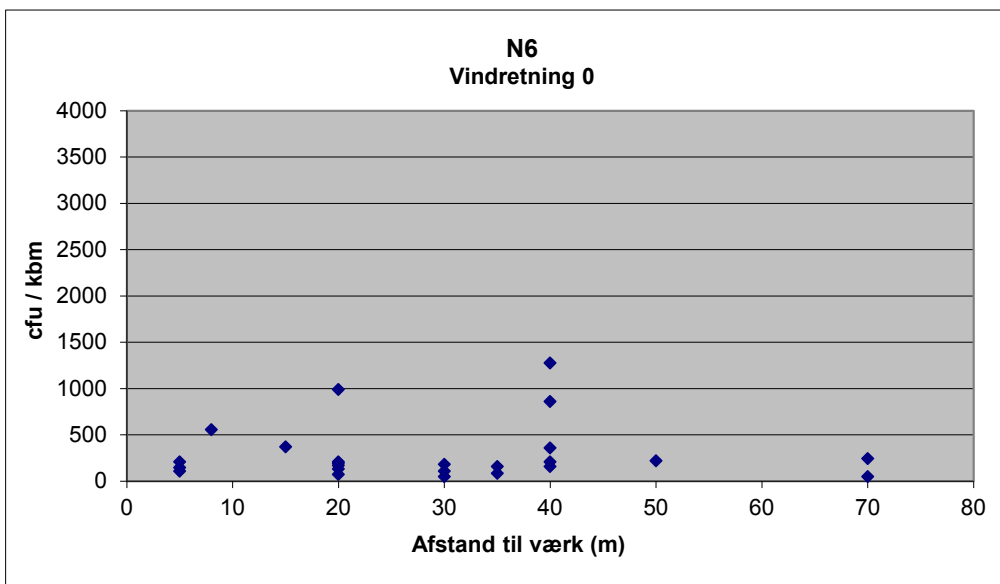
Figur 7. Biap-resultater for vindretning 0 i forskellige afstande til værket. De tre værker er inkluderet.



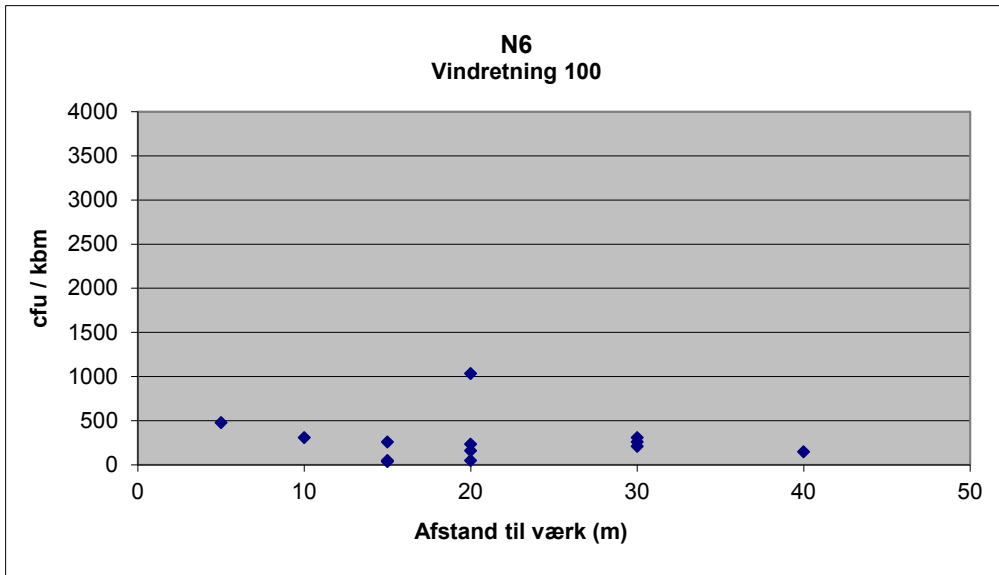
Figur 8. Biap-resultater for vindretning 100 i forskellige afstande til værket. De tre værker er inkluderet.



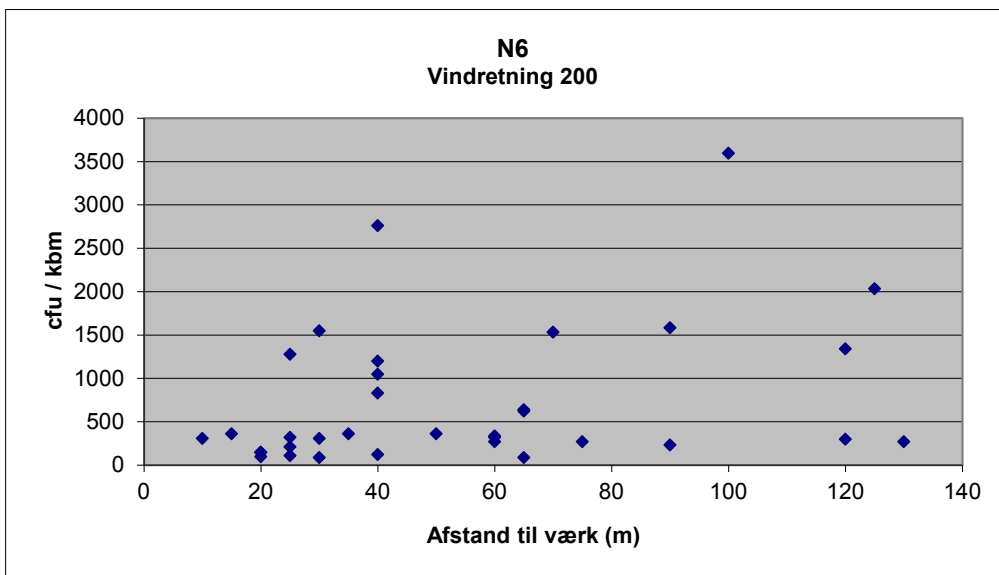
Figur 9. Biap-resultater for vindretning 200 i forskellige afstande til værket. De tre værker er inkluderet.



Figur 10. N6-resultater for vindretning 0 i forskellige afstande til værket. De tre værker er inkluderet.



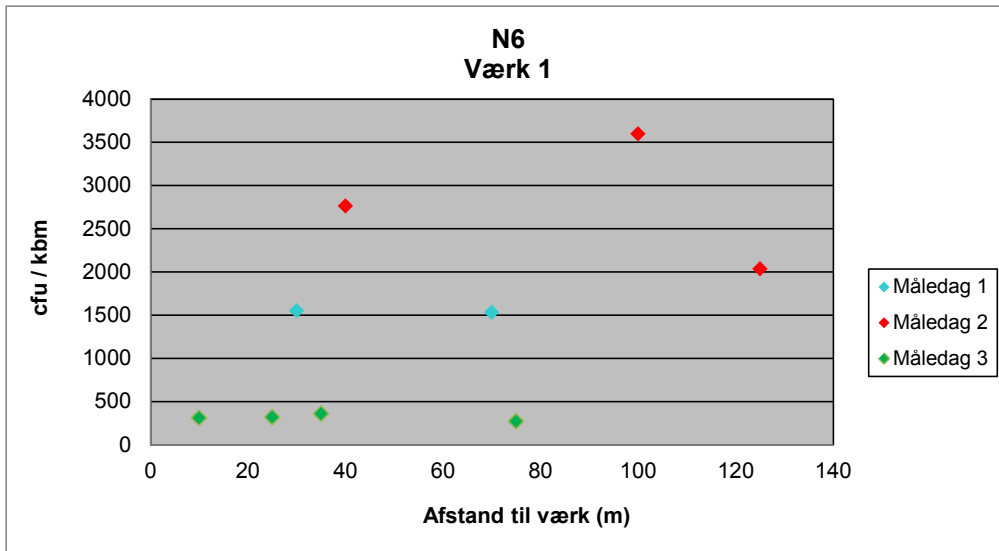
Figur 11. N6-resultater for vindretning 100 i forskellige afstande til værket. De tre værker er inkluderet.



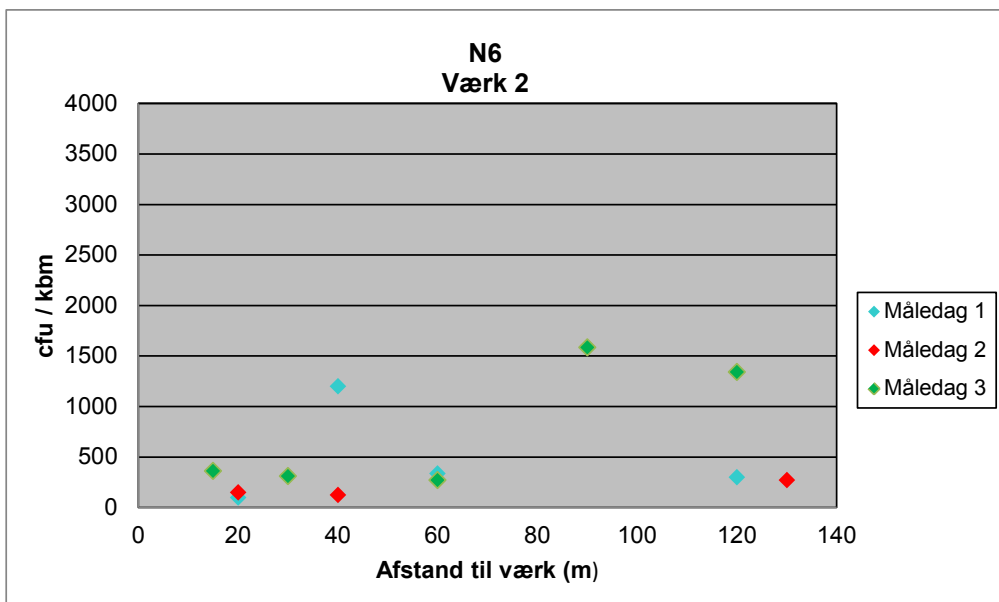
Figur 12. N6-resultater for vindretning 200 i forskellige afstande til værket. De tre værker er inkluderet.

Figurene 7 til 9 og 10 til 12 er vist med samme skala på 2. akse (y-aksen), så forskellen mellem vindretningerne træder tydeligt frem. Vindretning 200 er særlig interessant. Af sammenhængen mellem afstand og sporekoncentrationen kan sporenes spredningsmønster analyseres. (Se mere under ”statistisk behandling” side 16)

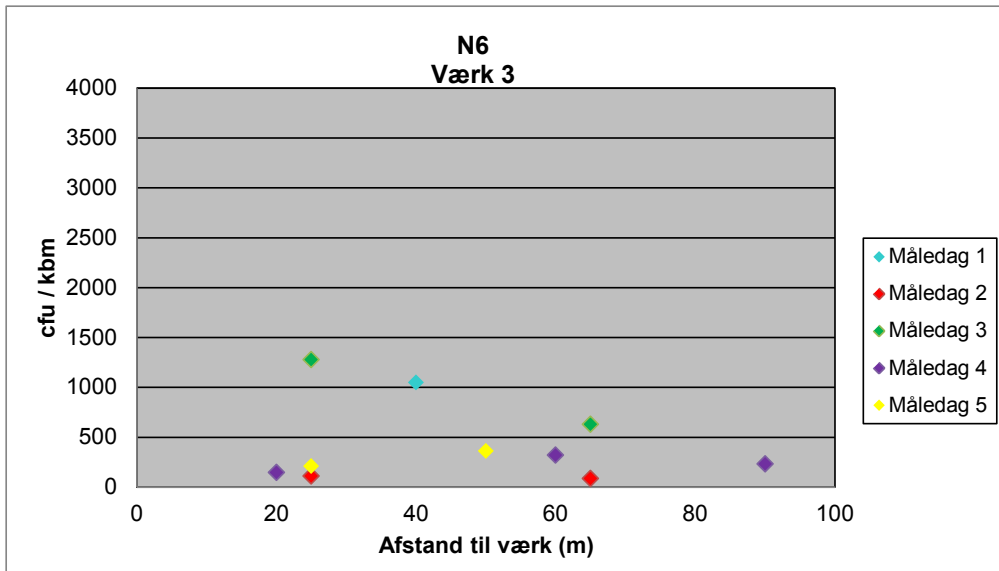
Når måleresultaterne sorteres ud fra værk, vindretning og dato, fremkommer nedenstående figurer. Det interessante ved dem er informationen om, hvordan de enkelte måledage afviger fra hinanden. Der er kun medtaget resultater fra vindretning 200.



Figur 13. N6-resultater (vind 200) for værk 1 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.



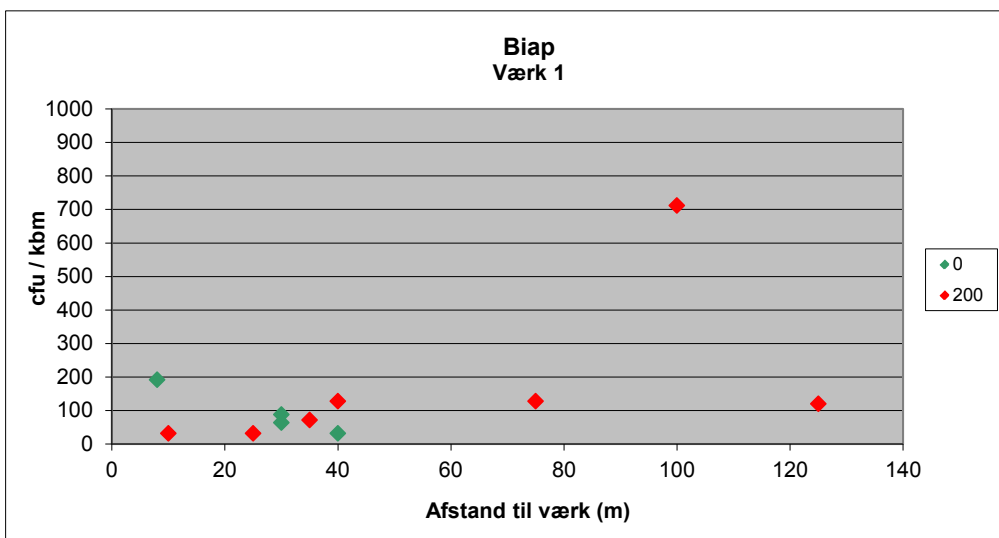
Figur 14. N6-resultater (vind 200) for værk 2 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.



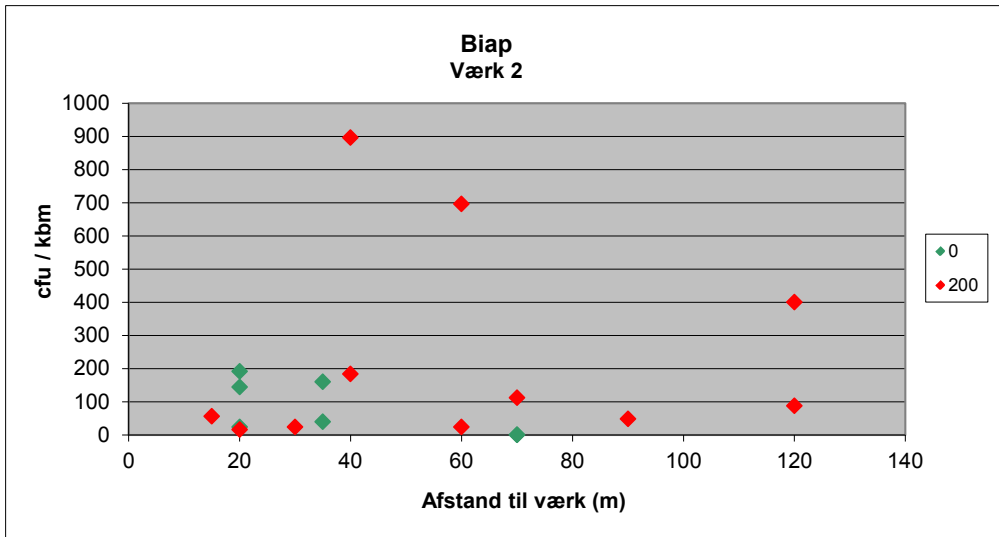
Figur 15. N6-resultater (vind 200) for værk 3 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.

Figur 13 til 15 herover viser, at der er stor forskel mellem måledagene. Det ser ud til, at der er niveauforskel på dagsniveau, sådan at dagen betyder mere end afstanden. Der kan være flere forklaringer på resultaterne. En af dem er, at der er forskel på aktiviteten på værket, og på den flis der er leveret. Det kan også have indflydelse, hvor længe siden seneste aflæsning var. Målingerne er ikke korreleret til værkets drift, udover at der ikke er foretaget målinger under aflæsning af flis.

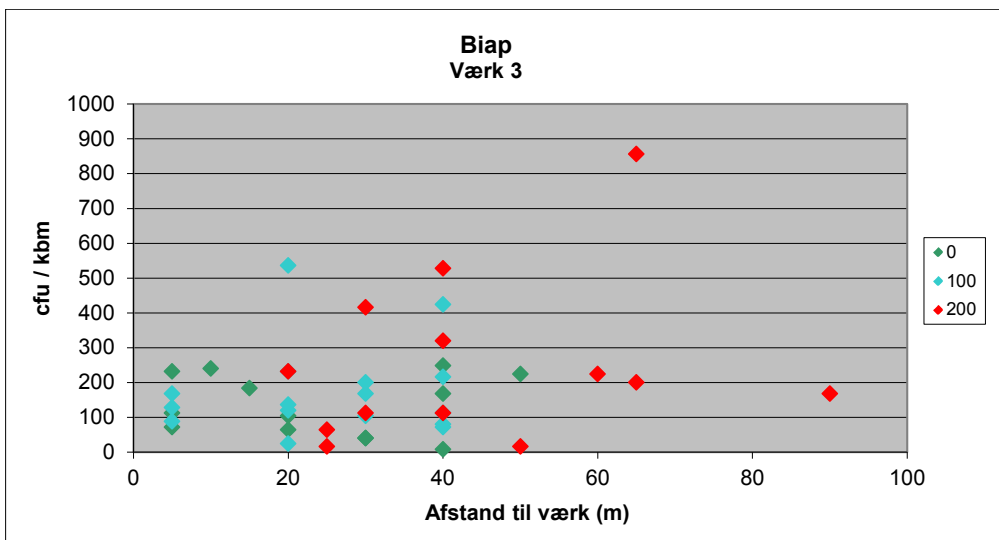
Figur 16 til 21 her under er centrale i forhold til at vurdere forskellen i spredningsmønsteret på de tre værker. For at sammenligne sporekoncentrationen før og efter værket er vind 0 og 200 vist.



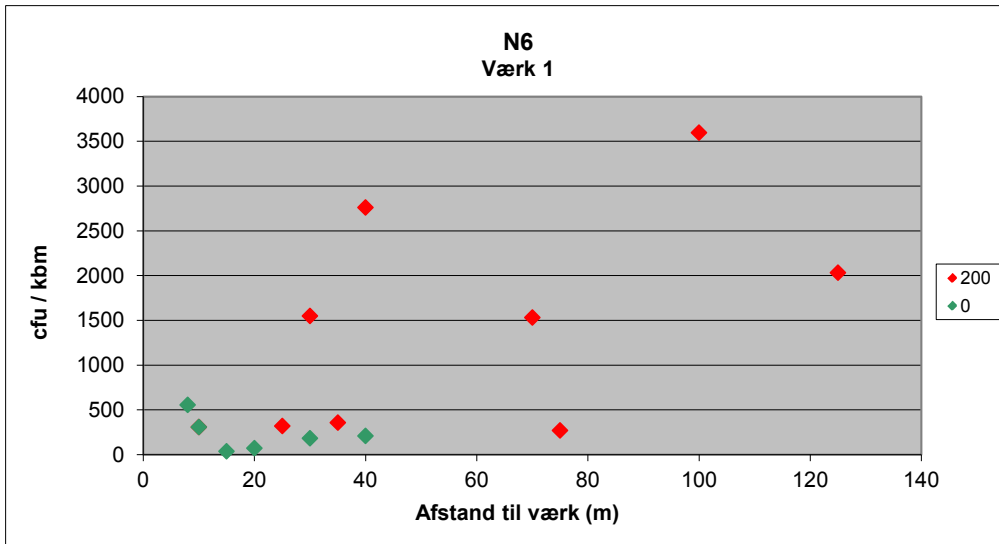
Figur 16. Biap-resultater (vind 200) for værk 1 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.



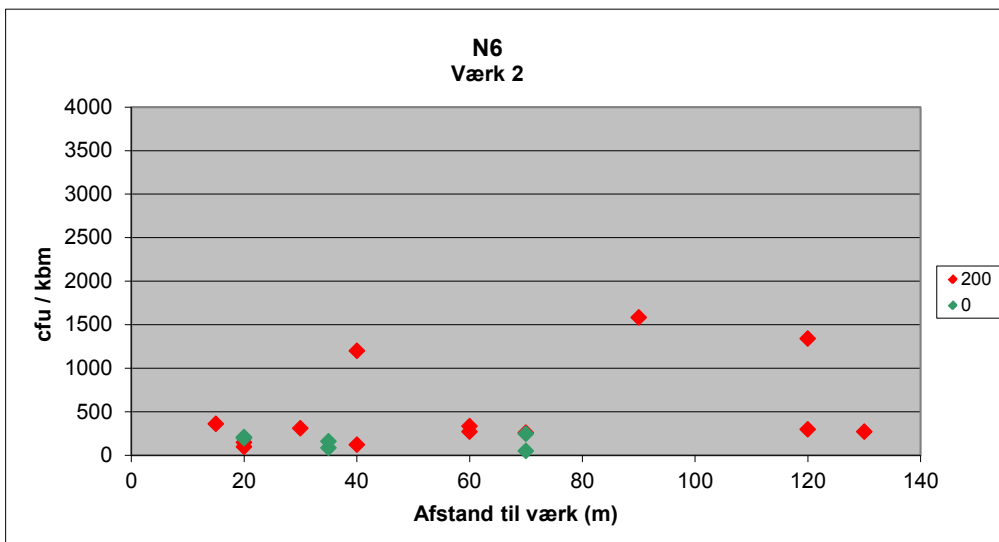
Figur 17. Biap-resultater (vind 200) for værk 2 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.



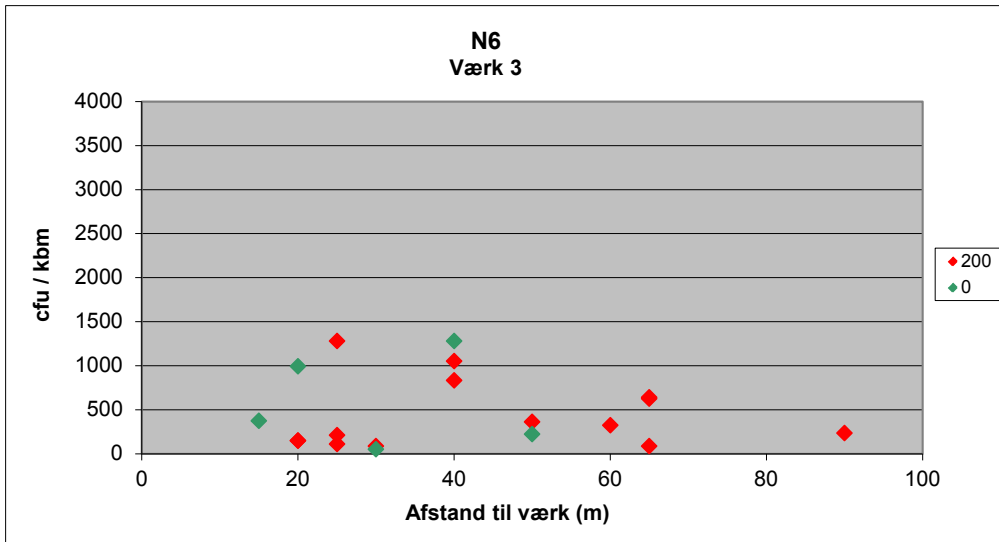
Figur 18. Biap-resultater (vind 200) for værk 3 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.



Figur 19. N6-resultater (vind 200) for værk 1 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.



Figur 20. N6-resultater (vind 200) for værk 2 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.



Figur 21. N6-resultater (vind 200) for værk 3 fordelt efter afstanden til værket og markering for måledagen.

På de ovenstående figurer 18 til 21 kan sporekoncentrationen før og efter værkerne sammenlignes og de tre værker kan sammenlignes. Ved en visuel vurdering er det svært at se tydelige tendenser. Det er dog et gennemgående træk, at resultaterne nedvinds (Vind 200) nogle dage er på niveau med opvindsresultaterne og andre dage er højere.

Statistisk behandling

Sporekoncentrationen før og efter værket kan sammenlignes, og på den måde synliggøre værkets bidrag. Resultaterne af hhv. Biap- og N6-målingerne fra alle værker ved vind 0 hhv. vind 200 kan sammenlignes.

Tabel 1. Sporekoncentrationen i gennemsnit før værkerne (Vind 0 og 50) og efter værkerne (Vind 200).

Metode	Retning	Cfu/kbm	Antal målinger
Biap	før	111	24
Biap	efter	290	32
N6	før	282	26
N6	efter	718	35

Statistisk set er der ikke forskel på biap-resultaterne før og efter værkerne. (t=-1,9743, P-værdi=0,0535).

Statistisk set er der forskel på N6-resultaterne før og efter værkerne. (t=-2,5842; P-værdi=0,01226).

Forskellen i sporekoncentrationen før og efter værket kan udtrykkes i procent. Der regnes med alle værker samlet. For biap er den gennemsnitlige

sporekoncentration efter værket 161 %
større end før værket $((290-111) \times 100 / 111 = 161 \%)$.

Den tilsvarende stigning for N6 er 143 % $((718-295) \times 100 / 295 = 143 \%)$.

Den procentvise stigning er naturligvis kun retvisende for den periode af året, hvor den naturlige sporekoncentration er lav. Alle målingerne i denne undersøgelse er taget i perioden fra november til april. I sommerhalvåret er den naturlige sporekoncentration højere og værkets bidrag er det samme eller måske mindre pga. den mindre aktivitet på værkerne om sommeren. I sommerhalvåret må man altså forvente en mindre procentvis stigning i sporekoncentrationen efter værkerne.

Sporefanens spredning kan analyseres ved at dele data op i to fraktioner afhængigt af målesteds afstand til kilden. Her er der valgt en afstand på 40 meter som skæringspunkt. Denne afstand resulterer i omtrent lige mange målinger i fraktionerne. Det resulterer i hhv. biap-nær, biap-fjern, N6-nær og N6-fjern.



Foto: Udsigten fra taget på flislageret mod nærmeste nabo. Der er 130 m til naboen. På visse dage kan værkets emission af sporer måles på denne afstand.

Tabel 2. Måleresultaterne delt i to puljer hhv. nærmere og fjernere end 40 meter fra værkerne.

<u>Fraktion</u>	<u>Antal</u>	<u>middel</u>	<u>Std afv</u>
Biap-nær	18	198	230
Biap-fjern	14	271	281
N6-nær	19	598	698
N6-fjern	15	894	967

Sammenligner man nær- og fjern-fraktionerne for hver målemetode giver det følgende statistiske resultater: Biap-nær vs. Biap-fjern: $t = -0,8086$. P-værdi = 0,4251. N6-nær vs. N6-fjern: $t = -1,0362$. P-værdi = 0,3079

Da P-værdierne er større end 0,05, er der ikke statistisk sikker forskel på sporekoncentrationen målt nærmere end 40 meter fra værket i forhold til målingerne taget over 40 meter fra værket.

En anden metode til beskrivelse af sporefanens fortynding med øget afstand fra kilden er den statistiske metode ” simpel regression”, hvor det testes i hvilken grad sammenhængen mellem sporekoncentration og afstand kan forklares med en formel. Regressionen er foretaget på hhv. N6 og biap-målingerne ved vindretning 200.

Først testes om der er en lineær sammenhæng mellem afstand og sporekoncentration.

For biap er de statistiske resultater af en lineær regression: F-ratio: 1,13 og en P-værdi på 0,295. En korrelationskoefficient på 0,18 og en r^2 på 3,4 %

En P-værdi over 0,05 fortæller, at der ikke er en statistisk sikker lineær sammenhæng mellem afstand og sporekoncentration. Den lave korrelationskoefficient og r^2 viser også, at en ret linje passer dårligt til måleresultaterne.

For N6 er de tilsvarende tal: F-ratio: 4,36 og en P-værdi på 0,04. En korrelationskoefficient på 0,38 og en r^2 på 11,6 %

Den lineære regression på N6-resultaterne opnår en P-værdi under 0,05, hvilket viser, at der er en lineær sammenhæng mellem afstand og sporekoncentration. Korrelationskoefficienten og r^2 er dog begge lave, så selvom der er en lineær sammenhæng, er spredningen stor. Der er således ikke noget systematisk lineært fald i sporekoncentrationen ved øget afstand til værket.

Den formel, der bedst beskriver resultaterne, er en multiplikativ formel, der kan se således ud: $y=ax^b$

For biap-resultaterne giver regressionstesten følgende resultater: F-ratio=2,76 og P-værdi=0,1066. En korrelationskoefficient på 0,28 og en r^2 på 7,9 %

For N6-resultaterne giver regressionstesten følgende resultater: F-ratio=5,58 og P-værdi=0,0243. En korrelationskoefficient på 0,38 og en r^2 på 14,5 %

For biap-resultaterne er denne formel lidt bedre end den lineære, men stadig ikke statistisk signifikant. For N6 er P-værdien under 0,05 og der er altså en signifikant sammenhæng mellem afstand og sporekoncentrationen, men korrelationskoefficient og r^2 er stadig lav og viser, at formlen kun i ringe grad beskriver variationen i resultaterne.

Forskel på værkerne

Der er forskel på værkerne, men når datasættet opdeles efter værk og vind er der ikke ret mange målinger i hver kategori. Af den grund bliver resultatet usikkert, og der kan opstå misvisende resultater pga. enkelte afvigende måleresultater.

Sammenligner man "Vind 200"-biap-resultaterne fra hvert af værkerne, viser en statistisk variansanalyse, at der ikke er signifikant forskel på værkerne. (F-ratio=0,72; P-værdi=0,4939). De tilsvarende N6 resultater viser, at der er statistisk forskel mellem værkerne (F-ratio=5,63; P-værdi=0,0080). En multiple range-test viser, at det er værk 1, der afviger med et højere gennemsnitligt sporetal i "Vind 200" målingerne.



Foto: Aktiv ventilation med jet-afkast over tagniveau, ser ud til at have en god effekt på den eksterne sporespredning

Når værk 1 og 2 sammenlignes for at vurdere den aktive udsugning ses det, at der er signifikant flere N6-sporer på værk 1, men ikke flere biap-sporer (begge vind 200). Der er altså tegn på, at ventilationen har en positiv effekt

Tabel 3. Resultaterne opdelt efter værk og vind. Differencen mellem "Vind 0" og "Vind 200" indikerer værkets bidrag. Resultaterne skal tolkes med forsigtighed pga. det lave antal målinger i hver kategori.

Værk	Type	Vind 0	Vind 200	t-værdi	p-værdi	Diff.
værk 1	Biap	94	175	-0,6435	0,5359	81
værk 2	Biap	80	231	-1,2770	0,2198	151
værk 3	Biap	153	393	-1,0783	0,2944	240
værk 1	N6	254	1413	-1,8501	0,0913	1160
værk 2	N6	177	526	-1,4556	0,1661	349
værk 3	N6	580	435	0,6570	0,5199	-145

Der ses ikke systematiske resultater i skemaet. Det bemærkes, at der ikke er statistisk sikre forskelle mellem sporekoncentrationen før og efter værkerne, når de analyseres enkeltvis. Kun ved værk 1, N6, er sporekoncentrationen ved "Vind 200" betydeligt højere end ved "Vind 0". Forskellen er stor, men ikke statistisk sikker. Det er naturligvis en uheldig konsekvens af et lavt antal målinger, at der er en negativ difference for N6 på værk 3. Tendensen for hvert værk bør være den samme vist med de to målemetoder. Når der alligevel er afvigelser, skyldes det usikkerhed på målingen og målingens afhængighed af luftturbulens.

Flisstakke

Da der ikke eksisterer viden om flisstakkes emission af sporer, er det prioriteret at tage nogle få målinger indenfor rammerne af dette projekt. Stakken, der refereres til, er normalt skovflis af rødgran. Stakken har været lagret omkring et halvt år og er overdækket med presenning. Målingerne er taget på to dage, og er taget med en åben ende af stakken. Aktiviteten er gravning med gummi-ged fra stakken og op i en container på ladet af en lastbil.

Arealet omkring stakken er skovdækket og ikke vindåbent. Målingerne nedvinds for stakken er taget på en skovvej, der havde retning som vinden. Bevoksningen må forventes at have indflydelse på sporekoncentrationen og luftbevægelserne.

Tabel 4. Sporekoncentrationen omkring en flisstak med og uden aktivitet af en gummi-ged. Tabellen viser resultatet af enkeltmålinger og er altså ikke et gennemsnit over flere målinger.

Type	aktivitet	Vind	Afstand	cfu/kbm
N6	nej	0	20	529
N6	nej	200	10	621
N6	ja	0	20	356
N6	ja	200	15	10198
N6	ja	200	40	8369
biap	nej	0	20	16
biap	nej	200	10	320
biap	ja	0	20	103
biap	ja	200	20	2987



Foto: En stor del af det danske brændselsflis ligger i stak, inden det leveres til et varmekværk. Håndtering af det lagrede flis medfører stor risiko for sundhedsskadelige sporekoncentrationer.

Resultaterne af hhv. N6 og biap-målingerne viser tydeligt, at aktiviteten er afgørende for sporespredningen. Der er stort set ikke øget sporekoncentration efter stakken, hvis der ikke graves i stakken. Når der graves i stakken er sporespredningen betydelig. Resultaterne indikerer, at koncentrationerne kan blive ret høje nedvinds, for en stak der graves i.

Hvis indikationen fra de få målinger holder stik, så er der grund til at fokusere på et sikkert arbejdsmiljø for de personer, der arbejder på pladsen. Der er typisk ikke andre personer i nærheden af en skovstak, men der er ingen grund til at tro, at aktiviteter ved udendørslagre ved varmeværker, hvor der er mennesker tilstede, medfører færre sporer, end målingerne ved skovstakken indikerer.

Vurdering af undersøgelsen

-Måleresultaterne er præget af stor variation, hvilket medfører en svaghed i konklusionerne, da datasættet er relativt lille.

-Da det har vist sig, at vindretning 50, 100 og 150 er mindre interessante, bør de nedprioriteres endnu mere, end det er gjort i nærværende undersøgelse. Det er derfor fordelagtigt at måle på variable punkter, frem for faste punkter der tildeles en vind-værdi.

-I denne undersøgelse er der målt mellem 3 og 6 gange ved hvert værk. Da det viser sig, at der er stor variation mellem dagene, ville det være fordelagtigt at prioritere flere måledage i forhold til mange målepunkter.

-Der kan ikke konstateres et systematisk fald i sporekoncentrationen de første 130 meter efter værkerne. Det er derfor af afgørende betydning at fortsætte undersøgelserne med længere afstand til kilden.

-Det må forventes, at beplantning og andre ”forhindringer” for spredning, har en reducerende effekt på sporekoncentrationen, idet sporeskyen spredes af turbulente vinde. Denne effekt er ikke med i nærværende undersøgelse.

-Der er kun udført få målinger ved skovstakken, og kun ved én stak. Resultaterne bygger på enkelt-målinger og er altså ikke gennemsnittet af gentagne målinger. Der er således risiko for, at resultaterne ikke er repræsentative for alle stakke.

-De høje koncentrationer, der er målt ved flisstakke, giver grund til at fortsætte undersøgelsen af arbejdsmiljøet i gummigederne og sporespredningen til de evt. nærtliggende bygninger som fx et varmeværk.



Foto: Dampen afslører at, der sker en mikrobiel omsætning af flisen, mens den ligger på lager. Der mistes brændværdi og dannes sporer. Sporekoncentrationen på lageret er altid meget høj.

Opsummering

- Vinden bærer sporerne med sig, så der kan måles en effekt nedvinds for værket.
- Der er generelt flere sporer i luften efter værket end før værket.
- Der er stor forskel på måledagene.
- Der kan ikke konstateres noget systematisk fald i sporekoncentrationen de første 130 meter efter værket.
- Om vinteren er sporekoncentrationen efter værket omkring 150 % forhøjet i forhold til før værket, dog med stor variation. Der må forventes en mindre procentvis stigning efter værket om sommeren.
- Der er signifikant højere sporeniveau efter værk 1 end efter værk 2 og værk 3.
- Da værk 1 og 2 er sammenlignelige, ud over den aktive tag-ventilation på værk 2, er det muligt, at ventilationsløsningen er årsagen til det mindske sporeniveau på værk 2.
- Der er ingen betydelig sporespredning fra flisstakke uden aktivitet.
- Det ser ud til, at der er betydelig sporespredningen fra stakke, hvor der graves med gummiged.



Foto: Det er almindeligt, men ikke hensigtsmæssigt, at benytte ukontrolleret ventilation af lageret. Aktiv udsugning med afkast over tagniveau, er at foretrække.

Konklusion

Nedenstående konklusioner skal læses med projektets begrænsede omfang in mente. Der er således tale om tendenser ud fra et mindre datasæt.

- Flisværker er en sporekilde.
- Der spredes kun sporer med vinden.
- Om vinteren er der et lavt sporeniveau i naturlig udeluft (Målt som "Vind 0" i undersøgelsen).
- Efter værker er sporekoncentrationen forhøjet med omkring 150 % om vinteren, hvilket stadig er et lavt niveau.
- Der er signifikant færre sporer (N6) udenfor værk 2 med aktiv ventilation af lageret end værk 1 med passiv ventilation. Resultatet indikerer, at aktiv udsugning muligvis kan have en begrænsende effekt på sporekoncentrationen uden for et flislager.
- Der er ikke målt sporekoncentrationer, der kan forventes at have negative helbredseffekter.
- Der er ikke konstateret nogen systematisk reduktion af sporekoncentrationen indenfor de 130 meter, der er den maksimale afstand, der er medtaget i undersøgelsen.
- Der er indikationer på, at gravning i lagrede flisstakke medfører betydelige forhøjede sporekoncentrationer.

Anbefalinger

- Da der kun er positive tegn på, at aktiv ventilation virker, men ikke sikre resultater, var det ønskeligt at foretage uddybende undersøgelser.
- En vurdering af om der spredes uacceptabelt mange sporer fra et flisværk bør inddrage den nye viden om koncentrationerne, som er betydeligt under de koncentrationer, som normalt anses for sundhedsskadelige.
- Der bør også inddrages statistik over vindretningen på stedet, idet sporerne kun spredes med vinden.
- Det bør afklares, hvordan sporefanen fortyndes med stigende afstand. Denne viden fremgår ikke af nærværende undersøgelse.



Foto: Flislager med porte til aflæsning. Bemærk riste i væggene til ventilation. Resultaterne tyder på at afkast over tagniveau medfører et lavere sporeniveau nær værket.



Skov & Landskab
Københavns Universitet
Rolighedsvej 23
1958 Fredriksberg C
Tel. 3533 1500
sl@life.ku.dk
www.sl.life.ku.dk

Nationalt center for
forskning, uddannelse og
rådgivning i skov
og skovprodukter,
landskabsarkitektur og
landskabsforvaltning,
byplanlægning og bydesign

