



STAMI-rapport

Eksponering for trestøv og relaterte komponenter i trevareindustrien

Betydning av resirkulering av luft og andre forhold som kan påvirke nivå av trestøvkompontener og partikkelstørrelsesfordeling

Ine Pedersen
Torunn K. Ervik
Erika Zardin
Oda A. H. Foss
Anani K. Afanou
Nils Petter Skaugset
Anne Straumfors

Sitering av rapporten:

STAMI (2023). *Eksponering for trestøv og relaterte komponenter i trevareindustrien*. STAMI-rapport, årgang 24, nr. 1, Oslo: Statens arbeidsmiljøinstitutt

Rapporten kan lastes ned fra stami.no

Denne rapporten er skrevet av

Ine Pedersen
Torunn K. Ervik
Erika Zardin
Oda A. H. Foss
Anani K. Afanou
Nils Petter Skaugset
Anne Straumfors

Det redaksjonelle arbeidet ble avsluttet:

14. desember 2023
Serie: STAMI-rapport
Nr. 1, Årgang 24 (2023)

Forsidebilder: AS Nor-Trapp (øverst), Selbuhus Industrier AS (nederst)

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI)

Postboks 5330 Majorstuen
0304 Oslo

ISSN nr. 1502–0932

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	5
Forkortelser.....	7
Innledning	8
Vitenskapelig bakgrunn.....	8
Målsettinger	10
Eksponeeringskartlegging	11
Resultater og diskusjon.....	16
Konklusjon	36
Referanser.....	38
Vedlegg: STAMIs prøvetakingsskjema side 3.....	40

Forord

Utgangspunktet for prosjektet i trevareindustrien er forslaget om å fjerne et unntak i Arbeidsplassforskriftens §7-2, tredje ledd, om resirkulering av luft som har vært og er gjeldende. Arbeidsplassforskriften er en forskrift om utforming og innretning av arbeidsplasser og arbeidslokaler. Forskriftens §7-2 omhandler resirkulering av luft i ventilasjonsanlegg og i denne paragrafen står det i første ledd at resirkulering av luft bare er tillatt dersom arbeidsgiver kan dokumentere at det ikke kan medføre helserisiko for arbeidstaker. Videre i andre ledd heter det at ventilasjon som innebærer resirkulering av luft som inneholder kreftfremkallende eller mutagene kjemikalier og fra lokaler hvor det utføres varmt arbeid ikke er tillatt. Resirkulering av luft er i utgangspunktet forbudt for å unngå oppkonsentrering av skadelige stoffer i arbeidsatmosfæren. Paragrafen inneholder imidlertid også et tredje ledd med unntak fra resirkuleringsforbudet i arbeid hvor trestøv frigjøres. Resirkulering av luften innebærer filtrering av brukt luft og evt. noe tilførsel av friskluft. På grunn av fritaket, praktiserer mange virksomheter involvert i trebearbeiding resirkulering av brukt, ferdig oppvarmet luft i den kalde vintersesongen i stedet for å balansere ventilasjonen med frisklufttilførsel som kontinuerlig må varmes opp. Fritaket har eksistert i Norge i flere år og i forbindelse med revisjoner av forskriften har det blitt foreslått fjernet. Oppvarming av ventilasjonsluft har en økonomisk kostnad, og det er derfor viktig å vite om dagens fritak ivaretar arbeidsrelatert helse, evt. om fjerning av fritaket kan ha ønsket effekt i så måte. Økt kunnskap om trestøveksposeringen og hva trestøv består av vil bidra til å bedre grunnlaget for å vurdere fritaket. Solid dokumentasjon på at eksponeringen er lavere enn gjeldende grenseverdier er dermed viktig. Potensiell helsefarlig eksponering i tilknytning til trebearbeiding kan også bestå av flere kjemiske og biologiske komponenter som i liten grad gjenspeiles i støvmassen. For å øke kunnskapsgrunnlaget for fremtidige vurderinger av unntaket i §7-2 tredje ledd er det derfor viktig å vite mer om eksponeringen og hva trestøveksposeringen består av. Å redusere eksponering er viktig som et ledd i risikostyringen til hver enkelt bedrift, men også viktig på et nasjonalt nivå for å forebygge sykdom og frafall fra arbeidslivet.

Denne rapporten gir en beskrivelse av eksponering for trestøv og relaterte komponenter i trevareindustrien. Eksponering ved bruk av myke, nordiske treslag, unntatt eik og bøk, samt bruk av harde, eksotiske treslag, eik og bøk er vurdert opp mot de gjeldende grenseverdiene. Eksponeringsnivået i bedrifter som har resirkulering av luft er også sammenlignet med nivået i bedrifter uten resirkulering av luft. Deltakende bedrifter var produsenter av trapper, dører, vinduer, inventar og andre bygningselementer og trevarer.

STAMI har hatt ansvar for ledelse og gjennomføring av prosjektet med overingeniør Ine Pedersen som prosjektleder og ledende seniorforsker Anne Straumfors som faglig ansvarlig. Øvrige deltakere har vært forskerne Torunn K. Ervik, Erika Zardin, Anani K. Afanou, Nils Petter Skaugset, samt overingeniør Oda A. H. Foss.

Oslo, 14.12.2023



Ine Pedersen

Takk

Vi vil gjerne takke bedriftene som har deltatt i prosjektet og de ansatte som har båret måleutstyr. En spesiell takk til Morten Meyer fra Boligprodusentenes Forening og Halvard Høiland-Kaupang fra Norske Trevarer som har vært bindeledd mellom STAMI og de deltakende bedriftene i prosjektperioden, samt arrangert befaringsfor STAMI og webinarer for bedrifter og bedriftshelsetjenesten i samarbeid med STAMI. Vi takker senioringeniør Ragnhild B. Strand Østrem (STAMI) for bidrag relatert til EXPO, samt overingeniørene ved STAMI, Hamed Sadeghiankaffash for cellekulturarbeid, Kristine Haugen Anmarkrud for SEM-analyser av soppsporer, og Monica Eidhammer, Kristin Helmersmo og Karoline Kåsin for medvirkning i analyser av flyktige forbindelser. Vi takker også Anne Marie Lund Eikrem i Arbeidstilsynet for innspill og bidrag i prosjektet. Sist, men ikke minst, vil vi takke til IA-programmet BNL Bygg og Anlegg for økonomisk bidrag som har gjort det mulig å gjennomføre prosjektet.



Sammendrag

Personbårne eksponeringsmålinger for trestøv ble foretatt ved 23 bedrifter i vintersesongene fra 2019 til 2023. Resultatene viste at de ansatte sett under ett var eksponert for gjennomsnittlige lave nivåer av alle komponenter, sammenlignet med de respektive gjeldende grenseverdiene. Det var imidlertid stor variasjon mellom ansatte når det kom til eksponeringsnivåer, noe som kan utgjøre en forskjell for noen, avhengig av hvilket produkt de jobber med eller andre forhold relatert til resirkulering og befuktning av luft, treslag, ventilasjon, filter og rengjøringsrutiner. Eksponeringsforskjeller relatert til disse indikatorene kan antyde mulige fokusområder for risikovurdering og eksponeringsreducerende tiltak.

Eksponering for trestøv var moderat blant ansatte som arbeidet med myke treslag, og var for det meste lavere enn den gjeldende grenseverdien på 2 mg/m^3 totalstøv, mens eksponering blant ansatte som arbeidet med en blanding av harde og myke treslag var høyere, med relativt ofte (mer enn 25 %) overskridelse av gjeldende grenseverdi på 1 mg/m^3 inhalerbart trestøv. Eksponeringsnivået for monoterpener, formaldehyd og acetaldehyd var under gjeldende grenseverdier for alle ansatte, men likevel høyere i bedrifter som kun jobbet med myke treslag sammenlignet med bedrifter som jobbet med en blanding av harde og myke treslag. Eksponering for mikrobielle komponenter var også svært lav for alle ansatte, men blant ansatte som jobbet med en blanding av harde og myke treslag var eksponeringen høyere enn for de som kun jobbet med myke treslag. I all hovedsak hadde ikke trestøv fra trevareindustrien spesielt stort potensial for å gi oksidativt stress og for å påvirke immunresponser. Likevel, 28 % av prøvene kunne aktivere immunreseptorer, noe som viser at mikrobielle komponenter som kan påvirke immunsystemet var til stede i noen av prøvene.

Produksjon av bygningselementer og innredning medførte høyest eksponering for trestøv fra henholdsvis myke treslag og fra en blanding av harde og myke treslag. Produksjon av dører og vinduer, medførte høyest eksponering for flyktige forbindelser, deretter fulgte produksjon av innredninger, bygningselementer og trapper. Produksjon av innredning og dør/vindu hadde høyest eksponering for endotoksin.

Det var ingen statistisk sikker forskjell i eksponering for totalstøv mellom bedrifter som hadde resirkulering av luft og de som ikke hadde det. Dette kan tyde på at resirkulering av luft ikke har vesentlig betydning for eksponering av trestøv fra myke treslag, selv om andre faktorer inkludert produkttype også vil påvirke eksponeringsnivået. Ved arbeid med en blanding av harde og myke treslag ble det i det innsamlede materialet kun praktisert resirkulering av luft, og eksponering for inhalerbart støv kunne derfor ikke sammenlignes med situasjoner uten resirkulering av luft. Konsentrasjonen av flyktige forbindelser var lavere ved bruk av resirkulert luft enn ikke resirkulert luft. Resirkulering av luft hadde minimal effekt på eksponering for endotoksin, men for bakterier var det høyere nivå ved resirkulering av luften.

Resultatene viste at eksponering for inhalerbart trestøv ved arbeid med en blanding av harde og myke treslag var lavere med befukningsanlegg enn uten, noe som kunne forventes ettersom vannråpene binder støvet. Det var imidlertid ingen forskjell i eksponering for totalstøv fra myke treslag. Ansatte i bedrifter med befukningsanlegg hadde noe høyere eksponering for endotoksin, bakterier og formaldehyd enn ansatte i bedrifter uten slikt anlegg, mens det var ingen forskjell for monoterpener. Eksponering for acetaldehyd var signifikant høyere uten befuktning enn med befuktning.

Resultatene av stasjonære direktevisende målinger viser at effektiv ventilasjon fjerner partikler og fortynner monoterpener i arbeidsluft. Videre indikerer resultatene at god luftkvalitet i større grad er avhengig av et effektivt og godt vedlikeholdt ventilasjonsanlegg enn om arbeidsluften resirkuleres eller ikke. Det gjøres oppmerksom på at de tre bedriftene hvor det ble foretatt stasjonære partikkelantallmålinger er tre forskjellige bedrifter som ikke er direkte sammenlignbare. Disse bedriftene produserer ulike produkter, har ulik størrelse på produksjonshall og utfører ulike arbeidsoperasjoner.

Forkortelser

Aerodynamic particle sizer	APS
Computer numerical control, datastyring av freser o.l.	CNC
Droplet digital polymerase chain reaction	ddPCR
Field-Emission Scanning Electron Microscope	FESEM
Forsert ekspiratorisk volum 1. sekund, parameter for å måle lungefunksjon	FEV1
Forsert vitalkapasitet, parameter for å måle lungefunksjon	FVC
International Agency for Research on Cancer	IARC
Interleukin 1 beta, inflammasjonsmarkør	IL1 β
Limulus amebocyte lysate, ekstrakt brukt til å kvantifisere endotoksin	LAL
Limit of detection, deteksjonsgrense	LOD
Nasjonal overvåking av arbeidsmiljø og helse	NOA
Fellesbetegnelse for nitrogenoksidene NO og NO ₂	NO _x
Ozon	O ₃
Polonium-210 kilde, isotop av Polonium	Po ²¹⁰ -kilde
Proton transfer reaction - mass spectrometry	PTR-MS
Polyvinylklorid	PVC
Reconfigurable manufacturing system	RMS
Scanning mobility particle sizer	SMPS
Statistisk sentralbyrå	SSB
Toll-like receptors, immunreseptorer	TLR
Tumor necrosis factor alpha, inflammasjonsmarkør	TNF α
Volatile organic compounds (flyktige organiske forbindelser)	VOC

Innledning

Trevareindustrien i Norge har om lag 100 000 sysselsatte ifølge SSBs statistikkbank. Ca. 29 % av tømрere og snekkere oppgir at de tydelig kan se eller lukte organisk støv på jobb (NOA, STAMI) og blant disse er det minst 11 000 sysselsatte som arbeider med trebearbeiding på små og store verksteder innendørs (SSB). Arbeid med tre har vært knyttet til hudirritasjon, allergi og luftveisplager, og kan også være kreftfremkallende. Trestøv må derfor overvåkes i trebearbeidende industri for å sikre et fullt forsvarlig arbeidsmiljø.

I Norge har vi ingen systematiske studier av trestøveksponering i trevareindustrien og det er dermed et behov for å øke kunnskapsgrunnlaget om dette. Gjeldende grenseverdier er knyttet til støvmassen som samles opp på filter i prøvetakingskassetter for støvpartikler med aerodynamisk diameter opptil ca. 40 µm for myke treslag som nordiske treslag, unntatt eik og bøk (2 mg/m³ totalstøv), og 100 µm for harde treslag som eksotiske treslag, eik og bøk (1 mg/m³ inhalerbart støv) (Arbeidstilsynet, 2023). Støvmassen gjenspeiler ikke hva støvet inneholder av kjemiske eller biologiske komponenter. Det er derfor behov for å karakterisere trestøveksponeringen nærmere.

Mange bedrifter i denne bransjen benytter resirkulering av luft i høst- og vintersesongen som et energi- og fuktgjenvinningstiltak. Da kan ferdig oppvarmet luft fra arbeidslokalet filtreres og sendes inn i arbeidslokalet igjen, eventuelt med delvis tilførsel av frisk luft. Uten resirkulering av luft må ventilasjonsluften kontinuerlig tilføres varme og fuktighet for å oppnå tilstrekkelig temperatur og riktig relativ luftfuktighet i arbeidslokalet. Friskluftsbehovet er langt lavere enn avtrekksbehovet for fjerning av støv fra maskiner. Det må derfor tilføres mye større luftmengder enn nødvendig ut fra et inneklimateperspektiv.

Trestøv er av IARC klassifisert som kreftfremkallende (IARC 2018), og det er ikke tillatt å resirkulere luft som inneholder kreftfremkallende kjemikalier eller stoffer ifølge Arbeidsplassforskriftens §7-2 andre ledd. Det finnes imidlertid et unntak, beskrevet i paragrafens tredje ledd, som tillater resirkulering av luft som inneholder trestøv. Unntaket har eksistert i Norge i flere år og i forbindelse med revisjoner av forskriften har unntaket blitt foreslått fjernet. Oppvarming og befuktning av ventilasjonsluft har både en økonomisk og en praktisk side ved seg, og det er derfor viktig å vite om dagens unntak og de tekniske løsninger som er i bruk ivaretar arbeidsrelatert helse i tilstrekkelig grad i forhold til grenseverdier, eventuelt om fjerning av unntaket kan ha ønsket effekt i så måte. Økt kunnskap om trestøveksponeringen og hva trestøv består av vil bidra til å bedre grunnlaget for å vurdere unntaket.

Vitenskapelig bakgrunn

Den vitenskapelige bakgrunnen for gjennomføring av Trestøvprosjektet er basert på eksisterende kunnskap om hva trestøv inneholder, hvilken partikkelstørrelsesfordeling det kan ha og dermed deponeringssted i luftveiene ved inhalasjon, samt helseeffekter som er rapportert assosiert med trestøv og relaterte komponenter. Rasjonale for valg av målekomponenter er basert på denne kunnskapen, som blir gjennomgått i det følgende.

Kunnskap om eksponering

Ansatte på snekkerverksteder, trevarefabrikker, trehusindustrien o.l. eksponeres for trestøv ved trebearbeiding. Eksponering for trestøv er assosiert med økt risiko for nese og bihulekreft (IARC 2012), og høyt eksponerte arbeidere kan også ha økt risiko for lungekreft. Andre respiratoriske effekter er også rapportert, generelt ved eksponeringsnivå godt under det som ansees å øke risikoen for ondartede effekter (Demers et al., 1995). Studier fra sagbruk og treforedlingsindustrien har vist at eksponering for trestøv er knyttet til luftveiseffekter og

sykdommer, som astma, kronisk bronkitt og rhino-konjunktivitt samt akutte og kroniske endringer i lungefunksjon (Bohadana et al., 2000, Douwes et al., 2001, Douwes et al., 2006, Borm et al., 2002, Shamssain 1992, Talini et al., 1998, Skovsted et al., 2003, Schlünssen et al., 2002a, Schlünssen et al., 2002b, Schlünssen et al., 2004, Jacobsen et al., 2008). En studie som inkluderte 25 EU land estimerte at 3,6 millioner arbeidere eller 2 % av den totale arbeidsstokken er eksponert for inhalerbart trestøv (Kauppinen et al., 2006). I møbelindustrien var 59 % eksponert for inhalerbart trestøv, og av disse igjen var 59 % eksponert for mer enn 1 mg/m³. Blant snekkerverkstedene var 71 % eksponert for inhalerbart trestøv, derav 52 % over 1 mg/m³. I Norge har vi ingen systematiske studier av trestøveksponering, så hva dette tilsvarer i norske tall, er foreløpig ukjent. I Europeisk sammenheng er det et uttalt behov for eksponeringsreduserende tiltak (Kauppinen et al., 2006). Det er vist at avslag i snekkerverksteder og møbelproduksjon kan redusere støvkonsentrasjonene, mens spesifikke oppgaver og arbeidsprosesser som f.eks. sliping, bruk av trykkluft, bruk av håndholdt verktøy, bruk av fullautomatiske maskiner, tørrkosting og rengjøring, samt verksted med få ansatte (<20 ansatte) er assosiert med høy trestøveksponering (Scheeper et al., 1995, Brosseau et al., 2001, Rongo et al., 2002, Schlünssen et al., 2008).

Partikkelstørrelse

Det er flere studier som omhandler partikkelstørrelsesfordelingen under forskjellige arbeidsoperasjoner i treforedlingsindustri. Generelt sett er den største delen av den luftbårne trestøvmassen bestående av partikler over 10 µm og opp til 70 µm aerodynamisk diameter (Harper et al., 2004, Chung et al., 2000, IARC 1995). Når den antallmessige fordelingen er blitt studert er derimot mesteparten av partiklene mellom 1 og 10 µm. Dannelse av ultrafine partikler er vist å være lav under arbeidsoperasjoner som kutting, sliping og saging (antall partikler <10⁴ /cm³), men det er samtidig vist at finsliping av medium density fiberboard (MDF) plater kan generere flyktige komponenter i nanometerstørrelse (Welling et al., 2009). Både tretype og arbeidsoperasjon kan påvirke partikkelstørrelsesfordelingen. Myke tresorter er i noen studier observert å danne mer og grovere støv enn harde treslag. For arbeidsoperasjoner er sliping rapportert å være den prosessen som danner mest av de mindre partiklene, avhengig av grovheten på sandpapiret (Chung et al., 2000, Ojima et al., 2016).

Kjemisk-biologisk sammensetning

Eksponerings-respons-sammenhengene er ikke helt entydige i epidemiologiske studier. For å forstå dette må man vite mer om hva trestøveksponering egentlig representerer, og da vil det være relevant å ta i betraktning flere kjemiske og biologiske komponenter som er assosiert til tre, treforedling og byggvareproduksjon, og ikke bare støvmassen som genereres. Tre består hovedsakelig av cellulose, polyose, og lignin, men inneholder også en mengde flyktige forbindelser som terpenener, som varierer med treslag. De vanligste er monoterpenener som α-pinene, β-pinene, Δ³-carene, β-phellandrene og limonene. Monoterpenener frigjøres fra kjerneveden ved saging, høvling og pussing. Eksponering for monoterpenener har blitt assosiert med irritasjoner i øyne, munn og svelg, tetthet i brystet, nedsatt lungefunksjon, økt bronkial aktivitet og luftveisinflammasjon (Dahlqvist and Ulfvarson 1994, Eriksson et al., 1996, Hedenstierna et al., 1983, Johard et al., 1993). Andre flyktige organiske forbindelser (VOC) som stammer fra selve råmaterialet eller fra trebaserte materialer som kryssfiner, sponplater, fiberplater og andre plater som inneholder lim kan også bidra til helseplager (Skulberg et al., 2019). Den komplekse kjemiske blandingen av hydrokarboner kan reagere med naturlige forekommende atmosfæriske oksidanter i inneluft (O₃, NO_x, hydroksylradikal) og gi gassfasereaksjoner og produsere sekundære VOC og ultrafine partikler, som kan ha negativ helsepåvirkning (Rohr 2013, Pytel et al., 2022). VOC med forhøyet konsentrasjon kan forverre luftkvaliteten innendørs og gi luftveissymptomer, rødhet i øyne og utmattelsessymptomer. Eksponering for formaldehyd ved produksjon og bruk av sponplater og limt treverk kan være

kreftfremkallende (IARC 1995), men kan også gi irritasjoner i øyne og hud, respiratoriske plager som astma, bronkitt, hoste, pusteproblemer, redusert lungefunksjon (FVC og FEV1) og inflammasjon i nesen.

Treverket inneholder naturlig forekommende harpiks som kan variere mellom treslag. Harpikssyrer deles hovedsakelig inn i to kategorier, abietin-typer og pimarintyper. Abietinsyre er en av hovedharpikssyrene i gran og furu, og har blitt assosiert med allergisk sensibilisering, respiratoriske symptomer og astma ved arbeid med furu (Ayars et al., 1989, Demers et al., 1997, Hessel et al., 1995).

Det er ikke funnet mye endotoksiner og mikroorganismer i møbelindustrien tidligere (Jacobsen et al., 2010, Alwis et al., 1999), og i utgangspunktet forventes det derfor ikke at den mikrobiologiske eksponeringen er høy i trevareindustrien. Det er imidlertid ikke kjent hvorvidt forhold for eventuell mikrobiologisk vekst kan oppstå i situasjoner som for eksempel har å gjøre med resirkulering av luft eller ventilasjonsstopp før og etter helg. Eksponering for luftbårne sporer er kjent for å ha forårsaket allergisk alveolitt blant ansatte på sagbruk, mens Gram-negative bakterier som er kilden til endotoksiner, celleveggkomponenter som er sterkt inflammatoriske, har vært assosiert med utvikling av luftveisplager i en rekke bransjer.

Virkningsmekanismer for mulige helseeffekter

Oksidativt stress og inflammasjon er noen av de viktigste mekanismene som ligger til grunn for rapporterte ikke-maligne helseeffekter ved eksponering for støv i arbeidsmiljø. Måling av støvets evne til å trigge disse mekanismene kan gi et nyttig bindeledd mellom eksponering, mekanisme og helseeffekter og bidra til risikovurdering av komplekse aerosoler (Eduard et al., 2012). For eksempel, en studie fra Danmark har benyttet en granulocyt-celleassay for å karakterisere oksidative egenskaper av støv samlet under arbeid i flere biodrivstoffproduksjonsanlegg (Timm et al., 2009). Ved å eksponere cellene for støvet, kunne de måle i hvilken grad inflammasjon ble utløst av støvet og de assosierte biologiske agensene. I en annen studie, ble det målt produksjon av inflammasjonsmarkørene TNF α og IL1 β fra immunceller som respons på eksponering for støv samlet fra søppelsorteringsanlegg (Viegas et al., 2020). Det viser seg at de biologiske effektene i slike celledsystem i større grad er assosiert med biodiversiteten i en arbeidsmiljøprøve enn mengden mikroorganismer kvantifisert i støvet. En annen tilnærming er basert på aktivisering av cellereseptorer involvert i det medfødte immunforsvaret. Toll-like-reseptor (TLR) 2 og TLR4 er eksempler på reseptorer ansvarlig for gjenkjenning av konserverte mikrobielle strukturer fra bakterier, sopp og andre biologiske agenser. Det er nylig vist at støvpartikler fra forskjellige dyrestaller og avfallsgjenvinningsstasjoner aktiverer TLR2 og TLR4 mens TLR5 i tillegg ble aktivert av støv fra grisekjøp (Afanou et al., 2023, Eriksen et al., 2023a, Liu et al., 2019). Måltrettede undersøkelser av hvordan trestøv påvirker slike mekanismer vil bidra til økt kunnskap om immuntoksiske egenskaper og det samlede inflammatoriske potensialet til trestøv.

Målsettinger

- Kartlegge eksponeringsnivået for trestøv fra myke og/eller harde tresorter i trebearbeidende industri med en standardisert prøvetakingsstrategi og tolkning opp mot gjeldende grenseverdier.
- Kartlegge eksponering for andre komponenter relatert til trebearbeiding, blant annet harpikssyrer, terpenener, aldehyder og mikroorganismer.
- Undersøke hvordan konsentrasjonen av partikler og flyktige forbindelser i luften varierer i bedriftene over tid.
- Undersøke om det er vesentlige forskjeller på eksponeringsnivået for de ulike komponentene og partikkelstørrelsesfordelingen i bedrifter med resirkulering av luft sammenlignet med de uten resirkulering.

Eksponeringskartlegging

Deltakende bedrifter

Medlemsbedrifter av Norske Trevarer og Boligprodusentenes Forening ble invitert til å delta i prosjektets måleprogram for trestøv. Trestøvmålinger ble utført av bedriftenes bedriftshelsetjeneste med faglig veiledning fra STAMI. STAMI tok i tillegg både personbårne og stasjonære arbeidsluftprøver av trestøv og andre komponenter ved seks bedrifter, samt direktevisende målinger ved tre bedrifter. Totalt gjennomførte 23 bedrifter trestøvmålinger i perioden 2019-2023, og til sammen ble 324 fullskift personbårne luftprøver samlet inn. Tretten av de deltagende bedriftene resirkulerte lufta i høst- og vintersesongen, mens ni av bedriftene hadde ikke resirkulering. For å sammenligne bedrifter som praktiserer resirkulering av lufta i fyringssesongen og de som ikke gjør det, ble alle målinger utført i vintersesongen. Det ble i tillegg antatt at vintersesongen innebar mindre naturlig utlufting gjennom vinduer og dører, og at det dermed var relativt god oversikt over ventilasjonen. Seksten bedrifter arbeidet kun med myke treslag, mens sju av bedriftene arbeidet med en blanding av myke treslag og harde treslag. Ingen av bedriftene arbeidet bare med harde treslag. De deltagende bedriftene representerte produsenter av ulike trevarer (Tabell 1). Trebaserte varer som vinduer, dører, trapper, gulv- og veggelementer og romlige bygningsmoduler produseres i stasjonær industri og inngår som viktige deler i bygnæringens verdikjede. Arbeidsoppgaver som er dekket i de ulike type bedriftene er angitt i tabell 1.

Tabell 1. Typer av deltagende bedrifter

Næringskoder	Produksjon av	Arbeidsoppgaver	Antall bedrifter	Antall prøver
16.232	Trapp	CNC, fresing, saging, pussing, kapping, sliping, lakkering, oljing, lagerarbeid, fresing MDF, splitting	3	42
16.232 31.090 31.020	Innredning	Fresing, saging, pussing, CNC, lakkering, høvling, produksjonsarbeid, snekring, MDF, oljing, liming, oppdeling	4	51
16.231 16.232	Bygningsselementer	Bygging, produksjonsarbeid, hulltaking, isolering glava, kapping, montering, spikring, pressing, trebearbeiding, saging, blåsing, oppdeling	10	142
16.232	Dør/vindu	Fresing, boring, trebearbeiding, omfalsing, CNC, høvling, kapping, saging, maskinering rammedeler, molding, innhøvling, pussing, sliping, tapping	5	82
16.232	Diverse trevarer	Fresing, saging, pussing, montering	1	6
Totalt antall bedrifter og prøver:			23	323

Informasjon om ventilasjon, resirkulering av luft og andre arbeidsforhold som kan ha betydning for eksponering, ble samlet inn i forbindelse med prøvetakingen (vedlegg: STAMIs prøvetakingsskjema, side 3).

Prøvetakingsstrategi og analysemetoder

Personbåren prøvetakning ble benyttet til eksponeringskarakterisering, mens stasjonære målinger ble benyttet til karakterisering av døgnvariasjoner av partikler og flyktige forbindelser i tre utvalgte virksomheter (som er navngitt i den følgende tekst som A, C og E) for å avbilde variasjoner i bedrifter med og uten resirkulering av luft.

Personbåren prøvetaking

Det ble benyttet aktive prøvetakere koblet til personbårne pumper som sugde luft gjennom prøvetakerne. Prøvetakerne ble plassert i arbeidstakeres pustesone i begynnelsen av arbeidsskiftet, og ble hentet ved slutten av arbeidsskiftet. Pumpene ble justert til å gi riktig luftgjennomstrømningshastigheten (flow) ifølge spesifikasjonene for de ulike prøvetakerne. Flow ble registrert ved starten av måleperioden og deretter ved prøvetakingsslutt. Det aritmetiske gjennomsnittet av flow ved start og slutt (L/min) og prøvetakingstid (min) ble brukt til å beregne luftvolumet som passerte gjennom prøvetakeren.

Prøvetaking av trestøv

Totalstøvfraksjonen ble samlet opp på 25 mm PVC-filter med 5 µm porestørrelse (Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland, Art.nr. PVC502500) montert i svarte, antistatiske totalstøvprøvetaker (Pall Laboratories, Port Washington, NY, USA) med en flow på 2 L/min hos bedrifter som arbeidet med nordiske tresorter, unntatt eik og bøk. En bedrift benyttet 3 µm Teflon filter som antas å ha en filtreringseffektivitet tilnærmet den samme som for 5 µm PVC. Totalstøvprøvetakeren ble montert med et mellomstykke med antistatisk effekt for å hindre at støv skulle feste seg til prøvetakerens vegger i stedet for på filteret. Totalstøvfraksjonen som ble samlet opp inneholder støvpartikler med aerodynamisk diameter opp til ca. 40 µm.

Inhalerbar fraksjon ble samlet opp på 37 mm PVC-filter med 5 µm porestørrelse (Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland, Art.nr. PVC503700) i en CIS-prøvetaker (Conical Inhalable Sampler, J S Holdings, Hertfordshire, UK) med en flow på 3,5 L/min hos bedrifter som arbeidet med harde, eksotiske tresorter, eik, bøk eller en blanding av harde og myke treslag. Den inhalerbare fraksjonen som ble samlet opp inneholder støvpartikler med aerodynamisk diameter definert opp til 100 µm.

Gravimetrisk bestemmelse av støvmasse

Støvmassen, oppsamlet på filteret i prøvetakeren, ble bestemt gravimetrisk. For de bedriftene som valgte STAMI som laboratorium ble de gravimetriske bestemmelsene utført med en mikrovækt (Sartorius MC-5, Göttingen, Tyskland). For hver tiende prøve ble en blindprøve (feltblank) analysert og eventuell endring i blindprøvens masse ble brukt for å justere prøvenes masse. I tillegg ble mikrovæktens kvalitetskontroll utført før hver veiesekvens. Kvalitetskontrollen inkluderte et sett med referanselodd samt referansefilter. Analysen ble utført i et klimakontrollert rom med kontinuerlig registrering av temperatur ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) og relativ luftfuktighet ($40 \pm 2\%$). For å sikre nøyaktige og sammenlignbare veieforhold ble alle filtre akklimatisert i minst ett døgn i det klimakontrollerte rommet. Statisk ladning ble fjernet fra filtre før veiing med en Po^{210} -kilde (Staticmaster®, NRD, LLC, NY, USA). Bestemmelsesgrensen for gravimetrisk bestemmelse av masse på filter var 0,02 mg/filter. For de bedriftene som valgte andre laboratorium, er det ikke oppgitt veieprosedyrer.

Måling av harpikssyrer

Harpikssyrene i inhalerbar fraksjon ble samlet opp på 37 mm PVC-filter med 5 µm porestørrelse (Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland, Art.nr. PVC503700) i en CIS-prøvetaker (Conical Inhalable Sampler, J S Holdings, Hertfordshire, UK) med en flow på 3,5 L/min. Filtrene ble fryst i 4 mL prøveglass frem til ekstraksjon i en løsning med metanol og internstandard. Analyse med væskrokromatografi med massespektrometrisk deteksjon (LC-MS) har ikke vært mulig å gjennomføre innen tidspunktet for denne rapporten, men vil inkluderes senere i en vitenskapelig publikasjon.

Flyktige forbindelser

Monoterpener

Monoterpener ble samlet opp på kullrør (Anasorb CSC 226-01, Skcltd.com) med 0,05 L/min flow (NIOSH 2003, metode 1552), desorbent over natt i karbondisulfid, og α-pinene, β-pinene, d-limonen ble kvantifisert ved bruk av både gaskromatografi med massespektrometrisk deteksjon (GC-MS) og gaskromatografi med flammeioniseringsdeteksjon (GC-FID). De kvantifiserte monoterpenene ble summert, og den totale konsentrasjonen av α-pinene, β-pinene, d-limonen er angitt.

Aldehyder

Aldehyder (formaldehyd, acetaldehyd, akrolein) ble samlet opp på DNPH-impregnert Sep-Pak patroner (WAT037500, Waters.com) med 0,05 L/min flow (NIOSH 2016, metode 2016), desorbent over natt i acetonitril, og analysert med væskrokromatografi med UV deteksjon (LC-UV).

Måling av mikrobielle komponenter

Endotoksin

94 prøver ble samlet inn med personbåren inhalerbar aerosol prøvetaker (PAS-6) med 25 mm glassfiberfilter, type GF/A (Whatman, Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland, Art. nr. WHA1820025) og 2 L/min flow. Filtrene ble ekstrahert med vann og mengden biologisk aktivt endotoksin ble bestemt med kvantitativ kinetisk kromogen Limulus Amoebocyte Lysat test (LAL).

Kvantifisering av soppsporer

Totalstøv ble samlet opp på 25 mm polykarbonatfilter med 0,8 µm porestørrelse (Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland, Art.nr. ATTP02500). Filtrene ble deretter vasket og støvet suspendert i 5 mL fosfatbufferløsning som inneholder 0,1 % Bovine Serum Albumin 0,5 mL eller 1 mL av suspensjonen ble filtrert ned på et 25 mm PC filter med 0,4 µm porestørrelse for analyse av sopp-spore og aktinobakterier i et Field-Emission Scanning Electron Microscope (FESEM). Filteret ble montert på en 25 mm aluminiumsstubb og belagt med ca. 5 nm platina. Prøvene ble analysert ved 3000× forstørrelse og sporer talt i 100 tilfeldige felt med areal på 1064 µm² hvert. Antall soppsporer og aktinobakterier ble ekstrapolert til hele filteret og normalisert for luftvolumet som ble samlet. Til sammen ble 41 prøver fra seks ulike bedrifter analysert. Estimert bestemmelsesgrense var 10 600 eller 21 300 sporer per filter når henholdsvis 1 mL eller 0,5 mL av støvsuspensjonen ble analysert.

DNA-analyse av sopp og bakterier

Forekomst av bakterier og sopp ble undersøkt ved påvisning av DNA fra konserverte regioner av bakterier og sopp, henholdsvis. Eksponert PC-filter ble overført til et rør, og støv ble eluert fra filteret med 5 mL fosfatbufret saltvann med 0,1 % Tween-20, ristet og sonikert, før filteret ble tatt ut av røret. Filtereluatet ble sentrifugert, pelleten av bakterie og soppceller ble så lysert med cetrimonium bromid (CTAB), og repeterende behandlet med flytende nitrogen og bead beating. DNA ble isolert fra lysatet med bruk av spinkolonner ifølge protokoll fra produsent (Qiagen GmbH, Hilden, Tyskland). DNA ble eluert i 50 µL AE buffer (Qiagen) og lagret ved -20°C inntil analyse. Antall bakterie- og sopp-genom som var til stede i prøven ble analysert med spesifikke primere for henholdsvis 16S og 18S konserverte DNA regioner i droplet digital polymerase chain reaction (ddPCR) (Eriksen et al., 2023b). En Bio-Rad QX200 dråpegenerator og en Bio-Rad QX200 dråpeavleser (Bio-Rad Laboratories Inc., CA, USA) ble benyttet.

Måling av det immunmodulerende potensial av trestøvet

In vitro celledtester ble benyttet til å undersøke hvilket potensial trestøvet kan ha for å påvirke immunsystemet. 41 prøver av inhalerbart støv fra seks ulike bedrifter ble suspendert i 0,1 % bovint serum albumin i fosfatbufferløsning og lagret ved -20°C frem til celledtestene ble utført.

Oksidativt stress

Oksidasjonspotensialet av totalstøvprøver ble målt ved hjelp av HL-60- granulocytter differensiert med all-trans retinolsyre (Timm et al., 2006). Ved eksponering for støv som inneholder agenser som kan potensielt indusere oksidativ stress, reagerer de differensierte cellene ved å produsere reaktive oksygen species (ROS) som frigjøres i cellemedia. Med luminol til stede, reagerer ROS og avgir lys som kan måles kinetisk i en mikroplateleser.

Aktivering av TLR2 og TLR 4

Humane embryonale nyreceller (Hek 293 celler) transfektert med immunreseptorene TLR2 og TLR4, henholdsvis, samt referansecelle uten reseptor, ble brukt til å studere det medfødte immunsystemets respons på mikrobiologiske komponenter i inhalerbart trestøv (Liu et al., 2019). Cellene ble dyrket til 60-80 % konfluens i Dulbecco's modifiserte Eagle medium (DMEM) supplert med 10 % varmeinaktivert føtalt bovint serum og spesifikke antibiotika, anbefalt av produsenten. Cellene ble eksponert i 96-brønners endotoksinfrie plater. Hver brønn ble fylt med 180 µL $2,8 \times 10^5$ celler/ mL og inkubert over natten ved 37 °C (ved høy luftfuktighet). Dyrkningsmedium ble skiftet dagen etter, og 20 µL av støvprøvene ble så tilsatt. Platene ble deretter inkubert over natten i 24 timer, før 20 µL supernatant ble overført til en ny mikrotiterplater og videre inkubert i 3 timer med 180 µL «Quanti Blue» løsning, som induserer en fargeutvikling dersom reseptorene er aktivert. Fargeintensiteten (absorbansen) ble målt ved bølgelengde 649 nm ved hjelp av en mikroplateleser. Prøver med aktivering $\geq 2 \times$ signalet fra celler uten TLRs ansees som en reell aktivering av reseptorene (Cedrone and Dobrovolskaia 2021).

Databehandling

Analyseverdier for totalstøv, endotoksin, monoterpener og aldehyder under den analytiske deteksjonsgrensen ble erstattet med den analytiske deteksjonsgrensen dividert med roten av 2 og så multiplisert med prøvetakingsvolumet for å kunne inkludere prøvene i dataanalysene (Eduard 2002). Eksponeringskonsentrasjonene for hver komponent er angitt som geometrisk gjennomsnitt (GM) og 95 % konfidensintervallet (CI), aritmetisk gjennomsnitt (AM) og AM standard avvik (SD), median, minimum og maksimum. Data fra eksponeringsmålingene var skjevfordelte og ble derfor logtransformert før testing av gruppeforskjeller. Gruppeforskjeller ble testet ved parvis sammenligning av GM med en antakelse om lik varians på tvers av gruppene, og Tukeys justering av p-verdiene for multiple sammenligninger. Gruppeforskjeller med p-verdier $\leq 0,05$ ble ansett som statistisk signifikant. Et utvalg av data er fremstilt i boksplott, som angir

hele fordelingen av ikke-transformerte måledata (median, 25- og 75-percentilen, 5- og 95-percentilen og ekstremverdier). I de tilfeller det er gruppeforskjeller, er dette angitt som ** ved $p \leq 0,05$ og *** ved $p \leq 0,01$ i plottene.

Stasjonær prøvetaking

Stasjonære målinger ble benyttet til karakterisering av døgnvariasjoner av partikler og flyktige forbindelser i tre utvalgte virksomheter (som er navngitt i det følgende tekst som A, C og E) for å avbilde variasjoner i bedrifter med og uten resirkulering av luft.

Partikkelstørrelsesfordeling

For å studere partikkelstørrelser og partikkelantall ble stasjonære luftmålinger utført med stasjonære partikkeltellere som Scanning mobility particle sizer (SMPS, model 3938, TSI Inc., Shoreview, MN, USA) og Aerodynamic particle counter (APS, Model 3321, TSI Inc., Shoreview, MN, USA). SMPS separerer og teller partikler med elektrisk mobilitetsdiameter fra 0,003 μm til 1 μm . APS separerer og teller partikler med aerodynamisk diameter fra 0,5 til 20 μm . Til sammen dekker de to partikkeltellerne partikkelstørrelser fra det ultrafine området og opp til 20 μm . For å undersøke forskjeller i nivåer av partiklene både innenfor og utenom arbeidstid, og ved avslått eller påslått ventilasjon, ble det målt i over to døgn (i to hele arbeidsdager, samt noen timer av den tredje arbeidsdagen). Dette ble utført i to bedrifter med resirkulering av arbeidsluften og én uten resirkulering.

Partikkelkarakterisering med SEM

Det ble i tillegg til stasjonære partikkelmålinger samlet kortidsprøver for mikroskopering med SEM. Kortidsprøvene ble samlet inn under forskjellige arbeidsoppgaver som f.eks. pussing og saging. I SEM måles størrelsen og kjemisk innhold av partikler automatisk.

Karakterisering av flyktige organiske forbindelser med PTR-MS

Protonoverføringsreaksjon (PTR), kombinert med et massespektrometer (MS), er en direktevisende analytisk teknikk basert på kjemisk ionisering som tillater rask bestemmelse av flyktige organiske forbindelser (VOC) i luft. Et kompakt PTR-MS instrument (C-PTR-MS, Ionicon Analytik GmbH, Innsbruck, A) ble brukt stasjonært for monitorering av tidsserier av total VOC. PTR-MS monitorerer en kontinuerlig tidsserie med total VOC. Instrumentet ble plassert ved arbeidsstasjonene og målte kontinuerlig både innenfor og utenfor arbeidstid. Målingene ble benyttet for vurdering av total VOC under forskjellige ventilasjonsscenarier. Bare kvalitativ vurdering av kjemisk identitet er mulig med PTR-MS, på grunn av instrumentets iboende begrensede masseoppløsningsevne, og en begrenset kvantitativ vurdering av luftkonsentrasjonen kan gjøres for selekterte VOC basert på kalibrering. Likevel oppnås et signal for VOC innendørs med høy tidsoppløsning (sekunder til minutter) og relativ sammenligning av totalt VOC-nivåer er mulig. Signalet fra flere terpener ble identifisert i spektrene og brukt til å skille mellom forskjellige ventilasjonsscenarier.

Resultater og diskusjon

Eksponeringskarakterisering – personbårne prøver

De samlede resultatene av de personbårne målinger er angitt i tabell 2.

Tabell 2. Eksposering for trestøv, flyktige forbindelser og mikroorganismer

Komponent	Antall prøver	GM (CI) ¹	Median (min-maks)	AM ± SD ²
Trestøv				
Myke treslag (mg/m ³)	242	0,30 (0,28-0,35)	0,30 (0,016-4,7)	0,50 ± 0,62
Harde & myke treslag (mg/m ³)	81	0,52 (0,42-0,65)	0,53 (0,07-6,1)	0,88 ± 1,09
Flyktige forbindelser				
Monoterpener (mg/m ³)	77	0,015 (0,014-0,016)	0,015 (0,008-0,031)	0,015 ± 0,004
Formaldehyd (mg/m ³)	97	0,017 (0,013-0,021)	0,019 (0,001-0,186)	0,029 ± 0,03
Acetaldehyd (mg/m ³)	97	0,001 (0,001-0,002)	0,002 (0,001-0,005)	0,002 ± 0,001
Mikrobielle komponenter				
Endotoksin (EU/m ³)	94	1,38 (0,93-2,05)	2,2 (0,017-39)	4,0 ± 5,9
Sopp sporer (antall sporer/m ³)	41		22 300 (0-32 700)	22 300 ± 10 300
Bakterier (antall genom/m ³)	60	2 300 (2 400-4 800)	3 100 (280-815 500)	8 100 ± 13 600
Sopp (antall genom/m ³)	60	630 (450-890)	660 (0-30 500)	1 585 ± 4 100

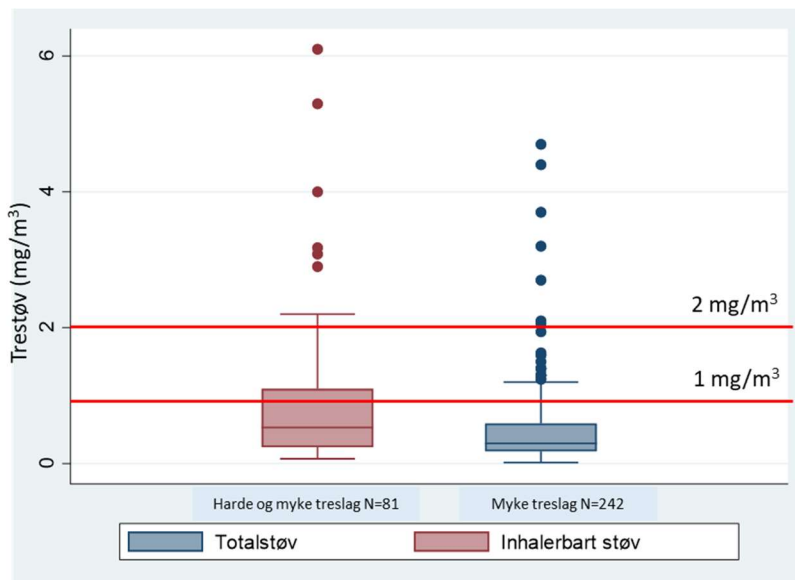
¹GM (CI): geometrisk gjennomsnitt (95 % konfidensintervallet); ²AM ± SD: aritmetisk gjennomsnitt ± standardavvik.

Grenseverdien for trestøv er 1 mg/m³ inhalerbart støv fra harde tresorter og 2 mg/m³ totalstøv fra myke tresorter, 140 mg/m³ for monoterpener, 0,37 mg/m³ for formaldehyd og 45 mg/m³ for acetaldehyd. I tillegg brukes en foreslått grenseverdi for endotoksin på 90 EU/m³ og for generelle sporer på 10⁵ sporer/m³. I forhold til disse grenseverdiene var den gjennomsnittlige eksponeringen lav for alle målte komponenter, men det var stor variasjon i eksponeringer mellom ansatte. Noen ansatte hadde mer enn ti ganger høyere trestøveksponering enn gjennomsnittet, og overskred dermed grenseverdiene. To til ti ganger høyere eksponering enn gjennomsnittet av flyktige forbindelser ble også observert. Enkelte ansatte hadde 18 ganger høyere eksponering enn gjennomsnittet for endotoksiner, og 260 og 46 ganger høyere eksponering for henholdsvis bakterier og sopp. Variasjonen var derfor stor i de innsamlede prøvene. De respektive grenseverdiene ble imidlertid ikke overskredet i noen av disse tilfellene. Slike forskjeller indikerer at forhold på arbeidsplassen påvirker eksponeringen ulikt. Hvordan ulike faktorer kan påvirke eksponeringsnivåene presenteres i det følgende.

Eksposering for trestøv

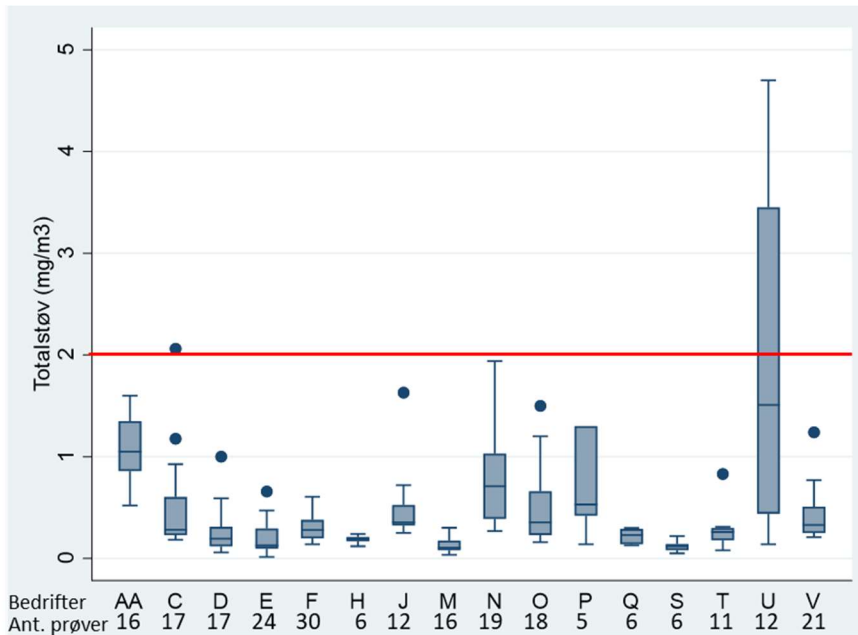
Fordelingen av eksponeringskonsentrasjonene i det innsamlede materialet viser at eksponering for trestøv var moderat i bedrifter som arbeidet med myke treslag, og var for det meste lavere enn grenseverdien på 2 mg/m³ totalstøv (Figur 1). Resultatene tyder også på at eksponeringen i bedrifter som arbeider med en blanding av harde og myke treslag har høyere eksponering enn de som arbeider med myke treslag, og at de relativt ofte (ved mer enn 25 % av målingene)

overskrider grenseverdien på 1 mg/m^3 inhalerbart trestøv (Figur 1). Den inhalerbare støvfraksjonen som samles opp ved arbeid med en blanding av myke og harde treslag vil representere flere større partikler og dermed større masse i forhold til totalstøvefraksjonen som samles opp ved arbeid med myke treslag. Det vil si at eksponeringsnivåene av de ulike støvfraksjonene ikke er direkte sammenlignbare, og kan også bidra til å forklare eksponeringsforskjellen.



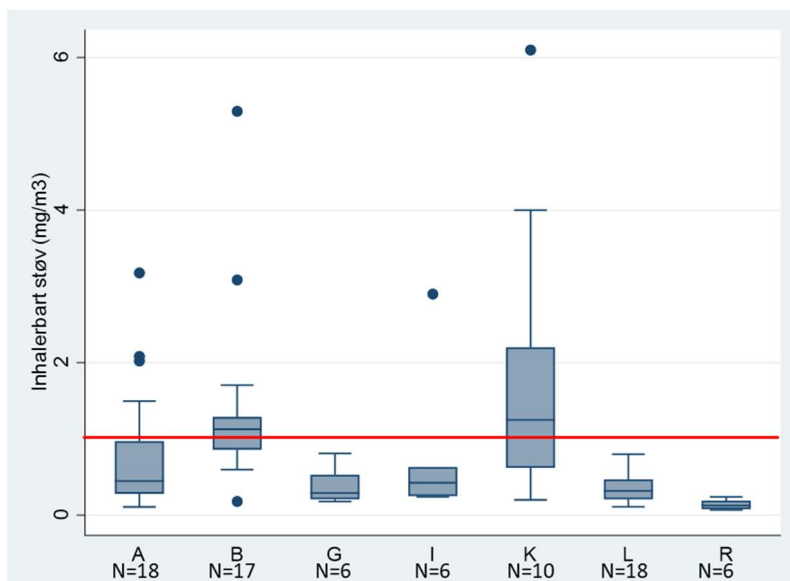
Figur 1. Eksponering for trestøv. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for trestøv fra henholdsvis myke treslag og en blanding av harde og myke treslag. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. De røde horisontale linjene markerer dagens grenseverdier for myke og harde treslag, henholdsvis 2 mg/m^3 og 1 mg/m^3 .

Eksponeringsnivået for trestøv var for det meste lavt for de fleste bedriftene som arbeidet med myke treslag, med unntak av én bedrift der en relativt stor prosentandel av målingene overskred grenseverdien, selv om medianverdien var under grenseverdien. For de andre bedriftene ble det målt bare én enkeltverdi som var høyere enn 2 mg/m^3 totalstøv (figur 2).



Figur 2. Eksponering for trestøv fra myke treslag ved ulike bedrifter. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for trestøv for de enkelte deltakende bedrifter (angitt ved bokstaver) som arbeidet med myke tresorter, målt med totalstrøvprøvetakeren. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Den røde horisontale linjen markerer dagens grenseverdi for myke treslag på 2 mg/m³.

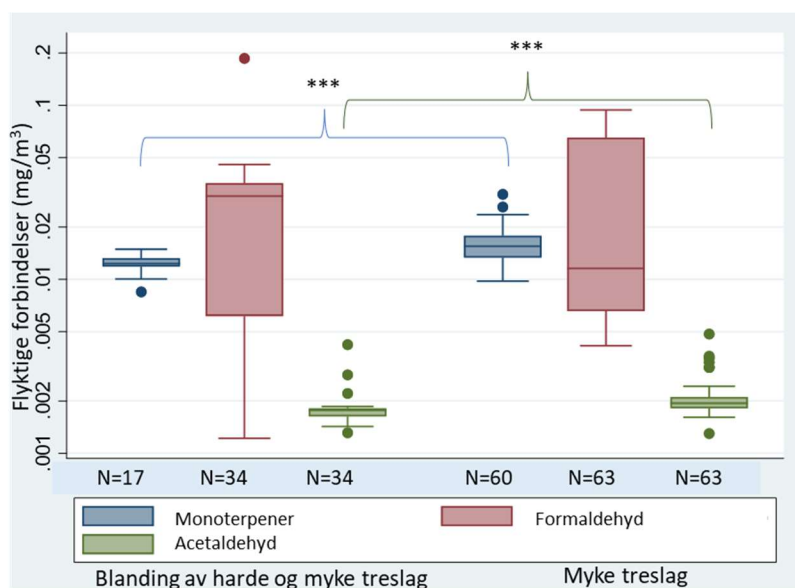
To av bedriftene som arbeidet med en blanding av myke og harde treslag hadde middelverdier over grenseverdien, mens bare tre av bedriftene hadde alle målingene under grenseverdien (figur 3). Spredningen i måleverdier innen bedrifter og mellom bedrifter viser at eksponeringen kan variere. Dette kan skyldes ulike arbeidsoppgaver og produksjon av ulike trevarer, men også ulike måter å arbeide på mellom ansatte som gjør samme type jobb.



Figur 3. Eksponering for inhalerbart trestøv ved ulike bedrifter. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for inhalerbart trestøv ved hver enkelt deltakende bedrift (angitt med bokstaver) som arbeidet med en blanding av myke og harde treslag. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Dagens grenseverdi for harde treslag (og for blandinger av harde og myke treslag) på 1 mg/m^3 er markert med en rød horisontal linje.

Eksponering for flyktige forbindelser

Eksponeringsnivået for monoterpener, formaldehyd og acetaldehyd var lavt i alle prøver og for alle bedrifter (Tabell 2), sammenlignet med de respektive grenseverdiene, som er 140 mg/m^3 for monoterpenene α -pinen og β -pinen, $0,37 \text{ mg/m}^3$ for formaldehyd og 45 mg/m^3 for acetaldehyd (Arbeidstilsynet, 2023). Ingen av prøvene hadde påvisbare mengder av akrolein. Eksponeringsnivået for monoterpener, formaldehyd og acetaldehyd var høyere i bedrifter som kun jobbet med myke treslag sammenlignet med bedrifter som jobbet med en blanding av harde og myke treslag (Figur 4). Høyere eksponering av monoterpener fra myke treslag kan muligens forklares ved at monoterpener, sesquiterpener og diterpener dominerer i myke treslag, mens det forbindelser som triterpener og steroler dominerer i harde treslag (Granstrøm 2007). Det er fra naturens side også mer formaldehyd i myke treslag enn harde treslag, men her kan også tilsatt formaldehyd i trebearbeidingsprosesser og trevaretype påvirke eksponeringen, noe som antas være hovedgrunnen i dette tilfellet.



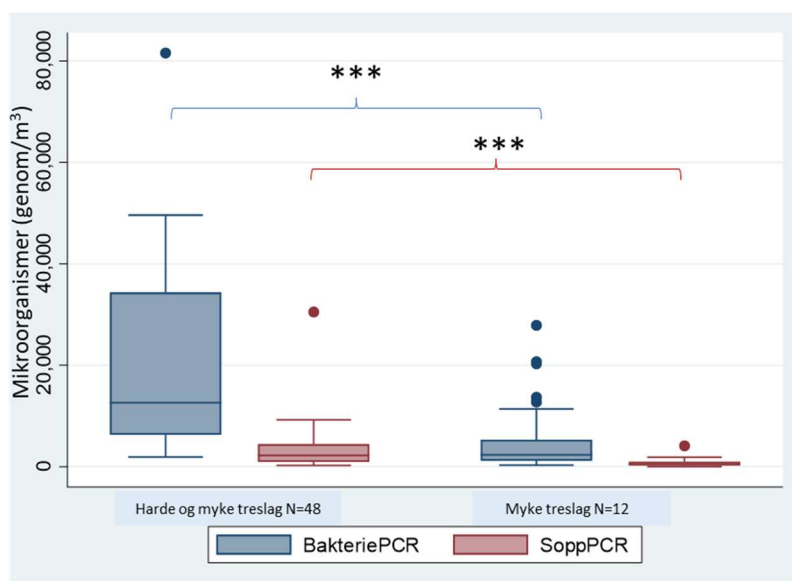
Figur 4. Eksponering for flyktige forbindelser ved arbeid med myke treslag versus en blanding av harde og myke treslag. Boksplokk som viser fordelingen av eksponering for monoterpenes (blå bokser), formaldehyd (røde bokser) og acetaldehyd (grønne bokser). Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir p-verdier $\leq 0,01$.

Eksponering for mikrobielle komponenter

Nivåene for endotoksin var lave for alle prøver og i alle bedriftene. Eksponeringen var lavere enn den foreslåtte helsebaserte grenseverdien på 90 EU/m³ og i bedrift E, som var den bedriften med lavest nivå, var de fleste prøvene (69 %) lavere metodens bestemmelsesgrense på 0,005 EU/ml.

Det ble funnet sopp sporer i kun to av prøvene, 32 655 sporer/m³ i bedrift E og 11 985 sporer/m³ i bedrift F.

DNA-analyser av sopp og bakterier i prøver fra seks utvalgte bedrifter viste at eksponering for mikrobielle komponenter var lav i forhold til observerte effektgrenser og foreslåtte grenseverdier på bakterier og sopp sporer, henholdsvis 10⁶ bakterier/m³ og 10⁵ sopp sporer/m³ (Figur 5). Noe forskjell ble observert, bl.a. var nivået i bedrifter som jobbet med en blanding av harde og myke treslag høyere enn nivåene fra de bedriftene som kun jobbet med myke treslag ($p < 0,001$). En mulig forklaring kan være at bedrifter som benytter råvarer fra harde treslag ofte har lengre lagringstid på disse råvarene enn de har for myke treslag, noe som kan føre til at mikroorganismer får bedre vekstmuligheter. Det bør nevnes at antall genomer målt ved PCR og antall bakterier/sporer ikke samsvarer helt og at antall genomer ofte er høyere enn antall observerte bakterier eller sopp. Dette skyldes delvis at DNA analyser inkluderer alle mikrobielle partikler med DNA, dvs. både sporer og fragmenter, og delvis at det kan være flere genom eller sekvenser i en mikroorganisme.



Figur 5. Eksponering for bakterier og sopp. Boksplott av personlig eksponering for bakterier (blå bokser) og sopp (røde bokser) i bedrifter som jobber med myke versus en blanding av myke og harde treslag. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir p-verdier $\leq 0,01$.

Støvetts potensial til å påvirke immunresponser

Støvprøvene og dets innhold hadde ingen effekt på nivået av oksidativt stress i cellene, og resultatene er derfor ikke vist.

Elleve av 40 prøver (28 %) av støvet som ble samlet inn induserte 2-3 ganger høyere aktivering av TLR4 enn kontrollprøven. Av disse var fire av seks bedrifter representert (bedrifter B, D, E, F), mens i to bedrifter (A og C) ble det ikke registrert noen aktivering. Både arbeid med myke treslag og en blanding av myke og harde treslag var representert blant prøvene med immun-reseptor aktivering. Ingen aktivering av TLR2 utover kontrollen ble observert. Dette betyr at trestøv i all hovedsak ikke har spesielt stort potensial for å påvirke immunresponser, men at det i noen prøver, som aktiverte TLR4, finnes slike mikrobielle komponenter som potensielt kan påvirke immunsystemet. Ut fra hva man vet om TLR4 er dette mest sannsynlig lipopoyssakkarid (LPS) fra endotoksin i Gram-negative bakterier. TLR2 responderer på flere bakterielle komponenter, inkl. peptidoglykan, lipoproteiner og lipoteikoidsyrer fra celleveggen til Gram-positive bakterier, men også gjærsopp. Ingen aktivering av TLR2, viser at støvet ikke inneholdt vesentlig mye av dette, og er i tråd med det lave nivået av sopp som ble observert.

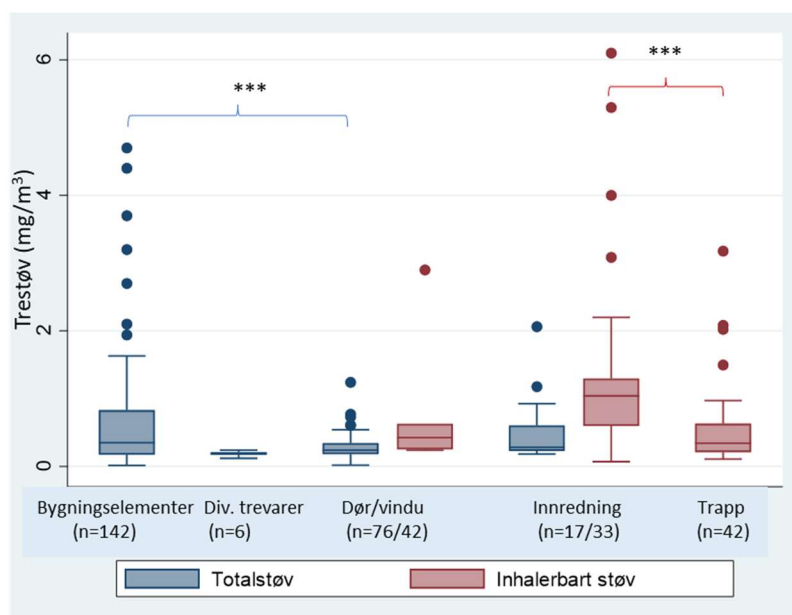
Indikatorer av mulig betydning for eksponering

Eksponering kan påvirkes av ulike forhold på arbeidsplassen. En undersøkelse av hvilke forhold som kan gi høye og hvilke som kan gi lave eksponeringsnivåer er viktig for vurdering av eksponeringsrisiko og å finne potensialet for eksponeringsreduksjon på arbeidsplassen. Ulike forhold på arbeidsplassen, slik som ventilasjonssystem, råvarer, befuktning, areal, organisering, rengjøringsrutiner, filtertyper og arbeidsoppgaver vil kunne påvirke eksponeringen. Dersom man vet noe om forskjeller i eksponering ved de ulike forhold, er det mulig å bruke disse forholdene som indikatorer for høye eller lave eksponeringer. Mange av disse forholdene bestemmes av hva bedriftene produserer. Eksponeringen slik den fordelte seg i de deltakende typer av virksomheter ble derfor først undersøkt.

Prøver fra bedrifter som ikke vet eller ikke har oppgitt opplysninger om hvilke løsninger de har, er ikke med i analysene.

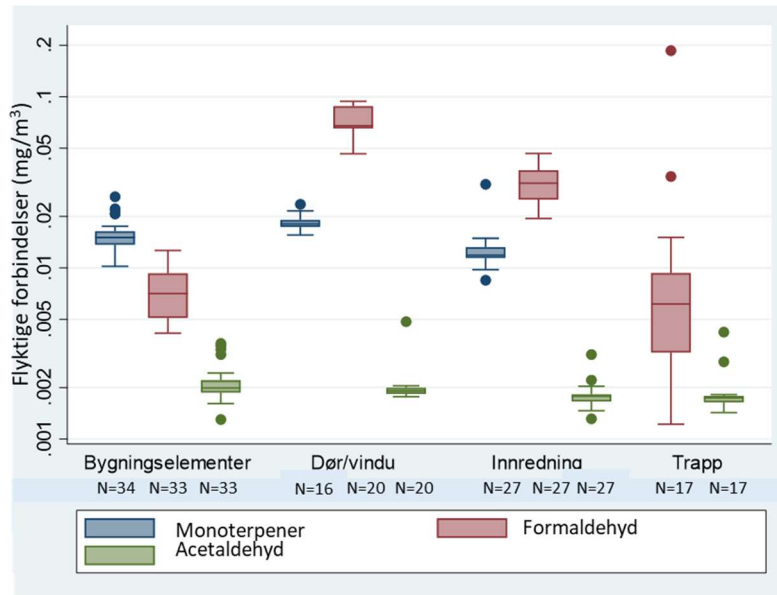
Produkttyper

Bruk av myke treslag i forhold til en blanding av harde og myke treslag varierte med hvilken produkttype bedriftene jobbet med. Eksponering for trestøv fra myke treslag var høyere ved produksjon av bygningselementer enn ved produksjon av dører og vinduer (Figur 6). Dette stemmer godt overens med at de fleste operasjonene som frigir trestøv ved produksjon av dør/vindu, foregår i lukkede maskiner slik at ansatte ikke blir så eksponert. Det er også strenge krav til renhet for emner som skal overflatebehandles, slik at det kan i utgangspunktet være lave støvnivå i produksjonslokalene til slike produkter. Eksponering for trestøv fra en blanding av harde og myke treslag var høyere ved produksjon av innredninger enn ved produksjon av trapp (Figur 6).



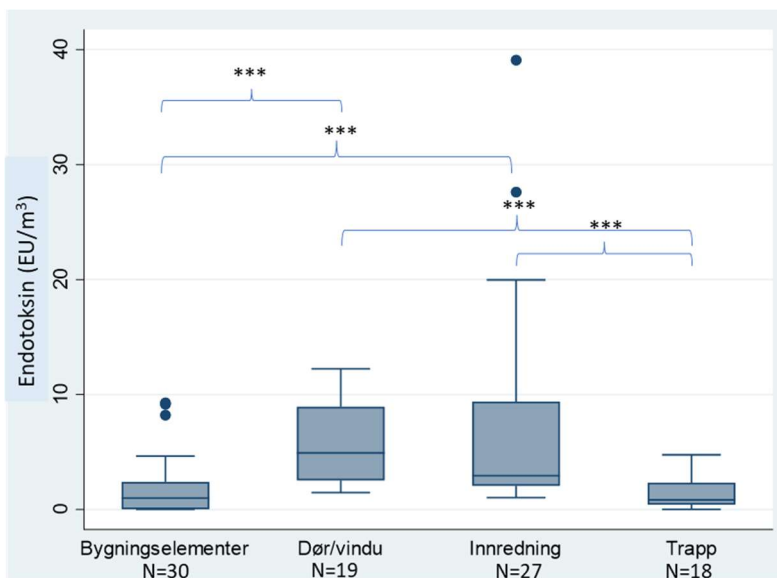
Figur 6. Eksponering for trestøv ved arbeid med ulike trevareprodukter. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for trestøv fra myke treslag (totalstøv, blå bokser) og en blanding av harde og myke treslag (inhalerbart støv, røde bokser) ved arbeid i bedrifter med ulike produkttyper. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir p-verdier $\leq 0,01$.

Selv om konsentrasjonen av de flyktige forbindelsene var lave, så var det tydelige forskjeller i eksponering mellom bedrifter med ulike produkttyper ($p=0,02$ til $p\leq 0,001$) (Figur 7). Dører og vinduer har limte emner og lim/fugemasse brukes i manuelle operasjoner, noe som kan forklare at arbeid med disse trevareproduktene gi høyest formaldehydeksponering. Bygningselementer er primært heltre/konstruksjonsvirke, mens innredning og trapp har større innslag av platematerialer.



Figur 7. Eksponering for flyktige forbindelser ved arbeid med ulike trevareprodukter. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for monoterpener (blå bokser), formaldehyd (røde bokser) og acetaldehyd (grønne bokser) ved arbeid i bedrifter med ulike produkttyper. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene.

Det var også forskjeller i eksponering for endotoksiner mellom arbeid med ulike produkttyper (Figur 8), mens ingen vesentlig forskjell ble observert for eksponering for sopp og bakterier.



Figur 8. Eksponering for endotoksin ved arbeid med ulike produkttyper. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for endotoksin ved arbeid i bedrifter med ulike produkttyper. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir p-verdier $\leq 0,01$.

Eksposeringen i ulike produksjoner representerer også andre mulige indikatorer som virker inn på eksponeringen. Det er derfor relevant å se på hvordan andre indikatorer fordeler seg blant bedrifter med ulik produkttype. En oversikt over bruk av resirkulering og befuktning av luft er angitt i Tabell 3.

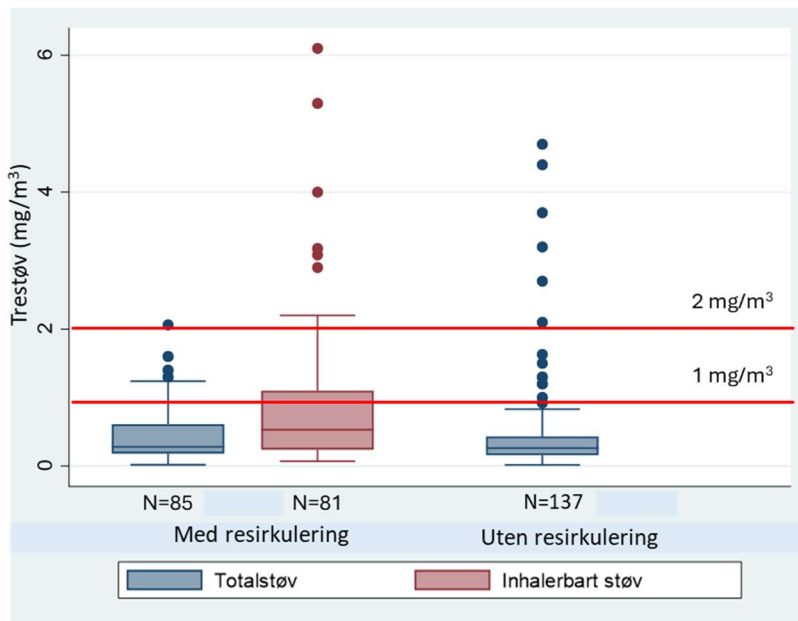
Tabell 3. Bruk av resirkulering og befuktning i ulike produksjoner

Produkt	Bedrifter	Prøver	Resirkulering		Befuktningsanlegg	
	Antall	Antall	Ja	Nei	Ja	Nei
Bygningselementer	10	142	16	108	0	108
Diverse trevarer	1	6	6	0	0	6
Dør/vindu	5	82	52	30	76	0
Innredning	4	51	51	0	23	28
Trapp	3	42	42	0	36	0

Analyse av eksponeringen fordelt på disse indikatorene kan gi en pekepinn på hva som har betydning på tvers av bedriftstyper. Resirkulering av luft i vinterhalvåret er av spesiell interesse i denne bransjen, og hadde i utgangspunktet et hovedfokus for prosjektet som ligger til grunn for denne rapporten.

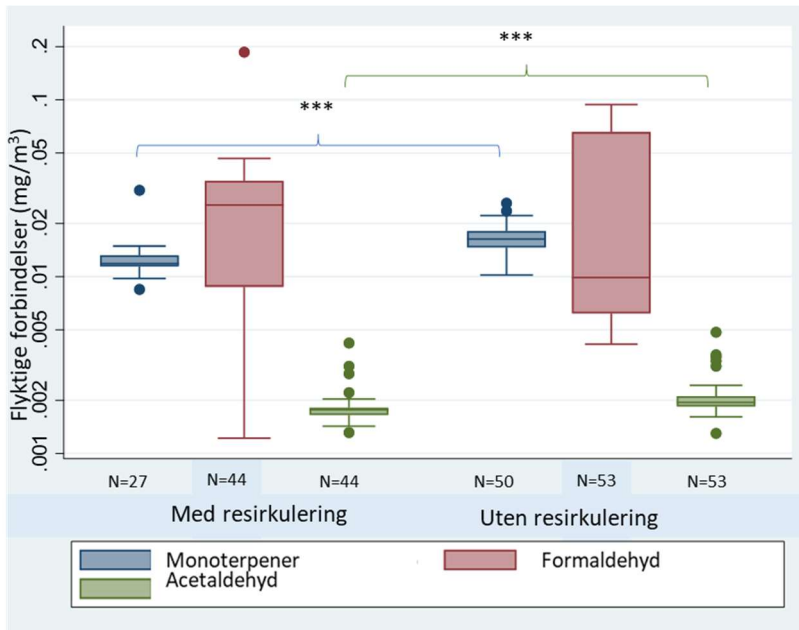
Resirkulering av luft

Resirkulering av luft i høst- og vintersesongen benyttes som et energi- og fuktgjenvinningstiltak. Ferdig oppvarmet luft fra arbeidslokalet filtreres og sendes inn i arbeidslokalet igjen, evt. med delvis tilførsel av frisk luft. Alle bedrifter med resirkulering av luft/varmegjenvinning hadde ventilasjonssystem med kryssvarmeveksler. Det var ingen statistisk sikker forskjell på eksponeringsnivået for trestøv fra arbeid med myke treslag mellom bedrifter med og uten resirkulering av luft i vintersesongen (Figur 9 og Tabell 2). De fleste målingene var lavere enn grenseverdien på 2 mg/m³, men med flere enkeltverdier som overskred denne grensen. Denne forskjellen lot seg ikke studere for bedrifter som arbeidet med en blanding av myke og harde treslag siden alle disse deltakende bedriftene hadde resirkulering. Imidlertid ser det ut til at mens omtrent to tredjedeler av målingene var innenfor grenseverdien, var mer enn 25 % av målingene over.



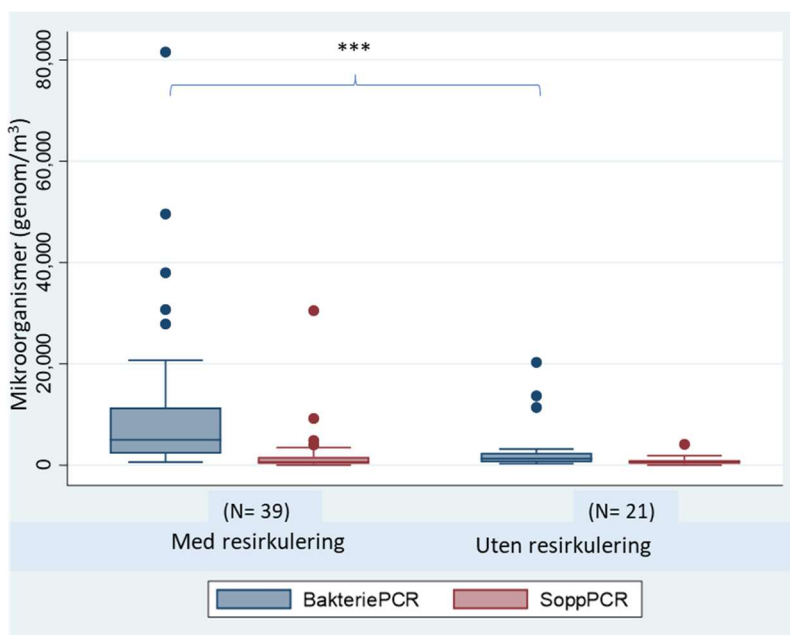
Figur 9. Boksplott av personlig eksponering for trestøv i bedrifter med og uten resirkulering av luft. For myke treslag er totalstøv målt (blå bokser), mens for en blanding av harde og myke treslag er inhalerbart støvfraksjon målt (røde bokser). Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkelpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. De røde horisontale linjene markerer dagens grenseverdier for myke og harde treslag, henholdsvis 2 mg/m³ og 1 mg/m³.

Konsentrasjonen av flyktige forbindelser var lavere ved bruk av resirkulert luft enn ikke resirkulert luft, men for formaldehyd, som det ble målt høyest konsentrasjon av, var ikke forskjellen statistisk signifikant (Figur 10). Dette er motsatt resultat av hva en skulle kunne forvente dersom resirkulering av luft fører til akkumulering av flyktige forbindelser i lokalet. En mulig forklaring kan være at bedrifter som ikke resirkulerer luft også sparer litt på varmen ved å lufte mindre enn vanlig ut av dører og vinduer i vinterhalvåret, og at den forhøyede konsentrasjonen gjenspeiler dette. Det er også mulig at eksponering for monoterpener er så nært knyttet til produktene som lages, at en mulig forskjell ved resirkulering ikke vil bli synlig. Bedrifter som produserte bygningselementer og dør/vindu hadde resirkulering (n=138 målinger), mens alle typer bedrifter var representert blant de som hadde resirkulering av luften (n=167 målinger).



Figur 10. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for monoterpener (blå bokser), formaldehyd (røde bokser) og acetaldehyd (grønne bokser) ved arbeid i bedrifter med og uten resirkulering av luft. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver bedrift. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir $p \leq 0,01$.

Resirkulering av luft hadde ingenting å si for eksponering for endotoksin, men for bakterier var det høyere nivå ved resirkulering av luften (Figur 11). En mulig forklaring på denne observasjonen kan være at resirkulering skaper gode vekstvilkår for bakterier ved å bevare varme og fuktighet. Bakteriene kan være for små til at filteret fanger de opp, slik at de resirkuleres og akkumuleres i rommet.

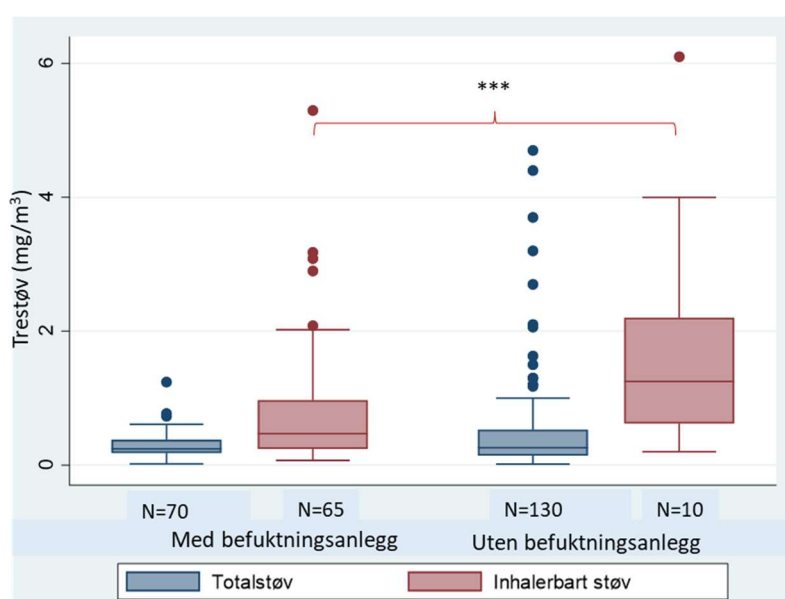


Figur 11. Boksplott av personlig eksponering for bakterier (blå bokser) og sopp (røde bokser) ved arbeid i bedrifter med og uten resirkulering av luft. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen for hver

kategori. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir $p \leq 0,01$.

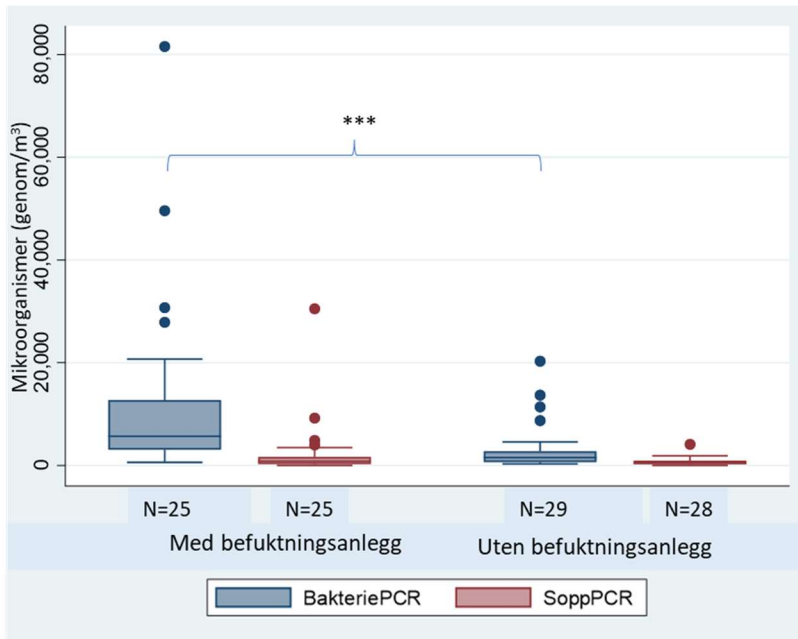
Befuktningssystem

Befuktningssystem brukes for å oppnå riktig relativ luftfuktighet i arbeidslokalet. Dette er av hensyn til å balansere fuktinnholdet i trevarene og bevare trevarenes kvalitet, men det vil også ha en innvirkning på opplevelsen av støvnivået i lokalet. Befuktningssystemene i bedriftene var fastmonterte og holdt automatisk en relativ luftfuktighet på 20-50 %. Resultatene viste at eksponering for inhalerbart trestøv ved arbeid med en blanding av harde og myke treslag var lavere med befuktningssystem enn uten, noe som kunne forventes ettersom vanndråpene binder støvet. Det var imidlertid ingen forskjell i eksponering for totalstøv fra myke treslag (Figur 12). Det ser dermed ut til at totalstøvparkiklene, som er mindre enn inhalerbare partikler, ikke blir bundet like effektivt av dråpene i befuktningssystemet. Dette vil antakeligvis avhenge av dråpestørrelsen.



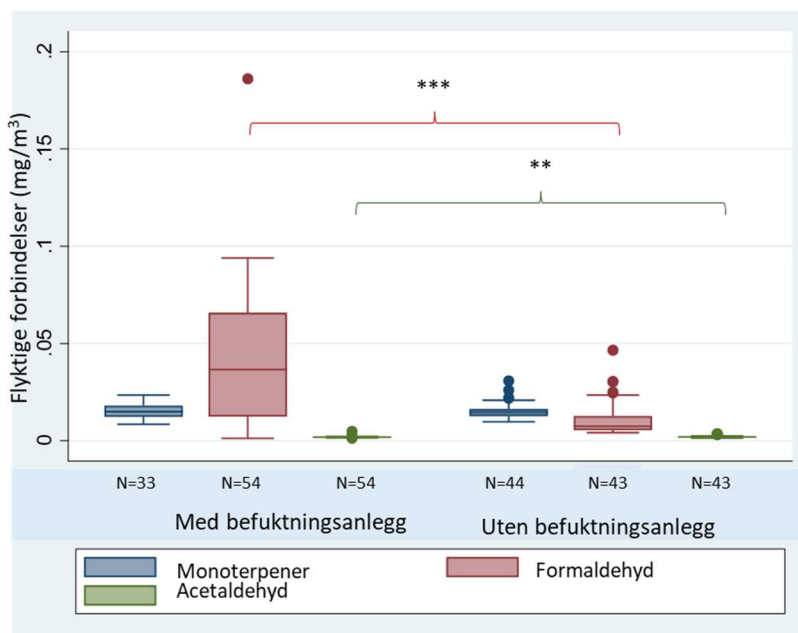
Figur 12. Boksplokk av personlig eksponering for trestøv ved arbeid i bedrifter med og uten befuktningssystem. For myke treslag er totalstøv målt (blå bokser), mens for en blanding av harde og myke treslag er inhalerbart støvfraksjon målt (røde bokser). Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver kategori. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir $p \leq 0,01$.

Bedrifter med befuktningssystem hadde noe høyere eksponering for endotoksin ($p=0,01$) og bakterier enn bedrifter uten slikt anlegg (Figur 13). Noe av årsaken til denne forskjellen kan være at med et befuktningssystem vil mikroorganismer ha tilgang på fuktighet som de trenger for å overleve, mens i et tørt miljø vil de tørke ut. Det er også en mulighet for at mikroorganismene kommer med vannet og spres i arbeidsmiljøet gjennom befuktningssystemet. Mikroorganismer vil til en viss grad finnes som naturlige komponenter i alle ikke-sterile miljøer, og eksponeringsnivået som er målt i bedrifter med befuktningssystem er lavere enn foreslått grenseverdi.



Figur 13. Boksplott av personlig eksponering for bakterier (blå bokser) og sopp (røde bokser) i bedrifter med og uten befruktning. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver kategori. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** angir $p \leq 0,01$.

Gjennomsnittlig høyere formaldehydeksponering ble også observert blant ansatte i bedrifter med befruktning, mens det var ingen forskjell for monoterpener. Eksponering for acetaldehyd var signifikant høyere uten befruktning enn med befruktning (Figur 14). Disse resultatene kan delvis være knyttet til de ulike produkttypene som produseres, og alle nyanser i forhold til dette vil ikke fremgå her. Frigivelse av acetaldehyd fra lim og komposittmaterialer vil variere avhengig av luftfuktigheten, og kunne forklare noe av disse forskjellene.



Figur 14. Boksplott som viser fordelingen av eksponering for monoterpener (blå bokser), formaldehyd (røde bokser) og acetaldehyd (grønne bokser) ved arbeid i bedrifter med og uten befruktning. Hver boks representerer median, 25 og 75 prosentilet, mens værhårene

representerer 5 og 95 prosentilet av eksponeringen i hver kategori. Enkeltpunktene er ekstremverdier som ligger langt utenfor de fleste målingene. Statistisk sikre eksponeringsforskjeller mellom grupper er markert med klamme. *** og ** angir p-verdier $\leq 0,01$ og $\leq 0,05$, henholdsvis.

Ventilasjon og avsug, filter og rengjøring

Ventilasjon og avsug, filterbruk og rengjøringsrutiner er mulige viktige indikatorer for eksponering. Prøveantallet per gruppe blir imidlertid for lite i det innsamlede materialet til at det er hensiktsmessig å analysere gruppeforskjeller på dette ved enkel statistikk, og tolkning av analyser på tvers av bedrifter vil kompliseres av at flere forhold påvirker eksponeringsnivået. En oversikt over bruk av ulike ventilasjon i det innsamlede materialet er angitt i tabell 4.

Tabell 4. Bruk av ulike ventilasjon i ulike produksjoner

Produkt	Bedrifter Antall	Prøver Antall	Ventilasjon ¹			Eget avsug ⁴		
			Avslått	Full ²	Redusert ³	Ja	Nei	Noen ⁵
Bygningselementer	10	142	36	37	0	90	6	12
Diverse trevarer	1	6	6	0	0	6	0	0
Dør/vindu	5	82	55	0	21	82	0	0
Innredning	4	51	51	0	0	41	0	10
Trapp	3	42	42	0	0	42	0	0

¹ Drift av ventilasjon etter arbeidstid; ² Full luftmengde hele døgnet; ³ Redusert luftmengde etter arbeidstid.

Bedrifter som jobbet med en blanding av harde og myke treslag hadde alle oppgitt at de hadde avslått ventilasjon utenom arbeidstid. Videre var det kun bedrifter som produserte bygningselementer som brukte full luftmengde i ventilasjonssystemet hele døgnet. Det var også blant disse produsentene det fantes noen bedrifter der ingen hadde eget avsug på arbeidsstasjonene. Produsenter av dør/vindu var de eneste som hadde redusert luftmengde i ventilasjonssystemet utenom arbeidstid.

Bruk av filter i sponavsug og luftinntak vil også kunne påvirke eksponering for støv og damp på arbeidsplassen, og ulike typer filtre vil kunne ha ulik effekt på dette. En oversikt over bruk av slike filtre i det innsamlede materialet er angitt i tabell 5.

Tabell 5. Bruk av ulike filtre i ulike produksjoner

Produkt	Bedrifter Antall	Prøver Antall	Grovfilter/sponavsug			Støvfilter/lufttilførsel			
			Ja	Kanal ¹	Nei	Pose ²	Kanal ¹	Nei	Pose ²
Bygningselementer	10	142	18	0	0	37	0	30	25
Diverse trevarer	1	6	0	0	6	0	0	0	6
Dør/vindu	5	82	30	21	6	25	21	19	6
Innredning	4	51	0	0	18	33	0	10	41
Trapp	3	42	0	6	0	36	6	18	18

¹ Kanalfilter/filterkassett; ² Posefilter/kuvertfilter

Posefilter/kuvertfilter er vurdert å være vanligst. De aller fleste brukte denne filtertypen til både sponavsug og lufttilførsel. Kanalfilter ble brukt av noen produsenter av dør/vindu og trapp.

Rengjøring i bedriftene skjedde ved trykkluft/blåsing, feiekost, støvsuging eller våtsvabring/vasking. De fleste vekslet mellom de ulike rengjøringsmetodene. En oversikt over fordeling av prøveantallet fra bedrifter med ulike rengjøringsmetode og -hyppighet er angitt i tabell 6.

Tabell 6. Prøvetantall med ulik type og hyppighet av jevnlig renhold av arbeidsstasjonene

	Trykkluft/blåsing	Feiekost	Støvsuger	Våtsvabring/vasking
Flere ganger daglig	111	39	20	12
Daglig	90	54	70	0
2-3 ganger i uka	18	11	0	0
Ukentlig	6	96	66	18
Sjeldnere/ved behov	48	41	18	24
Brukes ikke	4	52	49	222
Vet ikke/ikke oppgitt	47	31	31	47

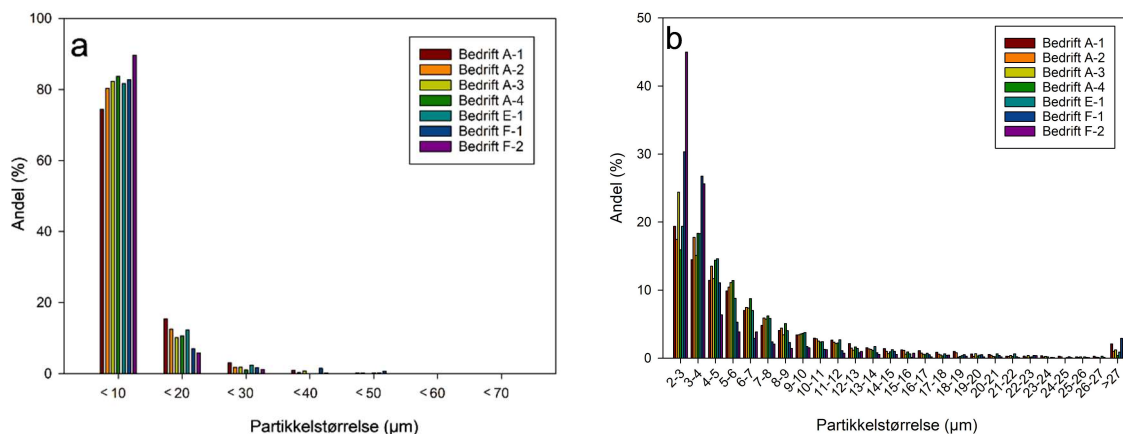
Den vanligste rengjøringsmetoden var trykkluft, som ble brukt til å blåse arbeidsstasjonen ren på prøvetakingsdagen, mens svært få benyttet våtstøpsvabring/vasking. Både kosting og blåsing med trykkluft ansees å være metoder som genererer mye støv som spres i luften, mens støvsuging og våtstøpsvabring/vasking ansees å fjerne støvet uten å spre det ut i arbeidsluften.

Stasjonære prøver

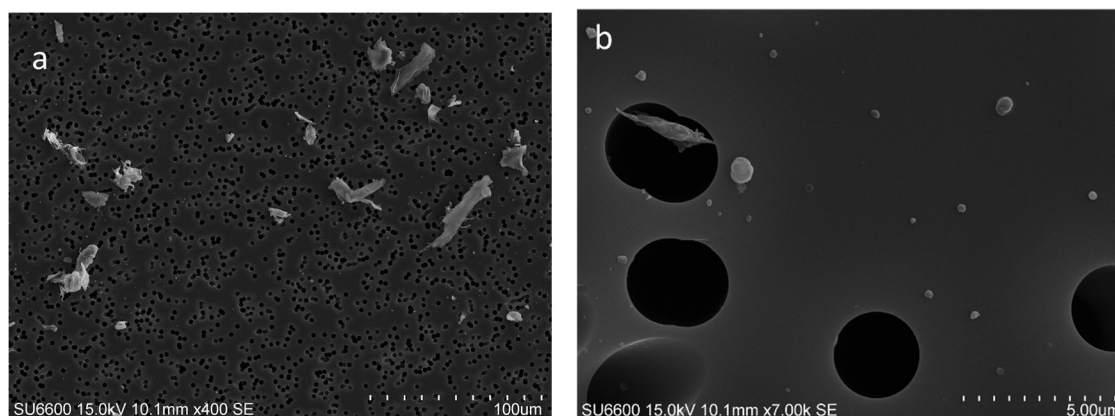
Figur 15a og b viser størrelsesfordelingen av antall partikler. Størrelsen til partiklene ble målt automatisk med et elektronmikroskop. Arealet som ble scannet var det samme for alle prøvene, men antall partikler telt varierte mellom 1000 og 4500 partikler. I de fleste tilfeller utgjorde partikler mindre enn 10 µm over 80 % av det totale antallet partikler (Figur 15a). Det er flest partikler med størrelse 2-3 µm og disse partiklene utgjorde mellom 20 og 45 % av det totale antall partikler (Figur 15b).

Prøvene for mikroskopering ble samlet under utførelse av forskjellige arbeidsoppgaver som f.eks. under pussing og fresing. Det var imidlertid ikke mulig å se en distinkt forskjell i partikkelstørrelser mellom arbeidsoppgavene eller mellom myke og harde tresorter. Det var heller ikke åpenbare forskjeller i morfologi mellom forskjellige arbeidsoppgaver eller treslag. Det bør nevnes at det kan være større forskjeller om arbeidsoppgavene studeres i laboratorieforsøk eller om man kommer helt tett inn på arbeidsoppgaven (Ojima et al., 2016).

De største partiklene målt med elektronmikroskopet var omtrent 100 µm. Typiske trestøvparkler er vist i mikroskopbildet i Figur 16a. I Figur 16b er det en mye høyere forstørrelse i mikroskopet enn i Figur 16a som viser små partikler på under 1 µm. Disse partiklene ser ikke ut som typiske trestøvparkler og består av elementer som man finner i salter, slik som f.eks. natrium og klorid.



Figur 15. Størrelsesfordeling av trestøvpartikler målt med SEM. Andel av partikler med størrelser opp til 70 µm (a) og andel partikler med størrelse opp til >27 µm illustrert med høyere oppløsning.

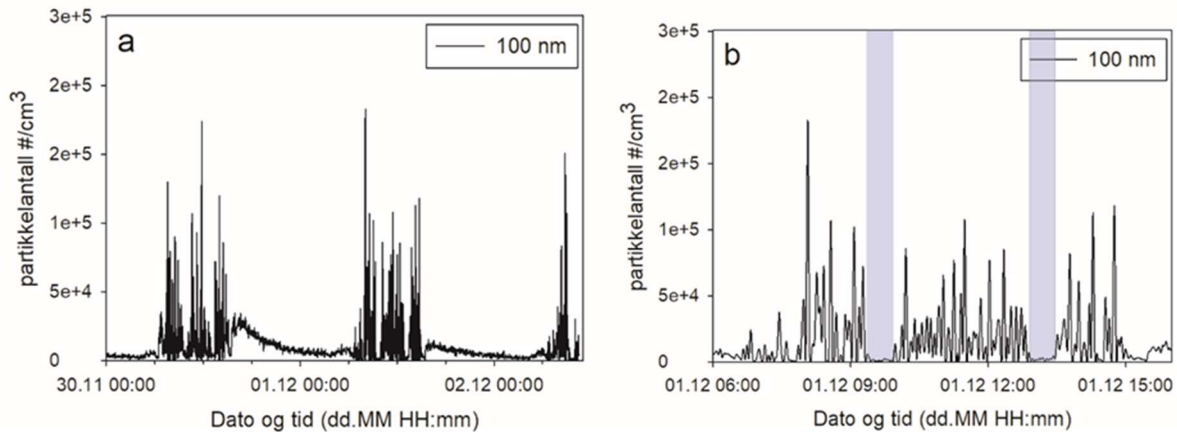


Figur 16. Scanning elektronmikroskopbilder av trestøv, samlet i Bedrift A. Mikroskopbilde av trestøvpartikler ved 400× forstørrelse (a) og mikroskopbilde av andre partikkeltyper ved 7000× forstørrelse.

Variasjon i partikkelkonsentrasjoner

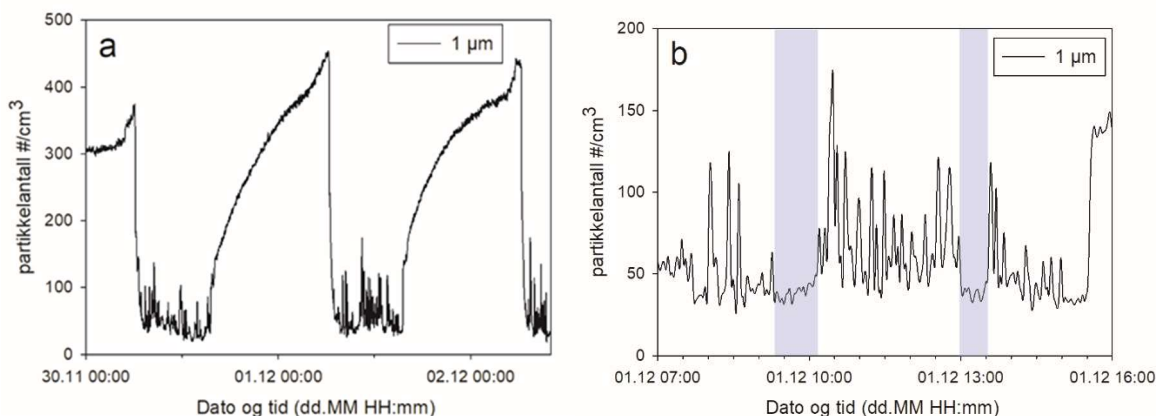
Partikkelkonsentrasjoner, målt i antall partikler av ulike størrelser per kubikkcentimeter luft, ble målt i bedrift A, en bedrift som benyttet resirkulert luft i arbeidstiden og har befuktningssystem. Ventilasjonssystemet inkludert resirkulering av luft ble slått av utenom arbeidstid.

Et høyere antall partikler med størrelse 0,1 µm (100 nm) ble målt i arbeidstiden, se Figur 17a. Arbeidsopphold (pauser) er tydelige i Figur 17b, markert med to blå søyler, da konsentrasjonen av partikler reduseres raskt. Ventilasjonen ser derfor ut til å fjerne disse partiklene effektivt. Ved endt arbeidsdag og avslått ventilasjon går partikkelkonsentrasjonen litt opp igjen. Selv om det kan observeres enkelte episoder med høye konsentrasjoner i figuren var likevel det generelle inntrykket at partikkelkonsentrasjonene var relativt lave.



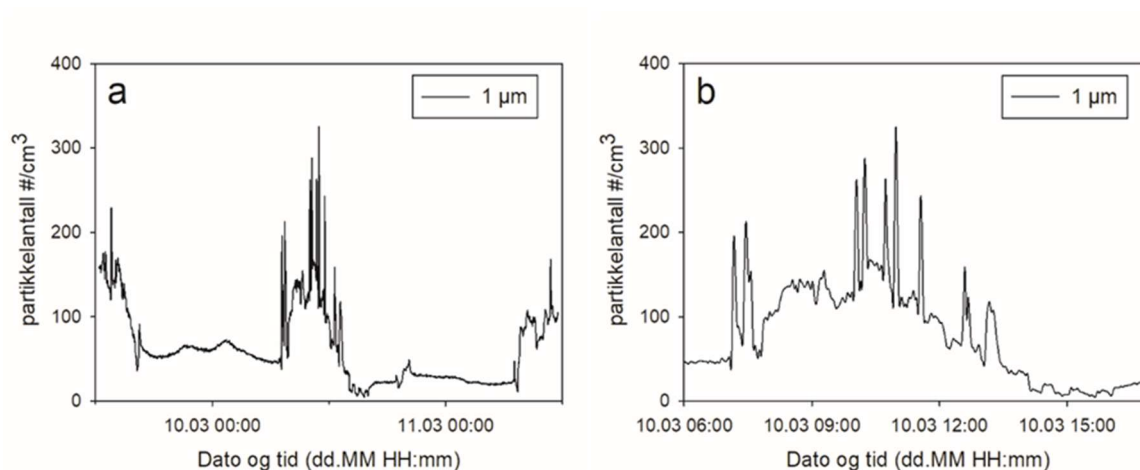
Figur 17. Antall partikler med størrelse $0,1 \mu\text{m}$ (100 nm) i luften hos bedrift A, målt med SMPS over ca. 2,5 døgn, fra kl. 24 den 30.11.21 til kl. 10 den 02.12.21 (a). Utsnitt av arbeidsdagen 01.12.21. To pauser er markert med blå søyler (b).

Oppkonsentrering av partikler med størrelse $1 \mu\text{m}$ som ses fra endt arbeidsdag og gjennom natten frem til ventilasjonssystemet slås på igjen, se Figur 18a, kan være knyttet til kondensering av vanndråper fra fuktig luft. Dette fordi bedriften benyttet befukningsanlegg. Befukningsanlegg brukes for å holde luftfuktigheten optimal for treverket, men det fungerer også som et støvreduserende tiltak fordi vanndråpene binder støvet. Det er kaldere om natten og siden varm luft kan holde på mer fuktighet enn kald luft kan dette være grunnen til økningen som observeres. Partikkelkonsentrasjonene i hallen ser ut til å holde seg stabile utover i uken. Et utsnitt fra 30.11.21 er vist i Figur 18b. Også her observeres nedgang i partikkelkonsentrasjoner ved arbeidsopphold.



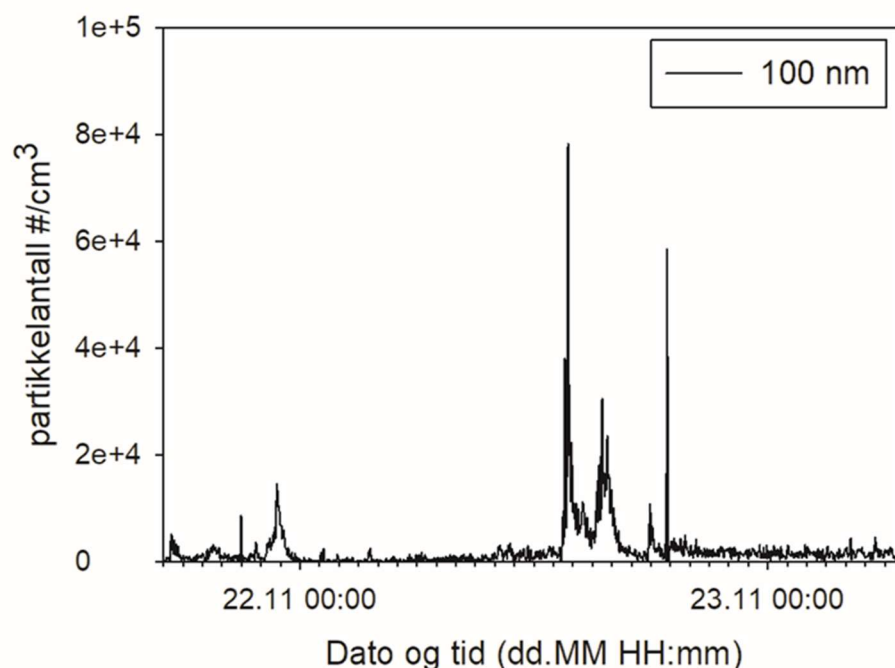
Figur 18. Antall partikler med størrelse $1 \mu\text{m}$ i luften hos bedrift A, målt med APS over ca. 2,5 døgn, fra kl. 24 den 30.11.21 til kl. 10 den 02.12.21 (a). Utsnitt av arbeidsdagen 01.12.21. To pauser er markert med blå søyler (b).

Ved bedrift C ble også resirkulert luft benyttet og partikkelkonsentrasjoner for partikler med størrelse $1 \mu\text{m}$ er vist for to dager i Figur 19a. Her observeres ikke den samme oppkonsentreringen over natten som i bedrift A og her var det heller ikke befukningsanlegg. Et utsnitt fra 10.03.22 er vist i Figur 19b. Partikkelkonsentrasjonene gjennom dagen er høyere enn om natten og dette ses for alle tre dager. Det var indikasjoner på at det i denne bedriften ikke var regelmessig utskiftning av støvfilteret. Ved endt arbeidsdag går partikkelkonsentrasjonene ned før de går litt opp igjen når ventilasjonsanlegget skrues av. I denne bedriften ble det ikke målt på ultrafine partikler.



Figur 19. Antall partikler med størrelse $1\ \mu\text{m}$ i luften hos bedrift C, målt med APS over ca. 2 døgn, fra kl. 12 den 09.03.22 til kl. 12 den 11.12.21 (a). Utsnitt av arbeidsdagen 10.03.22 (b).

Ved bedrift E ble det ikke benyttet resirkulert luft. Figur 20 viser antall partikler med størrelse $0,1\ \mu\text{m}$ ($100\ \text{nm}$) ved bedriften. Det er noen episoder med høyere konsentrasjon i løpet av målingene. Disse skyldes antageligvis ikke selve arbeidet i hallen, men at porten inn til hallen ble åpnet og at målingene ble påvirket av kjøretøy i nærheten av porten. Partikkelkonsentrasjonene er lavest fra kl. 24:00 – 07:00 og det kan skyldes at det ikke arbeides eller arbeids redusert i hallen da. Utenom episodene med høyere nivåer ligger partikkelkonsentrasjonene stabilt på et lavt nivå.

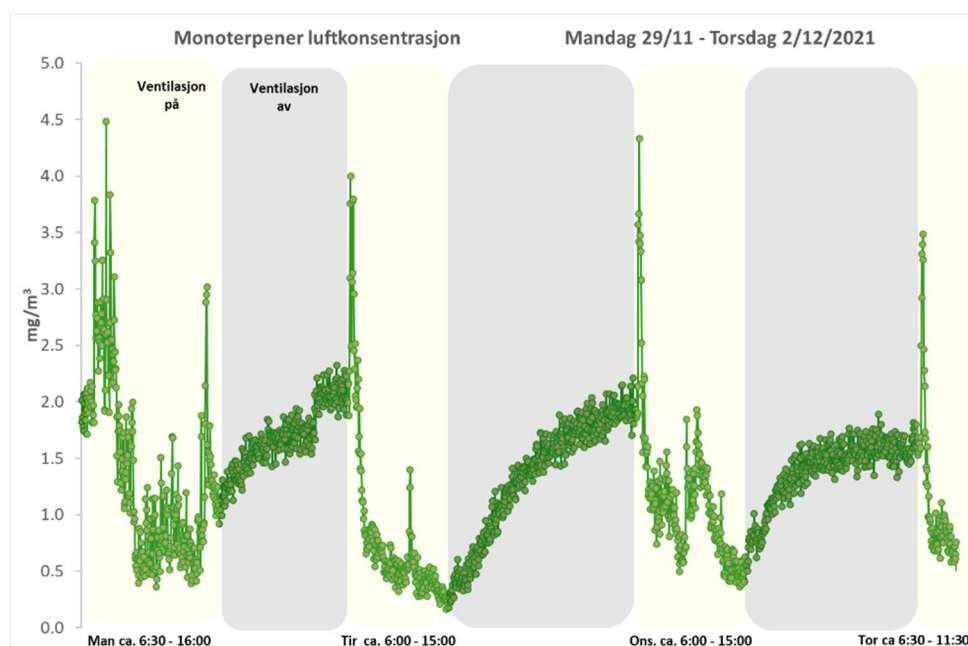


Figur 20. Antall partikler med størrelse $0,1\ \mu\text{m}$ ($100\ \text{nm}$) i luften hos bedrift E, målt med SMPS over ca. 1,5 døgn, fra kl. 17:00 den 21.11.22 til kl. 07:00 den 23.11.22.

Variasjon i flyktige forbindelser

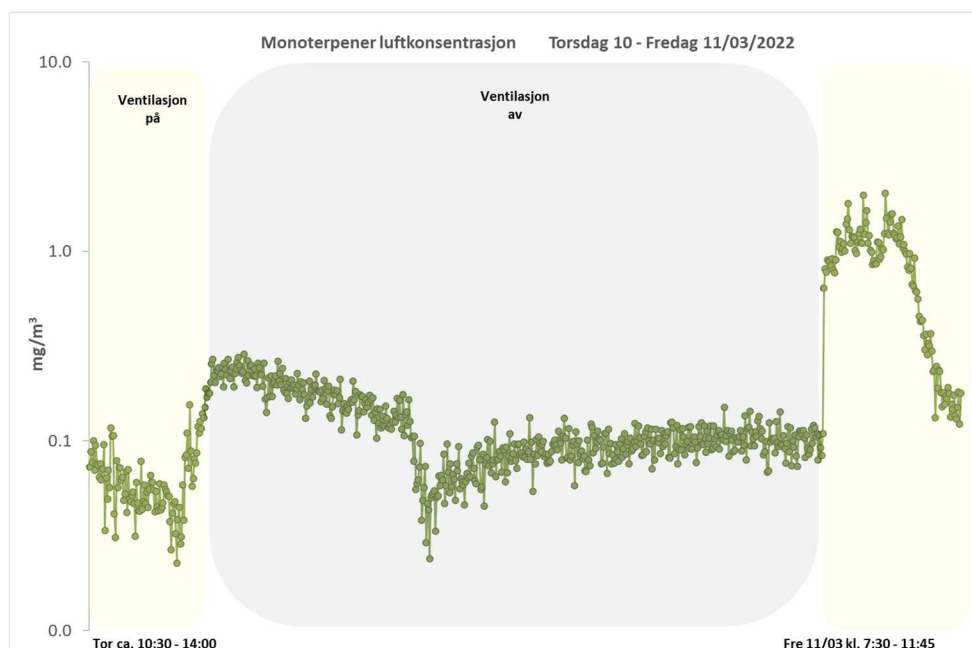
Sammenligning av nivået av monoterpener i luften målt stasjonært i de ulike bedriftene muliggjør vurdering av hvilken effekt ventilasjonssystemer og partikkelfiltre kan ha på luftkvaliteten, samt betydningen av dagskift versus kontinuerlig arbeid over 24 timer. Direktevisende målinger av monoterpener i arbeidsluften målt med PTR-MS kan brukes som en indikator på den totale konsentrasjonen av flyktige forbindelser i arbeidsluft.

Selv om konsentrasjonen av målte monoterpener var lav, mellom 0,1 og 4,5 mg/m³ med en middelværdi på ca. 1 mg/m³ i alle tre bedriftene, var det svært forskjellige tids- og konsentrasjonsprofiler i bedriftene. Figur 21 viser hvordan konsentrasjonen av monoterpener varierte i luften over 3 dager med ventilasjon med et godt vedlikeholdt filtreringssystem, resirkulering av luft i arbeidstiden og ventilasjonen avslått utenom arbeidstiden. Et maksimumsnivå oppsto tidlig om morgenen alle dagene så snart ventilasjonen ble slått på og luften ble blåst gjennom partikkelfiltrene. Det er sannsynlig at monoterpener ble frigitt fra trestøv som var akkumulert på filteret og som blåses ut i rommet ved start av ventilasjonsanlegget. Flere konsentrasjonstopper ble observert gjennom arbeidstiden, og det er grunn til å anta at dette skyldtes ulike arbeidsoperasjoner som avga monoterpener. En akkumulasjon av monoterpener ble observert gjennom nettene når ventilasjonen var slått av og det ikke foregikk noe arbeid. Trolig skyldtes dette at monoterpener langsomt ble frigitt fra trematerialet i lokalet og akkumulerte gjennom natten. Med unntak av de antatt arbeidsrelaterte toppene, avtok konsentrasjonen på dagtid, noe som indikerer at monoterpener fjernes effektivt fra arbeidsatmosfæren når ventilasjonen er på og med resirkulering av luften.



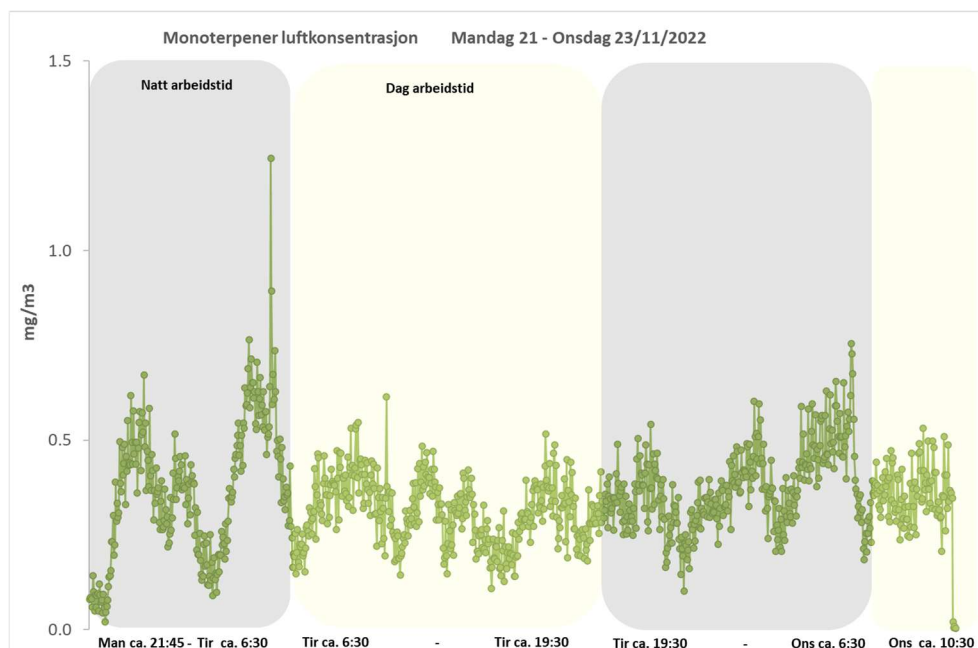
Figur 21. Variasjon i konsentrasjon av monoterpener i arbeidsluft målt direkte over 3 døgn i bedrift A, der det jobbes dagtid ca. kl. 6:00-15:00. Luften ble resirkulert i arbeidstiden og ventilasjonsanlegget var avslått utenom arbeidstid.

Figur 22 illustrerer effekten av et ventilasjonssystem i bedrift C. I denne bedriften var det indikasjoner på at støvfilteret for resirkulert luft ikke var skiftet regelmessig. I stedet for å effektivt fjerne monoterpenene som frigjøres ved trebearbeiding, ble monoterpener resirkulert og oppkonsentrert i lokalet når ventilasjonen var på gjennom arbeidstiden. En reduksjon i konsentrasjonen av monoterpener i perioden utenom arbeidstid og med ventilasjonen avslått er synlig på figuren. Dette skyldes trolig utskifting av verkstedluft med friskluft ved åpning av verkstedporten i forbindelse med varelevering etter arbeidstid.



Figur 22. Variasjon i konsentrasjon av monoterperer i arbeidsluften (på logaritmisk akse) over et døgn i bedrift C der det ble jobbet dagtid ca. kl. 7:00-14:00. Luften ble resirkulert i arbeidstiden, og ventilasjonen ble slått av utenom arbeidstiden, men noe utskifting av luft skjedde ved åpning av verkstedport mot utsiden. Støvfilteret for resirkulert luft var ikke skiftet regelmessig.

Figur 23 viser hvordan konsentrasjonen av monoterperer varierte gjennom 2,5 døgn i en bedrift uten ventilasjon, og med døgntidligere aktivitet med gjentakende arbeidsoperasjoner. Konsentrasjonen av monoterperer i luften varierte avhengig av mengden tremateriale som ble bearbejdet og tidvis utlufting av lokalet ved åpning av verkstedport mot uteområdet.



Figur 23. Variasjon i konsentrasjon av monoterperer i arbeidsluften over 2,5 døgn i bedrift E, der det ble jobbet kontinuerlig dag og natt, uten resirkulering av luft, og med delvis åpent verksted som ofte luftet lokalet gjennom en port til utsiden.

Konklusjon

De personbårne målingene viste at de ansatte sett under ett var eksponert for gjennomsnittlige lave nivåer av alle komponenter, sammenlignet med de respektive grenseverdiene, men det var stor variasjon mellom ansatte, noe som kan utgjøre en forskjell for noen, avhengig av hvilket produkt de jobber med eller andre forhold relatert til resirkulering og befuktning av luft, treslag, ventilasjon, filter og rengjøringsrutiner. Eksponeringsforskjeller relatert til disse indikatorene kan antyde mulige fokusområder for risikovurdering og eksponeringsreduserende tiltak.

Eksponering for trestøv var moderat blant ansatte som arbeidet med myke treslag, og var for det meste under grenseverdien på 2 mg/m^3 totalstøv, mens eksponering blant ansatte som arbeidet med en blanding av harde og myke treslag var høyere sammenlignet med grenseverdien på 1 mg/m^3 inhalerbart trestøv. Eksponeringsnivået for blandinger av harde og myke treslag var relativt ofte (mer enn 25 %) høyere enn grenseverdien. Eksponeringsnivået for monoterpener, formaldehyd og acetaldehyd var under grenseverdiene for alle ansatte, men likevel høyere i bedrifter som kun jobbet med myke treslag sammenlignet med bedrifter som jobbet med en blanding av harde og myke treslag. Eksponering for mikrobielle komponenter var også svært lav for alle ansatte, men blant ansatte som jobbet med en blanding av harde og myke treslag var eksponeringen høyere enn for de som kun jobbet med myke treslag. I all hovedsak hadde ikke trestøv fra trevareindustrien spesielt stort potensial for å gi oksidativt stress og for å påvirke immunresponser. Likevel, 28 % av prøvene kunne aktivere TLR4, noe som viser at mikrobielle komponenter som kan påvirke immunsystemet var til stede i noen av prøvene.

Produksjon av bygningselementer og innredning medførte høyest eksponering for trestøv fra henholdsvis myke treslag og fra en blanding av harde og myke treslag. Produksjon av dører og vinduer medførte høyest eksponering for flyktige forbindelser, deretter fulgte produksjon av innredninger, bygningselementer og trapper. Produksjon av innredning og dør/vindu hadde høyest eksponering for endotoksin.

Resultatene fra sammenligning av bedriftsforhold, som resirkulering av luft og befuktning, må tolkes med et forbehold om at forskjeller i eksponering som primært er knyttet til produkttyper ikke nødvendigvis kommer så tydelig frem i en slik fremstilling.

Resirkulering av luft hadde ikke vesentlig betydning for eksponering av trestøv fra myke treslag. Ved arbeid med en blanding av harde og myke treslag ble det kun praktisert resirkulering av luft, og effekt på eksponering for inhalerbart støv kunne derfor ikke vurderes ut fra det innsamlede materialet. Konsentrasjonen av flyktige forbindelser var lavere ved bruk av resirkulert luft enn ikke resirkulert luft, men for formaldehyd, som det ble målt høyest konsentrasjon av, var ikke forskjellen statistisk signifikant. Resirkulering av luft hadde ingenting å si for eksponering for endotoksin, men for bakterier var det høyere nivåer ved resirkulert luft.

Resultatene viste at eksponering for inhalerbart trestøv ved arbeid med en blanding av harde og myke treslag var lavere med befukningsanlegg enn uten, noe som kunne forventes ettersom vannråpene binder støvet. Det var imidlertid ingen forskjell i eksponering for totalstøv fra myke treslag. Ansatte i bedrifter med befukningsanlegg hadde noe høyere eksponering for endotoksin, bakterier og formaldehyd enn ansatte i bedrifter uten befukningsanlegg, mens det var ingen forskjell for monoterpener. Eksponering for acetaldehyd var signifikant høyere uten befuktning enn med befuktning.

De tre bedriftene hvor det ble foretatt direktevisende stasjonære målinger er ikke direkte sammenlignbare på grunn av forskjeller i produksjon og størrelse, og derfor ble vurdering av resultater basert på indikatorer som ventilasjon og resirkulering av luft. Resultatene viser at ventilasjonen kan fjerne partikler og redusere nivået av monoterpener i arbeidsluften, men det gjøres oppmerksom på at disse resultatene er basert på få målinger. Videre indikerer resultatene


at et godt vedlikeholdt ventilasjonsanlegg er viktigere for god luftkvalitet enn om det benyttes resirkulering av luften eller ikke.

Referanser

- Afanou, K.A., et al., Divergent TLR3 and TLR4 activation by fungal spores and species diversity in dust from waste sorting plants. *Appl Environ Microbiol*, 2023. 89 (3): p. e01734-22
- Alwis, K.U., et al., Exposure to biohazards in wood dust: bacteria, fungi, endotoxins, and (1->3)-beta-D-glucans. *Appl Occup Environ Hyg*, 1999. 14(9): p. 598-608.
- Arbeidstilsynet, 2020. Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemikalier. Tilgangsdato: 01.10.2023. <https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/generertepdfer/kartlegging-og-vurdering-av-eksponering-for-kjemikalier>
- Arbeidstilsynet, Forskrift om tiltaks- og grenseverdier. 2023. Vedlegg 1: Liste over grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren. Tilgangsdato: 01.10.2023. <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-tiltaks--og-grenseverdier/vedlegg/1/>
- Ayars, G.H., et al., The Toxicity of Constituents of Cedar and Pine Woods to Pulmonary Epithelium. *J Allergy Clin Immunol*, 1989. 83(3): p. 610-618.
- Bohadana, A.B., et al., Symptoms, airway responsiveness, and exposure to dust in beech and oak wood workers. *Occup Environ Med*, 2000. 57(4): p. 268-73.
- Borm, P.J., et al., Respiratory symptoms, lung function, and nasal cellularity in Indonesian wood workers: a dose-response analysis. *Occup Environ Med*, 2002. 59(5): p. 338-44.
- Brosseau, L.M., et al., Inhalable dust exposures, tasks, and use of ventilation in small woodworking shops: a pilot study. *Am Ind Hyg Assoc J*, 2001. 62(3): p. 322-9.
- Cedrone E. and Dobrovolskaia M.A., NCL Method ITA-29: Detection of nanoparticles' ability to stimulate toll-like receptors using HEK-Blue reporter cell lines. In: Afonin, K.A. (eds) *RNA Nanostructures. Methods in Molecular Biology*, 2709 p. 241-251. Humana, New York, NY.
- Chung, K.Y., et al., A study on dust emission, particle size distribution and formaldehyde concentration during machining of medium density fibreboard. *Ann Occup Hyg*, 2000. 44(6): p. 455-66.
- Dahlqvist, M. and U. Ulfvarson, Acute effects on forced expiratory volume in one second and longitudinal change in pulmonary function among wood trimmers. *Am J Ind Med*, 1994. 25(4): p. 551-8.
- Demers, P.A., et al., Pooled reanalysis of cancer mortality among five cohorts of workers in wood-related industries. *Scand J Work Environ Health*, 1995. 21(3): p. 179-90.
- Demers, P.A., et al., What to do about softwood? A review of respiratory effects and recommendations regarding exposure limits. *Am J Ind Med*, 1997. 31(4): p. 385-398.
- Douwes, J., et al., Asthma and other respiratory symptoms in New Zealand pine processing sawmill workers. *Am J Ind Med*, 2001. 39(6): p. 608-15.
- Douwes, J., et al., Pine dust, atopy and lung function: A cross-sectional study in sawmill workers. *Eur Respir J*, 2006. 28(4): p. 791-8.
- Eduard W. Estimation of mean and standard deviation. Letter to the editor. *Am Ind Hyg Assoc J* 2002. 63; 4.
- Eduard, W., et al., Bioaerosol exposure assessment in the workplace: the past, present and recent advances. *J Environ Monit*, 2012. 14(2): p. 334-9.
- Eriksen E., et al., Bioaerosol-induces in vitro activation of toll-like receptors and inflammatory biomarker expression in waste workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2023a. 96 (7):985-998.
- Eriksen E., et al., An assessment of occupational exposure to bioaerosols in automated versus manual waste sorting plants. *Env Res* 2023b. 218;115040.
- Eriksson, K.A., et al., Terpene exposure and respiratory effects among sawmill workers. *Scand J Work Environ Health*, 1996. 22(3): p. 182-90.
- Granstrøm KM, Wood processing as a source of terpene emissions compared to natural sources. *WIT Trans Ecol Environ*, 2007. 101; 263-273.
- Harper, M., et al., Comparison of wood-dust aerosol size-distributions collected by air samplers. *J Environ Monit*, 2004. 6(1): p. 18-22.
- Hedenstierna, G., et al., Exposure to Terpenes - Effects on Pulmonary-Function. *Int Arch Occ Env Hea*, 1983. 51(3): p. 191-198.
- Hessel, P.A., et al., Lung health in sawmill workers exposed to pine and spruce. *Chest*, 1995. 108(3): p. 642-6.
- IARC International Agency for Research on Cancer, Wood dust and Formaldehyde. IARC monographs, 1995. 62.

- IARC International Agency for Research on Cancer, Arsenic, metals, fibres, and dusts. IARC monographs, 2012. 100.
- IARC International Agency for Research on Cancer, Wood dust. IARC monographs, 2018. 100C-15.
- Jacobsen, G., et al., Longitudinal lung function decline and wood dust exposure in the furniture industry. *Eur Respir J*, 2008. 31(2): p. 334-42.
- Jacobsen, G., et al., Non-malignant respiratory diseases and occupational exposure to wood dust. Part II. Dry wood industry. *Ann Agric Environ Med*, 2010. 17(1): p. 29-44.
- Johard, U., et al., Controlled Short-Time Terpene Exposure Induces an Increase of the Macrophages and the Mast-Cells in Bronchoalveolar Lavage Fluid. *Am J Ind Med*, 1993. 23(5): p. 793-799.
- Kauppinen, T., et al., Occupational exposure to inhalable wood dust in the member states of the European Union. *Ann Occup Hyg*, 2006. 50(6): p. 549-61.
- Liu, D., et al., Microbiome composition of airborne particulate matter from livestock farms and their effect on innate immune receptors and cells. *Sci Total Environ*, 2019. 688: p. 1298-1307.
- NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health, Method 1552: Terpenes. 2003. Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th Edition.
- NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health. Method 2016: Formaldehyde, Issue 3, 2016. Manual of Analytical Methods (NMAM), 5th Edition.
- Ojima, J., Generation rate and particle size distribution of wood dust by handheld sanding operation. *J Occup Health*, 2016. 58(6): p. 640-643.
- Rohr, A.C., The health significance of gas- and particle-phase terpene oxidation products: a review. *Environ Int*, 2013. 60: p. 145-62.
- Rongo, L.M., et al., Respiratory symptoms and dust exposure among male workers in small- scale wood industries in Tanzania. *J Occup Environ Med*, 2002. 44(12): p. 1153-60.
- Pytel, K. et al., Recent advances on SOA formation in indoor air, fate and strategies for SOA characterization in indoor air - A review. *Sci Total Environ*, 2022. 843: p. 156948
- Scheeper, B., et al., Wood-dust exposure during wood-working processes. *Ann Occup Hyg*, 1995. 39(2): p. 141-54.
- Schlünssen, V., et al., Nasal patency is related to dust exposure in woodworkers. *Occup Environ Med*, 2002. 59(1): p. 23-9.
- Schlünssen, V., et al., Respiratory symptoms and lung function among Danish woodworkers. *J Occup Environ Med*, 2002. 44(1): p. 82-98.
- Schlünssen, V., et al., Cross-shift changes in FEV1 in relation to wood dust exposure: the implications of different exposure assessment methods. *Occup Environ Med*, 2004. 61(10): p. 824-30.
- Schlünssen, V., et al., Determinants of wood dust exposure in the Danish furniture industry-- results from two cross-sectional studies 6 years apart. *Ann Occup Hyg*, 2008. 52(4): p. 227-38.
- Shamssain, M.H., Pulmonary function and symptoms in workers exposed to wood dust. *Thorax*, 1992. 47(2): p. 84-7.
- Skovsted, T.A., et al., Only few workers exposed to wood dust are detected with specific IgE against pine wood. *Allergy*, 2003. 58(8): p. 772-9.
- Skulberg, K.R., et al., Health and Exposure to VOCs From Pinewood in Indoor Environments. *Front Built Environ*, 2019. 5.
- Talini, D., et al., Asthma-like symptoms, atopy, and bronchial responsiveness in furniture workers. *Occup Environ Med*, 1998. 55(11): p. 786-91.
- Timm, M., et al., Utilization of the human cell line HL-60 for chemiluminescence based detection of microorganisms and related substances. *Eur J Pharm Sci*, 2006. 27(2-3): p. 252-8.
- Timm, M., et al., Assessment of the total inflammatory potential of bioaerosols by using a granulocyte assay. *Appl Environ Microbiol*, 2009. 75(24): p. 7655-62.
- Viegas, C., et al., The effects of waste sorting in environmental microbiome, THP-1 cell viability and inflammatory responses. *Environ Res*, 2020. 185: p. 109450.
- Welling, I., et al., Wood dust particle and mass concentrations and filtration efficiency in sanding of wood materials. *J Occup Environ Hyg*, 2009. 6(2): p. 90-8.

Vedlegg: STAMIs prøvetakings skjema side 3

Side 3 Bedrift: Dato: SEG-nr: Prøve-nr:	Lenke til nettskjema: 		Eget avslag ved stasjon 1 Friskluft UTEN resirkulering 2 Resirkulert luft 3 Annen ventilasjon 4 Vet ikke	Driftstid for ventilasjon 1 Full luftmengde hele døgnet 2 Reduserte luftmengder utenom arbeidstid 3 Avslått utenom arbeidstid 4 Vet ikke	Befuktning-anlegg Nei Manuell utplassering av fuktilder Løse luftfuktere Fastmonterte luftfuktere/ vanntåke-anlegg Vet ikke	Varmegjenvinner Nei Kryssvarmeveksler Roterende varmegjenvinner Vet ikke	Type og hyppighet av jevnlig renhold av arbeidsstasjonen Type Trykkluft/blåsing Felekost Støvsuger Våtstrøing/vasking Hyppighet 1 Flere ganger daglig 2 Daglig 3 2-3 ganger i uka 4 Ukentlig 5 Sjeldnere/ved behov	Uførende Operatøren Renholdspersonal Begge Vet ikke
	Rom/lokale	Arbeidsstasjon	Eksempel: T-1-O, F-2-O, V-4-R					

Rom/lokale	Filter	Type filter	Produsent, type og klasse for filter	Hyppighet for skifte av filter	Aktive filtre
	Grovfilter/sponavug Støvfilter/ lufttilførsel Andre filtre	1 Posefilter/ Kuvertfilter 2 Filter i kanal/ Filterkasset 3 Annen type filter 4 Vet ikke	Produsent Type	1 Sjeldnere enn årlig 2 Årlig 3 Halvårlig 4 Kvartalsvis 5 Oftere enn kvartalsvis	Nei Kullfilter Annet type aktivt filter

