



Masteroppgave

Juni, 2021

Masteroppgave

Hilde Grønlien, Ragnhild Klefstad

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige
universitet
Fakultet for økonomi
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse

Hilde Grønlien
Ragnhild Klefstad

Kartlegging av støv- og fibereksposering i den norske byggebransjen

En studie om effekten av rengjøringstiltak og
vurdering av eksponeringsnivå ved oppføring av
nybygg

Juni 2021



Kunnskap for en bedre verden

Kartlegging av støv- og fibereksposering i den norske byggebransjen

En studie om effekten av rengjøringstiltak og vurdering av eksponeringsnivå ved oppføring av nybygg

Hilde Grønlien

Ragnhild Klefstad

Master i Helse, miljø og sikkerhet

Innlevert: Juni 2021

Hovedveileder: Rikke Bramming Jørgensen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på vår toårige master innen Helse, miljø og sikkerhet ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse ved NTNU i Trondheim.

Etter ønske fra Veidekke, har denne masteroppgaven som formål å kartlegge støveksponeringen hos tømrere i lukket nybygg under normale forhold og med ekstra rengjøringstiltak. Det er blitt utført personbårne målinger på arbeidsoppgavene gipsing, isolering og stålarbeid. Målingene ble gjennomført over to uker i februar 2021 ved Frysjaparken, et boligprosjekt lokalisert i Oslo.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår veileder, Rikke Bramming Jørgensen, for gode faglige diskusjoner og verdifulle tips underveis. Vi har også satt stor pris på faglig støtte fra Therese Bergh Nitter, Kristin von Hirsch Svendsen og Hans Thore Smedbold. I tillegg vil vi takke for et godt samarbeid med Veidekke, som gjorde det mulig å gjennomføre prosjektet i en utfordrende tid under Covid-19 pandemien der smittevern var høyeste prioritet. Spesielt takk til kontaktpersonene våre hos Veidekke, Eunike Sandberg, Maria Kristin Strand og Geir Matthiasen, for svar på alle praktiske spørsmål og støtte underveis.

Vi vil også takke våre medstudenter for faglige og ikke så faglige diskusjoner underveis. Bedre motivatorer må vi lete lenge etter.

11. juni 2021

Gløshaugen - Trondheim

Hilde Grønlien

Ragnhild Klefstad

Sammendrag

I denne studien har det blitt gjennomført en kartlegging av støv- og fibereksposering på byggeplass, i lukket nybygg. Forskningsspørsmålene er utarbeidet i samarbeid med Veidekke Bygg, og tar utgangspunkt i at byggavdelingen har flere arbeidstakere med nedsatt lungefunksjon enn andre Veidekke-avdelinger. Formålet med prosjektet har vært å vurdere effekten av å innføre rengjøringstiltak. Dette ble gjort ved å kartlegge hvordan eksponeringsnivået var for støv og fiber ved normale arbeidsforhold sammenlignet med forholdene ved ekstra innførte rengjøringstiltak. I tillegg ble eksponeringsnivåene vurdert opp mot Arbeidstilsynets grenseverdier.

Inhalering av støv og kjemikalier regnes som en av de viktigste arbeidsmiljøutfordringene i byggebransjen, der tømrere er en stor yrkesgruppe som er særlig utsatt. Langvarig eksponering kan føre til alvorlige luftveissykdommer som KOLS og astma. Til tross for at det er flere kjente negative helseeffekter knyttet til støv- og fibereksposering, er det gjort få kartlegginger av eksponering på byggeplasser i Norge. Ved kontakt med andre store entreprenører ble det uttrykt at det er et ønske om flere slike kartlegginger, for å øke kunnskapen om denne typen eksponering.

Over to arbeidsuker ble det utført personbårne målinger på tømrere med arbeidsoppgavene isolasjons-, stål- og gipsarbeid; den første uken under normale arbeidsforhold og den andre uken med ekstra rengjøringstiltak. Det ble også gjort målinger med direktevisende måleinstrumenter. Disse har derimot i hovedsak blitt brukt for å støtte opp under observasjoner gjort i måleperioden. Observasjonene har vært sentrale i vurderingen av resultatene i denne studien, og bidratt til at konklusjonene ikke ble en forenkling av virkeligheten.

Ved sammenligning av normale forhold og forholdene etter ekstra rengjøring, viste resultatene at det ikke var en signifikant forskjell i eksponeringsnivå for samtlige arbeidsoppgaver. Umiddelbart synes det derimot naturlig at rengjøringstiltak skal ha en støvreduserende effekt. Ved å se på sannsynligheten for statistiske feil og å vurdere rengjøringstiltakene, ble det diskutert hvorfor dette resultatet kan ha forekommet. Det ble konkludert med at de viktigste forutsetningene for resultatet var at renholdsrutiner og -kultur og planleggingen av de innførte rengjøringstiltakene ikke var tilstrekkelige.

Støv- og fibereksposeringen ble vurdert opp mot Arbeidstilsynets grenseverdier for henholdsvis sjenerende støv (totalstøv) på 10 mg/m^3 og mineralullfiber på 1 fiber/cm^3 . For gipsing begge ukene ble eksponeringen vurdert til å være uakseptabel, og det må derfor innføres tiltak. Eksposering for fiber, samt stålarbeid for begge ukene ble derimot ansett som akseptabel. For isolasjonsarbeid var eksponeringen ved normale arbeidsforhold akseptabel, mens den for forholdene etter ekstra rengjøring oppsiktsvekkende nok var uakseptabel. Resultatene ble vurdert ved å diskutere om valg av støvfraksjon var riktig og om grenseverdiene er gode nok for å beskytte arbeidstakeren. Det konkluderes med at en viktig forutsetning for akseptabel eksponering er at grenseverdien for sjenerende støv allerede er for høy. Eksperter innen yrkeshygiene mener at grenseverdien burde halveres ettersom støvet inneholder flere komponenter; den har heller ikke vært revidert siden den ble innført på 70-tallet. Til slutt er det viktig å poengtere at selv om eksponeringen vurderes som akseptabel kan den likevel utgjøre en helsefare.

Abstract

In this study, a mapping of exposure to dust and fiber on a construction site has been carried out. The research questions were formed in collaboration with Veidekke Bygg, and are based on the knowledge that more workers in the building department have impaired lung function than workers in other departments. The purpose was to assess the effect of introducing extra cleaning measures. This was conducted by measuring exposure levels during normal working conditions as well as after introducing the extra measures. In addition, the level of exposure was assessed against the Norwegian Labour Inspection Authority's threshold limit values (TLVs).

Inhalation of dust and chemicals is considered one of the major challenges for the work environment, where carpenters are particularly exposed. Long-term exposure can lead to serious respiratory diseases such as chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma. While there are several known negative health effects regarding dust and fiber exposure, there exists few studies where exposure levels on construction sites in Norway are mapped. In conversation with other entrepreneurs, it was expressed an interest in more research as it would increase their knowledge on these types of exposure.

During two weeks, personal air sampling was conducted for carpenters during insulation work, steel work and plastering. The extra cleaning measures were introduced the second week. In addition, measurements with direct-reading dust monitors were conducted. However, these were mainly used to support the observations made during the sampling period. The observations were essential in assessing the results, as they made the conclusions more reliable.

When comparing normal working conditions with conditions with introduced cleaning measures, the results showed that there was no significant difference in exposure level for all work tasks. However, it seems likely that cleaning measures should have a reducing effect. Therefore, the probability of statistical errors and the introduced cleaning measures were discussed. It was concluded that contributing factors to this result could be that cleaning routines and the planning of the introduced cleaning measures were not sufficient.

The dust- and fiber exposure was assessed against the TLV for respectively "particles not specified"¹ (total dust) of 10 mg/m³ and mineral wool fiber of 1 fiber/cm³. For plastering, the exposure was considered unacceptable, and dust-reducing measures must be applied. The exposure to fiber, as well as steel work for both weeks were considered acceptable. For insulation work, the exposure at normal working conditions was acceptable, while it surprisingly enough was unacceptable with introduced cleaning measures. In evaluating the results, the choice of particle fraction and whether the TLVs are sufficient to protect the workers, was discussed. The research concludes that a contributing factor for the exposure to be considered acceptable is that the TLV of "particles not specified" is too high. According to experts, it should be halved because the dust includes several components. Further, the TLV has not been revised since its introduction in the 1970s. Lastly, it should be pointed out that even exposure at acceptable levels could constitute a health hazard.

¹Norwegian: sjenerende støv

Forkortelser

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AM	Aritmetisk gjennomsnitt
ANOVA	Analysis of Variance
BHT	Bedriftshelsetjeneste
CEN	Den europeiske standardiseringsorganisasjon
d_{ae}	Aerodynamisk diameter
EØK	Estimert øvre konsentrasjon
GV	Grenseverdi
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
KOLS	Kronisk obstruktive lungesykdommer
MMMF	Man-Made Mineral Fibers
NHI	Norsk Helseinformatikk
NOA	Norsk overvåking av arbeidsmiljø
NYF	Norsk Yrkeshygienisk Forening
PNOS	Particles not otherwise specified
RIF	Rådgivende Ingeniørers Forening
RR	Relativ risiko
RTB	Rent-tørt-bygg
SD	Standardavvik
SEG	Sammenlignbar eksponeringsgruppe
SEM	Scanning Electron Microscopy
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SSB	Statistisk sentralbyrå
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
TEAN	Toksikologisk ekspertgruppe for administrative normer
VVS	Varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk
WHO	World Health Organisation

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract	iii
Forkortelser	iv
Figurer	viii
Tabeller	ix
1 Innledning	1
2 Bakgrunn	2
2.1 Den norske byggebransjen	2
2.1.1 Arbeidsmiljøprofil for byggebransjen	3
2.2 Om Veidekke	4
2.2.1 RTB-filosofien	5
2.3 Erfaringer om støvmålinger på byggeplass	5
3 Teorigrunnlag	7
3.1 Støvpartikler og fiber	7
3.1.1 Støvpartikler	7
3.1.2 Fiber	9
3.2 Forskning på eksponering og tilhørende helseeffekter	10
3.2.1 Helseeffekter relatert til støveksposering	10
3.2.2 Kartlegging av luftveisplager i byggebransjen	11
3.2.3 Kartlegging av tidligere utførte støvmålinger	12
3.3 Utførelse av yrkeshygieniske målinger	14
3.3.1 Grenseverdier	14
3.3.1.1 Grenseverdier for byggestøv	16
3.3.1.2 Reduksjonsfaktor for grenseverdi	16
3.3.2 Ulike prøvetakingsmetoder	16
3.4 Kartleggings- og vurderingsprosessen	18
3.4.1 Bestemmelse av SEG	19
3.4.2 Statistisk vurdering i en detaljert undersøkelse	19
3.4.2.1 Fordeling av yrkeshygienisk måledata	20
3.4.2.2 Estimerte øvre konsentrasjon (EØK)	21
3.4.3 Annen nyttig statistikk	22
3.4.3.1 Deskriptiv statistikk	22
3.4.3.2 T-test og variansanalyse (ANOVA)	22
4 Metode	24
4.1 Spesielle hensyn i forbindelse med Covid-19 pandemien	24
4.2 Innledende vurdering	24
4.2.1 Om byggeprosjektet	24
4.2.2 Måleområde	25
4.2.3 Arbeidsoppgaver	27
4.2.4 Beskrivelse av arbeidsdagen	27
4.3 Detaljert undersøkelse: Utførelse	27

4.3.1	Valg av grenseverdi	28
4.3.2	Beskrivelse av prøvetakingsmetoden	28
4.3.3	Observasjoner og direktevisende målinger	31
4.3.4	Rengjøringstiltak	31
4.4	Detaljert undersøkelse: Analyse	32
4.4.1	Beregning av støvkonentrasjon og fiberinnhold	32
4.4.2	Omregning til en åttetimers referansearbeidsdag	33
4.4.3	Deskriptiv presentasjon av måledata	34
4.4.4	Statistisk analyse: Vurdering av effekten av rengjøringstiltak	34
4.4.5	Statistisk analyse: Vurdering av eksponeringsnivå	35
4.5	Etiske vurderinger i studien	35
5	Resultater	36
5.1	Resultater fra totalstøv- og fibermålinger	36
5.1.1	Totalstøvmålingene	36
5.1.2	Fibermålingene	38
5.2	Vurdering av SEG	39
5.3	Sammenligning av normale forhold og ekstra rengjøring	40
5.3.1	For totalstøv	40
5.3.2	For fiber	42
5.4	Vurdering av eksponering opp mot grenseverdier	44
5.4.1	For totalstøv	44
5.4.2	For fiber	45
6	Observasjoner og andre relevante funn	46
6.1	Isolatørene	47
6.2	Stålarbeiderne	49
6.3	Gipsarbeiderne	50
6.4	Generelle observasjoner	52
7	Feilkilder	55
8	Diskusjon	57
8.1	Vurdering av SEG	57
8.1.1	Mellom- og innad-arbeider variabilitet	58
8.2	Sammenligning av normale forhold og ekstra rengjøring	59
8.2.1	Reduserer rengjøringstiltakene støveksposeringen?	59
8.2.2	Vurdering av resultatet	60
8.2.2.1	Sannsynligheten for statistiske feil	60
8.2.2.2	Vurdering av rengjøringstiltakene	61
8.2.3	Hva er den viktigste forutsetningen for tolkning av resultatet?	64
8.3	Vurdering av eksponering opp mot grenseverdier	64
8.3.1	Overskrides grenseverdiene?	64
8.3.1.1	Hva Veidekke må gjøre	66
8.3.1.2	Sammenligning med tidligere forskning	67
8.3.2	Vurdering av resultatet	68
8.3.2.1	Valg av støvfraksjon	68
8.3.2.2	Gir grenseverdien god nok beskyttelse for tømmerens helse?	70
8.3.3	Hva er den viktigste forutsetningen for tolkning av resultatet?	72

8.4	Verdien av observasjoner	73
9	Konklusjon	74
9.1	Videre arbeid	75
	Referanser	76
	Vedlegg	81
A	Luftveisplager i yrker	81
B	Utviklingen av enkelte grenseverdier	82
C	Prøvetakingskjema	83
D	Validering av målingene	84
E	Log-sannsynlighetsplottene	85

Figurliste

2.1	Kjemiske og biologiske faktorer for byggebransjen (data fra NOA (2016)). . . .	3
2.2	Helseplager i byggebransjen (data fra NOA (2016)).	4
3.1	Respirasjonssystemet hos et menneske. Tilpasset fra Rangul & Bøhle (2020). .	7
3.2	Partikkelfraksjoner i arbeidsmiljøsammenheng. Tilpasset fra Eduard (2018). . .	9
3.3	Kartlegging av eksponering i yrkeshygienisk sammenheng. Tilpasset fra Arbeidstilsynet (2008) med oppdatert metode fra Arbeidstilsynet (2020a). . . .	18
4.1	Oversiktsbilde av Frysjarparken (OBOS, u.å.).	25
4.2	Bygget (C3) der målingene ble utført (eget bilde).	25
4.3	Plantegning av sjettede etasje i bygg C3 (OBOS, u.å.).	26
4.4	Plantegning av leilighet 6021 i bygg C3 (OBOS, u.å.).	26
4.5	Benyttede pumper (eget bilde; SHP Directory (u.å.)).	28
4.6	Illustrasjon av påmontert personbåren måleutstyr (eget bilde).	30
4.7	Mobilt (t.v.) og stasjonært (t.h.) måleinstrument som ble benyttet (TSI, 2021). .	31
5.1	SEM-analyse med støv og fiber på filter 44 (t.v.) og glassfiber på filter 43 (t.h.).	38
5.2	Den gjennomsnittlige totalstøvkonsentrasjonen (AM) og standardavvik, under normale forhold og etter rengjøring, for arbeidsoppgavene isolasjon, stål og gips.	41
5.3	Det gjennomsnittlige fiberinnholdet (AM) og standardavvik, under normale forhold og etter rengjøring.	43
6.1	Varmeslangene for spredning av varme i bygget (eget bilde).	46
6.2	Støveksponering ved person B under isolering av yttervegger.	48
6.3	Støveksponering ved person A under isolering i trange rom.	48
6.4	Område hvor topp- og bunnsviller er montert (eget bilde).	49
6.5	Støveksponering ved stålarbeiderne.	50
6.6	Støveksponering ved en av arbeidsstasjonene til gipsene.	51
6.7	Arbeidsstasjon med gipsing (eget bilde).	51
6.8	Støveksponering ved montering av gipsplater.	52
6.9	Støveksponering i maksrommet.	53
A.1	Yrker som oppgir mest luftveisplager (NOA, 2016).	81
B.1	Den historiske utviklingen av enkelte grenseverdier fra 1964-2016 (Smedbold, 2020a).	82
C.1	Prøvetakingsskjema fra SINTEF Norlab.	83
E.1	Log-sannsynlighetsplott for isolasjon: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.).	85
E.2	Log-sannsynlighetsplott for stål: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.).	85
E.3	Log-sannsynlighetsplott for gips: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.).	86
E.4	Log-sannsynlighetsplott for fiber: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.).	86

Tabelliste

3.1	Relevante grenseverdier for byggestøv som oppgitt i Forskrift om tiltaks- og grenseverdier (2013, vedlegg 1).	16
4.1	Oversikt over forurensningene og tilhørende grenseverdi.	28
4.2	Oversikt over antall målinger planlagt utført.	29
5.1	Totalstøvmålinger utført under isolasjonsarbeid.	36
5.2	Totalstøvmålinger utført under stålarbeid.	37
5.3	Totalstøvmålinger utført under gipsarbeid.	37
5.4	Fibermålinger utført under isolasjonsarbeid.	39
5.5	Resultat fra vurderingen av normalfordeling og SEG.	39
5.6	Deskriptiv oversikt over totalstøvmålingene [mg/m^3].	40
5.7	Resultat fra t-test for totalstøvmålingene.	42
5.8	Resultat fra toveis ANOVA for arbeidsoppgave og rengjøring.	42
5.9	Deskriptiv oversikt over fibermålingene [fiber/cm^3].	42
5.10	Resultat fra t-test for fibermålingene.	43
5.11	Resultat fra YH-regneark for totalstøvmålingene.	44
5.12	Resultat fra YH-regneark for fibermålingene.	45

1 Innledning

Inhalering av støv og kjemikalier regnes som en av de store arbeidsmiljøutfordringene i byggebransjen. Ifølge Nasjonal overvåking av arbeidsmiljø (NOA) ¹ oppgir 48% i bransjen at de er eksponert for å puste inn støv og kjemikalier fra trestøv, byggestøv, mineralstøv, sveiserøyk og kjemiske produkter. På kort sikt kan eksponering føre til lettere luftveislager. På lengre sikt kan det derimot føre til mer alvorlige sykdommer som kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS), kreft, løsemiddelskader og hjerte- og karsykdommer (NOA, 2020).

I denne studien gjennomføres det en kartlegging av støv på byggeplass, i lukket nybygg². Arbeidsoppgavene i lukket bygg blir sett på som de mest støvende aktivitetene ved oppføringen av nybygg. Studien gjennomføres i samarbeid med Veidekke Bygg Oslo. I en arbeidshelseundersøkelse Veidekke utfører hvert tredje år har det kommet frem at Veidekke Bygg har flere arbeidstakere med nedsatt lungefunksjon enn Veidekke-avdelingene Anlegg og Asphalt. Dette til tross for at byggavdelingen har den laveste andelen røykere. Mange av de ansatte som deltok i undersøkelsen fortalte også at det er mye støv og dårlig renhold på byggeplassene.

Med bakgrunn i resultatene fra arbeidshelseundersøkelsen skal det utføres en kartlegging av støveksponeringen for de ansatte i byggeavdelingen. Veidekke Bygg Oslo har et ønske om at det skal gjennomføres støvmålinger både under normale forhold og etter at det er innført støvreduserende tiltak. Slik kan det gjøres en sammenligning, for å se hvor stor effekt tiltakene vil ha på eksponeringen. De støvreduserende tiltakene som innføres vil bli gjort etter anbefalinger gitt i håndboken Rent-tørt-bygg (RTB), se delkapittel 2.2.1. Det legges vekt på at disse tiltakene skal være realistiske, altså at det faktisk ville være mulig å implementere dem, dersom resultatene viser en reduksjon i målt støvkonsentrasjon.

Siden det er avdelingen for bygg, vil det være tømrere målingene utføres på. Tømrerne eksponeres for støv fra gips, betong og tre, i tillegg til fiber fra isolasjonsmateriale. Kartleggingen gjennomføres ved å gjøre støv- og fibermålinger over to arbeidsuker.

Forskningsspørsmålene baserer seg på formålet med prosjektet og blir som følger:

1. *Hvordan er eksponeringsnivået for støv og fiber ved normale arbeidsforhold sammenlignet med forholdene ved ekstra innførte rengjøringsiltak?*
2. *Hvordan er eksponeringsnivået for støv og fiber sammenlignet med Arbeidstilsynets grenseverdier?*

For å besvare forskningsspørsmålene utføres det personbårne målinger på tømrerne. I tillegg tas det direkte målinger med både stasjonært og mobilt direktevisende instrument. Sistnevnte benyttes hovedsakelig for å støtte opp under observasjoner som gjøres i løpet av måleperioden.

¹Fra en undersøkelse som baserer seg på spørreskjema og er dermed arbeidstakerne sine egne oppfatninger.

²Lukket bygg er når ytterdelen av bygget er ferdig, og dører og vinduer er satt inn.

2 Bakgrunn

I dette kapittelet presenteres relevant bakgrunn for denne studien. Dette inkluderer bakgrunn om den norske byggebransjen, om Veidekke, RTB-filosofien og erfaringer ved støvmålinger og støveksposering på byggeplass.

2.1 Den norske byggebransjen

Byggebransjen gir mange arbeidsplasser i Norge. Ifølge NOA (2020) jobber det i dag totalt 177 000 personer i denne bransjen, der omtrent 25% av disse er arbeidsinnvandrere. I Tynes et al. (2018) er bygg- og anleggsnæringen trukket frem som en gruppe med særlige arbeidsmiljøutfordringer, da det er stor risiko for arbeidsskader og arbeidsskadedødsfall. Relevant for denne studien er at yrkesgruppen også er spesielt utsatt for helseskadelige luftforurensninger. Arbeidstilsynet arbeider derfor kontinuerlig med en forebyggende innsats i denne næringen (Tynes et al., 2018).

Sammenlignet med andre næringer, er det en større andel av yrkesaktive i bygg- og anleggsnæringen som oppgir at de utsatt for høy eksponering av kjemikalier og biologiske faktorer. Dette knyttes spesielt til støveksposering (Johannessen et al., 2013). Som nevnt, oppgir 48% av arbeiderne i byggebransjen at de er utsatt for å puste inn støv/kjemikalier som kan føre til luftveisplager. I verste fall kan mer alvorlige sykdommer, slik som kreft og KOLS, utvikle seg (NOA, 2020).

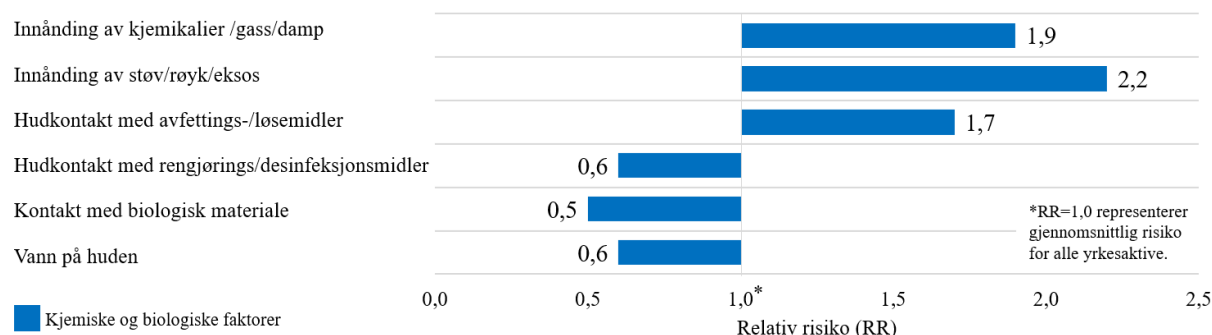
Ifølge Johannessen et al. (2013) er eksponeringen for støv i byggebransjen i Norge lite kartlagt. EXPO er en nettbasert lagringsløsning som skal gjøre det enklere å kunne si noe om kjemisk eksponering i for eksempel en bransje, arbeidsoperasjon eller yrkesgruppe. Målet er å samle alle målingene i en felles database, for å forhindre at det kun er den enkelte bedrift eller bedriftshelsetjeneste (BHT) som sitter med måledataene (Østrem, u.å.). Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) har gjort flere studier av eksponeringsforhold og lungehelse i løpet av de siste 25 årene, men disse har vært rettet mot eksponering blant anleggsarbeidere. Det slås fast at det foreligger lite målinger på EXPO-databasen, og da spesielt for byggebransjen (Tynes et al., 2018).

Johannessen et al. (2013) lister opp flere strukturelle trekk ved byggebransjen som gjør arbeidet med helse, miljø og sikkerhet (HMS) utfordrende, inkludert kartlegging av støveksposering. Byggebransjen er en sammensatt bransje med mange ulike aktører med spesialiserte arbeidsfelt. Dette er blant annet tømrere, betongarbeidere, elektrikere og rørleggere. Bransjen har derfor en kompleks struktur bestående av mange ulike underentreprenører, i tillegg til et varierende behov for arbeidskraft som gjør at bransjen må ha tilgang på fleksibel arbeidskraft (Johannessen et al., 2013). Videre påpeker Gravseth et al. (2018) at mye av utfordringen med kartlegginger av eksponeringsforhold er at forholdene varierer mellom prosjektene, i tillegg til at arbeidsoppgavene også gjerne varierer fra dag til dag.

2.1.1 Arbeidsmiljøprofil for byggebransjen

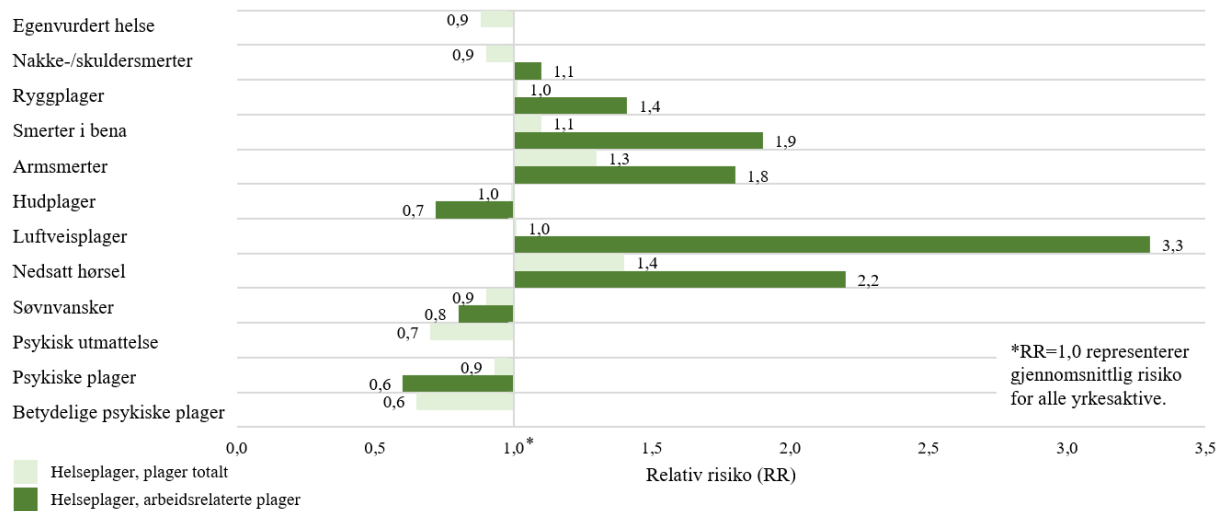
NOA har, basert på data innsamlet av Statistisk sentralbyrå (SSB) fra levekårsundersøkelsen om arbeidsmiljø i 2016, sammenstilt resultatene i arbeidsmiljøprofiler for bransjer og næringer. Figurene 2.1 og 2.2 viser data fra arbeidsmiljøprofilen for byggevirksomhet, som i denne studien går under betegnelsen byggebransjen. Denne gruppen inkluderer utvikling av byggeprosjekter, oppføring av bygninger, el-installasjon, varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk (VVS), annet installeringsarbeid, ferdiggjøring av bygninger og annen spesialisert bygge- og anleggsvirksomhet (NOA, 2016). Til tross for at denne gruppen inkluderer flere fag og byggefaser enn hva som kartlegges og vurderes i denne studien, er det valgt å ta den med for å indikere at risikoen for støveksposering, og dens tilhørende helsefarer, er betydelig.

Det er kun kjemiske og biologiske faktorer og helseplager fra arbeidsmiljøprofilen som er presentert. Dette siden disse kan knyttes til risikoen ved støveksposering. Tallverdiene oppgitt i arbeidsmiljøprofilen er den gitte relative risikoen (RR), der den gjennomsnittlige RR for alle yrkesaktive er gitt verdien 1,0. Det er den verdien som brukes som utgangspunkt for å sammenligne ulike bransjer og næringer mot hverandre. Verdier under 1,0 tilsvarer en redusert risiko og verdier over 1,0 tilsvarer en økt risiko (NOA, 2016). Figur 2.1 viser RR for kjemiske og biologiske faktorer for byggebransjen. Risikoen for innånding av støv, røyk og eksos er mer enn dobbelt så stor (RR=2,2) for byggebransjen sammenlignet med gjennomsnittet av alle yrkesaktive. Den har også en høyere RR enn de andre kjemiske og biologiske faktorene.



Figur 2.1: Kjemiske og biologiske faktorer for byggebransjen (data fra NOA (2016)).

Figur 2.2 viser RR for helseplager for byggebransjen. De lysegrønne stolpene viser RR for helseplager totalt, mens de mørkegrønne viser RR for arbeidsrelaterte plager. RR for arbeidsrelaterte luftveisplager ligger på et høyt nivå (RR=3,3). Det vil si at risikoen for helseplager er mer enn tre ganger så stor sammenlignet med gjennomsnittet av andre yrkesaktive. Samtidig er det høyere RR ved luftveisplager enn ved de andre faktorene for helseplager.



Figur 2.2: Helseplager i byggebransjen (data fra NOA (2016)).

2.2 Om Veidekke

Veidekke har 8100 ansatte og er dermed regnet som en av Skandinavias største entreprenører. Selskapet sine to hovedområder er bygg og infrastruktur. Veidekke Bygg oppfører alt fra boliger, til skoler og yrkesbygg og andre offentlige bygg. Den årlige omsetningen til virksomhetsområdet er NOK 14,6 milliarder (2020). Entreprenøren har omtrent 3000 ansatte, der 1700 av disse er fagarbeidere og resten funksjonærer. Som sagt utføres denne studien i samarbeid med Veidekke Bygg Oslo (Veidekke, 2021a).

HMS er et viktig fokusområde i Veidekke og deres egen BHT arbeider kontinuerlig med å sørge for at de ansatte sin helse skal være både fysisk og psykisk god (Veidekke, 2021b). Som nevnt, gjennomføres det en arbeidsundersøkelse hvert tredje år. Mange av de ansatte eksponeres for gasser og støv, og lungefunksjonen må derfor testes. Dette gjøres ved en spirometriundersøkelse. Ved hjelp av et instrument kalt spirometer beregnes luftvolum og strømningshastighet på utpusten. Spirometriundersøkelsen kan dermed fortelle om lungenes funksjon har blitt redusert, og eventuelt avdekke lungesykdommer (Astma- og allergiforbundet, 2016).

Med utgangspunkt i forskningsspørsmålene for denne studien er Veidekkes tidligere erfaringer ved støveksposering på byggeplass relevant. For nesten 20 år siden ble det innført et totalforbud mot å koste inne i lukket bygg på byggeprosjektene til Veidekke. Dette tiltaket ble innført fordi kosting virvlet opp byggestøvet og forverret luftkvaliteten for arbeiderne. I en rapportasje for magasinet Byggmesteren³ anbefaler bedriftslege og yrkeshygieniker, begge ansatte i Veidekke, å benytte avsug på støvproduserende verktøy, gode industristøvsugere og effektive masker som er tette nok ved støvende arbeidsoppgaver (Solberg, 2015). For å redusere støveksposeringen ytterligere for sine ansatte og underentreprenører følger Veidekke RTB-filosofien på sine byggeprosjekter.

³Et fagtidsskrift først og fremst for byggebransjen.

2.2.1 RTB-filosofien

RTB-håndboken er en videreutvikling av den første håndboken fra 1995 som omhandler rent bygg filosofien. Erfaringer har vist at arbeidstakerne oppnår en større arbeids glede, gjør mindre feil og bruker kortere tid på å finne verktøy når arbeidsplassen er ryddig og ren. Alle disse faktorene bidrar til en økt arbeidseffektivitet. Ifølge Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) er et av hovedmålene i RTB-filosofien et arbeidsmiljø som ikke utgjør en helserisiko for arbeiderne (RIF, 2007).

I RTB-håndboken er byggeprosessen delt inn i RTB-soner. Hensikten med denne inndelingen er å kunne tilpasse rengjøringen i bygget ut ifra hvilken fase prosjektet befinner seg i. Gul renholdssone gjelder ved lukket bygg med ikke ferdigstilte overflater, hvor dører og vinduer er montert (RIF, 2007).

I alle renholdssoner av en byggeprosess gjelder disse retningslinjene (RIF, 2007, s.47):

- *Kontinuerlig rydding/fjerning av avfall og overflødig materialer.*
- *Kun lagring for nært forestående arbeider i bygget.*
- *All bruk av feiekost er strengt forbudt.*

I gul renholdssone kommer disse i tillegg:

- *Horisontale overflater (gulv, vindusposter) skal støvsuges 1-2 ganger pr. uke.*
- *Alt støvproduserende verktøy skal ha påmontert avsug.*
- *Vinduer og dører skal i størst mulig grad være lukket.*
- *Samtlige entreprenører skal utføre rydding og støvsuging etter egne arbeider.*
- *Renholdsentreprenøren rengjør etter avtalt omfang.*

2.3 Erfaringer om støvmålinger på byggeplass

Som en del av denne studien ble andre entreprenører og BHTer kontaktet for å høre om deres erfaring med støvmålinger på byggeplass. Tilbakemeldingene fra andre store entreprenører var at de har lite erfaring med støvmålinger på byggeplass, men at de gjerne skulle ønske at dette kunne blitt gjort. Dette for å kunne øke kunnskapen om denne typen eksponering i bransjen.

I en lengre samtale med en yrkeshygieniker fra en BHT kjent med byggebransjen, ble det gitt en mer utfyllende forklaring på hvorfor det finnes lite støvmålinger utført på byggeplass. Først og fremst ble det forklart at det for eksempel er lettere å gjøre målinger i industri der forholdene ofte er like hele tiden. I et byggefirma er det gjerne veldig varierende prosjekter som utføres, og dermed vanskelig å utføre målinger som skal kunne si noe generelt om de ansattes eksponering. I tillegg er det en prosess som både er praktisk og økonomisk utfordrende, da spesielt for mindre bedrifter. Det vil kun være de største som har økonomi til det, men at det samtidig gjerne er

lite vilje fra bedriften til å bruke penger og tid på det (Anonym yrkeshygieniker, personlig kommunikasjon, 12. mars 2021).

Yrkeshygienikeren nevner at alle ikke nødvendigvis ser verdien i å ha en yrkeshygieniker som ansatt, og at det dermed kan være lav kompetanse om yrkeshygiene i BHTer, spesielt i de mindre. Videre kan en ansatt ofte fylle flere roller. Denne uttalelsen kan sees i sammenheng med dagens krav om at det kun må være en 30% stilling som dekkes av en med yrkeshygienisk kompetanse (Arbeidstilsynet, 2019). Videre poengteres det av yrkeshygienikeren at bedriftene stort sett er mer opptatt av løsninger enn å vite et nøyaktig tall på hvor mye støv det faktisk er. Det blir derfor stort sett gjort vurderinger ut ifra føre-var-prinsippet, uten at det utføres målinger (Anonym yrkeshygieniker, personlig kommunikasjon, 12. mars 2021).

Yrkeshygienikeren påpeker videre at det er viktig å følge opp de ansatte med spirometri- og audiometriundersøkelser, for å sikre arbeidernes helse. En spirometriundersøkelse av de ansatte i bedriften gir en oversikt over hvem som har dårlig lungekapasitet, og eventuelt må behandles av lege. Tidligere var det et problem at de som kun jobbet på kontor også deltok i disse spirometriundersøkelsene, fordi bedriftene ikke hadde oversikt over hvem som faktisk var eksponert. Det ble forklart at det i dag er strengere krav til dette, da det må gjennomføres risikovurderinger før gjennomføring av spirometriundersøkelsene. I de siste årene har det vist seg at det ofte er utenlandske arbeidere som har dårligst lungekapasitet. Mye av grunnen til dette kan være at tidligere luftveisplager, røykevaner eller støveksponeering fra hjemlandene påvirker resultatene de får på spirometrien her i Norge (Anonym yrkeshygieniker, personlig kommunikasjon, 12. mars 2021).

3 Teorigrunnlag

I dette kapittelet presenteres teori som danner grunnlaget for diskusjon i denne studien. Først introduseres det hva støvpartikler og fiber er i arbeidsmiljøssammenheng. Videre beskrives hvilke helsefarer som er mest sannsynlige å forekomme ved høy og langvarig støveksponering, og forskning relatert til helsefarer ved støv- og fibereksponeering. Det presenteres så forskning rundt utførte støvmålinger i bygg- og anleggsgnæringen. Til slutt gjennomgås teori relatert til metode for utførelse og vurdering av yrkeshygieniske målinger.

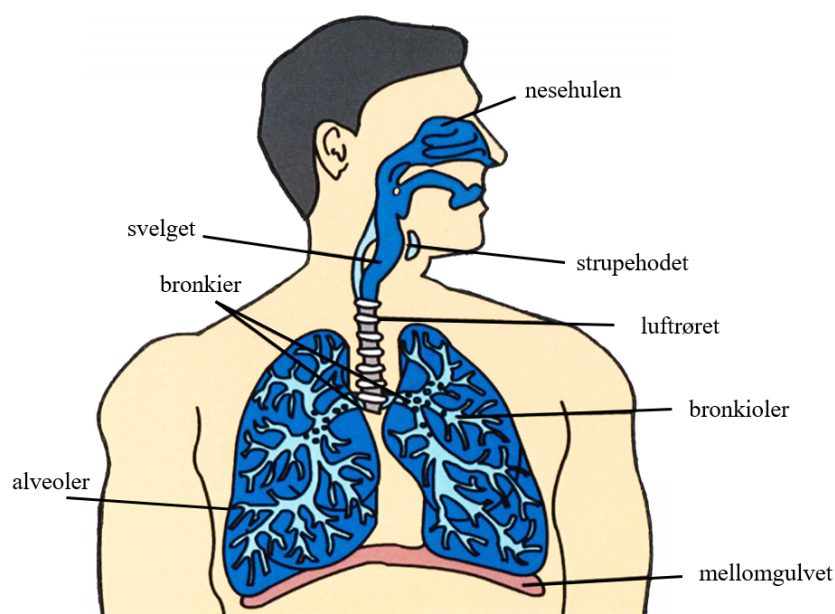
3.1 Støvpartikler og fiber

I dette delkapittelet presenteres hva som menes med støvpartikler og fiber i arbeidsmiljøssammenheng, og hvilken betydning partikkelstørrelse har for deponering i respirasjonssystemet hos et menneske.

3.1.1 Støvpartikler

Arbeidstilsynet (2020c) definerer en aerosol som “[...] en fellesbetegnelse på finfordelte partikler av stoff, væske eller en blanding av fast stoff og væske i luft”. Hvor mye og hvilke støvpartikler en person inhalerer avhenger av egenskapene til partikkelen, av hastighet og retning på luften, pustefrekvens og om det pustes inn gjennom nese eller munn (Standard Norge, 1993).

Om støvpartiklene så deponeres i respirasjonssystemet eller om de pustes ut igjen vil igjen avhenge av blant annet luftveiene, pustemønsteret og egenskapene til støvpartiklene (Standard Norge, 1993). Figur 3.1 viser respirasjonssystemet hos et menneske, der de ulike delene er navngitt. Flere av disse er relevante for partikkeleksponering.



Figur 3.1: Respirasjonssystemet hos et menneske. Tilpasset fra Rangul & Bøhle (2020).

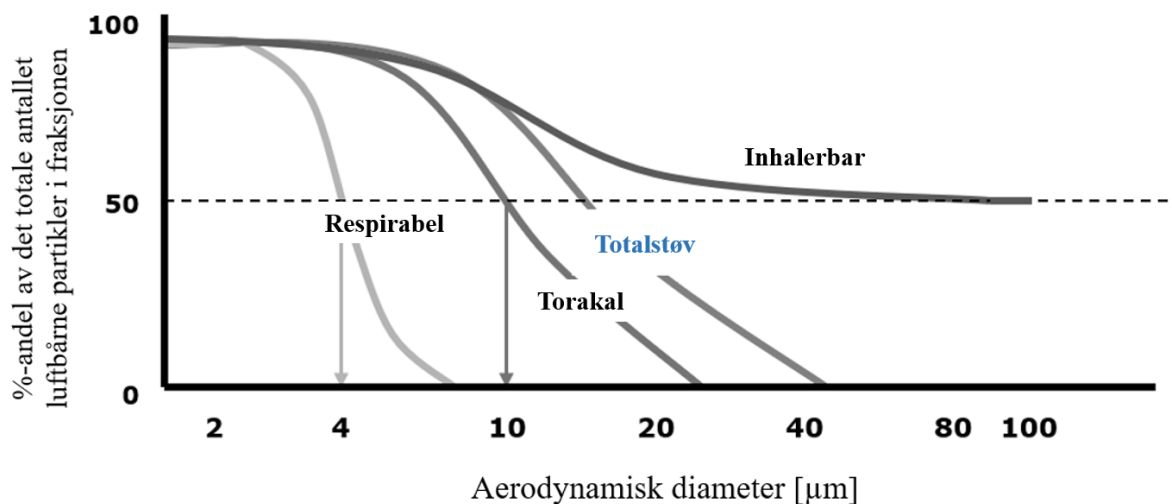
En sentral egenskap ved partiklene er løseligheten. De løselige partiklene vil tas opp av kroppens organer der de deponeres, og skilles ut av kroppen gjennom metabolisering. Disse partiklene kan forårsake skade om de for eksempel er radioaktive og etsende. Uløselige partikler, slik som støv, vil derimot deponeres i de ulike delene av respirasjonssystemet avhengig av den aerodynamiske diameteren (Standard Norge, 1993; Svendsen, 2014).

Aerodynamisk diameter (d_{ae}) defineres som diameteren til en hypotetisk kuleformet partikkel med en tetthet på 1 g/cm^3 , som har helt lik fallhastighet som den aktuelle støvpartikkelen. Den bestemmes av partikkelens tetthet, diameter og form. Det er denne som avgjør hvor støvpartiklene deponeres i åndedretsorganene (Standard Norge, 1993; Arbeidstilsynet, 2020c). Mange av de uløselige partiklene blir enten svelget og havner i fordøyelsessystemet eller pustes ut igjen. De aller fineste støvpartiklene kan deponeres helt ned i alveolene og utgjør størst helserisiko (Svendsen, 2014).

Det er særlig tre partikkelfraksjoner, definert ut fra d_{ae} , som er interessante. I standard NS-EN 481 har Den europeiske standardiseringsorganisasjon (CEN) definert de helserelevante partikkelfraksjoner slik:

- Inhalerbar fraksjon: Massefraksjonen av alle partikler som inhaleres via nese og munn, $d_{ae} \leq 100 \text{ } \mu\text{m}$.
- Torakal fraksjon: Massefraksjonen av inhalerte partikler som inhaleres forbi strupehodet, partikler med $d_{ae} < 30 \text{ } \mu\text{m}$ og 50% cut-off ved d_{ae} på $10 \text{ } \mu\text{m}$.
- Respirabel fraksjon: Massefraksjonen av inhalerte partikler som går helt ned i bronkiolene og alveolene, partikler med $d_{ae} < 10 \text{ } \mu\text{m}$ og 50% cut-off ved d_{ae} på $4 \text{ } \mu\text{m}$.

Fraksjonene beskrevet over er illustrert i figur 3.2. Fraksjonene er gitt som S-kurver, og det er derfor ikke et lineært forhold mellom den luftbårne partikkelens aerodynamiske diameter og dens prosentandel i fraksjonen. Videre må det påpekes at det ikke er et skarpt skille mellom de ulike fraksjonene, derfor defineres også 50% cut-off. At fraksjonene har en 50% cut-off vil si at 50% av det totale antallet luftbårne partikler ved den gitte aerodynamiske diameteren avsettes i den delen av respirasjonssystemet som er definert av fraksjonen. For eksempel, ved respirabel fraksjon går 50% av partiklene ved $4 \text{ } \mu\text{m}$ helt ned i bronkiolene og alveolene (Standard Norge, 2019). I figuren vises det også tydelig hvor 50% cut-off for hver fraksjon er. Dette synliggjøres ved en stiplet linje.



Figur 3.2: Partikkelfraksjoner i arbeidsmiljøssammenheng. Tilpasset fra Eduard (2018).

I figuren over er fraksjonen totalstøv inkludert. Før CEN definerte de helserelevante partikkelfraksjonene var det vanlig å måle det som blir kalt totalstøv. Metoden ble tatt i bruk på 70-tallet og er en målefraksjon hvor en bestemt type kassett og en bestemt luftgjennomstrømningshastighet (flow) på pumpen benyttes. Da den ble tatt i bruk var oppfatningen at den samlet opp alle partikler i luften uansett hvilken aerodynamisk diameter partiklene hadde. Det har senere vist seg at det ikke stemmer. Som illustrert i figur 3.2, blir ikke alt fra den inhalerbare fraksjonen inkludert i totalstøvfaksjonen (Eduard, 2018). Denne prøvetakingsmetoden er fortsatt i bruk, og flere av Arbeidstilsynets grenseverdier er derfor oppgitt i denne fraksjonen (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013). Mer om grenseverdier beskrives i delkapittel 3.3.1.

3.1.2 Fiber

Fiber er definert som partikler med lengde på mer enn 5 μm , diameter på maksimum 3 μm og et lengde- og tykkelsesforhold større enn 3:1 (Arbeidstilsynet et al., 2007). Den potensielle toksiske responsen fiber har i lungene bestemmes ut fra tre egenskaper: dose, størrelse og form på fiber og biopersistent. Biopersistent handler om hvor tilbøyelig fibre er til å løses opp eller brytes ned i lungene. I likhet med støvpartikler er det den aerodynamiske diameteren som er den avgjørende faktoren for hvor fiberen vil deponeres i lungene. En vesentlig forskjell fra støvpartikler er derimot at de tynneste fibre som inhaleres og kommer helt ned til alveolene, også kan være relativt lange. Lengden på fibre påvirker hvor lett det er for makrofager⁴ å fjerne fibre (Harrison et al., 2015).

Man Made Mineral Fibers (MMMF) er et fellesbegrep for syntetiske mineralfibre. Disse mineralfibre er som oftest produsert fra uorganiske materialer som blant annet glass, stein og mineraler. Avhengig av typen MMMF er den kjemiske sammensetningen ulik, og vil variere ut fra bruksområde og hvordan den produseres. MMMF produseres enten som ull eller filamenter, hvor ull kjennetegnes av sammenviklede fibre med forskjellige lengder og diametere. Stein- og

⁴Makrofager kan fange opp og fordøye partikler, og finnes blant annet i lungene (Stuge, 2021).

glassull er MMMF-typer som benyttes som isolasjonsmateriale i byggebransjen (Arbeidstilsynet et al., 2007).

3.2 Forskning på eksponering og tilhørende helseeffekter

I første del av dette delkapittelet presenteres helseeffekter relatert til støv- og fibereksponering. Videre gjennomgås tidligere forskning angående helseeffekter og utførte målinger. Som sagt er det gjort lite kartlegginger av støv- og fibereksponering på byggeplasser i Norge, og søket etter relevant forskning har derfor blitt utvidet til engelsk og de skandinaviske språkene. Det var likevel vanskelig å finne noe direkte knyttet til yrkesgruppen tømrere.

3.2.1 Helseeffekter relatert til støveksponering

Det er flere helseeffekter som kan knyttes til støv- og fibereksponering i byggebransjen. Under beskrives sentrale sykdommer som kan oppstå ved langvaring eksponering.

- **Astma** beskrives som en kronisk betennelse som gjør luftveiene overfølsomme. Røyking, sterke lukter, støv, overanstrengelser og kulde kan føre til hosteanfall og vanskeligheter med å puste. I dag er astma ansett som den vanligste arbeidsrelaterte lungesykdommen i de vestlige landene, hvor 10-15% av astmatilfeller hos voksne kan sees i sammenheng med eksponering på arbeidsplassen (Tynes et al., 2015).
- **KOLS** er en kronisk, irreversibel betennelse i luftveiene og lungevev. KOLS kan utvikle seg over mange år og symptomer er tung pust, hoste og slim i luftveiene. Lungesykdommen kommer hovedsakelig av langvarig røyking eller eksponering for støv og gass i arbeidsrelatert sammenheng (Tynes et al., 2018).
- **Lungefibrose** er en sykdom der det dannes arrvev, og irritasjon og betennelse i lungene. Dette fører til at gassutvekslingen mellom blodet og lungene ikke fungerer optimalt. Eksponering for støv i yrkessammenheng kan føre til lungefibrose ved at partiklene som inhaleres ikke skiller ut fra lungene. To vanlige former for lungefibrose er silikose og asbestose. Silikose forekommer ved innpust av silika, mens asbestose er ved inhalering av asbest (Norsk Helseinformatikk [NHI], 2018).

Byggestøvet som arbeiderne eksponeres for ved oppføring av nybygg består av flere komponenter. Det som regnes som mest problematisk og utgjør den største risikoen er eksponeringen for betongstøv. Betongstøv inneholder kvarts og kan dermed føre til silikose ved å gi betennelser og irritasjon i luftveiene. Ifølge NHI (2014) er symptomer kortpusthet, brystmerter og tørrhoste. Det er også kreftfremkallende (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013). Høy eksponering av trestøv i arbeidsatmosfæren kan også føre med seg helseplager. Det kan for eksempel føre til allergi, luftveisplager og hudirritasjon. I tillegg kan støvet fra både myke og harde tresorter være kreftfremkallende (Straumfors, 2016).

Videre er gipsstøv normalt sett en del av byggstøvet. Vanlige gipsplater som benyttes nå i dag skal derimot ikke inneholde hverken miljøskadelige eller giftige komponenter, og heller

ikke gi fra seg skadelige avgasser (Gyproc AS, 2018). Det regnes derfor ikke som direkte helsefarlig. Ved isolasjonsarbeid i bygg benyttes ofte steinull (Rockwool) som er en MMMF. Ved normal bruk vil det ikke være giftig om det svelges, pustes inn eller kommer i kontakt med hud eller øyne. Den utgjør heller ikke en kreftrisiko ifølge World Health Organisation (WHO) sitt internasjonale kreftforskningsinstitutt (Rockwool, 2011). Isolering produserer derimot mye støv ved montering. I sikkerhetsdatabladet for Rockwool (Rockwool, 2011) anbefales det derfor å ta i bruk en støvmaske av typen P2 om det av ulike årsaker er en risiko for at grenseverdien overskrides.

Det er altså flere helseeffekter som kan forekomme ved støv- og fibereksposering, men oppfølgingen av plagene kan derimot være utfordrende. Det kan se ut til at det i dag oftere er utenlandske arbeidstakere som blir satt til arbeidsoppgaver der det er høyere risiko for helsefarlig eksponering. Dette kan gjøre oppfølgingen av helseeffekter utfordrende ettersom arbeidstakerne gjerne reiser fra Norge ved tegn på dårligere helse for å få hjelp i hjemlandet. Utviklingen av negative helseeffekter av støveksposering skjer gjerne over lang tid, og det blir derfor vanskelig å se sammenhenger mellom arbeidsrelatert eksponering og dårlig helse. For å avdekke slike sammenhenger er det nødvendig at eksponerte arbeidstakere blir fulgt opp i Norge gjennom helseundersøkelser (Jørgensen & Svendsen, 2021).

3.2.2 Kartlegging av luftveisplager i byggebransjen

Det er viktig å kartlegge om støveksposering gir en økt risiko for helseskade, for å unngå skader som er irreversible før det er for sent. Det er mange støvtyper som er godt kartlagt og der grensene for hva som er skadelig er kjent, men det er flere støvtyper som fremdeles har ukjente helseeffekter (Rolfheim-Bye & Ellingsen, 2014). Videre kan sykdommer som KOLS og astma være vanskelige å knytte til eksponering fordi yrkesaktive bytter jobb eller går av med pensjon. I tillegg er det også manglende historisk dokumentasjon som omhandler arbeidsrelaterte luftveisplager (NOA, 2016).

Fra 1971 til 1999 ble et utvalg (n=317 629) av svenske bygg- og anleggsarbeidere fulgt opp med helseundersøkelser for å finne ut om eksponering for uorganisk støv førte til en økt dødelighet av KOLS. Arbeiderne var blant annet eksponert for asbest, MMMF, betongstøv, gasser, irriteranter, eksos og trestøv. En intern gruppe av bygg- og anleggsarbeidere, regnet som ikke-eksponerte, ble definert som kontrollgruppen. Analysene gjort i rapporten tok hensyn til alder og røykevaner i utvalget. I denne undersøkelsen kunne 10,7% av tilfellene av KOLS hos det totale utvalget av bygg- og anleggsarbeiderne tilskrives eksponeringen for uorganisk støv. Blant ikke-røykerne var det 52,6% av tilfellene av KOLS som kunne tilskrives denne typen eksponering. Rapporten konkluderer med at utviklingen av KOLS grunnet arbeidsrelatert støveksposering øker dødeligheten hos bygg- og anleggsarbeidere; dette gjelder både røykere og ikke-røykere (Bergdahl et al., 2004).

En annen undersøkelse om KOLS var Hordalandundersøkelsen. Dette var en omfattende undersøkelse som pågikk mellom 1985 og 2006, med formål om å få kunnskap om astma og KOLS i Norge. Den ble utført på generell voksen befolkning (n=4469) i Vest-Norge.

Undersøkelsen viste at en av tre tilfeller av KOLS i Norge har andre årsaker enn røyking. En mulig årsak til tilfeller av KOLS relateres til arbeidsrelatert eksponering for støv og kjemikalier (Helse- og omsorgsdepartementet, 2006). I forskning basert på Hordalandundersøkelsen ble det slått fast at 11-19% av alle tilfellene er relatert til en arbeidssituasjon med eksponering for støv og/eller gass (Johannessen et al., 2006).

I et forskningsprosjekt utført på danske byggere, deriblant tømrere, ble det undersøkt hvordan trenden er på sykehusinnleggelser relatert til obstruktive lungesykdommer som KOLS og astma. Ettersom en medvirkende faktor til slike luftveissykdommer ofte er eksponering for støv og kjemikalier, ble prosjektet utført på byggere. Dette ble gjort på en standardisert aldersgruppe, menn mellom 20 og 59 år, i årene 1981 til 2009, fordelt over tre perioder (1981-1990, 1991-2000 og 2001-2009). Benyttet data er sykehusjournaler, som vil si at nesten ingen tilfeller er borte. Antall sykehusinnleggelser for byggere ble sammenlignet med det forventede antall sykehusinnleggelser for alle danske menn mellom 20 og 59 år. Undersøkelsen konkluderer med at antall sykehusinnleggelser relatert til obstruktive lungesykdommer avtar, men ikke i like stor grad for bygningsarbeidere som for andre yrkesgrupper (Tüchsen et al., 2012).

Videre, var det i 2016 5% av yrkesaktive i Norge som oppgav at de i løpet av den siste måneden hadde vært plaget av luftveisplager som piping eller tetthet i brystet. Dette er to symptomer som gjerne forbindes med kroniske lungesykdommer som astma og KOLS. NOA (2016) oppgir at en årsak til luftveisplager kan være forurenset arbeidsatmosfære. Andelen yrkesaktive som sliter med luftveisplager avtar, men av 130 000 yrkesaktive oppgir omtrent 15% at luftveisplagene helt eller delvis skyldes arbeidsrelatert eksponering (Tynes et al., 2018). Tømrer er et av yrkene i Norge med høyest andel som oppgir luftveisplager, med 8%. Det er ikke oppgitt hvor stor andel av dette som er arbeidsrelaterte plager, se vedlegg A. Innen byggevirksomhet er det derimot nærmere halvparten av de som oppgir luftveisplager som sier at det er arbeidsrelatert (NOA, 2016).

I en studie fra Nederland ble det sett på risikoen for silikose og lungekreft blant bygg- og anleggsarbeidere (n=1335). Helseundersøkelsen ble utført i 1998 med en oppfølgingsstudie i 2002. I studien ble risikoen kalkulert basert på svar fra spørreskjema og medisinske undersøkelser av lungene. Av arbeiderne som deltok i undersøkelsen viste 9% tidlige tegn på silikose. Studien konkluderer med at arbeiderne som eksponeres for nivåer av kvarts over den nederlandske grenseverdien ($0,075 \text{ mg/m}^3$) har betydelig større sannsynlighet for silikose og andre luftveissykdommer. Sannsynligheten for å dø av silikaeksponering nær grenseverdien er opp mot 1,3% ved silikose og opp mot 1,7% ved lungekreft (Nij & Heederik, 2005).

3.2.3 Kartlegging av tidligere utførte støvmålinger

Videre er det funnet kartlegginger der det er utført støvmålinger på prosjekter som kan relateres til denne studien. I en studie utført på 26 tømrere på 13 ulike prosjekt i den nederlandske byggebransjen, ble det utført oppgavebaserte målinger på eksponering av trestøv som deretter ble normert til en åttetimers arbeidsdag. Målingene ble utført på arbeid både inne og ute på

byggeplassene, i nybygg og på renoveringsprosjekt. Innendørs ble det funnet at eksponeringen normert over en arbeidsdag på åtte timer gav et aritmetisk gjennomsnitt (AM) på $5,2 \text{ mg/m}^3$ ($n=29$). For alle arbeidsoppgavene, både innendørs og utendørs, ble det konkludert med at tømmerne hadde et eksponeringsnivå på $3,3 \text{ mg/m}^3$ (AM) som er 1,5 ganger høyere enn grenseverdien for trestøv på 2 mg/m^3 (inhalerbar). Tømmerne hadde 75% sjanse for å eksponeres for et nivå over grenseverdi. Det ble også utført målinger ved svabring. Ifølge studien gjøres denne rengjøringen vanligvis av renholdere og ikke av tømmerne selv. Disse målingene viste svært høye eksponeringsnivåer med konsentrasjonsverdier fra $8,0 \text{ mg/m}^3$ til $56,1 \text{ mg/m}^3$. Studien konkluderer med at støveksponeringen er for høy og at det må settes inn tekniske og organisatoriske tiltak (Spee et al., 2007).

Videre har eksponeringsnivåene for støv og kvarts for svenske tømmerne blitt kartlagt ved to forskjellige byggeprosjekter. Det ble gjennomført totalt 50 personbårne prøvetakinger på et utvalg ($n=19$). Konklusjonen fra rapporten er at den målte eksponeringsnivået for kvarts lå under 10% av grenseverdien på $0,1 \text{ mg/m}^3$ (respirabel). Støvet samlet opp ved den respirable fraksjonen inneholdt gjennomsnittlig 3,4% kvarts. Observasjoner underveis viste til at tømmerne selv arbeidet lite med kvartsholdige materialer. Likevel var det funn av kvantifiserbare nivå av kvarts i omtrent alle de personbårne målingene som ble gjort. Dette funnet kan tyde på at kvartsstøv fra tidligere støvende aktiviteter også påvirker neste person som skal arbeide i samme området siden støvet kan forbli lenge i luften. På de samme byggeplassene ble det utført helsesjekk blant tømmerne ($n=36$) som viste at de fleste hadde normal lungefunksjon, og det var kun noen tilfeller av allergisk inflammasjon i lungene. Andelen tømmerne med astma og allergi regnes likevel som større enn for normalbefolkningen (Klang et al., 2012).

Støveksponering blant norske tømmerne ble i 2017 kartlagt i en masteroppgave. I denne studien ble det målt på arbeidsoppgavene isolering av yttervegg, isolering av innervegg, utforing og innvendig bindingsverk og dobling gips i et lukket bygg. Det ble tatt totalt 26 personbårne heldagsmålinger på arbeidstakerne ($n=4$). Resultatene normert for en åttetimers arbeidsdag gav et eksponeringsnivå på $2,42 \text{ mg/m}^3$ (AM, standardavvik(SD)=2,09) for inhalerbar fraksjon og $1,04 \text{ mg/m}^3$ (AM, SD=2,04) for respirabel fraksjon. Konklusjonen fra studien var at eksponeringen lå på et akseptabelt nivå sammenlignet med grenseverdiene for respirabelt (5 mg/m^3) og inhalerbart støv (10 mg/m^3)⁵. I studien ble det konkludert at utforing og innvendig bindingsverk var den mest støvende arbeidsoppgaven, men arbeidsoppgaven var ikke signifikant ulik fra de andre arbeidsoppgavene (Skaar, 2017).

I et prosjekt utført av Bispebjerg og Fredriksberg hospital ble det gjort vurderinger av støvnivået på danske byggeplasser. Dette ble gjort for å undersøke om det er flere danske byggere som har KOLS sammenlignet med en gruppe i befolkningen som ikke er eksponert for støv (sykehusportører)⁶, og om det støvende arbeidet kan ha en betydning. Som en del av prosjektet ble det foretatt personbårne totalstøvmålinger over fire til seks timer av en arbeidsdag. Blant tømmerne ble det foretatt totalt 42 målinger. De fleste av totalstøvmålingene ble utført ved renoveringsprosjekt og ikke i nybygg. Totalstøvmålingene ble blant annet utført på gipsarbeid og

⁵Den tidligere grenseverdien for uorganisk støv (inhalerbar) satt av Arbetsmiljöverket i Sverige (Skaar, 2017).

⁶En portør transporterer utstyr og pasienter innenfor sykehus, sykehjem eller lignende institusjoner.

isolering. Studien viste at gipsarbeid lå på $2,63 \text{ mg/m}^3$ (AM), der målingene varierte mellom $1,40 \text{ mg/m}^3$ og $7,00 \text{ mg/m}^3$. Isolering lå på $1,60 \text{ mg/m}^3$ (AM) og varierte mellom $1,3 \text{ mg/m}^3$ og $1,8 \text{ mg/m}^3$. For alle totalstøvmålingene var eksponeringsnivået $1,94 \text{ mg/m}^3$ (AM) og det ble konkludert med at eksponeringen generelt kunne vurderes å være akseptabel. Det ble funnet at bygge- og anleggsarbeidere generelt har en høyere andel sykehusinnleggelseser med kroniske sykdommer i nedre luftveier sammenlignet med resten av de mannlige yrkesaktive i befolkningen. Det ble derimot funnet at dette ikke gjaldt yrkesgruppen tømrere, som ikke hadde en høyere andel innlagte (Hanskov et al., 2015).

3.3 Utførelse av yrkeshygieniske målinger

I dette delkapittelet presenteres teori relatert til Arbeidstilsynets grenseverdier for eksponering på arbeidsplassen og prøvetakingsmetoder for kartlegging av eksponering.

3.3.1 Grenseverdier

I Forskrift om tiltaks- og grenseverdier har Arbeidstilsynet satt grenser som skal “[...] beskytte arbeidstakerne mot farer på grunn av fysiske, kjemiske eller biologiske faktorer i virksomheten” (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013, § 1-1). I denne studien er det kjemiske grenseverdier som benyttes, og disse defineres som den maksimale gjennomsnittskonsentrasjonen en arbeidstaker kan være eksponert for i pustesonen over en referansearbeidsdag på åtte timer. Grenseverdiene brukes i risikovurderinger av eksponering for luftforurensninger på arbeidsplassen, for å kartlegge helserisiko. Helserisikoen regnes som liten dersom gjennomsnittseksponeringen er mindre eller lik grenseverdi (Arbeidstilsynet, 2020b).

Bestemmelse av grenseverdier gjøres med bakgrunn i direktiver fra EU. For partikkelforurensinger vurderes de ut ifra den kjemiske sammensetningen og den aerodynamiske diameteren til partikkelen. Begge disse faktorene påvirker partiklenes toksiske potensiale og mulige negative helseeffekter. Grenseverdiene settes dermed ut fra ekspertvurderinger om partikkelforurensingen, men tekniske og økonomiske hensyn spiller også inn. Det vil si at selv om grensen overholdes, er det ikke garantert at det ikke kan forekomme helseskader. Uansett hva grenseverdien er skal det derimot etterstrebes at konsentrasjonen holdes så lav som mulig (Arbeidstilsynet, 2020b). Videre skriver Arbeidstilsynet (2020b) at “grenseverdiene må ikke oppfattes som skarpe grenser mellom ufarlige og farlige konsentrasjoner. Slike skarpe grenser finnes ikke”. Grenseverdiene gis i fraksjonene definert av NS-EN 481, som beskrevet i delkapittel 3.1.1. I tillegg brukes også grenseverdier for totalstøv (Arbeidstilsynet, 2020b).

Personer reagerer ulikt på samme eksponering, og grenseverdiene skal derfor revideres jevnlig for å tilpasse ny kunnskap om hvordan stoffet virker på kroppen (Arbeidstilsynet, 2020b). Mange stoffer har blitt revidert ofte og grenseverdiene har blitt strengere. Dette gjelder blant annet for svoveldioksid og nitrogendioksid. Vedlegg B viser den historiske utviklingen for grenseverdiene for et utvalg stoffer. Andre grenseverdier har derimot ikke blitt revidert siden de ble innført. Et godt eksempel på det er grenseverdien for sjenerende støv som i flere tiår har vært 10 mg/m^3 for

totalstøv og 5 mg/m^3 for respirabel fraksjon (Smedbold, 2020a).

Ifølge Hans Thore Smedbold, som er yrkeshygieniker og forsker med mange års erfaring, vurderer norske eksperter innen yrkeshygiene grenseverdien for sjenerende støv (totalstøv) på 10 mg/m^3 til å være altfor høy. Byggestøv er satt sammen av ulike støvtyper og hva arbeiderne eksponeres for i løpet av arbeidsdagen er derfor komplekst. Det fører til at grenseverdien i mange tilfeller ikke vil være tilstrekkelig for å ivareta arbeidernes helse. Det er derfor flere som mener at grensen bør reduseres til 5 mg/m^3 (H.T. Smedbold, personlig kommunikasjon, 11.mai 2021).

Grenseverdien for sjenerende støv kan sees i sammenheng med den amerikanske anbefalingen fra American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) for “particles not otherwise specified” (PNOS). For å kunne benytte anbefalingene for PNOS er det tre gitte kriterier som må være oppfylte (ACGIH, 2020):

- Det finnes ingen grenseverdi fra før for støvet det eksponeres for.
- Støvet er uløselig eller har dårlig løselighet i vann.
- Støvet har lav toksisitet ⁷.

PNOS har tidligere vært en egen grenseverdi, men er i dag kun en anbefaling. Dette er fordi den tidligere har blitt brukt feil ved å ha blitt benyttet på andre støvpartikler enn de som oppfyller kriteriene. Dagens anbefalinger for PNOS fra ACGIH for respirabelt støv er 3 mg/m^3 og 10 mg/m^3 for inhalerbart støv (ACGIH, 2020).

Videre kan også den svenske grenseverdien for uorganisk støv ansees som tilsvarende for grenseverdien for sjenerende støv. Arbetsmiljöverket i Sverige har nylig revidert grenseverdien for uorganisk støv, hvor de opprinnelige grenseverdiene for inhalerbar og respirabel fraksjon har blitt halvert. I rapporten *Konsekvensbeskrivning till föreskrifterna om hygieniska gränsvärden* gis det en beskrivelse av grunnlaget for de nye grenseverdiene og valget om å halvere grenseverdiene for uorganisk støv. Det er ikke gitt en konsekvensbeskrivelse av uorganisk støv, fordi det er en udefinert blanding med et varierende innhold. Begrunnelsen for å halvere grenseverdien baserer seg dermed på yrkeshygieniske ekspertvurderinger om at uorganisk støv regnes som en medvirkende årsak til utvikling av KOLS. I dag er grenseverdiene for uorganisk støv i Sverige oppgitt som 5 mg/m^3 for inhalerbar fraksjon og $2,5 \text{ mg/m}^3$ for respirabel fraksjon (Staaf & Walding, 2018).

Det er store forskjeller mellom ulike lands grenseverdier, og hvor ofte grenseverdiene revideres kan være en av årsakene til dette. Som nevnt skal grenseverdiene jevnlig revideres, men at dette ikke nødvendigvis blir gjort. Smedbold (2020a) mener at Forskrift om tiltaks- og grenseverdier har mangler knyttet til kvaliteten av grenseverdiene. Dette begrunnes med at det burde være mulig å gjenkjenne når stoffene kan vurderes å ha en alvorlig helseeffekt og når de sist ble revidert. I dag er det kun oppgitt når grenseverdiene er sist revidert, om dette har blitt gjort etter år 2000 (Smedbold, 2020a). Arbeidstilsynet (2018) viser en oversikt over alle nylig reviderte

⁷Betyr blant annet at det ikke er cytotoxisk, genotoxisk eller er kjemisk reaktiv med lungevev, ikke avgir ioniserende stråling, ikke er immunsensibiliserende eller har andre toksiske effekter (ACGIH, 2020).

grenseverdier med deres grunnlagsdokumenter. Dette gjelder blant annet for grenseverdien for MMMF, som ble revidert i 2007. Grunnlagsdokumentet for MMMF er utarbeidet i fellesskap av Arbeidstilsynet, STAMI og Toksikologisk ekspertgruppe for administrative normer (TEAN) (Arbeidstilsynet et al., 2007). Prosjektet “Hvor god beskyttelse gir norske grenseverdier?” i regi av Yrkeshygiene.no⁸ har som mål å vurdere kvaliteten på de norske grenseverdiene, og bevisstgjøre yrkeshygienikere om denne problemstillingen (Smedbold, 2020a).

3.3.1.1 Grenseverdier for byggestøv

Byggestøv består som sagt av ulike komponenter. Grenseverdier satt av Arbeidstilsynet som typisk vil være relevante for byggestøv presenteres i tabell 3.1.

Tabell 3.1: Relevante grenseverdier for byggestøv som oppgitt i Forskrift om tiltaks- og grenseverdier (2013, vedlegg 1).

Navn	Grenseverdi	Fraksjon
Krystallinsk silika	0,1 mg/m ³	Respirabel
	0,3 mg/m ³	Totalstøv
Mineralull	1 fiber/cm ³	
Sjenerende støv	5 mg/m ³	Respirabel
	10 mg/m ³	Totalstøv
Trestøv fra nordiske tresorter unntatt eik og bøk	2 mg/m ³	Totalstøv

3.3.1.2 Reduksjonsfaktor for grenseverdi

Når det gjøres vurderinger opp mot Arbeidstilsynets grenseverdier baserer disse vurderingene seg gjerne på en referansearbeidsdag på åtte timer. Dersom arbeidsdagen er lenger enn åtte timer, eller arbeidsuken lenger enn 40 timer, må det gjøres en reduksjon av grenseverdien. Dette er blant annet fordi restitusjonstiden mellom arbeidsdagene blir kortere og eksponeringstiden er lengre. Reduksjon av grenseverdi gjøres ved hjelp av Brief & Scala metoden (Arbeidstilsynet, 2021b). Formelen er som følger:

$$\text{Ukentlig reduksjonsfaktor} = \frac{40}{t} * \frac{168-t}{128} \quad (3.1)$$

der t = antall arbeidstimer per dag.

3.3.2 Ulike prøvetakingsmetoder

Passiv og aktiv prøvetaking er ulike teknikker som brukes ved kartlegging av eksponeringen for forurensning i arbeidsatmosfæren. Passiv prøvetaking dekker kun forurensninger knyttet til

⁸En nettside som samler inn og deler informasjon om yrkeshygiene i Norge. Ansvarlig redaktør er Hans Thore Smedbold.

damp- og gassfase. Aktiv prøvetaking er når det pumpes en bestemt luftmengde gjennom for eksempel et filter (Arbeidstilsynet, 2021a). I denne studien er det aktiv prøvetaking som er mest relevant.

Arbeidstilsynet (2021a) lister opp tre ulike prøvetakingsmetoder under aktiv prøvetaking som kan benyttes når det skal gjøres en kartlegging og vurdering av støveksposering. Disse tre prøvetakingsmetodene er stasjonære, mobile og personbårne prøver. Personbårne og stasjonære prøver er de som vanligvis benyttes. For å kunne si noe om den personlige eksponeringen hos arbeidstakerne anbefales det å gjennomføre personbårne målinger, men stasjonære målinger kan i enkelte tilfeller benyttes i en slik vurdering. Mobile prøver utføres sjeldent.

Stasjonære prøver vil normalt sett ikke kunne si noe om arbeidstakerens eksponering i like stor grad som personbårne målinger, og benyttes i hovedsak når forurensningen ansees å være homogent fordelt i lokalet. Utstyret monteres på et fast sted, helst i innåndingshøyde. Disse er best egnet for å finne bakgrunnsverdier over tid, til å finne lekkasjer og for å vurdere tiltak. Mobile målinger kan benyttes i store lokaler der bakgrunnsnivået varierer for mye til at stasjonære målinger er tilstrekkelig. Dette gjøres ved å bevege prøvetakingsutstyret rundt i en rute som skal representere den sonen arbeidstakerne oppholder seg i. Eventuelt kan arbeidstakeren fotfølges av måletakeren som bærer utstyret. Som sagt, benyttes denne metoden sjeldent (Arbeidstilsynet, 2021a).

Personbårne måleutstyr er derimot det som foretrekkes for å kunne sammenligne med Arbeidstilsynets grenseverdier. Ved denne prøvetakingsmetoden brukes det bærbare pumper hvor luft pumpes igjennom og støvet avsettes på et filter i en kassett. Selve filterkassetten skal plasseres i nærheten av pustesonen, ikke mer enn 30 cm fra nese og munn. Det er viktig at flow, målt i l/min, er stabil. Dette er for å sørge for at den riktige fraksjonen samles opp og kan brukes videre i utregningene. Det varierer hvilken flow som skal brukes, og den bestemmes ut ifra informasjon fra leverandør (Arbeidstilsynet, 2021a). Ifølge STAMI (2020) må flowen ikke avvike mer enn 10%; dette sjekkes ved hjelp av et rotameter.

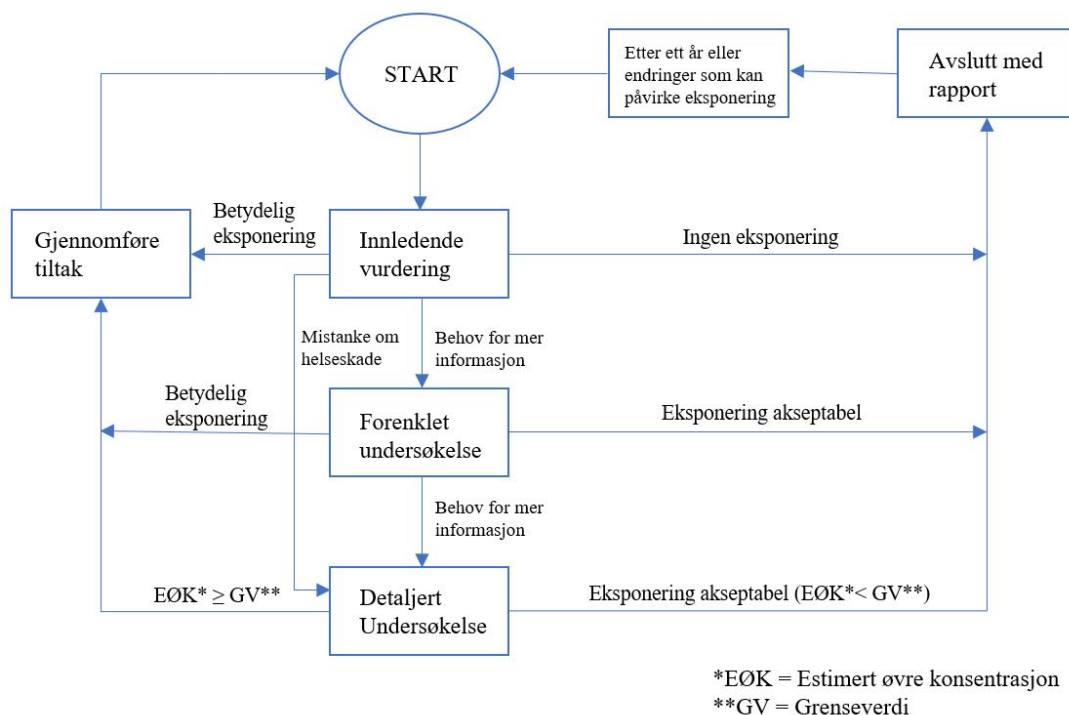
Hvilket filter og hvilken kassett som benyttes for den personbårne måleren avhenger av fraksjonen det skal gjøres målinger ved. Filteret har som oftest en diameter på 25 mm eller 37 mm. Ved målinger av fibereksposering, hvor antall fiber telles, er det anbefalt å benytte filter med rutenett (Arbeidstilsynet, 2021a). Når det gjelder valg av kassett, er det mange av grenseverdiene i Forskrift om tiltaks- og grenseverdier (2013, vedlegg 1) som er oppgitt med grenseverdi for totalstøv, og ikke for fraksjonene inhalerbar, torakal og respirabel definert i NS-EN 481. Ved slike grenseverdier brukes en totalstøvkassett. For å kunne si om eksponeringen overskrider grenseverdien eller ikke, er det derfor viktig å vite hvilke kassetter, filtre og eventuelle sykkloner som skal benyttes for den bestemte fraksjonen grenseverdien er oppgitt i. For eksempel, benyttes det ofte en sykklon når det utføres målinger på respirabelt eller torakal fraksjon. En sykklon skiller partiklene etter aerodynamisk diameter og samler opp den gjeldende fraksjonen på et filter. Her er korrekt flow og håndtering av måleutstyret viktig (Arbeidstilsynet, 2021a).

3.4 Kartleggings- og vurderingsprosessen

For å kartlegge eksponering av partikler i arbeidsatmosfæren, er det vanlig i yrkeshygienisk sammenheng å gå gjennom tre ulike faser. Disse tre fasene er som følger (Arbeidstilsynet, 2020d):

1. Innledende vurdering: Det samles informasjon om arbeidsplassen, arbeidsoppgaver, og hvilke type partikler som kan forekomme.
2. Forenklet undersøkelse: Det gjøres en forenklet kartlegging av eksponering for å skaffe mer informasjon. Det utføres 3-5 målinger i hver sammenlignbare eksponeringsgruppe (SEG), se delkapittel 3.4.1, og en vurdering av resultatene om hva som bør gjøres videre. Den høyeste målte verdien (normert åttetimers eksponering) sammenlignes med en prosentandel av grenseverdien, hvor prosentandelen avhenger av antall målinger (3 målinger: 10%, 4 målinger: 15% og 5 målinger: 20%). Høyere verdi krever videre kartlegging og tiltak.
3. Detaljert undersøkelse: Det utføres en detaljert kartlegging av eksponeringen. Her gjøres det minimum seks målinger (normert åttetimers eksponering) for hver SEG. En vurdering av måleresultatene skal gjøres ved hjelp av statistikk slik at antall målinger og spredningen i resultatene tas hensyn til.

Disse tre fasene er utgangspunktet for kartleggingen av eksponeringen i denne studien, og fremgangsmåten beskrives i detalj i kapittel 4. I figur 3.3 illustreres det hvordan kartleggingen utføres og er basert på figur fra Arbeidstilsynet (2008) med oppdatert metode fra Arbeidstilsynet (2020a).



Figur 3.3: Kartlegging av eksponering i yrkeshygienisk sammenheng. Tilpasset fra Arbeidstilsynet (2008) med oppdatert metode fra Arbeidstilsynet (2020a).

Som vist i figuren er det alltid innledende vurdering som utføres først. Om det så bør gjøres en videre kartlegging med forenklet undersøkelse eller detaljert undersøkelse, avhenger av resultatet fra den innledende vurderingen. Dersom eksponeringen vurderes til å være akseptabel, avsluttes det med en rapport og ny vurdering om ett år eller ved endringer som kan påvirke eksponeringen. Mer detaljert forklaring av vurderingene som gjøres i en detaljert undersøkelse er i delkapittel 3.4.2.

3.4.1 Bestemmelse av SEG

I praksis er det umulig å gjøre målinger på hver eneste arbeidstaker gjennom hver arbeidsdag. For å kunne vurdere eksponering opp mot Arbeidstilsynets tiltaks- og grenseverdier, brukes derfor det som kalles en SEG. Målinger utført på et utvalg av arbeidere som vurderes til å være i samme SEG, regnes å gjelde for alle arbeiderne. Det kan så gjøres en vurdering på om eksponeringen er akseptabel eller ikke (Arbeidstilsynet, 2021a).

I standarden NS-EN 689 defineres en SEG som en gruppe arbeidere som, på grunn av likhet i arbeidsoppgavene som utføres, materialene og prosessene de arbeider med, og likhet i måten oppgavene utføres på, har den samme generelle eksponeringsprofilen for en gitt forurensning. For at en gruppe arbeidere skal være i samme SEG, må eksponeringsprofil og varigheten av arbeidsoppgaver gjennom året være sammenlignbar. Denne vurderingen krever god yrkeshygienisk ekspertise (Standard Norge, 2019).

I NS-EN 689 gis det forklaring på hvordan det gjøres en vurdering av om arbeidstakerne det er utført målinger på faktisk er i samme SEG. Dette gjøres etter at resultatene er akseptert og mulige feil i målingene er tatt hensyn til. Gjennom observasjon av målingene og ekspertvurdering skal det kunne være mulig å verifisere en SEG. Dersom det utføres minst seks målinger skal derimot også fordelingen av målingene vurderes. Eksponeringsmålinger er som regel log-normalfordelte, og kan brukes i bestemmelsen av om målingene er i samme SEG. Fra et log-sannsynlighetsplott kan det vurderes om fordelingen er log-normal, og dersom dette stemmer kan det antas at målingene er i samme SEG. Dersom dette ikke er tilfellet, må det gjøres en vurdering på om det for eksempel kan deles opp i flere SEGer, om målinger bør fjernes fra SEGen, eller om kravene for SEG er oppfylt. Disse vurderingene må begrunnes (Standard Norge, 2019).

To faktorer som kan komplisere vurderingen av SEG, er mellom-arbeider variabilitet og innad-arbeider variabilitet. Førstnevnte vil si at to arbeidstakere som gjør de samme arbeidsoppgavene ikke nødvendigvis utsettes for den samme eksponeringen. Arbeidstakerne kan ha ulike måter å utføre arbeidet på eller det kan være forskjellige miljøfaktorer som påvirker eksponeringen. Innad-arbeider variabilitet derimot, vil si at eksponeringen også kan variere hos den samme arbeidstakeren ved at arbeidsdagene ikke gir den samme eksponeringen (Standard Norge, 2019).

3.4.2 Statistisk vurdering i en detaljert undersøkelse

Ifølge standarden NS-EN 689 skal det anvendes statistiske vurderinger om eksponering på arbeidsplassen, dersom det utføres minst seks målinger (Standard Norge, 2019). Statistikk brukes

for å kunne gi generelle konklusjoner for en populasjon basert på et utvalg. Det bidrar også i vurderingen av om det er sannsynlig at konklusjonene er feil og hvordan arbeidet bør videreføres (Bjørnstad, 2017).

I yrkeshygienisk sammenheng er det viktig å være klar over begrensningene som kommer med måle- og analysemetodene som brukes, og som dermed kan påvirke de statistiske resultatene. Deriblant at målingene kun sier noe om eksponeringen for dagene de ble utført. Med mindre måledatagrunnlaget er veldig stort, må det gjøres en faglig vurdering på om målingene representerer den reelle eksponeringen (Smedbold et al., 2021). Pallant (2011) sier at det er viktig å ikke blindt stole på statistisk signifikans, og at all nødvendig informasjon bør tas hensyn til. For eksempel kan små forskjeller mellom to grupper bli vurdert til å være statistisk signifikant ulike, mens det i praksis ikke er en forskjell.

3.4.2.1 Fordeling av yrkeshygienisk måledata

Normalfordeling er en sentral og viktig del av statistikk. Når utvalget er tatt fra en populasjon, bør fordelingen av utvalget være normalfordelt rundt gjennomsnittet (Kyun, 2015). Yrkeshygienisk data har derimot vist seg å være fordelt skjevt, og eksponeringsprofilen vil generelt beskrives best ved log-normal fordeling (Austigard & Smedbold, 2018). Det er dermed normalt i yrkeshygienisk sammenheng å kunne anta at eksponeringsprofilen er log-normalfordelt, og det skal ifølge Smedbold et al. (2021) mye til før denne hypotesen forkastes. Dette støttes av Arbeidstilsynet (2020e) som sier det skal tungtveiende grunner til for å tro at datagrunnlaget ikke er log-normalfordelt. En slik antagelse bør likevel sjekkes.

At yrkeshygieniske datasett er skjevfordelte, har antageligvis en sammenheng med blant annet at eksponeringen aldri er negativ og at dager uten eksponering ikke er kartlagt eller ekskludert. Dager med eksponering under deteksjonsgrensen⁹ kan også ha blitt mistolket som dager med null eksponering (Smedbold, 2019). Arbeidstilsynet (2020e) skriver at måledataene stort sett fordeler seg mest mot høyre i stedet for symmetrisk rundt gjennomsnittet, og at dette som nevnt har med at eksponeringen ikke kan være negativ. Ettersom det i teorien ikke er en øvre grense for hvor høy eksponeringen kan være, blir det som oftest en skjevfordeling av datasettet, der venstresiden er mer komprimert.

Til tross for at en som er yrkeshygieniker gjerne er klar over at det er vanskelig å gjøre vurderinger som faktisk beskriver den virkelige situasjonen, er det sjelden at en yrkeshygieniker bruker statistikk i kartleggingen for å med sikkerhet kunne dra slutninger. Det er flere grunner til hvorfor det er slik. En av de viktigste er økonomiske og praktiske hensyn. Dersom alle variasjonene i løpet av et år skulle vært tatt hensyn til, hadde det blitt en ekstremt omfattende prosess. (Hansen & Smedbold, 2019).

Ifølge Ghasemi & Zahediasl (2012) er det foretrukket at vurderingen av normalfordeling gjøres visuelt og ved å benytte normalitetstester. Dette kan enkelt utføres i statistiske verktøy som Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). To kjente normalitetstester er Shapiro-Wilk

⁹Deteksjonsgrensen defineres som nedre kvantifiseringsgrense (Smedbold, 2020b).

test og Kolmogorov-Smirnov test, som benyttes ofte. Shapiro-Wilk test anbefales å bruke fremfor Kolmogorov-Smirnov, og er passende å bruke ved måleserier med færre enn 50 målinger (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

3.4.2.2 Estimerte øvre konsentrasjon (EØK)

I en detaljert undersøkelse der det foreligger minst seks målinger for hver SEG, brukes EØK som grunnlag for vurderingen av om eksponeringen er akseptabel, som tidligere vist i figur 3.3. Arbeidstilsynet (2020a) definerer EØK som den “øvre 70% konfidensgrense til 95-prosentilen. Det vil si den verdien 95% av eksponeringene er under med 70% sikkerhet”. Grenseverdiene satt av Arbeidstilsynet er gitt for en referansearbeidsdag på åtte timer. Målingene utført kan derimot ha ulike prøvetakingstider, og for å kunne sammenligne med grenseverdi må de derfor normeres over åtte timer (Arbeidstilsynet, 2021b).

Beregning av EØK ved log-normalfordelte måleresultater er gitt i likning 3.2 (Arbeidstilsynet, 2020e).

$$EØK_{(0,95, 0,70)} = e^{(\bar{y} + U_T * SD_y)} \quad (3.2)$$

der \bar{y} er gjennomsnittet av alle ln-verdiene for støvkonsentrasjon over 8 timer,

U_T er en verdi bestemt av antall målinger hentet fra tabell gitt i Arbeidstilsynet (2020e),

SD_y er standardavviket gitt for alle ln-verdiene for støvkonsentrasjon over 8 timer.

Ved log-normalfordelte måleresultat vurderes EØK til å være lavere eller høyere enn grenseverdien. Hvis den er høyere må tiltak iverksettes, men om den er lavere ansees eksponeringen som akseptabel. Som tidligere illustrert i figur 3.3 kan det konkluderes slik (Arbeidstilsynet, 2020a):

- Akseptabel eksponering for SEG dersom $EØK < GV$: Etter ett år eller om det gjøres endringer som kan påvirke eksponeringen skal det gjennomføres en ny kartlegging.
- Uakseptabel eksponering for SEG dersom $EØK \geq GV$: Det skal gjennomføres støvreduserende tiltak. Deretter skal det forekomme ny innledende vurdering, eventuelt ny forenklet eller detaljert undersøkelse.

Dersom arbeidstakerne i realiteten har for ulik eksponering vil dette komme til uttrykk ved beregning av EØK. Dersom EØK er over grenseverdi, vil det å omdefinere SEG være noe som kan gjøres for å se hvordan det påvirker resultatene. Jo større variasjon det er i SEGen, desto høyere blir EØK (H.T. Smedbold, personlig kommunikasjon, 11.mai 2021).

YH-HJELP er et regneark utviklet for å kunne gi en vurdering av yrkeshygienisk data. Regnearket er utviklet av Norsk Yrkeshygienisk Forening (NYF) og tar utgangspunkt i Arbeidstilsynets veiledning og NS-EN 689. Det kan brukes til å gjøre en enkel statistisk analyse og til å sammenligne måledataene med grenseverdier ved å beregne EØK. Når det er mellom seks og ti målinger vil de bli vurdert som log-normalfordelte (Smedbold et al., 2021).

3.4.3 Annen nyttig statistikk

Her beskrives annen nyttig statistikk som ikke er direkte knyttet til det som defineres som detaljert undersøkelse, men som likevel er relevant for forskningsspørsmålene i denne studien.

3.4.3.1 Deskriptiv statistikk

Deskriptiv statistikk kan være en god måte å presentere måledataene på en enkel og oversiktlig måte. Begreper som brukes i deskriptiv statistikk, og som er sentrale for resultatene i studien, er presentert under (Løvås, 2015).

- Aritmetisk gjennomsnitt (AM): Det er summen av alle verdier dividert på antall verdier.
- Median: Ved et sortert datasett, er median den midterste verdien i rekken. Dersom det er to tall i midten, er medianen gjennomsnittet av disse to.
- Standardavvik (SD): Det er et mål på det gjennomsnittlige avviket fra utvalgets gjennomsnitt. Jo større standardavviket er, desto større er spredningen i dataene.
- Konfidensintervall: Det sier noe om hvor representativt utvalget er for populasjonen. Det er et intervall rundt utvalgsgjennomsnittet som har en gitt sannsynlighet for at gjennomsnittet for populasjonen er representert innen dette intervallet. Et lite konfidensintervall vil si at de estimerte verdiene er sikre. Det er vanlig å bruke et standard konfidensintervall på 95%.

3.4.3.2 T-test og variansanalyse (ANOVA)

T-test er en statistisk test som kan brukes for å sammenligne gjennomsnittet av to grupper, og det finnes to ulike typer t-tester. Disse er uavhengig t-test og paret t-test (Kyun, 2015). I denne studien er det uavhengig t-test som er relevant, og derfor denne som blir ytterligere beskrevet.

Uavhengig t-test er typisk brukt i tilfeller der det gjøres tester før og etter tiltak, for eksempel ved medisinsk behandling. Det testes gjerne en hypotese, som da kan bekreftes eller falsifiseres. Nullhypotesen som testes er da at det ikke er en forskjell mellom gruppene som testes. Den alternative hypotesen blir at det er en forskjell. Informasjon som benyttes i t-testen er forskjellen i gjennomsnitt mellom gruppene, standardavvik for hver av gruppene og antall målinger (Kyun, 2015). T-testen kan enkelt utføres i statistikkprogram som SPSS.

For å kunne utføre en uavhengig t-test er det visse antagelser som må være oppfylte (Pallant, 2011):

1. Det antas at den avhengige variabelen er en kontinuerlig variabel.
2. Det antas at målingene er utført på et tilfeldig utvalg fra populasjonen. Dette er ofte ikke mulig å få til i virkeligheten.
3. Det antas at populasjonen som målingene er tatt fra er normalfordelt.
4. Det antas at variansen for hver av utvalgene er like. Dette testes ved Levenes test for lik varians (ofte som del av testen for sammenligning av grupper). Metoden er robust dersom

variansen ikke er lik, og det vil uansett kunne gi et resultat.

5. Målingene må være uavhengige av hverandre. Det vil si at én måling ikke må bli påvirket av en annen eller av observasjoner. Det ansees som veldig alvorlig om dette skulle skje.

Dersom disse kravene ikke er oppfylt, må andre ikke-parametriske metoder benyttes (Kyun, 2015).

I slike tester er det alltid en sannsynlighet for å komme frem til feil konklusjon. Dette kan være at nullhypotesen forkastes når den egentlig er sann (type 1-feil). Det vil altså si at konklusjonen sier at det er en forskjell mellom gruppene, der det egentlig ikke er det. Den andre feilen som kan forekomme, type 2-feil, er omvendt av type 1-feil. Det vil si at nullhypotesen bekreftes der den egentlig skal forkastes. Konklusjonen viser at det ikke er en forskjell mellom gruppene når det egentlig er det. Ettersom disse typene av feil er relaterte, øker faren for den ene når den andre forsøkes kontrollert (Pallant, 2011).

Det er ulike faktorer som er med å avgjøre sikkerheten for at testen faktisk gir de riktige konklusjonene. Disse er størrelsen på utvalget, signifikansnivået som settes og effektstørrelse. Størrelsen på utvalget har stor påvirkning på styrken testen har. Ved et lite utvalg er det viktig å være klar over at et ikke-signifikant resultat kan være feil. Ved lite utvalg kan det derfor være nødvendig å justere signifikansnivået til et nivå på 0,1 eller 0,15, fremfor 0,05 som er det mest vanlige. Om det blir funnet forskjeller mellom gruppene er effektstørrelsen interessant å se på. Effektstørrelsen sier noe om styrken i forskjellen mellom gruppene, altså hvor stor forskjellen er (Pallant, 2011).

I mange sammenhenger er det nødvendig å sammenligne mer enn to grupper, og da kan det brukes en ANOVA¹⁰-test. Det finnes ulike typer ANOVA-test, men i dette tilfellet er det toveis ANOVA som er relevant. En toveis ANOVA kan brukes i sammenhenger der det er to kategoriske grupper (uavhengige variabler). Testen forteller om det er en sammenheng mellom de uavhengige variablene i deres innvirkning på den avhengige variabelen. Videre gjelder de samme kriteriene som for t-test, og type 1- feil og type 2- feil må også tas hensyn til. Statistiske verktøy som SPSS kan benyttes også her (Pallant, 2011).

¹⁰Engelsk: analysis of variance

4 Metode

I dette kapitlet beskrives fremgangsmåten for utførelsen av studien. Metoden legges opp som en yrkeshygienisk kartlegging, som beskrevet i delkapittel 3.4. Det er først gjennomført en innledende vurdering. Videre er det hovedsakelig utført en detaljert undersøkelse, ettersom utgangspunktet for studien var at Veidekke hadde mistanke om negative helseeffekter, og som vist i figur 3.3, skal det da gjennomføres en detaljert undersøkelse. Det var også et ønske om å få tydelige konklusjoner om eksponeringsnivå. I denne studien innebærer dette å kartlegge effekten av innførte rengjørings tiltak og å vurdere eksponeringsnivåene opp mot Arbeidstilsynets grenseverdier.

4.1 Spesielle hensyn i forbindelse med Covid-19 pandemien

Planleggingen og utførelsen av prosjektet foregikk under Covid-19 pandemien. Under planleggingen var det blant annet anbefalt å ikke dra til Oslo, ettersom smittetallet på den tiden var høyt. Det var derfor mye som ble gjort og avtalt digitalt. Dette var ikke ideelt, men nødvendig. Da målingene skulle utføres var det heldigvis lavere smittetall i Oslo, og mulig å dra ned fra Trondheim. Under måleperioden ble det tatt ekstra smittevern hensyn som å holde god avstand til arbeiderne, bruke munnbind, engangshansker og håndsprit.

4.2 Innledende vurdering

Etttersom Veidekke gjennom spirometriundersøkelser hadde kommet frem til at støveksposering i lukkede nybygg kan påvirke lungefunksjonen hos arbeiderne, var det fra starten av prosessen enighet om å gjennomføre støvmålinger. En innledende vurdering var likevel nødvendig for å bli kjent med arbeidsoppgavene, hvilke støvpartikler arbeiderne utsettes for og aktuelle måleområder.

Via Teams ble det holdt møter med leder for HMS, kvalitet og kompetanse, en bedriftssykepleier og en yrkeshygieniker; alle er ansatte i Veidekke. Siden arbeid i lukket bygg regnes som den mest støvende arbeidsoppgaven ved oppføring av nybygg, var det bestemt at målingene skulle utføres i lukket bygg på arbeidsgruppen tømrere. I underkant av to uker før målingene ble utført, ble det funnet et passende prosjekt i riktig fase, og da deltok også prosjektlederen i møtene.

I møtene ble det etablert et utgangspunkt for videre arbeid, der Veidekke viste til at tømmerne ble eksponert for en blanding av isolasjonsfiber, betong-, gips- og trestøv. Videre ble det besluttet å gjøre målinger over to arbeidsuker, altså til sammen ti arbeidsdager. Den første uken under normale arbeidsforhold og den andre uken med innførte rengjørings tiltak.

4.2.1 Om byggeprosjektet

Byggeprosjektet var utviklingen og byggingen av Frysjaparken i Oslo. Dette er et samarbeid mellom Stor-Oslo Eiendom, OBOS Nye Hjem og Veidekke. Hele Frysjaparken er prosjektert med opp mot 900 boliger, i tillegg til noe næringsvirksomhet. Figur 4.1 viser hvor stort Frysjaparken

vil være ved ferdigstillelse. Støvmålingene ble utført ved oppføring av sameie Kikut trinn 4+5, nærmere bestemt bygg C3 som er markert med en rød sirkel i figuren. Bygg C3 er en del av byggefelt C, som til sammen utgjør tre blokker (OBOS, u.å.).



Figur 4.1: Oversiktsbilde av Frysjaparken (OBOS, u.å.).

4.2.2 Måleområde

Det ble gitt omvisning på byggeplassen ved Frysjaparken av prosjektleder og yrkeshygieniker fra Veidekke. Dette ble gjort via Teams og ved hjelp av webcamera. Figur 4.2 viser byggeplassen, der det tildekkede bygget, bygg C3, er der målingene ble utført. Bygg C3 var den største av de tre blokkene som ble satt opp i dette byggetrinn. De ulike delene av bygget hadde mellom seks og åtte etasjer, og størrelsene på leilighetene varierte fra 36 til 133 m² (OBOS, u.å.).



Figur 4.2: Bygget (C3) der målingene ble utført (eget bilde).

Det var viktig å presisere viktigheten av å ha sammenlignbare måleforhold under måleperioden, og det ble derfor diskutert hvilke områder som var mest aktuelle for utførelsen av målingene. Prosjektlederen forklarte at de samme arbeidsoppgavene ble utført fra tredje til syvende etasje, og mente at forholdene her skulle være sammenlignbare. Det ble derfor avtalt å utføre målingene

der. Figur 4.3 viser plantegning over sjette etasje i bygg C3. Etasjen består av to-, tre- og fireroms leiligheter. Leilighetene markert i blått er fireroms leiligheter. Dette var en av etasjene det skulle utføres målinger i.



Figur 4.3: Plantegning av sjette etasje i bygg C3 (OBOS, u.å.).

Figur 4.4 viser plantegningen til en av leilighetene i bygg C3 i sjette etasje. Denne leiligheten er trukket frem som eksempel for å se størrelsene på rommene som ble bygget og som tømmerne arbeidet i. Plantegningen viser at rommene i disse leilighetene varierte fra 3 m² til 30 m². Grunnen for å vise denne plantegningen er at romstørrelsene kan påvirke konsentrasjonen av støvpartikler som samler seg i luften der arbeidet utføres. For eksempel hadde ikke bodene vinduer, som betyr at arbeiderne ikke hadde muligheten til å åpne et vindu for gjennomtrekk ved høy støveksponering, mens dette ville være mulig andre steder.



Figur 4.4: Plantegning av leilighet 6021 i bygg C3 (OBOS, u.å.).

4.2.3 Arbeidsoppgaver

Tømmerne hadde fabrikkerte arbeidsoppgaver, som vil si at de mer eller mindre gjorde den samme arbeidsoppgaven hver dag. Arbeidsoppgavene til tømmerne ble delt inn i isolering, stålarbeid og gipsing. De samme tømmerne arbeidet med kun én av disse arbeidsoppgavene, altså arbeidet en tømmer for eksempel kun med gipsing. Det ble enighet om å gjøre målinger på alle disse tre arbeidsoppgavene, som kan beskrives som følgende:

- **Isolering:** Arbeiderne kuttet opp isolasjon av typen Rockwool etter passende størrelser, og plasserte det i både ytter- og innervegger. Innerveggene ble isolert etter at alt av stålarbeid var gjort. Oppkuttingen ble gjort på en egen arbeidsbenk enten i samme rom som isoleringen ble gjort, eller i rommet ved siden av.
- **Stålarbeid:** Arbeiderne skjøt topp- og bunnsviller av stål i tak og gulv med spikerpistol. Dette var det første steget som ble gjort ved montering av innervegger i leilighetene. Stålstendere ble så satt opp og skrudd fast i svillene. Losholter og stendere av tre for å lage ramme til dører ble også satt opp. Disse ble tilpasset med kapp- og gjærsag. Sviller og stendere av stål ble tilpasset i lengden ved hjelp av en tang. Arbeidet inkluderte ikke sveising.
- **Gipsing:** Arbeiderne monterte gipsplater på vegger og i tak etter at stål- og isoleringsarbeid var ferdig. Gipsplatenes kanter ble tilpasset med en gipsrasper og kuttet til med en tapetkniv, for så å knekkes av. Ulike verktøy som gipsholder og gipsplateheis ble benyttet for å løfte og holde gipsplatene på plass slik at det var mulig å spikre de fast med spikerpistol. I tillegg ble hull til det elektriske laget ved hjelp av et bor.

Alle de tre arbeidsoppgavene går under fellesbetegnelsen tømmerere videre i denne studien. Isolatør, stålarbeider og gipsarbeider blir brukt for å spesifisere arbeidsoppgaven tømmeren utførte.

4.2.4 Beskrivelse av arbeidsdagen

Underentreprenøren som tømmerne arbeidet hos hadde vært med i prosjektet i omtrent elleve måneder før målingene ble utført, og skulle holde på i to måneder til. De samme arbeidsoppgavene har blitt utført hele perioden. Tømmerne arbeidet fra mandag til fredag. Arbeidsdagen fra mandag til torsdag var fra kl. 07:00 til kl. 15:30, inkludert 30 minutter lunsjpause. På fredager var arbeidsdagen kortere; da arbeidet tømmerne fra kl. 07:00 til omtrent kl. 13:30. Det var litt individuelt når dagen ble avsluttet på fredagene. Utenom under lunsjpausen ble det meste av dagen tilbragt inne på byggeplassen. Det var kun ved henting av materialer og verktøy at arbeiderne gikk utenfor bygget.

4.3 Detaljert undersøkelse: Utførelse

I en detaljert undersøkelse kartlegges eksponeringen ved hjelp av målinger. Dette kan igjen brukes til å vurdere om grenseverdiene satt av Arbeidstilsynet overskrides og om det må settes

inn tiltak. I tillegg vil det i denne studien kunne fortelle hvilken effekt ekstra rengjøringstiltak har på eksponeringen.

4.3.1 Valg av grenseverdi

Ettersom Veidekke oppgav at byggestøvet består flere komponenter, ble det besluttet å gjøre målinger for sjenerende støv med grenseverdi 10 mg/m^3 (totalstøv). Vurderingene rundt denne avgjørelsen diskuteres i delkapittel 8.3.2. I tillegg ble det brukt isolasjonsmaterialet Rockwool. Steinullfiberen Rockwool går under fellesbetegnelsen MMMF, og videre i underkategorien mineralull. Her er grenseverdien på 1 fiber/cm^3 (Arbeidstilsynet, 2020b). Tabell 4.1 viser en oversikt over de aktuelle forurensningene og deres tilhørende grenseverdi.

Tabell 4.1: Oversikt over forurensningene og tilhørende grenseverdi.

	Forurensning	Fraksjon	Grenseverdi
Sjenerende støv	Tre, gips og betong	Totalstøv	10 mg/m^3
MMMF/mineralull	Rockwool	Fiber	1 fiber/cm^3

4.3.2 Beskrivelse av prøvetakingsmetoden

Prøvetakingsmetode og utstyr

En viktig del av den detaljerte undersøkelsen var å finne ut hvordan eksponeringen best kunne kartlegges. Det ble valgt å utføre personbårne målinger siden dette måler den faktiske eksponeringen til arbeideren, samtidig som støveksponeringen var ikke-homogen i måleområdet. Ved personbårne målinger var nødvendig måleutstyr filterkassett, slange og pumpe. Det ble benyttet to forskjellige pumper, Casella Apex2 (Pro) (t.h.) og SKC Air Chek 3000 Pump (t.v.) (Casella, 2017; SKC, 2020). Til sammen var det syv tilgjengelige pumper, tre av førstnevnte og fire av den andre. Samme metode ble brukt for både totalstøv og fiber. Figur 4.5 viser de benyttede pumpene og hvordan pumpen, slangen og kassetten ble festet sammen.



Figur 4.5: Benyttede pumper (eget bilde; SHP Directory (u.å.)).

Filterkassetten hadde en inlet og en outlet, og ble koblet til pumpen med en slange. Gjennom inlet ble luften med støvet trukket inn, og avsatt på filteret i kassetten. Pumpen skulle ha en flow på 2,0 l/min, og for å kontrollere flow ble det brukt et rotameter.

Kassetten ble bestilt fra SINTEF Norlab og var av typen 25 mm standard kassett. Kassetten er anti-statiske for å unngå at partiklene avsettes på selve plastkassetten. Filtrene var av typen polykarbonat-filter for fiberkassetten og mixed cellulose ester-filter for totalstøvkassetten, begge med en porestørrelse på 0,8 µm (SKC, u.å.). Medfølgende totalstøvkassetten var det også et visst antall blindfiltre. Disse blindfiltrene var med gjennom hele måleperioden, for å bli eksponert for den samme temperaturen og luftfuktigheten som de faktiske prøvekassetten. Dette ble gjort for å kvalitetssikre målingene som ble tatt.

Det er krav om at det gjøres minst seks målinger per SEG ved en detaljert undersøkelse. Hvor mange målinger som ble planlagt utført er presentert i tabell 4.2. Det ble bestilt noen ekstra kassetter enn antall planlagte målinger for å ha et slingringsmonn dersom det skulle skje noe uforutsett i løpet av måleperioden, som gjorde målingene ugyldige.

Tabell 4.2: Oversikt over antall målinger planlagt utført.

	Normale forhold	Ekstra rengjøring	Totale antall prøver	Prøvekassetter bestilt
Antall totalstøvmålinger per SEG	Minst seks	Minst seks	Minst 36	42
Antall fibermålinger per SEG (isolasjon)	Minst seks	Minst seks	Minst 12	22

Det ble utført totalstøvmålinger for de tre arbeidsoppgavene isolering, stålarbeid og gipsing. Ettersom det var sannsynlig at det var tømmerne som arbeidet med isolasjon som ble mest utsatt for fiber, ble det bestemt at fibermålinger kun gjøres for denne arbeidsoppgaven. Det ble utført målinger på fire eller fem arbeidstakere per dag.

Målingene ble utført over hele arbeidsdagen til tømmerne for å kunne sammenligne med Arbeidstilsynets grenseverdier. Selv om eksponeringen varierte gjennom arbeidsdagen, ble hele dagen tatt med i beregningen. Dette gjaldt også perioder helt uten eksponering. Som beskrevet i delkapittel 3.3.1 er grenseverdiene for eksponering definert fra maksverdien av gjennomsnittskonsentrasjonen en arbeidstaker kan være eksponert for over åtte timer. En måling som gjøres over åtte timer vil derfor direkte kunne sammenlignes med grenseverdiene. Ettersom arbeidsdagene ikke var på nøyaktig åtte timer, er det gjort en omregning i etterkant, se delkapittel 4.4.2.

Tidspunkt for utførelse av målingene

Ettersom det er mange faktorer som kan påvirke eksponeringen bør det vurderes nøye når støvmålingene skal utføres. Ifølge Arbeidstilsynet (2021a) kan det være lurt å gjøre målinger over en lengre periode for å få med variasjoner i eksponeringen som kan komme av for eksempel

årstidsvariasjoner og endringer i arbeidsoppgaver. Det foreslås også at målingene utføres i perioder eller på dager det er antatt å være høy eksponering, for å kunne sammenligne med grenseverdi. I denne studien var det begrenset mulighet til å ta hensyn til når målingene ble utført. Målingene måtte utføres innenfor en gitt tidsperiode, i tillegg til at Veidekke måtte finne et prosjekt som var i riktig byggefase.

Påmontering og bruk av måleutstyr

Tømrerne fikk tildelt en sekk med pumpe, slange og filterkassett. Hvordan sekken ble påmontert arbeideren, er vist i figur 4.6. Kassetten ble festet på sekken i nærheten av pustesonen, som Arbeidstilsynets retningslinjer beskriver, og pumpen ble lagt i sekken. Isolatørene kunne ha opptil to pumper i sekken, hvor den ene pumpen var festet til en fiberkassett og den andre til en totalstøvkassett, en på hver side av sekken. En fiberkassett er helt lik en totalstøvkassett, bare at lokket på inlet-siden er tatt av.



Figur 4.6: Illustrasjon av påmontert personbåren måleutstyr (eget bilde).

Før sekkene ble påmontert ved starten av arbeidsdagen, ble flowen kontrollert. Dette ble gjort ved å la pumpene gå noen minutter slik at de skulle få stabilisert seg, for så å sjekke ved hjelp av et rotameter. Dersom rotameteret viste feil flow ble den justert, eller pumpen ble byttet til en bedre. Ved å kontrollere flowen før arbeiderne fikk sekkene, ble det unngått å være altfor nær arbeiderne. På den måten ble smittevern hensyn ivaretatt.

Arbeiderne ble forklart at sekken skulle være på gjennom hele arbeidsdagen. Under lunsjpausen kunne sekken legges i garderoben eller beholdes på, og ved slutten av dagen leverte arbeiderne tilbake sekken. Flowen ble sjekket før pumpen ble slått av. I et prøvetakingsskjema, se vedlegg C, ble det notert ned flow, prøvetakingstid, arbeidstaker, dato, arbeidsoppgave osv. Videre ble det

ved slutten av dagen avtalt med arbeidslederen hvilke arbeidsoppgaver det skulle gjøres målinger på neste dag.

4.3.3 Observasjoner og direktevisende målinger

Tømrerne ble observert gjennom dagen i hele måleperioden, og det ble notert ned viktige observasjoner om omgivelsene og utføringen av arbeidsoppgavene. Dette innebar blant annet temperatur, ventilasjon, størrelse på rommet, antall arbeidere rundt måletakeren og rengjøring. Viktige observasjoner er mer detaljert beskrevet i kapittel 6.

Selv om det var personbårne måleutstyr som ble mest brukt, ble det også benyttet to direktevisende måleinstrumenter. En DustTrak DRX Aerosol Monitor 8533 ble benyttet for de stasjonære målingene, og en DustTrak DRX Aerosol Monitor 8534 for de mobile målingene. Figur 4.7 viser måleinstrumentene. Den stasjonære måleren ble plassert i rom hvor tømrerne arbeidet over lengre perioder. For eksempel ble den en dag plassert i nærheten av stålarbeiderne, mens den neste dag ble plassert nær isolatørene. Det andre måleinstrumentet var mer mobilt fordi det var mindre og lettere. Det gjorde det enklere å ta målinger sammenhengende gjennom etasjene og det var mulig å komme nærmere arbeidsoppgavene arbeiderne utførte. Målingene fra dette instrumentet var derfor over en kortere tidsperiode, og det var mer fokus på å måle deler av arbeidsoppgaver.



Figur 4.7: Mobilt (t.v.) og stasjonært (t.h.) måleinstrument som ble benyttet (TSI, 2021).

Resultatene fra direktemålingene ble ikke en del av hovedresultatet i denne studien, og ble heller brukt for å støtte opp under observasjonene som ble gjort. Dette var fordi målingene ikke nødvendigvis representerte hele arbeidsoppgaven, og måtte derfor settes sammen med det som ble observert. Måleverdiene kunne heller ikke sammenlignes med verdiene fra de personbårne målingene ettersom de ikke representerte arbeidstakernes eksponering i like stor grad. De var heller ikke kalibrert for samme flow.

4.3.4 Rengjøringstiltak

I denne studien skilles det mellom normale forhold og ekstra rengjøring. Med normale forhold menes forholdene tømrerne har vært eksponert for gjennom byggeprosjektet og utsettes for den

første uken av måleperioden. Den andre uken ble det bevisst satt inn flere tiltak. Det var Veidekke som var ansvarlig for hvilke rengjøringstiltak som ble satt inn.

Det ble lagt vekt på at det skulle settes inn tiltak som var realistiske å bruke for et slikt byggeprosjekt. I tillegg skulle rengjøringstiltakene være i tråd med retningslinjene fra RTB-filosofien, se delkapittel 2.2.1. Et slikt tiltak kunne være å leie inn et eksternt renholdsbyrå for å rengjøre hele bygget oftere, eksempelvis hver andre uke, gjennom byggefasen. Det ble derfor leid inn renholdere fredag ettermiddag og lørdag, før uken med ekstra rengjøringstiltak startet. Dette renholdsbyrået jobbet spesifikt mot renhold på byggeplass og fulgte prinsippene for RTB. Renholdsbyrået støvsuget alle etasjene i den delen av bygget der tømmerne arbeidet. I tillegg til dette fikk tømmerne beskjed om å være ekstra påpasselige med å holde det rent og rydde opp etter seg, og fikk utdelt hver sin svaber. Dette hadde tømmerne selv ansvaret for å følge opp.

Prosjektlederen bestilte også inn to robotstøvsugere, laget for industri, som skulle supplere til rengjøringen. Da disse ble testet ut, viste det seg derimot at kapasiteten var for dårlig til å håndtere støvmengden og støvtypen som var på byggeplassen. Fint støv som virvlet opp la seg også på sensorene til støvsugeren, som gjorde at den stoppet. I tillegg var det mange hindringer på gulvet som robotstøvsugeren kjørte seg fast i. Det hadde derfor vært nødvendig med mer eller mindre konstant tilsyn for at dette skulle kunne ha en effekt, og var urealistisk å få til i en slik byggefase. Robotstøvsugerne ble derfor ikke benyttet videre i den rene uken.

4.4 Detaljert undersøkelse: Analyse

Da alle målingene hadde blitt utført, ble resultatene analysert. Hvordan dette ble gjort blir forklart i dette delkapittelet.

4.4.1 Beregning av støvkonsentrasjon og fiberinnhold

Totalstøv

Filteret inni totalstøvkassetten var det som viste hvor høy eksponeringen var. Filterne ble veid av SINTEF Norlab før og etter måleperioden, og vektendringen tilsvarte mengden støv som var avsatt på filteret i løpet av prøvetakingstiden. Blindfilterne ble også veid både før og etter måleperioden. Filterkassetten hadde hvert sitt nummer som ble notert i prøvetakingskjemaet.

Det ble besluttet at veiingen skulle gjøres på laboratoriet hos SINTEF Norlab for å få det så nøyaktig som mulig. Slik ble det blant annet sørget for kontrollerte forhold, med tanke på temperatur og luftfuktighet, som bør være like når kassetten veies før og etter måleperioden. Ved bruk av vekten på filteret, prøvetakingstid og flow, ble likning 4.1 benyttet for å beregne støvkonsentrasjonen i mg/m^3 for hver enkelt måling. Det er denne enheten grenseverdien er gitt i.

$$\text{Støvkonsentrasjon } [\text{mg}/\text{m}^3] = \frac{\text{Vekt på filter } [\text{mg}] * 1000 [\text{l}/\text{m}^3]}{\text{Prøvetakingstid } [\text{min}] * \text{Flow } [\text{l}/\text{min}]} \quad (4.1)$$

Fiber

For å fastslå antallet fibre som hadde blitt fanget opp av fiberkassetene, ble filtrene analysert ved hjelp av et elektronmikroskop med et energidispersivt spektrometer; dette kalles en scanning electron microscopy (SEM)-analyse. Dette ble utført av SINTEF Norlab. Fiberinnholdet gitt i fiber/cm³, som tømmerne ble eksponert for, ble beregnet ved å benytte likning 4.2. Det er benyttet samme enhet som grenseverdien for mineralull er gitt i. Den totale filterdiameteren er på 25 mm, men siden filteret er klemt på plass i plastkassetten som har en indre diameter på 22 mm, ble det eksponerte filterarealet beregnet til 380 mm². Det analyserte filterarealet i elektronmikroskopet er 2 mm², altså det avgrensede bildearealet hvor fibre teller.

$$\text{Fiberinnhold [fiber/cm}^3] = \frac{\text{Antall fiber} * \text{Eksponert filterareal [mm}^2]}{\text{Analysert filterareal [mm}^2] * \text{Luftmengde [cm}^3]} \quad (4.2)$$

4.4.2 Omregning til en åttetimers referansearbeidsdag

I yrkeshygienisk sammenheng er det vanlig å omregne den målte konsentrasjonen til en referansearbeidsdag på åtte timer, også kalt normering, for å kunne sammenligne målingene med grenseverdier. Det første forskningsspørsmålet i denne studien handler derimot om at det gjøres en vurdering av rengjøringstiltak. I samtale med Hans Thore Smedbold ble det diskutert om måleverdiene skulle normeres også for dette formålet. Til tross for at det i yrkeshygienisk sammenheng er vanlig å normere måledataene over åtte timer, anbefalte han å bruke rådataene direkte for denne problemstillingen. Det er derfor valgt å gjøre dette (H.T. Smedbold, personlig kommunikasjon, 11.mai 2021). Målingene beholdes derfor som den beregnede støvkonsentrasjon og fiberinnhold i delkapittel 4.4.1.

For det andre forskningsspørsmålet, der eksponeringen skal sammenlignes med Arbeidstilsynets grenseverdier, normeres den målte støvkonsentrasjonen og fiberinnholdet over en referansearbeidsdag på åtte timer. Likningene 4.3 og 4.4 er benyttet for dette formålet.

Følgende likning er benyttet der det er antatt ingen eksponering etter endt måling:

$$\text{Eksponering normert over } 8t = \frac{C * t}{480} \quad (4.3)$$

Følgende likning er benyttet der det er antatt samme eksponering etter endt måling:

$$\text{Eksponering normert over } 8t = \frac{C * t + (510 - t - 30) * C}{480} \quad (4.4)$$

der C er støvkonsentrasjon [mg/m³] eller fiberinnhold [fiber/cm³],

t er prøvetakingstid [min],

480 er referansearbeidsdag [min],

510 er lengden på arbeidsdag [min],

30 er lunsjpause [min]

Likning 4.3 gjelder ved tilfeller der målingene er utført hele arbeidsdagen, men der arbeidsdagen ikke er åtte timer. Dette gjelder for de fleste målingene. Generelt arbeidet tømmerne 8,5 timer fra mandag-torsdag, inkludert 30 minutter lunsjpause. Fredager var arbeidsdagen omtrent 6,5 timer inkludert 30 minutter lunsjpause, uten eksponering resten av dagen. Ved kortere arbeidsdag gjøres det en antagelse om ingen eksponering resten av dagen.

Likning 4.4 benyttes der målingene ikke er utført over hele arbeidsdagen. Det gjøres da en antagelse om at den delen av dagen som ikke er målt er identisk med den delen av dagen som ble målt. Omregningen gjøres som vist i likning 4.4. Dette gjelder for målingene utført 15.02, da kun halve arbeidsdagen ble målt. Det gjelder også i tilfeller der pumpene stoppet tidligere enn ønsket. Oversikt over alle målingene utført og omregningene til åtte timer er vist i tabellene 5.1, 5.2 og 5.3.

4.4.3 Deskriptiv presentasjon av måldata

Måldataene har deretter blitt presentert deskriptivt. Dette ble gjort ved å presentere en oversikt i tabellform med aritmetisk gjennomsnitt, median og standardavvik, samt intervallene for minimum- og maksverdier og konfidensintervallet. Begrepene er kort forklart i delkapittel 3.4.3. Videre ble aritmetisk gjennomsnitt og standardavvik presentert i stolpediagram, oppdelt etter arbeidsoppgaver og hvilke uker de er utført både for støv og fiber. Verdiene benyttet er målt støvkonsentrasjon og fiberinnhold, altså er de ikke normert over en arbeidsdag på åtte timer.

Det var et mål at resultatene skulle kunne tolkes av lesere uten mer enn grunnleggende kunnskap om statistikk, og det har derfor blitt valgt å gjøre den deskriptive vurderingen med enkle statistiske begreper. Det er blant annet ikke brukt geometrisk gjennomsnitt, siden aritmetisk gjennomsnitt er mer intuitivt for leseren. Dette til tross for at geometrisk gjennomsnitt er mer riktig å bruke ved ln-transformerte måldata, som er mest vanlig ved yrkeshygienisk kartlegging, se delkapittel 3.4.2.

4.4.4 Statistisk analyse: Vurdering av effekten av rengjøringstiltak

I en detaljert undersøkelse skal det gjennomføres statistisk analyse av resultatene. SEG ble valgt ut ifra arbeidsoppgavene tømmerne utførte, ettersom de utførte én arbeidsoppgave gjennom hele byggeprosjektet. Det ble også gjort en statistisk vurdering ved bruk av log-normal fordeling som anbefalt i NS-EN 689, se delkapittel 3.4.1. Log-normal fordeling ble vurdert ved Shapiro-Wilk test i SPSS, og er også en sentral del av videre statistiske analyser. Vurdering av SEG gjør seg også gjeldende for analysen beskrevet i delkapittel 4.4.5.

For å vurdere effekten av rengjøringstiltakene ble det utført en uavhengig t-test ved bruk av IBM SPSS Statistics 27. Nullhypotesen ble formulert som at det ikke var forskjell i eksponeringsnivå mellom normale forhold og etter ekstra rengjøring. Den alternative hypotesen var at det var en forskjell. Det ble benyttet et signifikansnivå på 0,05. Kriteriene beskrevet i delkapittel 3.4.3 ble vurdert som godkjent, og diskuteres i større detalj i delkapittel 8.2.2.

Videre ble det benyttet en toveis ANOVA for å sjekke hvordan rengjøring og arbeidsoppgavene sammen påvirket eksponeringen. De kategoriske variablene var rengjøring og arbeidsoppgave. Valg av verktøy, signifikansnivå og hypotesetestingen var lik som ved t-test.

4.4.5 Statistisk analyse: Vurdering av eksponeringsnivå

Som beskrevet i delkapittel 3.4.2 benyttet utregnet EØK for å vurdere eksponeringen opp mot Arbeidstilsynets grenseverdier. Dette ble gjort ved hjelp av YH HJELP versjon 1.0. Den målte støvkonsentrasjonen normert over en arbeidsdag på åtte timer ble benyttet i denne vurderingen. Grenseverdiene det har blitt sammenlignet med er presentert i tabell 4.1. Det har ikke blitt regnet med reduksjonsfaktor for grenseverdi da denne, ved Brief & Scala metoden (likning 3.1), ble beregnet til å være 0,98, og derfor ikke gir en betydelig forskjell.

4.5 Ethiske vurderinger i studien

I denne typen studie er det vanskelig å sikre anonymitet siden deltakerne er kjent for dem som utfører studien. På den andre siden kan det sørges for konfidensialitet. I dette tilfellet er det tømmerne som deltok i prøvetakingen som skal sikres konfidensialitet. Dette er gjort ved å ikke inkludere navn eller bilder som kan identifisere dem. Navnet på underentreprenøren de arbeider for er heller ikke nevnt. For å fortsatt kunne skille hvilke målinger som er gjort på de samme tømmerne, er bokstavene A-J brukt, se tabellene 5.1, 5.2 og 5.3. Samtaler med tømmerne eller andre, og bedriftene de arbeider for, er heller ikke navngitt.

Ved starten av måleperioden ble tømmerne, som målingene ble utført på, informert om hensikten med prosjektet. Etterhvert som andre tømmerne skulle bære måleutstyret i måleperioden ble de også informert. I tillegg, ble det i samtale med andre arbeidere på byggeplassen underveis forklart hvorfor målingene ble utført.

Det er signert en samarbeidsavtale med Veidekke, hvor viktige avklaringer angående publisering og bedriftens plikter er oppgitt. Veidekke har godkjent at studien kan publiseres og at bedriftens navn kan offentliggjøres. Det var et ønske fra Veidekke at informasjonen og funnene fra studien gjøres tilgjengelig for andre i byggebransjen. Målet er å kunne si noe om støveksponeeringen generelt for tømmerne i byggebransjen, og å danne et grunnlag for videre arbeid i forbedringen av arbeidsmiljøet for arbeiderne på byggeprosjektene.

5 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene fra totalstøv- og fibermålingene med både deskriptive og statistiske metoder. Først legges resultatene for totalstøv- og fibermålingene frem. Basert på det første forskningsspørsmålet, presenteres deretter resultatene fra sammenligning av normale forhold og forholdene etter ekstra rengjøring. For å besvare det andre forskningsspørsmålet vurderes til slutt eksponeringen opp mot Arbeidstilsynets grenseverdier.

5.1 Resultater fra totalstøv- og fibermålinger

I dette delkapittelet presenteres totalstøv- og fibermålingene. Det gjøres også en vurdering av målinger det har skjedd en feil ved, som dermed krever en validering.

5.1.1 Totalstøvmålingene

Tabellene 5.1, 5.2 og 5.3 viser en oversikt over alle totalstøvmålingene som ble utført, og er gruppert etter arbeidsoppgaver. I tillegg er tabellene delt opp i normale forhold og forhold etter ekstra rengjøring; dette synliggjøres med en skillelinje.

Målt støvkonsentrasjon er den gjennomsnittlige mengden støv som er avsatt på filteret i løpet av prøvetakingstiden. Denne benyttes i sammenligning av uken med normale arbeidsforhold og uken med ekstra rengjøringstiltak. Støvkonsentrasjon 8t er den beregnede eksponeringen som vil forekomme i løpet av en arbeidsdag på åtte timer, og er beregnet fra målt støvkonsentrasjon. Denne benyttes ved vurdering av eksponering mot grenseverdien. Omgjøringen fra målt støvkonsentrasjon til støvkonsentrasjon over åtte timer er beskrevet i delkapittel 4.4.2. Videre sier kommentarene i tabellen noe om gyldigheten til målingene, der målinger som er strøket over er målinger som ekskluderes. Hvorfor de ekskluderes beskrives i vedlegg D.

Tabell 5.1: Totalstøvmålinger utført under isolasjonsarbeid.

	Målenr	Dato	Arbeids-taker	Prøve-takingstid	Målt støvkons. [mg/m ³]	Støvkons. 8t [mg/m ³]	Kommentar
Normale forhold	1	15/02	A	3t 59min	4,0	4,0	
	2	15/02	B	3t 43min	3,8	3,8	
	6	16/02	B	7t 20min	3,7	3,9	Pumpen stoppet tidlig
	9	17/02	B	8t 57min	3,4	3,8	
	13	18/02	A	8t 20min	3,4	3,8	
	17	19/02	A	6t 26min	1,6	1,3	
Ekstra rengjøring	22	22/02	A	8t 44min	2,6	2,8	Arbeidet i feil område
	26	23/02	B	8t 45min	2,5	2,8	
	30	24/02	B	8t 44min	2,3	2,5	
	35	25/02	B	8t 42min	3,3	3,6	
	38	25/02	C	-	-	-	Arbeidstaker mistet kassetten
	39	26/02	B	6t 44min	4,0	3,4	
42	26/02	D	6t 35min	2,8	2,3		

Tabell 5.2: Totalstøvmålinger utført under stålarbeid.

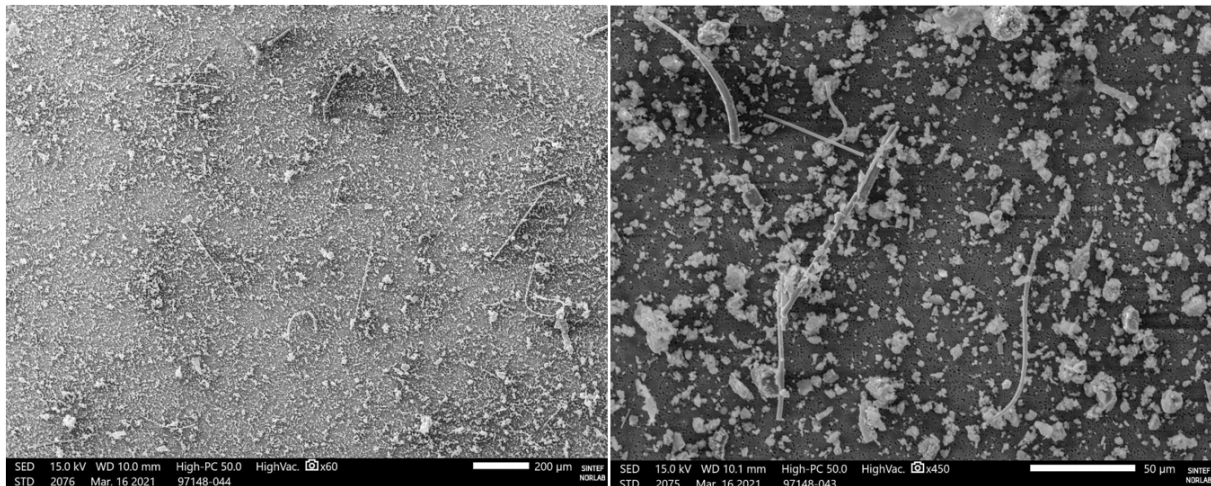
	Målenr	Dato	Arbeids-taker	Prøve-takingstid	Målt støvkons. [mg/m ³]	Støvkons. 8t [mg/m ³]	Kommentar
Normale forhold	5	16/02	E	8t 58min	1,4	1,5	
	7	16/02	F	8t 56min	2,2	2,5	
	11	17/02	F	8t 53min	1,3	1,4	
	14	18/02	F	8t 49min	2,1	2,3	
	15	18/02	F	8t 38min	3,4	3,6	
	18	19/02	F	6t 55min	1,7	1,5	
	19	19/02	G	6t 53min	2,3	1,9	
Ekstra rengjøring	24	22/02	F	8t 44min	1,3	1,4	
	27	23/02	G	8t 42min	2,8	3,1	
	28	23/02	F	8t 42min	0,8	0,9	
	32	24/02	G	8t 42min	1,8	2,0	
	36	25/02	G	8t 38min	3,1	3,4	
	40	26/02	F	6t 40min	25,1	20,9	Ble registrert mye tre-støv i kassetten
	41	26/02	G	6t 12min	2,1	1,6	

Tabell 5.3: Totalstøvmålinger utført under gipsarbeid.

	Målenr	Dato	Arbeids-taker	Prøve-takingstid	Målt støvkons. [mg/m ³]	Støvkons. 8t [mg/m ³]	Kommentar
Normale forhold	3	15/02	H	-	-	-	Arbeidstaker mistet kassetten
	4	15/02	I	3t 43min	6,0	6,0	
	8	16/02	I	8t 58min	2,7	3,0	
	10	17/02	J	8t 52min	9,2	10,2	
	12	17/02	I	8t 55min	2,4	2,7	
	16	18/02	I	8t 54min	2,7	3,0	
	20	19/02	I	6t 14min	2,6	2,1	
Ekstra rengjøring	21	19/02	J	6t 23min	4,9	3,9	
	24	22/02	F	8t 48min	4,8	5,3	
	27	23/02	G	7t 32min	2,6	2,8	Arbeidet i feil område, pumpe stoppet tidlig
	28	23/02	F	8t 46min	6,9	7,6	
	32	24/02	G	8t 58min	7,8	8,7	
	36	25/02	G	9t 15min	2,1	2,4	La ifra seg sekken siste 20min
	40	26/02	F	8t 30min	5,3	5,6	
41	26/02	G	8t 42min	7,3	8,0		

5.1.2 Fibermålingene

Via SEM-analyse, utført av SINTEF Norlab, ble fiberinnholdet avsatt på filteret fastslått. SINTEF Norlab påpekte at mengden støv og partikler gjorde det vanskelig å telle de aller minste fibre på filtrene. På figur 5.1 vises tydelig støv og partikler som er blitt avsatt på filter 44 og 43. Videre ble det også registrert glassfiber og mineralullfiber gjennom SEM-analysen. Funn av glassfiber vises på filter 43. Det ble derimot forklart at det er vanskelig å skille glassfiber og mineralullfiber i en SEM-analyse ettersom de kjemiske sammensetningene ligner.



Figur 5.1: SEM-analyse med støv og fiber på filter 44 (t.v.) og glassfiber på filter 43 (t.h.).

Tabell 5.4 viser en oversikt over alle fibermålingene som ble utført. Alle fibermålingene er utført på arbeidsoppgaven isolasjon. Tabellen er delt opp i normale forhold og ekstra rengjøring; dette synliggjøres med en skillelinje i tabellen. Målt fiberinnhold er det gjennomsnittlige fiberinnholdet avsatt på filteret over prøvetakingstiden. Denne benyttes i sammenligning av uken med normale arbeidsforhold og uken med ekstra rengjøringstiltak. Fiberinnhold 8t er den beregnede eksponeringen som vil forekomme i løpet av en arbeidsdag på åtte timer, og er beregnet fra fiberinnholdet. Denne benyttes ved vurdering av eksponeringen opp mot grenseverdi. Hvordan fiberinnholdet over åtte timer er beregnet er beskrevet i delkapittel 4.4.2. Utrengningen er lik som for totalstøv. Kommentarene i tabellen sier noe om gyldigheten til målingen, der målinger som er strøket over er målinger som ekskluderes. Hvorfor de ekskluderes beskrives i vedlegg D.

Tabell 5.4: Fibermålinger utført under isolasjonsarbeid.

	Målenr	Dato	Arbeids- taker	Antall fiber	Prøve- takingstid	Fiber- innhold [fiber/cm ³]	Fiberinnhold 8t [fiber/cm ³]	Kommentar
Normale forhold	43	15/02	B	77	4t 01 min	0,030	0,030	Pumpen stoppet tidlig
	44	15/02	A	68	3t 59min	0,027	0,027	
	45	16/02	E	53	8t 57min	0,009	0,010	
	46	16/02	A	61	8t 57min	0,011	0,012	
	47	17/02	A	87	8t 54min	0,015	0,017	
	48	17/02	B	-	-	-	-	Arbeider mistet kassetten
	49	18/02	B	161	8t 51min	0,029	0,032	
	50	18/02	A	76	8t 52min	0,014	0,015	
	52	19/02	A	101	6t 25min	0,025	0,020	
Ekstra rengjøring	51	22/02	B	229	8t 50min	0,041	0,045	
	53	22/02	A	107	8t 44min	0,019	0,021	
	54	23/02	B	97	8t 51min	0,017	0,019	
	55	23/02	A	72	8t 50min	0,013	0,014	
	56	24/02	B	137	8t 46min	0,025	0,027	
	57	24/02	-	-	-	-	-	Ikke-brukt
	58	25/02	B	157	8t 41min	0,029	0,031	
	59	25/02	C	158	8t 39min	0,029	0,031	
	60	26/02	B	82	6t 44min	0,019	0,016	
	61	26/02	D	41	6t 34min	0,010	0,008	

5.2 Vurdering av SEG

Basert på observasjoner av arbeidsoppgavene gjennom måleperioden, ser det ut til at de definerte SEGene for isolatører, stålarbeidere og gipsarbeidere stemmer. Som anbefalt i NS-EN 689 gjøres det også en statistisk vurdering av SEG ved å se på den log-normale fordelingen av målingene. Ved Shapiro-Wilk test i SPSS og et satt signifikansnivå på 0,05, blir resultatet som presentert i tabell 5.5. Log-sannsynlighetsplottene fra regnearket ligger i vedlegg E. Videre diskusjon av vurdering av SEG gjøres i delkapittel 8.1.

Tabell 5.5: Resultat fra vurderingen av normalfordeling og SEG.

	Rengjøring	N	P-verdi	log-normalfordelt (sign. 0,05)	SEG
Isolasjon	Normale forhold	6	0,000	Nei	Ja
	Ekstra rengjøring	5	0,643	Ja	Ja
Stål	Normale forhold	7	0,397	Ja	Ja
	Ekstra rengjøring	6	0,780	Ja	Ja
Gips	Normale forhold	7	0,374	Ja	Ja
	Ekstra rengjøring	6	0,113	Ja	Ja
Fiber	Normale forhold	7	0,620	Ja	Ja
	Ekstra rengjøring	9	0,923	Ja	Ja

Isolasjonsmålingene under normale arbeidsforhold er ikke log-normalfordelt. Det kan likevel antas at dette hadde vært tilfellet dersom det hadde vært tatt flere målinger. Derfor er også denne vurdert til å være i samme SEG, som vist i tabell 5.5.

5.3 Sammenligning av normale forhold og ekstra rengjøring

I dette delkapittelet presenteres resultatene relatert til det første forskningsspørsmålet: *Hvordan er eksponeringsnivået for støv og fiber ved normale arbeidsforhold sammenlignet med forholdene ved ekstra innførte rengjøringstiltak?* Resultatene presenteres først deskriptivt, før det videre gjøres en statistisk vurdering.

5.3.1 For totalstøv

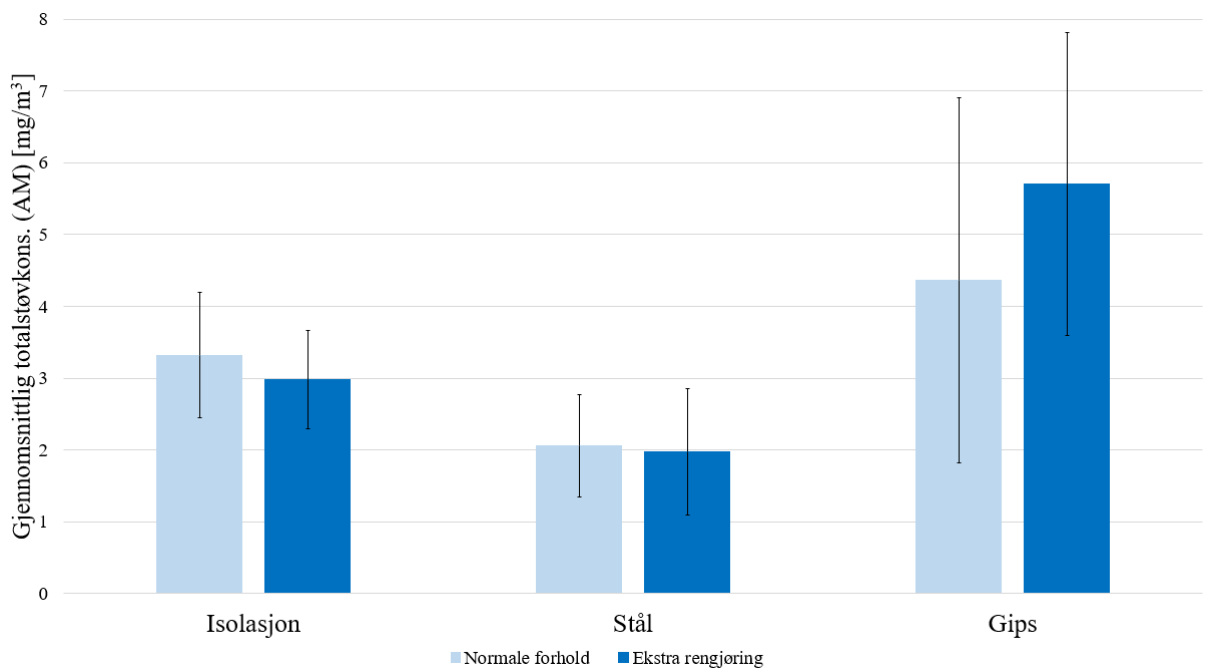
Deskriptiv presentasjon av totalstøvmålingene

Tabell 5.6 viser en deskriptiv presentasjon av måledataene for hver arbeidsoppgave, delt opp etter normale forhold og ekstra rengjøring. Den viser en generell oversikt over ulikhetene mellom ukene, i tillegg til forskjellen mellom hver av arbeidsoppgavene. Her benyttes resultatene fra målt støvkonsentrasjon [mg/m^3] direkte, og ikke den normerte over åtte timer.

Tabell 5.6: Deskriptiv oversikt over totalstøvmålingene [mg/m^3].

	Rengjøring	N	Gjennomsnitt	Median	Standardavvik	Min - Max	Konfidensintervall 95%
Isolasjon	Normale forhold	6	3,32	3,55	0,87	1,60 - 4,00	2,40 - 4,23
	Ekstra rengjøring	5	2,98	2,80	0,68	2,30 - 4,00	2,13 - 3,83
Stål	Normale forhold	7	2,06	2,10	0,71	1,30 - 3,40	1,40 - 2,71
	Ekstra rengjøring	6	1,98	1,95	0,88	0,80 - 3,10	1,07 - 2,90
Gips	Normale forhold	7	4,36	2,70	2,54	2,40 - 9,20	2,00 - 6,71
	Ekstra rengjøring	6	5,70	6,10	2,11	2,10 - 7,80	3,48 - 7,92

En visuell måte å presentere resultatene på er vist i figur 5.2. Figuren viser den gjennomsnittlige støvkonsentrasjonen (AM), i tillegg til tilhørende standardavvik som viser spredningen i måledataene. De lyseblå stolpene er for normale forhold og de mørkeblå stolpene er etter ekstra rengjøring.



Figur 5.2: Den gjennomsnittlige totalstøvkonsentrasjonen (AM) og standardavvik, under normale forhold og etter rengjøring, for arbeidsoppgavene isolasjon, stål og gips.

- **Isolasjon:** Det er litt variasjon i målingene mellom de to ukene. Fra normale forhold (AM=3,32) til ekstra rengjøring (AM=2,98) har den gjennomsnittlige konsentrasjonen sunket med 10%. Standardavviket er noe større for uken med normale forhold (SD=0,87) enn for uken med ekstra rengjøring (SD=0,68).
- **Stål:** Denne arbeidsoppgavene har de laveste målte verdiene. De gjennomsnittlige verdiene for de to ukene er omtrent like. Fra normale forhold (AM=2,06) til ekstra rengjøring (AM=1,98) har den gjennomsnittlige konsentrasjonen sunket med kun 4%. Standardavviket er litt større for etter ekstra rengjøring (SD=0,88) sammenlignet med normale forhold (SD=0,71).
- **Gips:** Denne arbeidsoppgaven har de høyeste målte verdiene, men også størst variasjon i målingene. Fra normale forhold (AM=4,36) til ekstra rengjøring (AM=5,07) har konsentrasjonen økt med 31%. Standardavviket er høyere enn for de andre arbeidsoppgavene (SD=2,54; SD=2,11). Det tilsier at usikkerheten for disse målingene er større enn for isolasjon og stål.

Statistisk analyse av totalstøveksposering

Uavhengig t-test for hver av arbeidsoppgavene ble utført i SPSS. Det ble benyttet et signifikansnivå på 0,05. Resultatene fra t-testen er presentert i tabell 5.7.

Tabell 5.7: Resultat fra t-test for totalstøvmålingene.

	P-verdi	Signifikansnivå	Vurdering
Isolasjon	0,64	0,05	Ikke signifikant ulik
Gips	0,29	0,05	Ikke signifikant ulik
Stål	0,72	0,05	Ikke signifikant ulik

Samtlige arbeidsoppgaver har ikke en signifikant forskjell mellom normale arbeidsforhold og forholdene med ekstra rengjøringstiltak.

Videre ble også en toveis ANOVA utført i SPSS. Det ble som for t-test benyttet et signifikansnivå på 0,05. Resultatet fra toveis ANOVA er presentert i tabell 5.8.

Tabell 5.8: Resultat fra toveis ANOVA for arbeidsoppgave og rengjøring.

	P-verdi	Signifikansnivå	Vurdering
Arbeidsoppgave	0,00	0,05	Signifikant ulik
Rengjøring	0,74	0,05	Ikke signifikant ulik
Arbeidsoppgave*Rengjøring	0,41	0,05	Ikke signifikant ulik

Tabellen over viser at det kun er hvilken arbeidsoppgave som utføres som gir en signifikant forskjell i eksponering. Rengjøring viser derimot at det ikke er en signifikant forskjell. Det gjør videre at kombinasjonen av arbeidsoppgave og rengjøring heller ikke har en signifikant betydning på eksponeringen.

5.3.2 For fiber

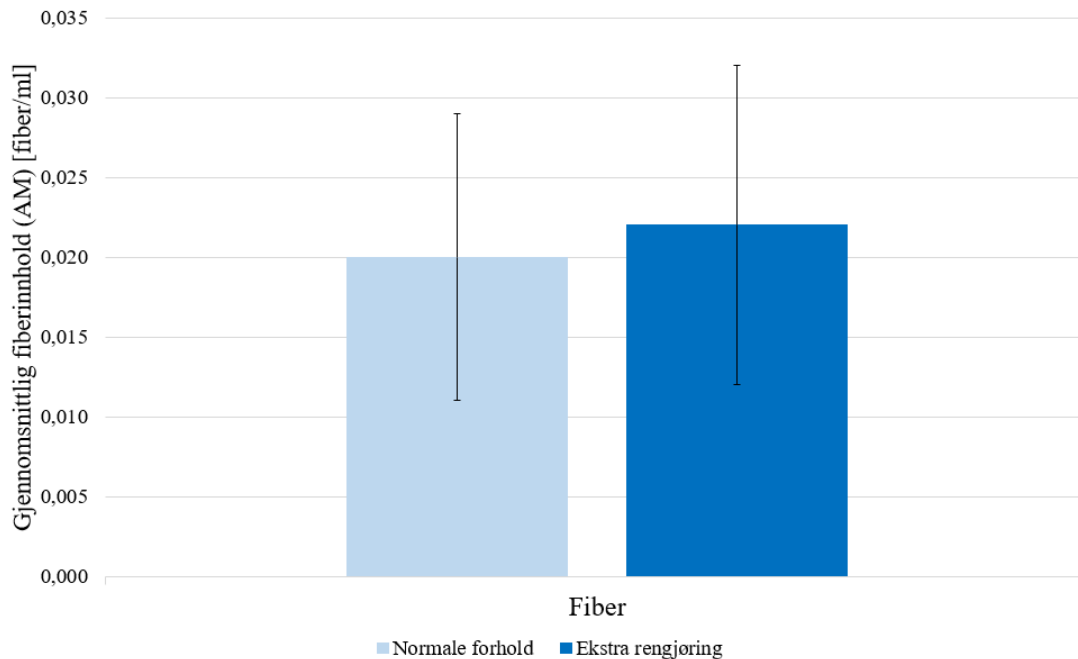
Deskriptiv presentasjon av fibermålingene

Tabell 5.9 viser en deskriptiv presentasjon av måledataene for fibereksponeering målt på isolasjon, delt opp etter normale forhold og ekstra rengjøring. Den viser en generell oversikt over ulikhetene mellom ukene. Her benyttes resultatene fra målt fiberinnhold [fiber/cm³] direkte, og ikke den normerte over åtte timer.

Tabell 5.9: Deskriptiv oversikt over fibermålingene [fiber/cm³].

	Rengjøring	N	Gjennomsnitt	Median	Standardavvik	Min-Max	Konfidensintervall 95%
Fiber	Normale forhold	7	0,020	0,020	0,009	0,009-0,030	0,013-0,027
	Ekstra rengjøring	9	0,022	0,019	0,010	0,010-0,041	0,015-0,029

I figur 5.3 presenteres resultatene visuelt med det gjennomsnittlige fiberinnholdet (AM) og det tilhørende standardavvik. Den lyseblå stolpen viser for normale forhold, og den mørkeblå for etter ekstra rengjøring.



Figur 5.3: Det gjennomsnittlige fiberinnholdet (AM) og standardavvik, under normale forhold og etter rengjøring.

Det gjennomsnittlige fiberinnholdet for arbeidsoppgaven isolasjon har en økning på 10% fra normale forhold (AM=0,020) til uken med ekstra rengjøringstiltak (AM=0,022). Standardavviket er omtrent like stort for begge ukene (SD=0,009; SD=0,010), som vil si at spredningen i målingene er tilnærmet lik.

Statistisk analyse av fibereksponeering

T-test ble også utført for fiberinnholdet. Dette ble gjort i SPSS, med et signifikansnivå på 0,050. Resultatene fra t-testen er presentert i tabell 5.10.

Tabell 5.10: Resultat fra t-test for fibermålingene.

	P-verdi	Signifikansnivå	Vurdering
Fiber	0,579	0,050	Ikke signifikant ulik

Det er ikke en signifikant forskjell mellom normale forhold og forholdene med ekstra rengjøring, ved et signifikansnivå på 0,050.

5.4 Vurdering av eksponering opp mot grenseverdier

I dette delkapittelet presenteres resultatene knyttet til det andre forskningsspørsmålet: *Hvordan er eksponeringsnivået for støv og fiber sammenlignet med Arbeidstilsynets grenseverdier?* Regnearket YH HJELP versjon 1.0 er benyttet for å gi en vurdering av eksponeringen for de ulike arbeidsoppgavene ved å regne ut EØK. De beregnede EØK-verdiene sammenlignes med Arbeidstilsynets grenseverdi for sjenerende støv (totalstøv) og grenseverdi for mineralullfiber.

5.4.1 For totalstøv

Først vurderes totalstøveksponeringen for de tre arbeidsoppgavene. Denne vurderingen er gitt i tabell 5.11. Grenseverdien for sjenerende støv er 10 mg/m³ (totalstøv).

Tabell 5.11: Resultat fra YH-regneark for totalstøvmålingene.

	Rengjøring	N	EØK	Maksverdi	Veiledning fra YH-regnearket
Isolasjon	Normale forhold	6	8,51	4,00	Forutsetningene for statistisk vurdering ikke tilstede. Faglig vurdering nødvendig.
	Ekstra rengjøring	5	4,47*	3,60	Overeksponering kan ikke utelukkes. Tiltak/detaljert kartlegging nødvendig.
Stål	Normale forhold	7	4,13	3,60	Eksponeringen kan trolig ansees som akseptabel.
	Ekstra rengjøring	6	5,60	3,40	Eksponeringen kan trolig ansees som akseptabel.
Gips	Normale forhold	7	12,1	10,2	Eksponeringen over grenseverdi. Tiltak nødvendig.
	Ekstra rengjøring	6	16,4	8,70	Overeksponering kan ikke utelukkes. Tiltak nødvendig.

*EØK beregnes til tross for at det kun er fem målinger. Veiledningen fra YH-regnearket tilsvare forenklet undersøkelse, se delkapittel 3.4

Ved isolasjon under normale forhold er ikke forutsetningene for statistisk vurdering tilstede. Som beskrevet tidligere antas det log-normal fordeling basert på et lite utvalg, og EØK kan derfor likevel beregnes.

EØK er beregnet for isolasjon etter ekstra rengjøring til tross for at denne kun har fem måleverdier. Ifølge Arbeidstilsynet (2020b) skal det derimot gjøres en mer konservativ vurdering ved færre enn seks målinger siden dette tilsvare en forenklet yrkeshygienisk undersøkelse, se delkapittel 3.4. For å finne ut om eksponeringen er uakseptabel må maksverdien være under 20% av grenseverdien for sjenerende støv (totalstøv), som er 2 mg/m³. Maksverdien for isolasjon etter ekstra rengjøring er 3,60 mg/m³. Veiledningen gitt i tabell 5.11 tilsvare resultatet fra en slik forenklet undersøkelse, overeksponering kan derfor ikke utelukkes til tross for at EØK er under grenseverdi.

5.4.2 For fiber

Til slutt vurderes fibereksposeringen for arbeidsoppgaven isolasjon. Denne vurderingen er gitt i tabell 5.12. Grenseverdien for mineralullfiber er 1 fiber/cm³.

Tabell 5.12: Resultat fra YH-regneark for fibermålingene.

	Rengjøring	N	EØK	Maksverdi	Veiledning fra YH-regnearket
Fiber	Normale forhold	7	0,05	0,03	Eksponeringen kan trolig ansees som akseptabel
	Ekstra rengjøring	9	0,06	0,05	Eksponeringen kan trolig ansees som akseptabel

Resultatene fra beregning av EØK viser at fibereksposeringen tømmerne som arbeider med isolasjon utsettes for trolig kan ansees som akseptabel.

6 Observasjoner og andre relevante funn

I dette kapitlet presenteres observasjoner som ble gjort i løpet av de to ukene målingene ble utført. I tillegg vil relevante funn fra samtaler med arbeiderne bli lagt frem. Resultater fra direktemålinger vil bli brukt for å støtte opp under observasjonene og funnene. Beskrivelsene i dette kapitlet er sentrale i vurderingen av resultatene presentert i kapittel 5.

Målingene ble utført over en periode på to uker i februar. I denne tidsperioden var det kaldt og mye tåke, og det var blant annet utfordringer med å holde en grei temperatur for tømmerne inne i bygget. Det var nokså fuktig i luften og det kunne også merkes i bygget. Høyere luftfuktighet gir mindre støv i luften sammenlignet med om det hadde vært tørt og varmt vær.

Det ble ikke observert generell ventilasjon på byggeplassen, og flere arbeidere satte opp vinduer eller verandadører når de mente det var behov for gjennomtrekk. Det var plassert ut store byggtørkere med slanger som gikk inn i rommene enkelte steder for å få en mer behagelig innetemperatur, men det var derimot problemer med å få denne varmen spredt utover. Dette var fordi det som regel var satt opp innervegger på stedene slike varmeslanger lå og det var mange små rom. Figur 6.1 viser bilder av disse varmeslangene. Videre var vifter satt utover for å fordele varmen. Disse kunne være problematiske i områder med mye støv på gulvet, og dette kunne merkes ved passering forbi viftene.



Figur 6.1: Varmeslangene for spredning av varme i bygget (eget bilde).

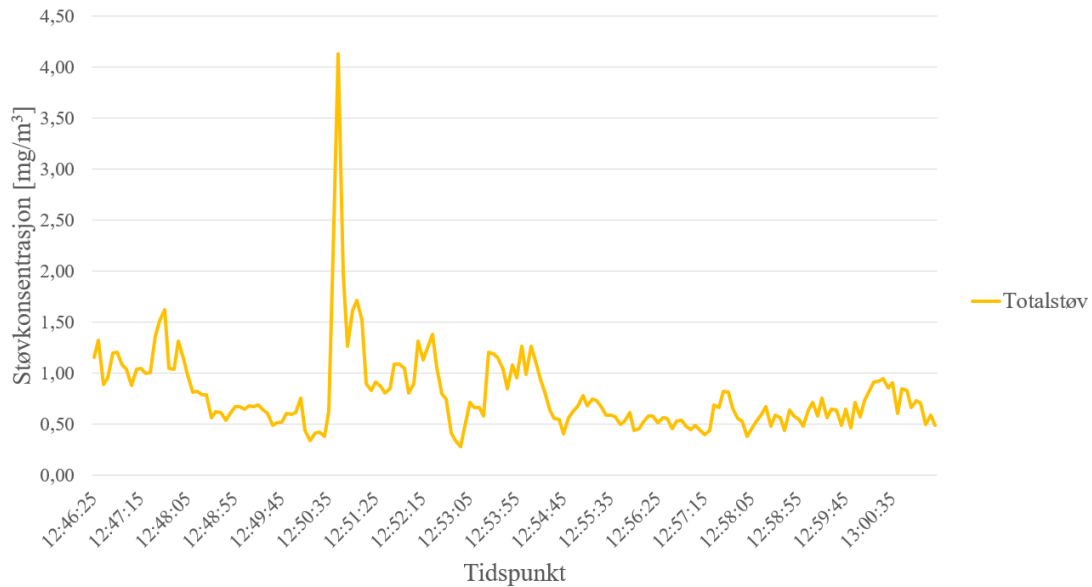
Utførelsen av de personbårne målingene ble observert flere ganger hver dag i måleperioden. Det kunne være utfordrende å orientere seg i bygget ved starten av måleperioden, og etterhvert som nye vegger ble satt opp og markerte etasjenummer ble malt over i trappegangene. Det gjorde det av og til utfordrende å finne arbeiderne da de ofte befant seg i ulike etasjer og ulike deler av bygget. Observasjonene ble derfor litt usammenhengende ettersom kun én og én arbeidsoppgave kunne observeres om gangen.

Omgivelsene tømmerne oppholdt seg i varierte. Enkelte befant seg i områder av bygget der ingen av innerveggene var satt opp, mens andre oppholdt seg i tette og små rom hvor mange av innerveggene som utformet leilighetene var satt opp. Det varierte også hvor mange som befant seg på samme sted. Enkelte ganger kunne det være både isolatører, gipsarbeidere og andre fag som arbeidet side om side. Med andre fag menes for eksempel montering av ventilasjon og det elektriske anlegget.

6.1 Isolatørene

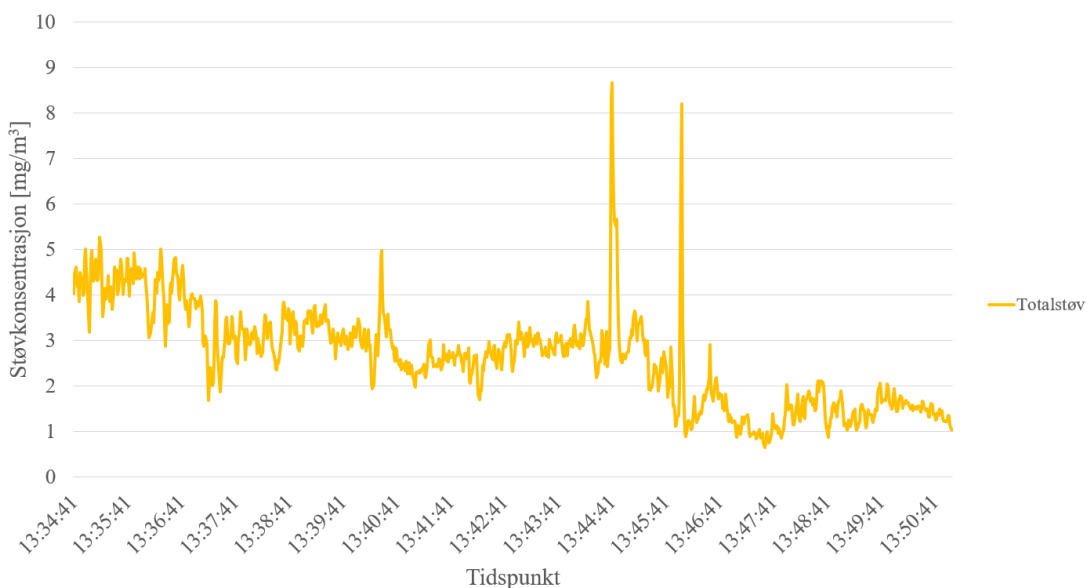
For arbeidsoppgaven isolasjon var det stort sett person A og B som gikk med det personbårne måleutstyret, se tabell 5.1. Dette var fordi det kun var en eller to isolatører som arbeidet samme dag, og som beskrevet i delkapittel 4.2.3 utførte tømmerne som hovedregel de samme arbeidsoppgavene hver dag. Person B brukte alltid en støvmaske av typen P2. Han fortalte at han gjorde dette på grunn av eksponeringen for støv og fiber fra isolasjonsarbeidet. Person A benyttet stort sett kun et vanlig munnbind. Munnbind var påbudt på byggeplassen i den tidsperioden målingene ble utført på grunn av smittevern hensyn. Han ble observert med en P2-støvmaske kun én dag. Veidekke har ingen påbud om bruk av støvmaske ved isolering, men anbefaler det. Det er uvisst hva underentreprenøren sier om bruk av støvmaske.

Person B isolerte ytterveggene før innervegger ble satt opp. Vinduer og verandadører var montert, men det var likevel god gjennomtrekk i disse områdene sammenlignet med der det var innervegger. Det førte gjerne til lavere temperatur og høyere fuktighet. En av dagene var det spesielt fuktig der person B skulle isolere, som førte til at han måtte arbeide et annet sted. Videre arbeidet person B som regel i områder der andre fag ikke arbeidet samtidig som ham. Det var generelt ryddig rundt ham, med kun litt isolasjonsrester på gulvet i kortere perioder før det ble ryddet unna. Direktemålingene viste lave verdier for støveksponering i området; figur 6.2 viser eksponeringen over en tidsperiode på omtrent 15 minutter der verdiene stort sett er under 2 mg/m^3 . Direktemåleren er plassert i nærheten av isolatøren som dyttet isolasjon inn i ytterveggen. Selve kuttingen av isolasjonen skjedde noen meter unna på en egen arbeidsstasjon, og var derfor ikke en direkte del av denne målingen. Det gav mest utslag på målingen når isolatøren var nærmest.



Figur 6.2: Støveksponering ved person B under isolering av yttervegger.

Person A og de få andre isolatørene det ble utført målinger på isolerte innerveggene, og befant seg dermed ofte i mindre rom. Kappingen og tilpassingen av isolasjonen skjedde som regel rett utenfor rommene på egne arbeidsstasjoner. Støvet fra isoleringen i mange av de små rommene var ofte godt synlig når isolatøren gikk ut og arbeidslýset stod slik at det var mulig å se støvet falle ned mot bakken. Samtidig var det gjerne arbeidere som gipset like ved, ikke i det samme rommet, men i den samme leiligheten. Dette gjorde at den som isolerte innervegger også var utsatt for støvet fra arbeidet med gipsmonteringen. Dette kan kanskje forklare hvorfor det er blitt gjort funn av glassfiber med SEM-analysen, ettersom gipsplatene inneholder glassfiber. Direktemålerne viste høyere verdier for støveksponering i disse små rommene, sammenlignet med andre rom. Figur 6.3 viser eksponeringsnivået i et lite rom der person A isolerte.



Figur 6.3: Støveksponering ved person A under isolering i trange rom.

En arbeider som tidligere hadde vært isolatør, men ikke på dette prosjektet, påpekte at han synes isolasjon var den verste støvkilden på en byggeplass, og det som gav den dårligste luftkvaliteten. Han hadde erfart å få bronkitt to ganger i løpet av et halvt år da han arbeidet som isolatør. I tillegg hadde han opplevd mye hudplager. Videre ble en av isolatørene, som kun ble utført måling på én gang, stilt spørsmål angående støveksposering. Han uttrykte at det er støv overalt hele tiden og hadde et ønske om mer rengjøring. Han opplevde ofte at det ikke var rengjort før han skulle starte på sin arbeidsoppgave. Ofte måtte han derfor rydde før han startet. Han mente at det ikke var hans oppgave å rydde opp etter andre, og at det burde bli gjort av hver enkelt arbeider.

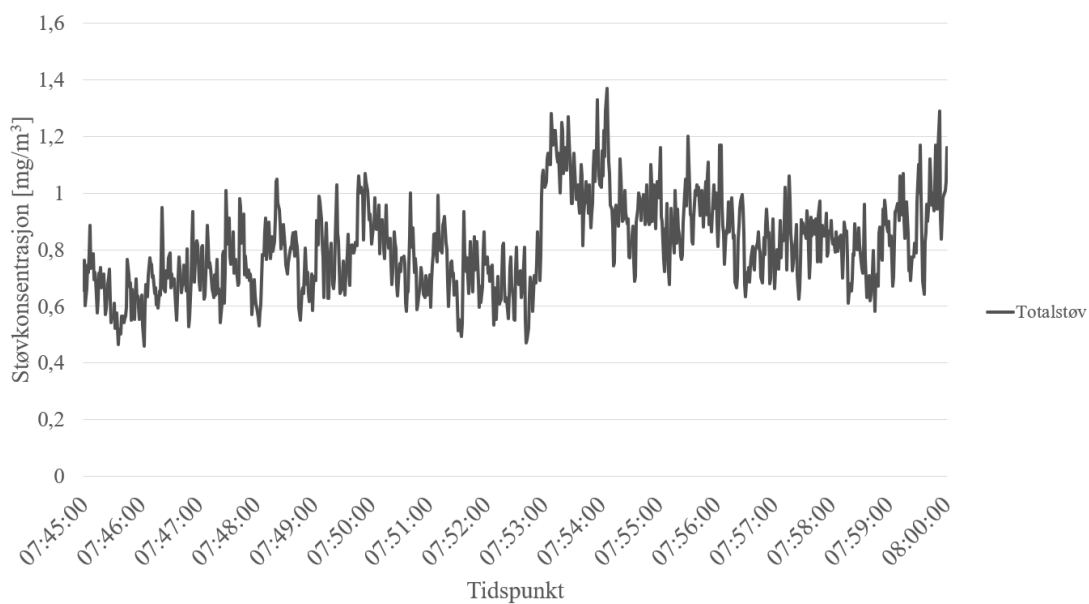
6.2 Stålarbeiderne

Etter isolering av yttervegger startet stålarbeiderne montering av innerveggene. De arbeidet i to arbeidslag, to og to. Det ene laget monterte topp- og bunnsviller av stål. Det ble observert at svaber ble brukt for å fjerne støv og søppel før montering av svillene. I arbeidet med monteringen ble det brukt en spikerpistol for å feste ståldelene i betongdekket. Mye av støveksposeringen kom fra denne operasjonen. Direktemålerne viste forhøyede verdier hver gang stålarbeideren brukte spikerpistolen. En av stålarbeiderne viste også hvordan han pleide å blåse bort støv for å kunne lage synlige markeringer for korrekt montering av bunnsvillene. Dette skapte en støvsky. Figur 6.4 viser et område hvor topp- og bunnsviller er montert.



Figur 6.4: Område hvor topp- og bunnsviller er montert (eget bilde).

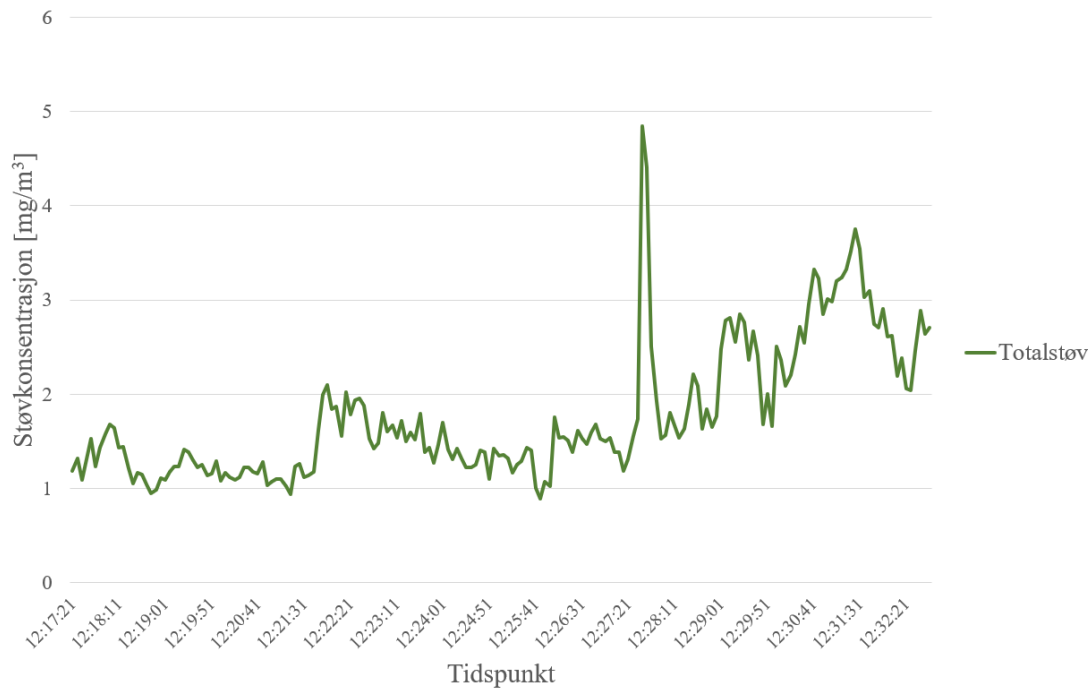
Det andre arbeidslaget monterte deretter stålstendere til topp- og bunnsvillene. De hadde også som oppgave å sette opp trerammer for montering av dører. For å kutte trevirke var det alltid en kapp- og gjærsg i nærheten. Det var ikke påmontert avsug på denne saken, og trestøv og flis samlet seg på gulvet. I en av prøvekassetene ble det funnet mye mer treffis enn i de andre kassetene. Det er usikkert hvordan dette har skjedd, men prøvekassetten har antageligvis kommet for nærme trestøvet fra kappingen. Underveis i måleperioden, etter å ha observert og tatt flere direktemålinger, var det tydelig at støveksposeringen hos stålarbeiderne lå på et generelt lavt nivå. Dette hvis eksponeringen sammenlignes med målinger fra de andre arbeidsoppgavene. Direktemålinger som er gjort i rommene hvor stålarbeid foregikk viser verdier på rundt 1 mg/m^3 , se figur 6.5.



Figur 6.5: Støveksposering ved stålarbeiderne.

6.3 Gipsarbeiderne

Gipsarbeidere var den største arbeidsgruppen, sammenlignet med isolatører og stålarbeidere. Arbeidet med gipsplatene bestod i å kutte til og finjustere, for så å spikre platene fast til vegger og tak. Det ble observert at for hver gang en arbeider løftet opp en plate for å snu den eller justere på hvordan den lå, virvlet det opp mye støv fra arbeidsbenken der gipsplatene lå. Figur 6.6 viser støveksposeringen ved en slik arbeidsstasjon i løpet av 15 minutter der de fleste målepunktene ligger mellom 1 mg/m^3 og 4 mg/m^3 . Kuttingen av gipsplatene skjedde omtrent tre meter fra måleren.



Figur 6.6: Støveksponering ved en av arbeidsstasjonene til gipsene.

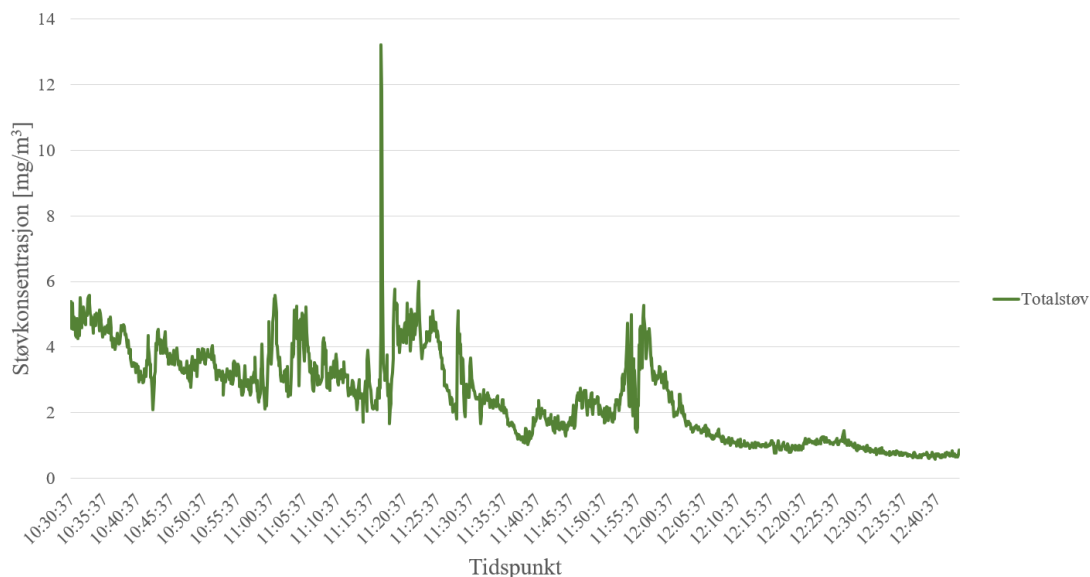
Det var mye gipsstøv og større gipsbiter på gulvet rundt disse arbeidsstasjonene, se figur 6.7. På dette bildet har det trolig blitt svabret søppel og støv under arbeidsstasjonen for å få det ut av veien. Dette ble etterhvert dratt utover igjen av andre arbeidere når de beveget seg i området.



Figur 6.7: Arbeidsstasjon med gipsing (eget bilde).

For å lage hull i gipsplatene for stikkontakter, lysbrytere og lys, ble det benyttet et elektrisk bor. Dette ble utført av gipsarbeiderne. Slike hull ble boret både i vegg og i tak. Når det ble boret i taket eller høyt opp på veggen var det mye gipsstøv som drysset ned på arbeideren, og

for å unngå innpust av dette støvet var det viktig å ikke stå rett under. En annen kilde til stor støveksposering var spikring av gipsplatene nede ved gulvet. Her ble det observert at arbeiderne ofte satte seg ned på knærne og bøyde seg helt ned mot gulvet for å få montert gipsplatene riktig. Figur 6.8 viser støveksposeringen i et rom i en tidsperiode på litt over to timer, hvor det ble montert gipsplater av en tømmer. Arbeideren tok lunsjpause klokken 12, derav lavere verdier etter dette og mot slutten av målingen.



Figur 6.8: Støveksposering ved montering av gipsplater.

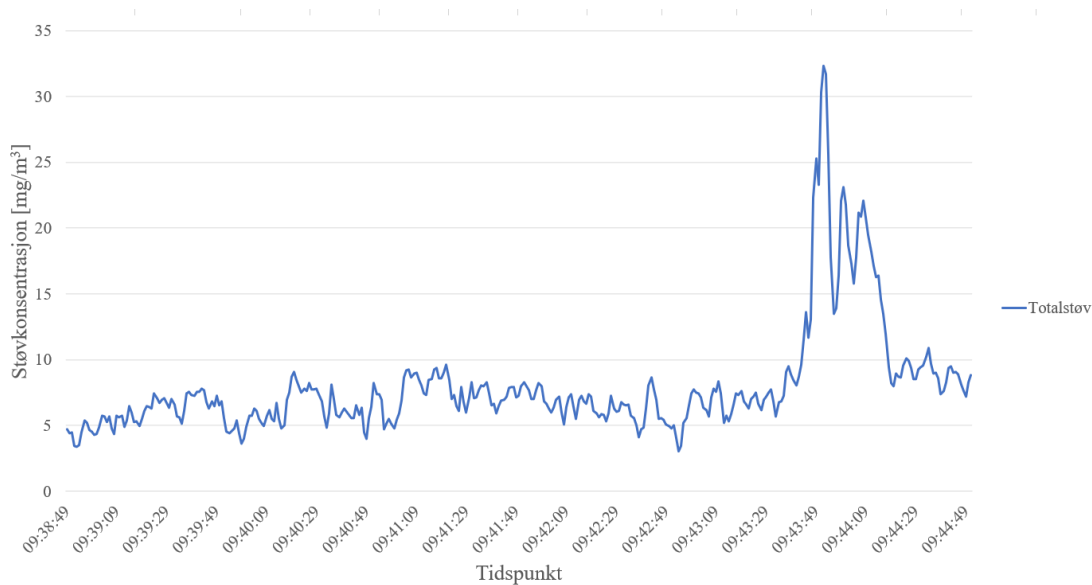
En av gipsarbeiderne påpekte at svabringen var en av hovedgrunnene til at det ble dårlig luftkvalitet der han arbeidet. Hver gang han skulle svabre åpnet han vinduer eller verandadører i hver sin ende av rommet for å få gjennomtrekk. Han sa han pleide å svabre arbeidsområdet sitt ved slutten av arbeidsdagen. Han uttrykte at det er mye støv på byggeplassen, og mente å støvsuge oftere ville være et godt tiltak. En annen gipsarbeider fortalte at Veidekke som entreprenør har et bedre nivå på ryddingen på byggeplassen enn hva han tidligere hadde erfart. Han syntes det var godt organisert at stålviller ble støvsugd og ryddet før han startet med gipsing av vegger. Det var likevel mulig å se mye støv ved spikring av gipsplaten nede ved gulvet.

6.4 Generelle observasjoner

Det ble fortalt at hovedregelen var at alle skulle rydde opp etter seg ved ferdigstilt arbeid. I noen områder var det tydelig at det ikke var ryddet, mens det andre steder var det. Det er viktig å få frem at det ikke ble gjort observasjoner helt på slutten av arbeidsdagen da det var nødvendig å være tilgjengelig ved tilbakelevering av sekkene med det personbårne måleutstyret. Dette gjorde det vanskelig å observere oppryddingen på byggeplassen ved endt arbeidsdag. Likevel var det tydelig dagen etter at det var områder det fortsatt var mye søppel og støv fra dagen før.

I et område ble det blant annet observert veldig mye støv på gulvet fra gipsarbeid som ble dratt utover fordi det var mange som arbeidet i samme område. I tillegg var mye utstyr og materialer

plassert utover gulvet. Hver gang noe ble flyttet på og satt ned på gulvet igjen var det mye støv som virvlet opp. Figur 6.9 viser støveksponeeringen i dette området, også kalt maksrommet på grunn av de høye verdiene. Verdiene ligger generelt mellom 5 mg/m³ og 10 mg/m³. Målingen ble tatt mens ventilasjonsarbeid og gipsarbeid foregikk. Det ble notert at målingene gav utslag når sekker med søppel ble flyttet på i nærheten av måleren.



Figur 6.9: Støveksponeering i maksrommet.

På slutten av uken med normale forhold var den første timen av arbeidsdagen satt av til å rydde og svabre. Ifølge arbeiderne ble dette gjort sjeldent, omtrent en gang i måneden. Tømrerne var selv usikre på om de burde bære måleutstyret på starten av denne dagen, da denne arbeidsoppgaven kanskje ikke var regnet som representativ for eksponeringen på fredager. Det ble avgjort at de skulle ha på seg de personbårne prøvetakerne fra starten av dagen. Det ble observert at mye søppel ble fjernet, for eksempel ryddet person A søppel ut av bygget og inn i heisen for så å få kastet det i konteinerne.

I uken der ekstra rengjøringstiltak var satt inn, var det en tydelig forskjell fra den første uken i enkelte etasjer. Det var litt uklart hvilke etasjer som hadde blitt rengjort og den første mandagen ble to totalstøvmålinger utført i områder hvor det ikke var blitt utført ekstra rengjøring. Disse målingene ble i etterkant vurdert ugyldige for uken med rengjøring. Noen av arbeiderne ble spurt om det var en merkbar forskjell mellom de to ukene. En arbeider svarte at han merket at det var mindre støv i luften. En annen arbeider som arbeidet med gips la merke til at mye av søppelet var fjernet fra gulvet, men at det fortsatt var mye støv på gulvet.

Ifølge en funksjonær på prosjektet var betongstøv en større utfordring i parkeringskjelleren ved byggetrinn C, sammenlignet med der tømrerne arbeidet. Dette ble observert da robotstøvsugeren ble testet i dette området. Parkeringskjelleren var under blokkene C1, C2 og C3. Funksjonæren fortalte at det var satt inn ekstra rengjøringstiltak for å bedre arbeidsatmosfæren der.

Prosjektleder ønsket at rydding og støvsuging skulle gjøres hver andre uke. Det ble sett støvsugere som var plassert ut i bygget, men de ble aldri sett i bruk, og det var tydelig at noen støvsugere ble stående uten å bli brukt fordi støv samlet seg rundt dem. Enkelte av arbeiderne kan derimot ha brukt dem ved endt arbeidsdag eller når de skulle videre til et nytt arbeidsområde. Mange svabret gjerne rommene etter at de var ferdige, men la det gjerne bare i hauger under bukker eller også midt på gulvet. Dette førte ofte til at det ble spredd utover gulvet igjen. I løpet av perioden ble det også observert vanlige feiekoster på byggeplassen, dette er det egentlig forbud mot.

Flere av arbeiderne sa at støveksposeringen er lavere på prosjekter med Veidekke som hovedentreprenør, fordi det er ryddigere og bedre organisert, sammenlignet med tidligere arbeidsgivere. Flere av arbeiderne har arbeidet i byggenæringen i andre land og hadde dårligere erfaringer derifra.

En faktor som kan påvirke støvmengden som fanges opp av kassetten er sigarettøyk. Omtrent halvparten av tømmerne målingene ble utført på ble spurt om de røyker, og samtlige svarte nei. Enkelte svarte at de hadde røyket tidligere, men at de hadde sluttet for flere år siden. Det ble heller ikke observert at noen gikk ut for å røyke eller var eksponert for sigarettøyk, men det kan ha skjedd. Uansett ville den perioden ha vært kort.

7 Feilkilder

I en slik studie er det nødvendig å være klar over feilkildene som kan oppstå og påvirke resultatene. I dette kapittelet presenteres relevante feilkilder for denne studien. Først vurderes feilkilder relatert til utførelse og prøvetakingsstrategi, og videre vurderes analysemetoden.

Den valgte prøvetakingsmetoden som vektlegges i størst grad i denne studien er personbårne målinger. Denne prøvetakingsmetoden er best egnet for å beregne tømrrernes eksponering (Arbeidstilsynet, 2008), og burde derfor være den metoden som gir mest representative resultater med tanke på de valgte problemstillingene. Det er også blitt benyttet direktevisende måleutstyr, men kun for å støtte opp under observasjoner som er gjort. Feilkildene knyttes opp til utførelse av begge prøvetakingsmetodene.

Feilkilder relatert til utførelse og prøvetakingsstrategi:

- Valg av grenseverdier og målefraksjon. Dette diskuteres nærmere i kapittel 8.
- Det kan ha oppstått uoppdagede prøvetakingsfeil som fluktasjon i flowen eller at det er gjort kalibreringsfeil av utstyret. Dette har aktivt vært prøvd unngått ved å sjekke flow ved starten og slutten av målingene.
- Tømrrerne målingene ble utført på ble bestemt av arbeidslederen hos underentreprenøren, og ble valgt ut basert på om de var tilgjengelige og hadde lyst. Det førte til at det ofte var de samme tømrrerne målingene ble utført på. Dette diskuteres nærmere i kapittel 8.
- Måten prøveutstyret er plassert på tømrrerne kan ha vært litt varierende. Sekkene ble ikke brukt av de samme tømrrerne hver dag, og det kan derfor ha vært litt unøyaktigheter i hvor kassetten var med tanke på avstand fra pustesone. Dette ble forsøkt justert så godt som mulig hver dag.
- Det var utfordrende å finne en god måte å utføre de direktevisende målingene på. Viktige faktorer var ønsket om å ikke forstyrre arbeideren, at smittevern måtte ivaretas og at en god plassering for representative målinger var vanskelig å finne.
- Kommunikasjonsproblemer i forbindelse med informasjonsinnsamling i løpet av måleperioden. Arbeidsspråket var stort sett engelsk, men det var ikke alle som behersket engelsk (eller norsk). Flere benyttet derfor hverandre som tolk. Dette gjorde det vanskelig å gjøre seg forstått og svarene fra tømrrerne på spørsmål som ble stilt var ikke alltid utdypende. Det kan derfor ha oppstått misforståelser.

Feilkilder relatert til analysemetode:

- Analysen av prøvene er utført på et laboratorium. Sannsynligheten for store feil skal dermed være liten. Det kan derimot ha blitt gjort gale vektbestemmelser eller feiltelling av fiber. Laben ga beskjed om at det var mye støv og partikler avsatt på filterne for fiber som påvirket tellingen. Dette kan ha resultert i at noen av de minste fibrene ikke har blitt telt med.

- Det kan ha vært gjort mindre regnefeil. Utrekningene utført på laboratoriet ble derimot dobbelsjekket.
- Kassetene har blitt flyttet en del på, og blant annet blitt sendt i posten. Det var derfor viktig at blindfiltre var med på hele reisen, for å kunne bruke disse til å sjekke om filtrene har vært påvirket av for eksempel temperaturforandringer. Dette skal derfor være en feilkilde som har blitt tatt hensyn til.
- Ved validering av målingene ble noen målinger valgt å ekskluderes. Det var to av målingene som ble utført i feil område i uken med ekstra rengjøringstiltak. Det ble vurdert om disse verdiene kunne representere målingene utført under normale arbeidsforhold. Det ble bestemt å ikke inkludere dem ettersom målingene ikke var godt nok observert og derfor usikkert hvor representative de var.
- Den valgte prøvetakingsstrategien var å utføre minst seks målinger per SEG. For denne studien opplevdes dette som for få målinger fordi datagrunnlaget ble lite for den statistiske analysen. Derfor anbefales det å planlegge utførelse av flere målinger enn seks per SEG ved en ny studie, for å kunne ha nok data for å gjøre en mer omfattende statistisk vurdering.

8 Diskusjon

I dette kapittelet vurderes resultatene opp mot observasjonene og teorigrunnlaget, for å besvare forskningsspørsmålene. Først diskuteres vurderingen av SEG. SEG har ikke en direkte tilknytning til forskningsspørsmålene, men er en viktig vurdering for den videre analysen av resultatene og samtidig en sentral del i yrkeshygieniske kartlegginger. Deretter diskuteres resultatene for forskningsspørsmålene og knyttes opp mot forutsetninger som kan ha påvirket resultatet. Punkter som vil tas i nærmere betraktning er sannsynligheten for statistiske feil, vurdering av rengjøringsiltakene som ble innført, valg av støvfraksjon og vurderingen av om grenseverdiene gir god nok beskyttelse for tømmerne helse. Smedbold et al. (2021) presiserer viktigheten av å bruke kunnskap og observasjoner i vurderingen av resultatene. Gjennom diskusjonen vil det derfor legges vekt på verdien av observasjonene som ble gjort i løpet av måleperioden og hvordan disse kan påvirke måleresultatene.

8.1 Vurdering av SEG

For at det skal være mulig å sammenligne målingene som er utført, må de være i samme SEG. Vurderingen av om målingene befinner seg i samme SEG krever, i tillegg til statistiske vurderinger (ved flere enn seks målinger), observasjon av arbeidsoppgave og yrkeshygienisk erfaring (Standard Norge, 2019). For resultatene som fremkommer er det svært viktig at målingene er vurdert til å være i samme SEG. Dersom dette ikke er tilfellet vil ikke resultatene nødvendigvis kunne ansees som gyldige.

Det ble ikke gjort observasjoner av arbeiderne før måleperioden startet, og valg av SEG baserte seg derfor på informasjon om arbeidsoppgavene fra prosjektleder. Arbeidsoppgavene til tømmerne, beskrevet i delkapittel 4.2.3, var veldig like fra dag til dag. Det gjorde at det, ved hjelp av informasjon fra prosjektleder, var relativt enkelt å gruppere de ut fra arbeidsoppgaver. Videre står det i NS-EN 689 at eksponeringsprofil og varigheten av oppgavene gjennom året må være sammenlignbare for at målingene skal være i samme SEG (Standard Norge, 2019). Under måleperioden ble det gjennom observasjon bekreftet at arbeidsoperasjonene utført av tømmerne innen hver arbeidsoppgave var veldig like. Tømmerne hadde også gjort de samme arbeidsoppgavene elleve måneder før målingene ble utført, og skulle holde på i to måneder til.

Til tross for at det viste seg at arbeidsoppgavene kunne ansees som sammenlignbare, hadde det vært en fordel å observere tømmerne før måleperioden. Det hadde gitt et bedre bilde av måleområdet, og er samtidig en sentral del av den innledende undersøkelsen (Arbeidstilsynet, 2020d). Det anbefales derfor å besøke måleområdet før samme dag målingene skal utføres, spesielt dersom det kan være vanskelig å orientere seg i bygget. Videre hadde det vært lettere å prioritere hvilke oppgaver som var viktigst å utføre målingene på. I denne studien ble det i løpet av måleperioden vurdert at det var mest interessant å utføre målinger på gipsarbeiderne og isolatørene da det var merkbart at stålarbeiderne hadde et lavere eksponeringsnivå.

I tillegg til vurderingen fra observasjoner, ble SEG også vurdert med log-sannsynlighetsplott. Disse ligger i vedlegg E. I NS-EN 689 står det at det må gjøres en vurdering på om log-sannsynlighetsplottene viser tendenser til at den valgte SEG bør deles i flere SEGer. De fleste arbeidsoppgavene så ut til å være log-normal fordelte, og det skal derimot mye til før hypotesen om log-normal fordeling i yrkeshygienisk sammenheng kan forkastes (Smedbold et al., 2021). Log-sannsynlighetsplottene viste at det er ved totalstøvmålingene på arbeidsoppgaven isolasjon at det er størst usikkerhet rundt SEGen. Dette er fordi en av verdiene for isolasjon under normale forhold, tabell 5.1, skiller seg ut ved å være lavere enn de andre. Denne ligger på $1,3 \text{ mg/m}^3$.

Målingen på $1,3 \text{ mg/m}^3$ ble tatt fredagen under normale forhold som er den korteste dagen, i tillegg til at det denne fredagen ble utført ekstra rydding ved starten av dagen. Som beskrevet i delkapittel 6.4 blir denne ekstra ryddingen, ifølge arbeiderne, sjelden gjort. De var derfor usikre på om de burde gå med målerne ved starten av dagen ettersom den kanskje ikke var representativ for en generell fredag. Det ble avgjort at arbeiderne likevel skulle ha på seg måleren; denne avgjørelsen var basert på at det var praktisk enkelt, i tillegg til at det var vanskelig å si der og da hva som ville vært best å gjøre. Isolatør A, som den lave målingen tilhører, bar blant annet ut søppel og oppholdt seg derfor en del ute av bygget ved starten av dagen. Det er vanskelig å si om dette kan ha hatt en innvirkning på resultatet, men likevel viktig å si noe om som en mulig faktor ettersom det faktisk ble observert en endring denne arbeidsdagen. Til tross for at verdien skiller seg ut, vurderes isolatørene fortsatt til å være i samme SEG.

8.1.1 Mellom- og innad-arbeider variabilitet

Mellom- og innad-arbeider variabilitet er to faktorer som kan komplisere vurderingen av SEG (Standard Norge, 2019). Videre kan de også ha en påvirkning på støveksposeringen og resultatene på om det er en signifikant forskjell mellom normale arbeidsforhold og etter ekstra rengjøring.

Variabilitet mellom arbeiderne vil si at to arbeidstakere ikke nødvendigvis utsettes for den samme eksponeringen (Standard Norge, 2019). Individuelle måter å utføre arbeidsoppgavene på, er en slik variabilitet. Dette kan for eksempel ha bidratt til at eksponeringen for arbeidsoppgaven gips vises å være høyere for uken med ekstra rengjøring fremfor normale forhold, som vist i figur 5.2. Ved å se på hver enkelt måling i tabell 5.3, vises det tydelig at målingene for arbeidstaker J, generelt er høyere enn for de andre arbeidstakerne. Arbeidstaker I har utført de fleste målingene i uken med normale forhold, mens arbeidstaker J utførte de fleste i uken med ekstra rengjøring. Fra observasjonene er det sett at de arbeider med de samme arbeidsoppgavene, og de praktiske forskjellene i eksponering burde derfor ikke være store. Det er likevel verdt å nevne.

En annen mellom-arbeider variabilitet som også kan ha oppstått, innebærer omgivelsene tømmerne arbeidet i. Det var mange fag og arbeidere som arbeidet om hverandre, mens andre arbeidet mer alene uten andre støvende arbeidsoppgaver i nærheten. I delkapittel 6.1 gjøres det en beskrivelse av forskjellene i arbeidsoppgavene til isolatørene. Som nevnt tidligere, var det også denne arbeidsoppgaven det var størst usikkerhet rundt godkjenning av SEG. Arbeidstaker B arbeidet i større rom enn arbeidstaker A. Førstnevnte isolerte også yttervegger, mens sistnevnte isolerte innervegger. Arbeidstaker A hadde oftere flere andre som arbeidet rundt seg. Dette kan ha hatt

en påvirkning på om arbeiderne er i samme SEG eller ikke. Ved å se på tabell 5.1 er det derimot ikke en tydelig forskjell på hvem som har de høyeste og laveste verdiene ved totalstøvmålingene. Selv om arbeidsomgivelsene viste seg å være litt ulike blant isolatørene, vurderes de likevel til å være i samme SEG ettersom det ble observert at arbeidsoppgavene var de samme.

Den andre faktoren er innad-arbeider variabilitet. Dette innebærer at eksponeringen for én arbeidstaker varierer fra dag til dag (Standard Norge, 2019). Ut ifra hva som ble observert så det ut til at arbeidsoppgavene stort sett var like hver dag. Arbeidsmiljøet rundt kunne variere litt, men det var ikke betydelige forskjeller. De største variasjonene var antageligvis for gipsing og isolering av innervegger, der romstørrelsen arbeidet ble utført i varierte fra dag til dag.

8.2 Sammenligning av normale forhold og ekstra rengjøring

Det første forskningsspørsmålet er: *Hvordan er eksponeringsnivået for støv og fiber ved normale arbeidsforhold sammenlignet med forholdene ved ekstra innførte rengjøringstiltak?* Dette vil besvares først med utgangspunkt i både de deskriptive og statistiske resultatene. Deretter diskuteres to forutsetninger som kan ha påvirket resultatet: sannsynligheten for statistiske feil og vurderingen av rengjøringstiltakene.

8.2.1 Reduserer rengjøringstiltakene støveksposeringen?

Ved beregning av eksponeringsnivå er det vanlig i yrkeshygienisk sammenheng å gjøre en normering av måleverdiene (Arbeidstilsynet, 2020a). I vurdering av effekten av rengjøringstiltak er derimot målt støvkonsentrasjon brukt direkte uten at den normeres over referansearbeidsdag på åtte timer, se delkapittel 4.4.2. Den målte støvkonsentrasjonen er den gjennomsnittlige støvkonsentrasjonen over prøvetakingstiden, og gir derfor et mer nøyaktig mål på eksponeringsnivået. Ved å normere over åtte timer kan en risikere å miste deler av resultatet og oppleve at det ikke blir representativt i vurderingen av effekten av tiltakene. Dette er fordi det ved normering for kortere målinger gjøres en antagelse om at resten av arbeidsdagen er lik, og forskjeller i løpet av dagen kan derfor forsvinne. Ved å ikke normere blir dette unngått, samtidig som det ved observasjon er bekreftet at målingene er representative for hele arbeidsdagen ettersom dagene var veldig like. Ved prøvetakingstider som er lengre enn referansearbeidsdagen på åtte timer vil den normerte verdien overestimere eksponeringsnivået. Det vil derfor være mer riktig å bruke den målte støvkonsentrasjonen direkte i vurderingen av eksponeringsnivåene.

Det første forskningsspørsmålet baserer seg på om rengjøringstiltakene innført den andre uken har redusert eksponeringen for støv hos tømmerne. De statistiske vurderingene fra t-testingen for samtlige arbeidsoppgaver og fiber viste at det ikke er en signifikant forskjell mellom normale forhold og etter ekstra rengjøring. Det er da benyttet et signifikansnivå på 0,05, ettersom det er mest vanlige å bruke (Pallant, 2011).

I figurene 5.2 og 5.3 illustreres resultatene grafisk. T-testingen gav ingen statistisk signifikans, og dette bekreftes også av den grafiske fremstillingen ved at aritmetisk gjennomsnitt og standardavvik for normale forhold og ekstra rengjøring overlapper i stor grad for samtlige

arbeidsoppgaver. Gjennomsnittet viser derimot tendenser til endringer. Måledataene for totalstøv viser at den største nedgangen i gjennomsnitt fra normale forhold til etter ekstra rengjøring, er for arbeidsoppgaven isolasjon. Her er nedgangen på 10%. Samtidig er spredningen i målingene liten, som vil si at denne nedgangen ikke nødvendigvis er betydelig, se figur 5.2. Stål har kun en nedgang på 4% som da sannsynligvis kan sees på som en tilfeldighet. For gips har det vært en *økning* på 31% fra normale forhold til ekstra rengjøring, men det er også denne arbeidsoppgaven som har den største spredningen i måledataene ($SD=2,77$ og $SD=2,33$). Som vist på figur 5.2, gjør standardavviket usikkerheten stor og det kan antas at det derfor egentlig ikke er en forskjell. For fiber er det en *økning* på 10% fra normale forhold og etter ekstra rengjøring, se figur 5.3. Ettersom verdiene er veldig lave gir denne økningen lite utslag. Spredningen i måledataene er omtrent helt like ($SD=0,009$ og $SD=0,010$) og ganske store i forhold til måleverdiene. Dette tyder derfor på at forskjellen mellom normale forhold og etter rengjøring antageligvis kan utelukkes, både for totalstøv og fiber.

Ved hjelp av en toveis ANOVA ble det sjekket hvordan rengjøring og arbeidsoppgave sammen påvirker eksponeringen for totalstøv, se tabell 5.8. Det ble funnet at det er en signifikant forskjell mellom arbeidsoppgavene, altså vil det ha noe å si for eksponeringen hvilken arbeidsoppgave som blir gjort. Dette vises også i figur 5.2, der det er stor forskjell i eksponering mellom arbeidsoppgavene gips og stål. Det er derimot ingen signifikant forskjell i rengjøring, slik som t-testene også viste. Det er heller ikke en signifikant forskjell i hvordan arbeidsoppgave og rengjøring påvirker eksponeringen sammen. Det tyder på at effekten av rengjøringen ikke endrer seg basert på hvilken arbeidsoppgave som utføres.

8.2.2 Vurdering av resultatet

De deskriptive og statistiske resultatene viser at rengjøring ikke vil redusere eksponeringen. Rent intuitivt gir ikke dette resultatet mening, og det er derfor nødvendig å diskutere hvorfor resultatene er slik og om det kan stemme i praksis. Det blir trukket frem to hovedforutsetninger for diskusjon. Disse er sannsynligheten for statistiske feil og vurdering av rengjøringstiltakene fra hva som ble observert i løpet av måleperioden.

8.2.2.1 Sannsynligheten for statistiske feil

Ifølge Smedbold et al. (2021) bør det, ved et lite datagrunnlag, gjøres en faglig vurdering av resultatene og dermed at det ikke stoles blindt på de statistiske vurderingene. Pallant (2011) påpeker også at det er viktig å se på om det statistikken viser gir mening i praksis. Først og fremst øker sannsynligheten for statistiske feil ved valg av statistisk metode. T-test og ANOVA har visse kriterier som må være tilstede for at testen skal kunne benyttes (Pallant, 2011). Disse er i denne studien vurdert som godkjent. For det første må den avhengige variabelen være en kontinuerlig variabel, noe som gjelder i dette tilfellet. Måledataene må også basere seg på et tilfeldig utvalg, som er vanskelig i virkeligheten. Det var derimot tilfeldig hvilket prosjekt og hvilke tømmerer målingene ble utført på ettersom det ble valgt et prosjekt som var i riktig fase til riktig tid. Kriteriet ansees derfor som oppfylt.

Videre må det kunne gjøres en antagelse om at måledataene er normalfordelte og at variansen mellom hver av utvalgene er like (Pallant, 2011). Teorien om yrkeshygieniske data sier at måledataene stort sett er log-normalfordelt (Arbeidstilsynet, 2020e; Austigard & Smedbold, 2018; Smedbold et al., 2021). Utvalget for isolasjon var ikke log-normalfordelt ved normale forhold, men det gjøres en antagelse om at det hadde vært det ved et større datagrunnlag. Denne antagelsen kunne ført til feil statistisk resultat, men ingen av p-verdiene var i grenseland mot å gi et signifikant resultat, se tabell 5.5, og det ansees derfor som en gyldig vurdering.

Når det gjelder varians, så tar SPSS automatisk hensyn til om variansen er lik eller ulik via Levenes test. Siden metoden også er robust dersom variansen ikke er lik, ble det ikke lagt stor vekt på dette. Det siste kriteriet er at målingene ikke må bli påvirket av andre faktorer, altså må de være uavhengige av hverandre (Pallant, 2011). Flere arbeidere har arbeidet i samme område, og målingene har derfor blitt påvirket av støv fra andre arbeidere, men dette kan ikke regnes som feil ettersom det er slik arbeidet gjøres. Det er generelt lite sannsynlig at målingene har blitt påvirket av faktorer som ikke bør være en del av målingene. Videre gav ikke tømmerne uttrykk for at det var et problem å ha på seg måleutstyret, heller ikke ved direkte spørsmål om dette.

Det bør også gjøres en vurdering av feil som kan oppstå ved statistiske tester. Ved statistiske tester som t-test og ANOVA er det, ifølge Pallant (2011) to typer feil som kan oppstå; disse er type-1 feil og type-2 feil. Som sagt viser samtlige t-tester og ANOVA for totalstøv og fiber at det ikke er en signifikant forskjell for rengjøring. Det kan derfor vurderes om en type-2 feil kan ha oppstått, der nullhypotesen bekreftes der den egentlig skal forkastes. Kunne resultatene egentlig vært signifikant ulike?

Pallant (2011) nevner lite utvalg som en faktor som kan føre til type-2 feil. I denne studien har hver SEG få målinger, og kan derfor ha forårsaket en type-2 feil. For å veie opp for få målinger kan signifikansnivået justeres til 0,10. Resultatet blir derimot det samme, og det er fortsatt ingen signifikant forskjell ved totalstøv- og fibermålingene på grunn av høye p-verdier, se tabellene 5.7 og 5.10. Det er samtidig viktig å huske på at når det tas hensyn til en type-2 feil øker sjansen for å gjøre en type-1 feil (Pallant, 2011). Vurderingen av type-2 feil gir ingen forskjell i vurderingen og det er derfor ikke sannsynlig at en type-2 feil forekommer, og dermed at resultatene som forekom fra t-testene og ANOVA stemmer. Det bekreftes av de deskriptive resultatene at de innførte tiltakene ikke så ut til å ha en effekt.

8.2.2.2 Vurdering av rengjøringstiltakene

Veidekke følger RTB-filosofien, som vil si at retningslinjene skal følges også under normale arbeidsforhold. RTB skal sørge for et arbeidsmiljø som ikke utgjør en helsefarlig risiko for arbeiderne, og ifølge RIF (2007) er det flere positive gevinster ved å følge disse retningslinjene. Fra et praktisk synspunkt er det en selvfølge at rengjøring skal gjøre støveksponeringen lavere, dersom rengjøringen er god nok. Diskusjonen rundt rengjøringstiltak gjøres basert på hva som ble observert i løpet av måleperioden både under normale forhold og etter ekstra rengjøring.

I delkapittel 2.2.1 beskrives retningslinjene som gjelder for RTB-filosofien. Retningslinjene som gjelder for alle renholdssonene i en byggeprosess er at avfall og overflødige materialer skal

fjernes og at bruk av feiekost er forbudt (RIF, 2007). Som beskrevet i kapittel 6, var det flere arbeidere som oppgav at de opplevde Veidekke sine prosjekter som ryddigere enn prosjekter med tidligere arbeidsgivere. Det ble likevel observert tidvis mye avfall og overflødige materialer rundt i bygget, men dette varierte.

Målingene ble utført i lukket bygg, og det er da flere retningslinjer som kommer i tillegg. Disse er presentert som retningslinjer for gul renholdssone i delkapittel 2.2.1. Retningslinjene innebærer avslag på støvproduserende verktøy, støvsuging, at fag skal rydde opp ved ferdigstilt arbeidsoppgave, at vinduer og dører skal være lukket og at det er en renholdsentreprenør som rengjør etter avtale (RIF, 2007). Det ble ikke observert at de støvproduserende verktøyene hadde avslag eller oppsamlere. Dette gjaldt for eksempel kapp- og gjærsagen benyttet til å kappe treverk, hvor det gjerne ble liggende mye trestøv under sagen. Ved arbeidsstasjonen for tilpasning av gipsplatene var det heller ingen avslag for å unngå at gipsstøvet havnet på gulvet ved raspingen. Denne arbeidsoperasjonen var en betydelig kilde for støv. Det samme gjaldt for arbeidsstasjonen til isolatørene hvor isolasjonen ble kuttet opp, der det heller ikke var avslag for å fange opp fiber og støv.

Videre var det støvsugere tilgjengelig på byggeplassen, men det ble ikke observert at de var i bruk. Det kan derimot ikke sies med sikkerhet at de aldri ble det. Hvert fag skal i utgangspunktet rydde og støvsuge etter egne arbeider, men det var flere av arbeiderne som mente at det var et problem at andre fag ikke ryddet opp etter seg. Det ble også observert at det var nokså individuelt hvordan arbeiderne ryddet opp etter seg i de ulike delene av bygget.

Vinduer og dører skal, ifølge RTB-filosofien, i hovedsak være lukket, men det var flere steder gjennomtrekk fra åpne dører og vinduer på grunn av mangel på annen ventilasjon. I flere av de små rommene uten mulighet for utlufting, var det veldig støvete. Det opplevdes derfor som nødvendig å åpne dører og/eller vinduer for å opprettholde en grei arbeidsatmosfære der det var mulig, spesielt under svabring. Det virket derimot som om tømmerne var klar over at dette egentlig ikke skulle gjøres. At dette likevel var nødvendig kan ha en sammenheng med at opprydning ikke aktivt ble opprettholdt av arbeiderne og støv derfor samlet seg opp fra dag til dag.

Den andre uken i måleperioden ble det innført ekstra rengjøringstiltak. Generelt kan det være komplekst å gjøre dette på et slikt byggeprosjekt der forholdene er varierende og ulike. Det vil derfor kreve god planlegging for å oppnå ønsket resultat, og det kan tenkes at innføringen av rengjøringstiltak ble undervurdert. Det var utfordrende å finne et prosjekt som var i den korrekte byggefasen, og det utvalgte byggeprosjektet fikk i underkant av to uker til planleggingen av rengjøringstiltakene. Antageligvis bør rengjøringstiltakene være diskutert allerede i prosjekteringsfasen, slik at det blir en naturlig del av prosjektet. Dette fordi organisatoriske faktorer slik som opplæring og ansvarsfordeling bør være på plass tidlig. Det ble derimot gjort det som var mulig å få til i løpet av den relativt korte planleggingsperioden, og alle parter gjorde det de kunne innenfor de gitte rammene.

Rengjøringstiltakene som ble innført er beskrevet i delkapittel 4.3.4, og innebar at det ble utført ekstra rengjøring før starten av uken av en renholdsentreprenør og at det ble det kjøpt inn svaber, slik at alle arbeiderne skulle ha en tilgjengelig. Det gjorde det mulig å unngå bruk ved feiekost,

som ikke skal benyttes ifølge RTB-filosofien (RIF, 2007). Det kan likevel også diskuteres hvilken innvirkning svabringen har for støveksposeringen, da det ble påpekt at svabring etter endt arbeidsdag var en av de mest støvende aktivitetene i løpet av arbeidsdagen. Uttalelsen stemmer også overens med studien utført av Spee et al. (2007) der det ble funnet svært høye verdier ved svabring. Verdiene lå mellom 8,0 og 56,1 mg/m³. Om disse verdiene kan sammenlignes med eksponeringsnivået ved svabring for denne studien er vanskelig å si da det ikke ble tatt målinger rettet kun mot svabring.

I tillegg til de beskrevne rengjøringsiltakene over, fikk tømmerne beskjed om å være enda mer påpasselige med å rydde opp etter seg ved fullført arbeidsoppgave. Det viste seg derimot at rutine blant tømmerne og forholdene gjennom uken var ganske like som uken ved normale arbeidsforhold. Eksempler på det er at det fortsatt ble observert åpne vinduer og dører, og heller ikke avsug eller oppsamler for støvproduserende verktøy. Det kan settes spørsmålstegn ved om arbeiderne på prosjektet var godt nok informert om formålet med studien, og om de var motiverte til å legge ned en ekstra innsats for å opprettholde et høyere renholds nivå i bygget enn ved normale forhold. En forklaring kan også være at det i mange tilfeller var vanskelig å kommunisere med tømmerne, da det var et fåtall som snakket norsk og ikke alle som snakket godt engelsk. Videre var det flere fag enn tømmerere som arbeidet på byggeplassen i løpet av måleperioden. Fagene tilhørte andre underentreprenører, og holdt på med andre støvproduserende aktiviteter. Hvordan disse ryddet opp etter seg hadde også en påvirkning, og det er uvisst om disse fikk beskjed om å rydde ekstra slik tømmerne fikk.

Det er viktig å få frem at arbeidsoppgavene i seg selv kan være støvproduserende, og at eksponeringen i så fall ikke påvirkes av rengjøringen i like stor grad. Resultatene fra toveis ANOVA viste at effekten av rengjøringen ikke varierte mellom oppgavene, men observasjonene viste derimot det motsatte. For eksempel ble isolatører fremdeles eksponert for fiber ved kutting og montering, uavhengig av innførte rengjøringsiltak. Det vil i større grad heller påvirke neste tømmer ved samme arbeidsstasjon om isolatøren ikke har ryddet opp etter seg. Basert på observasjon av arbeidsoppgaver så det ut til at det var gipsarbeiderne som utførte de mest støvproduserende aktivitetene, ettersom de tilpasser og kutter gipsplater. Til sammenligning ble stålarbeiderne heller påvirket av hvor rengjort området var fra før.

Det kan diskuteres om RTB-filosofien kan integreres enda bedre i prosjektet. Dette begrunnes med observasjonene og samtalene med tømmerne. Arbeidsstedet var ofte ikke ryddet og støv fra tidligere aktiviteter ble liggende, og det kan vurderes om det derfor er nødvendig med et større fokus på en felles "ryddekultur". En god kultur tar lang tid å skape, men er nødvendig dersom arbeiderne skal ta ansvaret for rengjøringen selv. Om denne endringen ikke skjer må eksterne aktører tildeles ansvaret. Ved oppfølging av renhold oppnås det ikke kun en reduksjon av støveksposering. Et bedre reglement og utførelse av renhold forbedrer "alt" på en byggeplass. Gevinsten av å ha en ren og ryddig byggeplass er mange, og det vil også bidra til økt arbeidseffektivitet (RIF, 2007).

8.2.3 Hva er den viktigste forutsetningen for tolkning av resultatet?

Det har blitt diskutert to forutsetninger til hvorfor resultatene viste at det ikke var en signifikant forskjell. Det kan videre gjøres en vurdering av hvilke av forutsetningene som mest sannsynlig har hatt størst påvirkning på resultatene. Det vil alltid være en sannsynlighet for statistiske feil, både ved valg av metode og at det fremkommer feil konklusjon. I dette tilfellet er det derimot størst sannsynlighet at rengjøringsrutiner og rammene rundt innføring av rengjøringstiltak ikke var tilstrekkelig, og dermed har hatt størst effekt på resultatet. Det er rimelig å gå ut ifra at rengjøringstiltak skal ha en effekt på støveksponeringen, og ved tidlig og god nok planlegging vil det mest sannsynlig det.

8.3 Vurdering av eksponering opp mot grenseverdier

Det andre forskningsspørsmålet er: *Hvordan er eksponeringsnivået for støv og fiber sammenlignet med Arbeidstilsynets grenseverdier?* I dette delkapittelet fremlegges først et svar på om Arbeidstilsynets grenseverdier overskrides for hver enkelt arbeidsoppgave og fiber. Deretter diskuteres to forutsetninger som kan ha påvirket resultatet: valg av støvfraksjon i denne studien og om grenseverdiene gir god nok beskyttelse for tømmerens helse.

8.3.1 Overskrides grenseverdiene?

I vurderingen av om eksponeringsnivået overskrider Arbeidstilsynets grenseverdier diskuteres hver arbeidsoppgave for hver uke. Diskusjonen baserer seg på resultatene presentert i tabellene 5.11 og 5.12. Grenseverdiene er 10 mg/m^3 for sjenerende støv (totalstøv) og 1 fiber/cm^3 for mineralull. Veiledningene fra YH-regnearket, som baserer seg på regelverket til Arbeidstilsynet, benyttes for vurdering av om eksponeringen er akseptabel.

Som beskrevet i delkapittel 3.3.1, skal det tas med reduksjonsfaktor på grenseverdien dersom arbeidsuken er lenger enn 40 timer (Arbeidstilsynet, 2021b). Tømmerne arbeidet 40,5 timer, og ettersom det kun er en halv time mer, ble den utregnede reduksjonsfaktoren 0,98. Arbeidstilsynet (2020b) skriver at grenseverdiene ikke må oppfattes som skarpe grenser mellom hva som er farlig og ufarlig, og reduksjonsfaktoren ville derfor ikke hatt noe for seg i dette tilfellet. Det var heller ingen av vurderingene eller veiledningene fra YH-regnearket (Smedbold et al., 2021) som ved inkludering av reduksjonsfaktoren endret anbefalt veiledning. Ettersom det utgjør en minimal forskjell for grenseverdiene, ble ikke reduksjonsfaktoren tatt med i vurderingen for om eksponeringsnivået overskrides og grenseverdiene beholdes som de er.

Isolasjonsarbeid

Ved normale forhold, viser veiledningen fra YH-regnearket at en faglig vurdering er nødvendig, fordi forutsetningene for en statistisk vurdering ikke er tilstede. Dette er fordi måldataene ikke er log-normalfordelt, men som diskutert tidligere kan det likevel antas at de er det. YH-regnearket antar også log-normal fordeling ved færre enn ti målinger (Smedbold et al., 2021). Som diskutert i delkapittel 8.1 er det én verdi som skiller seg ut fra de andre målingene og

dermed gjør spredningen i måledataene høy. Det kan derimot ikke forsvares å ekskludere denne verdien. EØK-verdien er beregnet til $8,51 \text{ mg/m}^3$, som er høyere enn forventet. Dette skjer fordi spredningen i målingene benyttes ved beregning av EØK, se likning 3.2. EØK er likevel under grenseverdien for sjenerende støv og eksponeringen kan trolig ansees som akseptabel.

I uken med ekstra rengjøring ble det kun utført fem vellykkede totalstøvmålinger som ikke er nok målinger for å utføre en detaljert undersøkelse. I teorien er det likevel mulig å regne ut EØK-verdien for isolatørens eksponering. EØK-verdien er beregnet til $4,47 \text{ mg/m}^3$, som vil si at eksponeringen trolig kunne vært vurdert som akseptabel. Det må derimot gjøres det som tilsvarer en forenklet undersøkelse (Arbeidstilsynet, 2020d), som definert av Arbeidstilsynet. Ved fem målinger gjøres derfor en sammenligning av maksverdi av måleserien og 20% av grenseverdien som er $2,0 \text{ mg/m}^3$. Dette er en mer konservativ vurdering enn beregning av EØK. Maksverdien for måleserien var $3,60 \text{ mg/m}^3$, og veiledningen fra YH-regnearket blir derfor at tiltak/detaljert kartlegging er nødvendig, fordi overeksponering ikke kan utelukkes.

Stålarbeid

For begge ukene blir eksponeringen ansett som trolig akseptabel, med EØK-verdier på $4,13 \text{ mg/m}^3$ for normale forhold og $5,60 \text{ mg/m}^3$ med ekstra rengjøring. Stål var dermed arbeidsoppgaven med lavest støveksponering av de tre arbeidsoppgavene, se tabell 5.2. Dette støttes opp av observasjonene om at det var et helt annet inneklima på disse arbeidsstasjonene. Resultatene fra de direktevisende måleinstrumentene bekreftet også dette da de ble benyttet i lokasjoner hvor stålarbeidet foregikk. Dette vises tydelig på figur 6.5 hvor måledatapunktene som ble logget ligger på et eksponeringsnivå på omtrent 1 mg/m^3 for totalstøv. Den direktevisende målingen ble tatt med fordi den vurderes som representativ for støveksponeringen ved stålarbeidet. Som nevnt i delkapittel 4.3.3 kan derimot ikke disse målingene direkte sammenlignes med målingene fra de personbårne målerne ettersom de er kalibrert ulikt.

Gipsarbeid

Ved normale forhold er veiledningen fra YH-regnearket at eksponeringen er over grenseverdi, og EØK er beregnet til å være $12,1 \text{ mg/m}^3$. Maksverdien er $10,2 \text{ mg/m}^3$, som er over grenseverdi, og det er derfor ingen tvil om at eksponeringen er uakseptabel og tiltak nødvendig. Selv om det kun er én måling som overskrider grenseverdien, vil det gjelde for hele SEGen ettersom det ikke kan utelukkes at andre i samme SEG kan utsettes for samme eksponeringsnivå.

I uken med ekstra rengjøring er verdien for EØK $16,4 \text{ mg/m}^3$. Dette er høyere EØK enn for uken med normale forhold, til tross for at denne uken ikke har verdier over grenseverdi med maksverdi på $8,70 \text{ mg/m}^3$. Spredningen i målingene for uken med ekstra rengjøring er derimot større, slik som med isolasjon ved normale forhold, som har ført til at EØK blir høy. Veiledningen her er dermed at overeksponeringen ikke kan utelukkes og det må innføres tiltak.

Fiber ved isolasjonsarbeid

Veiledningen ved beregning av EØK viser at eksponeringen trolig kan ansees som akseptabel for begge ukene. EØK-verdiene ligger på 0,05 fiber/cm³ og 0,06 fiber/cm³. EØK-verdiene for fiber ligger derfor godt under grenseverdien. Ved telling av fiberinnholdet oppgav SINTEF Norlab at det var mye støv og partikler på filtrene som antageligvis har ført til at alle fibre ikke har blitt telt med. Det kan derfor ha vært høyere eksponering enn beregnet. Ettersom EØK-verdiene var veldig lave, ville derimot eksponeringsnivået mest sannsynlig fortsatt vært vurdert som akseptabelt.

8.3.1.1 Hva Veidekke må gjøre

I figur 3.3 illustreres yrkeshygienisk kartlegging av eksponering og viser hvilke krav Arbeidstilsynet stiller ved overeksponering. Det er i denne studien utført en detaljert undersøkelse og dersom EØK er større enn grenseverdien skal det innføres tiltak. For begge ukene for arbeidsoppgaven gips overskrider EØK grenseverdien, derfor må det innføres støvreduserende tiltak slik som veiledningen fra YH-regnearket også viser. Ved stål og fiber der eksponeringen ansees som akseptabel må det ikke innføres tiltak. Som vist i figur 3.3 må det derimot gjennomføres en ny kartlegging av støv- og fibereksponeringen etter ett år eller ved endringer som kan påvirke eksponeringen.

Isolasjon ved normale forhold gir en EØK-verdi mindre enn grenseverdien, men fordi måledataene ikke er log-normalfordelte kreves det en egen faglig vurdering. Basert på at det kan antas log-normal fordeling dersom det hadde vært utført flere målinger, kan det gjøres en faglig vurdering på at eksponeringen er under grenseverdi ettersom hver enkelt måling ligger godt under. Derfor må det ikke innføres tiltak.

For isolasjon i uken med ekstra rengjøring er det kun fem målinger. Om resultatet skal rapporteres inn til Arbeidstilsynet må stegene for kartleggingen følges, se figur 3.3. Derfor er vurderingen ved en forenklet undersøkelse lagt til grunn for konklusjonen, altså at overeksponering ikke kan utelukkes og det kreves tiltak eller en detaljert undersøkelse. Det kreves kun én ekstra måling for å oppnå kravet for en detaljert undersøkelse. Om det hadde vært mulighet til å ta en ekstra måling for å få det totale antallet av seks målinger hadde det vært gjort. Eksponeringen hadde da trolig blitt ansett som akseptabel, ettersom alle målingene ligger under 4,0 mg/m³ (se tabell 5.1), som er under halvparten av grenseverdien. Det er derfor sannsynlig at den sjette målingen også ville vært på samme eksponeringsnivå. I praksis virker det også usannsynlig at denne uken skal være overeksponert ettersom isolasjonsarbeid under normale forhold ikke er det. Det ble derimot ikke utført seks målinger og resultatet blir at støveksponeringen er uakseptabel og det må innføres støvreduserende tiltak.

Det er flere typer støvreduserende tiltak som kan innføres, men ettersom det i denne studien er fokus på rengjøring vil det kun tas hensyn til dette. Eksponeringen som er beregnet fra EØK-verdiene kan regnes å være den faktiske eksponeringen tømmerne utsettes for ettersom det var veldig få som benyttet seg av støvmaske. Rengjøringen generelt og de ekstra rengjøringstiltakene som ble innført den andre uken er diskutert i delkapittel 8.2.2; rutiner og kultur rundt rengjøring

og oppfølgingen av RTB-filosofien ble diskutert sentrale forbedringspotensial for å redusere støveksposeringen.

Det kan være større fokus på viktigheten av å rydde opp etter ferdigstilt arbeid, og hvordan dette best kan gjøres for å unngå høy støveksposering. Det bør legges til rette for at det skal være enkelt, ved at det for eksempel er støvsugere med gode filtre lett tilgjengelig, slik at feiekost og svaber benyttes i mindre grad. Det kan videre settes på avsug eller oppsamlere på støvproduserende verktøy. Et tiltak byggebransjen kan se på felles er muligheten for å utvikle en robotstøvsuger som har kapasitet nok for byggestøv og som takler ulike hindringer på en byggeplass. Dette baserer seg på at det ble testet robotstøvsuger for industri som ikke fungerte godt nok på en byggeplass, se delkapittel 4.3.4.

8.3.1.2 Sammenligning med tidligere forskning

Byggebransjen er som beskrevet av Gravseth et al. (2018), en utfordrende bransje å utføre målinger på. Det er stor grad av variasjon i støveksposering, og det er vanskelig å finne sammenlignbare forhold som vil gjøre seg gjeldende for mer enn akkurat den målte situasjonen. Videre vil målingene, ifølge Smedbold et al. (2021), kun si noe om eksponeringen for de dagene de ble utført; dette ansees å være en begrensning. Til tross for at en yrkeshygieniker er klar over at det er slik, er det derimot umulig å ta høyde for alle variasjoner. Dette fordi økonomiske og praktiske hensyn spiller inn, og det er dermed sjelden at yrkeshygienikere bruker statistikk i kartleggingene (Hansen & Smedbold, 2019). Under måleperioden ble det observert hvordan forholdene innad på samme byggeplass kunne variere, og dermed komplisere kartleggingen av støveksposering. Det er derfor forståelig at den vanligste tilnærmingen er å sette inn tiltak etter føre-var-prinsippet, slik som beskrevet i delkapittel 2.3.

At det er utfordrende å utføre støvmålinger i byggebransjen har ført til mangel på forskning angående støveksposering. Det var derfor utfordrende å finne historiske data og erfaringer om støvmålinger som kunne brukes for å støtte opp under denne studien. Tidligere målinger og undersøkelser var ikke alltid like representative for støv- og fibereksposering hos tømrere i Norge. Ettersom denne studien ble utført i lukket nybygg på tre spesifikke arbeidsoppgaver, var det flere faktorer som må være tilstede for en direkte sammenligning. Fokusområder som går mye igjen i forskningen er arbeidsrelaterte luftveisplager i den yrkesaktive befolkningen, kvartseksponering (spesielt for anleggsbransjen) og asbesteksponering (ved renovering og tidligere eksponering). I tillegg kommer andre HMS-utfordringer som skader og ulykker som har mer direkte konsekvenser og er enklere å kvantifisere og relatere til arbeidsmiljøutfordringer.

To av studiene inkludert i delkapittel 3.2.3 om tidligere forskning på støvmålinger, er til en viss grad utført på samme måte som i denne studien. Det er derfor valgt å fokusere mest på disse som en del av diskusjonen i sammenligning med resultatene. Tabell 5.6 benyttes for å sammenligne med tidligere forskning, men det må påpekes at disse tallene ikke er normerte over åtte timer. Gjennomsnittet av målingene blir generelt litt høyere ved normering, men det er ikke store forskjeller.

Hanskov et al. (2015) utførte totalstøvmålinger på danske tømrere og har oppgitt resultater for gipsarbeid og isolering som er rundt halvparten av hva tabell 5.6 viser for denne studien. Ved å se på tabell 5.6 vises også at variasjonen i målingene for denne studien er større for isolasjon enn i Hanskov et al. (2015) sitt prosjekt hvor målingene varierer fra 1,3 mg/m³ til 1,8 mg/m³. Spredningen i målingene for gipsarbeid er ganske like, hvor det danske prosjektet har målinger som varierer fra 1,4 mg/m³ til 7,0 mg/m³. Det er størst variasjon i gipsmålingene, både for det danske prosjektet og denne studien. Det danske prosjektet konkluderer med at eksponeringen regnes som akseptabel for isolatørene og gipsarbeiderne. Det er vanskelig å fremheve tydelige forskjeller som gir de ulike eksponeringsnivåene. Det kan vurderes om det for eksempel er lavere eksponeringsnivå ved det danske prosjektet ettersom målingene er utført ved renoveringsprosjekt og ikke i oppføringen av nybygg.

I masteroppgaven til Skaar (2017) er det fire definerte arbeidsoppgaver. Disse arbeidsoppgavene vurderes som sammenlignbare med de definerte SEGene i denne studien, dersom de to isolasjonsgruppene slås sammen. Resultatet for målingene i masteroppgaven viser til akseptable verdier for alle arbeidsoppgavene, hvor AM=2,42 mg/m³ med SD=2,09 mg/m³ for inhalerbar fraksjon. I denne studien ligger derimot de gjennomsnittlige verdiene høyere, fra 2,06 mg/m³ til 4,36 mg/m³, se tabell 5.6. Dette er derimot totalstøvmålinger, som er en mindre fraksjon enn inhalerbar. Om målingene i denne studien ble utført med inhalerbar fraksjon er det mulig at målingene ville gitt enda høyere verdier. Overordnet vurderes tømrerne i denne studien som mer eksponert for byggestøv enn tømrerne som deltok i prosjektet til Skaar (2017). Dette har også blitt bekreftet ved at eksponeringen regnes som uakseptabel for enkelte arbeidsoppgaver i denne studien.

8.3.2 Vurdering av resultatet

Resultatene presentert frem til nå baserer seg på hvordan regelverket er i dag og er dermed det Veidekke må følge. Det er derimot slik at spirometrien til tømrerne er nedsatt, og det kan diskuteres om regelverket er slik at de eksponeres for mer enn hva de tåler. I dette delkapittelet diskuteres forutsetninger som kan ha påvirket resultatet fra sammenligning med grenseverdi. Det legges vekt på to hovedforutsetninger: om valg av støvfraksjon var riktig og om grenseverdien for sjenerende støv gir god nok beskyttelse for arbeidernes helse.

8.3.2.1 Valg av støvfraksjon

Da Veidekke presenterte hva de ønsket å få ut av prosjektet, måtte det gjøres vurderinger på hvilke målinger som ville være mulig å få gjennomført innenfor tidsrammen. Med utgangspunkt i yrkesgruppen tømrere ble det først vurdert å utføre målinger for trestøv, og benytte den tilhørende grenseverdien på 2 mg/m³ for totalstøvfraksjonen. Da arbeidsoppgavene ble mer kjent, viste det seg derimot at grenseverdien for trestøv ikke ville være dekkende for støvet tømrerne eksponeres for. Det ble derfor heller bestemt å benytte grenseverdien for sjenerende støv.

I Forskrift om tiltaks- og grenseverdier er det oppgitt to grenseverdier for sjenerende støv: en for totalstøvfraksjon på 10 mg/m³ og en for respirabel fraksjon på 5 mg/m³. Hovedformålet

med studien var å finne ut om rengjøringstiltakene hadde en funksjon, og ikke hvilken fraksjon arbeiderne ble eksponert for. Basert på dette ble det bestemt å utføre målingene for sjenerende støv for totalstøvfraksjonen, og ikke den respirable fraksjonen.

Fraksjonen totalstøv ble innført i arbeidsmiljøsammenheng. Mye historisk måledata baserer seg på prøvetakingsmetoden for totalstøv, derfor er flere av grenseverdiene fortsatt oppgitt for totalstøv. Det er derimot ikke slik at selv om det utføres totalstøvmålinger på sjenerende støv, at alt støv blir inkludert. Det var tidligere en oppfatning om at totalstøv var alle partiklene i luften, men det har vist seg å ikke stemme (Eduard, 2018). Dette illustreres tydelig i figur 3.2. Ved totalstøv er det, ifølge figuren, 50% cut off på omtrent 15 μm . Det er derfor en del av den inhalerbare fraksjonen som ikke blir inkludert i totalstøvmålingene som ble utført i denne studien. Dette betyr at støvkonsentrasjonen en tømmer eksponeres for underestimeres forbi den inhalerbare fraksjonen er definert som massefraksjonen av alle partikler som inhaleres via nese og munn (Standard Norge, 1993).

Som vist i figur 3.2 inneholder totalstøvfraksjonen den respirable fraksjonen. Den respirable fraksjonen er den fraksjonen som kan gi størst helseskade ettersom støvpartiklene kan gå helt ned i bronkiolene og alveolene (Svendsen, 2014). Her vil den kjemiske sammensetningen av støvet, altså dets potensielle toksiske egenskaper, også spille en rolle (Arbeidstilsynet, 2020b). Grenseverdien for sjenerende støv (respirabel fraksjon) er 5 mg/m^3 . Det kan diskuteres om målinger utført på respirabelt støv ville ha endret konklusjonene om eksponeringen er akseptabel eller ikke. Dette er vanskelig å vurdere ettersom det er ukjent hvilke andeler de ulike støvkomponentene utgjør i byggestøvet og hvilken aerodynamisk diameter støvpartiklene har.

Selv om det eksisterer grenseverdier for sjenerende støv, er det et veldig generelt begrep. Den benyttes ofte i situasjoner der det ikke eksisterer definerte grenseverdier, i mangel på noe "bedre". I dag er det ingen egen grenseverdi for byggestøv, som uansett ville vært like generelt begrep som sjenerende støv siden byggestøv består av ulike komponenter som er vanskelig å skille. Hvordan skal en yrkeshygienisk vurdering da gjøres ved slik støveksposering? USA har definert begrepet PNOS som kan sammenlignes med det Arbeidstilsynets definisjon av sjenerende støv. PNOS har ulike kriterier som må oppfylles for at den skal kunne benyttes (ACGIH, 2020). Slike kriterier kunne derfor også vært definert for sjenerende støv. ACGIH oppgir heller ikke lenger en grenseverdi for PNOS siden det er et veldig generelt begrep, og tydeliggjør at det heller er en anbefaling i tilfeller der det mangler definerte grenseverdier (ACGIH, 2020). Tilsvarende burde sjenerende støv være en av grenseverdiene Arbeidstilsynet har et grunnlagsdokument for, ettersom det er et vidt begrep som omfavner mye og derfor kan føre til feilvurderinger. Samtidig må de kritiske helseeffektene tydeliggjøres.

I motsetning til grenseverdiene for sjenerende støv ble grenseverdiene for MMMF sist revidert i 2007. Siden revideringen skjedde etter år 2000 har disse grenseverdiene for ulike typer MMMF eget grunnlagsdokument. Grunnlagsdokumentet tar for seg ulike typer MMMF: ildfaste keramiske fibrer, mineralull og glassull (Arbeidstilsynet et al., 2007). Siden Rockwool er et isolasjonsprodukt bestående av steinullfiber er det grenseverdien for mineralull som brukes. Dette er fordi mineralull inkluderer blant annet steinull (Arbeidstilsynet, 2020b). Valget av

grenseverdi for fiber ble derfor enkelt siden det er en definert grenseverdi for eksponeringen av mineralullfiber.

8.3.2.2 Gir grenseverdien god nok beskyttelse for tømmerens helse?

Hvor mange partikler en person puster inn er individuelt. Det presiseres i standarden NS-EN 689 at hvilke partikler en person puster inn avhenger av egenskapene til partikkelen, av luftstrømmen nær kroppen og om det pustes med nese eller munn. Disse individuelle forskjellene vil ha en effekt på hvor stor risiko støveksposeringen utgjør for helsen til arbeiderne. Etter samtaler med tømmerne er det bekreftet at støveksposeringen har en merkbar påvirkning for flere. En tømmer som hadde arbeidet med isolasjon på andre prosjekt opplevde store plager i form av bronkitt og hudirritasjon. En av isolatørene fortalte at han brukte en P2-støvmaske hver dag for å beskytte seg mot negative helseeffekter fra denne type eksponering. Flere helseeffekter som er vanlige i byggebransjen er beskrevet i delkapittel 3.2.1. Disse innebærer blant annet KOLS og astma. I tillegg er det viktig å ha i mente at utgangspunktet for dette prosjektet var at spirometrien til tømmerne var nedsatt, og at det sannsynligvis er arbeidsrelatert. Dersom byggeprosjektet ved Frysjaparken kan regnes som representativt for nivå av støv- og fibereksposering, må det regnes med at plager kan oppstå også under grenseverdi for mange av tømmerne.

Som sagt skriver Arbeidstilsynet at grenseverdiene ikke må tolkes som skarpe grenser mellom hva som er farlig og ufarlige konsentrasjoner (Arbeidstilsynet, 2020b). Som beskrevet i kapittel 6 var det flere rom det var merkbart mye støv, og mange av arbeiderne var avhengig av åpne vinduer og/eller dører for et bedre inn klima. Det var også enkelte deler av bygget som opplevdes som svært støvete og ubehagelig å være i over lengre perioder. Spesielt i områder med pågående gipsing og isolering, hvor det gjerne også var varmere og tettere. Maksrommet er et godt eksempel på et område hvor støveksposeringen var høy, se figur 6.9. Kan det være at grenseverdien for sjenerende støv (totalstøv) på 10 mg/m^3 er for høy? Ifølge norske eksperter er den det (H.T. Smedbold, personlig kommunikasjon, 11.mai 2021); De mener at grenseverdien burde vært halvparten av det den er i dag.

Grenseverdien for sjenerende støv er et eksempel på en grenseverdi som ikke har blitt endret siden den ble innført på 1970-tallet, men der andre land som USA og Sverige har endret tilsvarende grenseverdier. USA sin definisjon av PNOS og at de ikke lenger har det som en grenseverdi, men en anbefaling, har blitt diskutert tidligere. Sverige har halvert grenseverdiene for uorganisk støv til $2,5 \text{ mg/m}^3$ for respirabel fraksjon og 5 mg/m^3 for inhalerbar fraksjon (Staaf & Walding, 2018). Som vist i figur 3.2 inneholder den inhalerbare fraksjonen mer enn totalstøv. Det vil si at Sverige har en lavere grenseverdi for en mer dekkende fraksjon sammenlignet med Norge. Begrunnelsen for halveringen av grenseverdiene er at det ble slått fast at eksponering for uorganisk støv er en medvirkende årsak til utviklingen av KOLS (Smedbold, 2020a). Ettersom det er registrert nedsatt lungefunksjon blant tømmerne, og KOLS er en godt kartlagt konsekvens av støveksposering, kunne kanskje byggebransjen vurdert å benytte den samme begrunnelsen, og selv utviklet en bransjenorm for hva som er akseptabel eksponering for byggestøv.

Tømrerne som hadde personbårne måleutstyr var blant annet eksponert for betongstøv. Dette regnes som det mest helseskadelige av det de var eksponert for, spesielt ved fint støv ved den respirable fraksjon. Fint betongstøv kan komme helt ned til alveolene og føre til en type lungefibrose kalt silikose. Symptomer er kortpusthet, brystmerter og tørrhoste (NHI, 2014). Ved å benytte grenseverdien for sjenerende støv og totalstøvfraksjonen, kan en miste viktig informasjon om hvor mye av eksponeringen som er fra helsefarlig betongstøv. Dersom det viser seg å være en stor del av byggestøvet tømrerne utsettes for kan det gi svært alvorlige helseeffekter å benytte en høy grenseverdi. Betongstøv består av krystallinsk silika, som har grenseverdi på $0,1 \text{ mg/m}^3$ på den respirable fraksjonen (Arbeidstilsynet, 2020b), altså en svært lav grenseverdi.

Ifølge en funksjonær på prosjektet, var ikke tømrerne utsatt for betongstøv i like stor grad som de som arbeidet i parkeringskjelleren. Tømrerne regnes derfor ikke som eksponert for store mengder, siden de ikke produserer betongstøv selv i betydelig grad, og de har heller ikke oppholdt seg i parkeringskjelleren i løpet av måleperioden. Basert på observasjoner er det heller fint støv som ligger på det grove betongdekket i bygget fra tidligere aktiviteter, som utgjør det tømrerne eksponeres for. Det er vanskelig å si hvor stor del av den målte støvkonsentrasjonen som er betongstøv, og det varierer antageligvis også mellom arbeidsoppgavene. Ut fra observasjoner, kan det antas at det er stålarbeiderne som i størst grad utsettes for denne typen støv. Denne antagelsen baserer seg blant annet på eksempelet om at stålarbeiderne blåste vekk det fine laget med betongstøv på bakken ved festing av bunnsviller, som dannet en støvsky. I tillegg til at de også skjøyt svillene fast i betongen, som skapte betongstøv.

Den svenske studien om kvartseksposering hos tømrere viste til at den gjennomsnittlige andelen kvarts ligger på 3,4% ved prøvetaking på den respirable fraksjon ved nybygg (Bergdahl et al., 2004). Et interessant funn ved denne studien er at det er kvantifiserbare nivå av kvarts i de personbårne målingene, selv om tømrerne selv ikke produserer kvartsholdig støv i stor grad. Funnet av kvarts kan sees i sammenheng med at tømrerne i denne studien eksponeres for betongstøv, men at det er ukjent hvor stor andelen av byggestøvet det er og at de heller ikke produserer det selv. Det går an å gjøre en veldig forenklet beregning basert på funnene i studien til Bergdahl et al. (2004). Ved å benytte antagelsen om at det er stålarbeiderne som er mest utsatt for betongstøv og se på den høyeste verdien som er $3,40 \text{ mg/m}^3$ (se tabell 5.6), benyttes prosentandelen på 3,4% til å sammenligne med grenseverdien for krystallinsk silika. Dette gir et resultat på $0,12 \text{ mg/m}^3$. Dette overskrider grenseverdien for krystallinsk silika på $0,1 \text{ mg/m}^3$. Det kan derfor gi en feil vurdering av helsefaren av byggestøvet om grenseverdien for sjenerende støv benyttes, fordi den kan være for høy med tanke på at prosentandelen kvarts er ukjent. Det er derimot viktig å huske at 3,4% er tatt fra den respirable fraksjonen, og at dette kun er resultatet fra én studie.

Basert på at grenseverdien for sjenerende støv med totalstøvfraksjon kan regnes å være svært høy, bør det ikke utelukkes at helseplager kan oppstå, selv om eksponeringsnivået ligger under grenseverdien. Ifølge Arbeidstilsynet (2020b) skal det også etterstrebes å holde en så lav konsentrasjon som mulig. I de tilfellene der eksponeringen kan ansees som akseptabel, som for stålarbeid og fiber i denne studien, kan det fortsatt være en fare for at støveksposeringen utgjør en helserisiko. Som sagt var det flere steder støvet opplevdes som plagsomt og ubehagelig.

Resultatene fra gjennomgang av tidligere forskning på helseplager i byggebransjen viser også at de er en utsatt bransje med mange tilfeller av astma og KOLS, se delkapittel 3.2.2. Derfor er det nødvendig at denne typen eksponering blir tatt på alvor.

De senere årene er det ofte utenlandske arbeidere som har fått påvist dårligst lungekapasitet ved spirometriundersøkelser. Årsaker til dette kan være på grunn av tidligere luftveisplager, røykevaner og eksponering i hjemlandene (Anonym yrkeshygieniker, personlig kommunikasjon, 12. mars 2021). Ettersom 25% av arbeiderne i byggebransjen er utenlandske (NOA, 2020), gjør det at vurderingen av helseeffekter i forbindelse med støveksposering på byggeplasser i Norge kompliseres. Dette fordi det er vanskelig å kontinuerlig overvåke utviklingen av luftveisplager hos den enkelte tømmer når de også arbeider i andre land (Jørgensen & Svendsen, 2021). Det vil for eksempel være svært utfordrende å vite hva de har vært eksponert for og hvilke arbeidsforhold de har hatt tidligere, og hva de eventuelt vil eksponeres for i fremtiden. En stor del av statistikken representeres av disse arbeiderne og gir en usikker faktor for arbeidsrelaterte helseutfordringer i Norge.

8.3.3 Hva er den viktigste forutsetningen for tolkning av resultatet?

Det er blitt diskutert to sentrale forutsetninger for om resultatene fra beregning av EØK kan godtas for ivaretagelse av et godt arbeidsmiljø for tømmerne. I dag finnes det ikke en grenseverdi som er mer passende for byggestøv enn sjenerende støv. Det bør derfor eksistere en slik grenseverdi eller anbefaling, men Arbeidstilsynet bør gjøre en revidering for å unngå at den benyttes feil.

Den viktigste begrunnelsen for å ikke nødvendigvis godta veiledningene gitt i YH-regnearket ligger derimot i diskusjonen av om grenseverdien gir god nok beskyttelse for tømmerne helse. Dersom grenseverdien for sjenerende støv ved totalstøvfraksjonen hadde vært redusert til 5 mg/m³ ville veiledningene fra YH-regnearket gitt et annet resultat. Ved å se på EØK-verdiene i tabell 5.11 vil flere arbeidsoppgaver bli vurdert med for høy støveksposering eller være veldig nærme. Det kan derfor gi negative helsemessige konsekvenser for tømmerne å vurdere eksponeringen opp mot en grenseverdi som regnes å være for høy, som også var grunnen til halveringen av grenseverdiene gjort i Sverige. Sverige sine arbeidsforhold er sammenlignbare med de norske, og det bør derfor være mulig å kunne gjøre det samme i Norge. Sverige har ikke laget et grunnlagsdokument for det som kan sammenlignes med Arbeidstilsynets sjenerende støv, og begrunner det med at komponentene kan variere (Staaf & Walding, 2018). Dette gjelder også for sjenerende støv, og alternativet kan være å lage en liste over kriterier som må være til stede for å benytte grenseverdien.

Det kan legges til grunn en tredje forutsetning som ikke har blitt diskutert her. Det er forutsetningen om mellom- og innad-arbeider variabilitet, som ble diskutert i delkapittel 8.1.1. Disse variabilitetene kan ha påvirket resultatene om eksponeringen og kan undersøkes ved mer avanserte statistiske metoder, men det er valgt å ikke fokusere på det i denne studien.

8.4 Verdien av observasjoner

Som nevnt ved starten av diskusjonen ble det gjort mange observasjoner i løpet av måleperioden som har bidratt i å forklare resultatene. For eksempel i vurderingen av SEG, der NS-EN 689 anbefaler å bruke statistiske vurderinger sammen med yrkeshygienisk kunnskap. Uten å ha observert arbeidsoppgavene som ble utført hadde det vært vanskelig å kunne si like sikkert at arbeidsoppgavene var i samme SEG. Videre gjorde observasjonene at det enkelt kunne gjøres en validering av målingene det hadde skjedd en feil ved. Ved sammenligning av normale forhold og forholdene etter rengjøring har observasjonene også vært til god hjelp for å kunne forklare hvorfor det ikke ble funnet en signifikant forskjell, eller om dette kunne være feil. Det var også viktig å ha vært tilstede og oppleve forholdene på byggeplassen i vurderingen av om eksponeringen overskrider grenseverdiene. Uten å ha vært tilstede, måtte det ha blitt gjort antagelser som ville vært en forenkling av virkeligheten. Verdien av observasjonene har derfor vært stor.

9 Konklusjon

I denne studien ble det utført totalstøv- og fibermålinger i lukket nybygg på tømre som utfører isolasjons-, stål- og gipsarbeid. Formålet med studien har vært å kartlegge effekten av å innføre rengjørings tiltak, og å sammenligne eksponeringsnivået med Arbeidstilsynets grenseverdier for sjenerende støv (totalstøv) og mineralullfiber. Kartleggingen av støv- og fibereksposeringen er blitt gjort med personbårne målinger. I tillegg er det gjort observasjoner i løpet av måleperioden, og tatt direktevisende målinger for å støtte opp under disse observasjonene.

Vurdering av SEG ligger sentralt i yrkeshygieniske kartlegginger. I denne studien ble arbeidsoppgavene vurdert til å være i samme SEG, men det ble funnet mulige mellom- og innad-arbeidere variabler som likevel kan komplisere denne vurderingen. Det ble diskutert hvor viktige observasjoner av arbeidet var for den innledende vurderingen og at dette gjerne skulle vært gjort i større grad før måleperioden. Erfaringene har derimot gitt bedre kunnskap om hvor viktig den innledende vurderingen er, hvilke faktorer som er sentrale og hva som kan komplisere valg av SEG; dette kan benyttes ved en senere anledning.

Det ble ikke funnet en signifikant forskjell på eksponeringsnivået ved normale arbeidsforhold og etter ekstra rengjøring for samtlige arbeidsoppgaver. Ettersom det er rimelig å gå ut ifra at rengjøring egentlig skal ha en reduserende effekt på støveksposeringen, ble det vurdert om statistiske feil og gjennomføringen av rengjørings tiltakene kan ha hatt en innvirkning på resultatet. Det konkluderes med at de viktigste forutsetningene for at resultatene ikke viste en signifikant forskjell antageligvis var på grunn av renholds rutiner og -kultur og ikke tilstrekkelig planlegging av de ekstra rengjørings tiltakene. Innføring av effektive rengjørings tiltak på en byggeplass kan være komplekst og krever god planlegging tidlig i prosjektet. Det var dessverre ikke mulig i denne studien. For at arbeiderne skal ta ansvaret selv må det etableres en kultur for det. Det vektlegges derfor at RTB-filosofien og en felles "ryddekultur" bør integreres tidlig i prosjektene for å oppnå en renere og ryddigere byggeplass som reduserer støveksposeringen, og samtidig bidrar til økt arbeidseffektivitet.

Totalstøvmålingene ble vurdert opp mot grenseverdien for sjenerende støv (totalstøv) på 10 mg/m³. Ved å beregne EØK-verdien for samtlige arbeidsoppgaver under normale forhold og etter rengjøring, viste resultatene at eksponeringen er uakseptabel kun for gipsarbeid. Eksponeringen er derimot også uakseptabel for isolasjon etter rengjøring ettersom maksverdien her sammenlignes med 20% av grenseverdien. Det må ved disse arbeidsoppgavene innføres tiltak. På den andre siden er eksponeringen for arbeidsoppgaven isolasjon under normale forhold og stål for begge ukene vurdert som akseptable. Det er diskutert to forutsetninger som kan ha påvirket de statistiske resultatene: valg av grenseverdi og om grenseverdien gir god nok beskyttelse for tømrenes helse. At grenseverdien er for høy vurderes å være en avgjørende årsak til at mye av eksponeringen regnes som akseptabel. Arbeidstilsynet har ikke gjort en revidering av grenseverdien for sjenerende støv siden 1970-tallet og har ikke utarbeidet et grunnlagsdokument for grenseverdien. Samtidig mener også norske eksperter at grenseverdien bør halveres for å kunne ivareta arbeidstakernes helse. Ved vurdering mot halvert grenseverdi vil

samtligE EØK-verdier enten overstige eller nesten overstige et akseptabelt eksponeringsnivå.

Videre ble fibermålingene vurdert opp mot grenseverdien for mineralull på 1 fiber/cm³. Ved utregning av EØK-verdiene for normale forhold og etter ekstra rengjøring, viser resultatene at eksponeringen er akseptabel for begge ukene. Grenseverdien for minerallull ble revidert av Arbeidstilsynet i 2007 og kan derfor regnes å være god for å ivareta et godt arbeidsmiljø.

Det er viktig å påpeke at selv om eksponeringen er under grenseverdi kan den likevel utgjøre en helsefare for arbeiderne. Arbeidstilsynet sier også at eksponeringen bør holdes på et så lavt nivå som overhode mulig, for å i størst mulig grad utelukke helsefarlig eksponering. Spirometriundersøkelsene utført av Veidekke viste at den arbeidsrelaterte støveksponeeringen sannsynligvis har en effekt på lungekapasiteten hos tømmerne. Helseundersøkelsene som gjøres hvert tredje år er derfor viktige, da luftveissykdommer som KOLS og astma har blitt fremhevet som mulige konsekvenser av eksponering for byggestøv over tid. Gjennom observasjoner og samtaler synliggjøres effekten av støveksponeeringen. Observasjoner av arbeidsoppgaver og måleområde har derfor vært svært viktige i arbeidet med å analysere resultatene. Det er mye informasjon som ligger bak tallene, og kartleggingen av støveksponeering innebærer derfor mye mer enn kun det måleresultatene viser. Dersom måleperioden ikke hadde blitt observert, hadde konklusjonene vært forenklet i forhold til hvordan virkeligheten faktisk er.

9.1 Videre arbeid

Resultatene fra målingene antyder individuelle forskjeller i hvordan arbeidsoppgavene ble utført. Det kan derfor videre gjøres mer avanserte statistiske analyser, slik som mixed model analyse, der mellom-arbeider variabelen blir statistisk sjekket. Dette kan være viktig fordi eksponeringen for SEGen da ikke nødvendigvis er representativ for alle på grunn av individuelle måter å utføre arbeidet på. Det er planlagt en artikkel som skal ta for seg dette.

Generelt bør det utføres flere støvmålinger på tømmerne. Et større datagrunnlag gir bedre argumentasjon ved bestemmelse av eksponeringsnivået. Videre kan det gjøres flere lignende studier der det settes inn støvreduserende tiltak for å sjekke effekten av disse. I samtaler med Veidekke ble blant annet avretting og spraymaling av gulvet, før tømmerne starter opp arbeidet, nevnt. Disse tiltakene fanger støvet og gjør det enklere å rengjøre. Tiltakene er derimot ikke aktuelle i denne studien da det ikke var en del av prosjekteringen. Når slike studier utføres er det viktig med sammenlignbare forhold for å kunne si noe konkret om effekten av tiltaket.

Det har blitt diskutert om grenseverdien for sjenerende støv gir god nok beskyttelse for tømmerne helse, men at det ikke finnes en grenseverdi som er bedre å bruke for generelt byggestøv. Tømmerne er en stor yrkesgruppe og komponentene i byggestøvet vil antageligvis være mer eller mindre likt ved alle tilsvarende nybyggprosjekter. Det hadde vært nyttig å gjøre grundigere analyser av hva byggestøvet består av, for å finne en grenseverdi som er tilpasset eksponeringen tømmerne utsettes for. Det kan derfor diskuteres om det kan utvikles en egen bransjenorm. Denne eventuelle bransjenormen anbefales i så fall å oppgis for respirabel og inhalerbar fraksjon, siden disse er definerte i NS-EN 481, i stedet for totalstøv.

Referanser

- ACGIH (2020). *TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices*. Signature Publications.
- Arbeidstilsynet (2008). *Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren*. (Best.nr. 450). Oslo. <http://radem.no/dok/publikasjoner/AT-450%20-%202008%20Kartlegging%20kjemi.pdf>.
- Arbeidstilsynet (2018). *Grunnlagsdokumenter for grenseverdier for kjemikalier*. Hentet 16.mai 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/grenseverdier-for-kjemisk-pavirking/grunnlagsdokumenter-for-grenseverdier-for-kjemikalier/>.
- Arbeidstilsynet (2019). *Godkjenning av bedriftshelsetjenester*. Hentet 30.april 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/hms/roller-i-hms-arbeidet/bht/godkjenning-av-bedriftshelsetjenester/>.
- Arbeidstilsynet (2020a). *Detaljert undersøkelse*. Hentet 14. april 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/slik-gjor-du/detaljert-undersokelse/>.
- Arbeidstilsynet (2020b). *Grenseverdier for kjemisk eksponering*. Hentet 16. mars 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/grenseverdier-for-kjemisk-pavirking/>.
- Arbeidstilsynet (2020c). *Metoder for måling av forurensninger i arbeidsatmosfæren*. Hentet 29. januar 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/metoder-for-maling-av-forurensninger-i-arbeidsatmosfaren/>.
- Arbeidstilsynet (2020d). *Slik gjør du: Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemikalier*. Hentet 03.juni 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/slik-gjor-du/>.
- Arbeidstilsynet (2020e). *Statistisk vurdering av måleresultat*. Hentet 12. mars 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/vurdering-av-maleresultat/statistisk-vurdering/>.
- Arbeidstilsynet (2021a). *Planlegging og utføring av målinger*. Hentet 14. april 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/planlegging-og-utforing-av-malinger/>.
- Arbeidstilsynet (2021b). *Vurdering av resultater fra måling av kjemiske forurensninger*. Hentet 26. april 2021 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/vurdering-av-maleresultat/>.
- Arbeidstilsynet, STAMI, & TEAN (2007). *Grunnlag for fastsettelse av administrativ norm for MMMF*. <https://www.arbeidstilsynet.no/contentassets/d87a9a8500e54d91bf99397c9f9898a8/mmmf-man-made-mineral-fibers---grunnlag-for-fastsettelse-av-administrativ-norm-2007.pdf>.
- Astma- og allergiforbundet (2016). *Spirometri*. Hentet 25. mars 2021 fra <https://www.naaf.no/subsites/pust-ut/spirometri/>.
- Austigard, Å. D. & Smedbold, H. (2018). *Estimering av gjennomsnitt og 95-persentil i datasett med verdier under rapporteringsgrensen og i avkortede datasett*.

- [Eksamensoppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. <https://usercontent.one/wp/yrkeshygiene.no/wp-content/uploads/2021/04/Eksamensoppgave-IO8500-Analyse-av-data-under-rapporteringsgrensen-Austigard-og-Smedbold.pdf>.
- Bergdahl, I., Toren, K., Eriksson, K., Hedlund, U., Nilsson, T., Flodin, R., & Järholm, B. (2004). Increased mortality in COPD among construction workers exposed to inorganic dust. *European Respiratory Journal*, 23(3), 402–406. <https://doi.org/10.1183/09031936.04.00034304>.
- Bjørnstad, J. (2017). *Statistisk metodelære*. Store norske leksikon. Hentet 28. april 2021 fra https://snl.no/statistisk_metodel%C3%A6re.
- Casella (2017). *APEX 2 Personal Air Sampling Pump* [Bruksanvisning]. <https://www.fieldenvironmental.com/assets/files/Manuals/Casella%20Apex2%20Operation%20Manual.PDF>.
- Eduard, W. (2018). *Gruppeoppgave-gjennomgang i EVU kurs i Biologiske Arbeidsmiljøfaktorer*. Innlegg presentert ved Norges tekniske-naturvitenskapelige universitet, Trondheim.
- Forskrift om tiltaks- og grenseverdier (2013). *Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer* (FOR-2020-07-02-1479). Arbeidstilsynet. <https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/regelverkspdf/forskrift-om-tiltaks--og-grenseverdier>.
- Ghasemi, A. & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians, *Int J Endocrinol Metab*, 10(2), 486–489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>.
- Gravseth, H. M., Sterud, T., Mostue, B. A., Nyrønning, C. Å., & Winge, S. (2018). *Helseproblemer og ulykker i bygg og anlegg* (KOMPASS Tema nr 2). <https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/om-oss/forskning-og-rapporter/kompass-tema-rapporter/2018/kompass-tema-nr-2-2018-Helseproblemer-og-ulykker-i-bygge--og-anleggsbransjen.pdf>.
- Gyproc AS (2018). *Gyproc Håndbok: systemer for lettbygge teknikk*. [Håndbok]. Saint-Gobain. <https://www.glava.no/dokumentasjon?type=Brosjyrer>.
- Hansen, J. & Smedbold, H. (2019). Vurdering av yrkeshygieniske målinger: Grunnleggende statistikk for yrkeshygienikere (Bearbeidet av Hans Thore Smedbold). <https://yrkeshygiene.no/onewebmedia/Yrkeshyg-2-2019-8-13.pdf>.
- Hanskov, D., Brauer, C., Kirkeskov, L., & Breinegaard, N. (2015). *KOL blandt danske bygge-anlægsarbejdere* (Bispebjerg og Frederiksberg Hospital, Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling). <https://amff.dk/media/11483/forebyg-kol-slutrapport.pdf>.
- Harrison, P., Holmes, P., Bevan, R., Kamps, K., Levy, L., & Greim, H. (2015). Regulatory risk assessment approaches for synthetic mineral fibres. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(1), 425–441. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.07.029>.
- Helse- og omsorgsdepartementet (2006). *Nasjonal strategi for KOLS-området 2006-2011*. https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kilde/hod/rap/2006/0041/ddd/pdfv/299286-nasjonal_strategi_for_kols_24-11-06_forord.pdf.
- Johannessen, A., Bakke, P., Eagan, T., Eide, G., Omenaas, E., Skorge, T., Welle, I., & Gulsvik, A. (2006). Hordalandundersøkelsen: Astma og KOLS i en generell voksen befolkning. *Allergi i praksis*, 3. https://www.naaf.no/globalassets/x-gamle-bilder/documents/allergi-i-praksis/hordaland_aip_3_06.pdf.

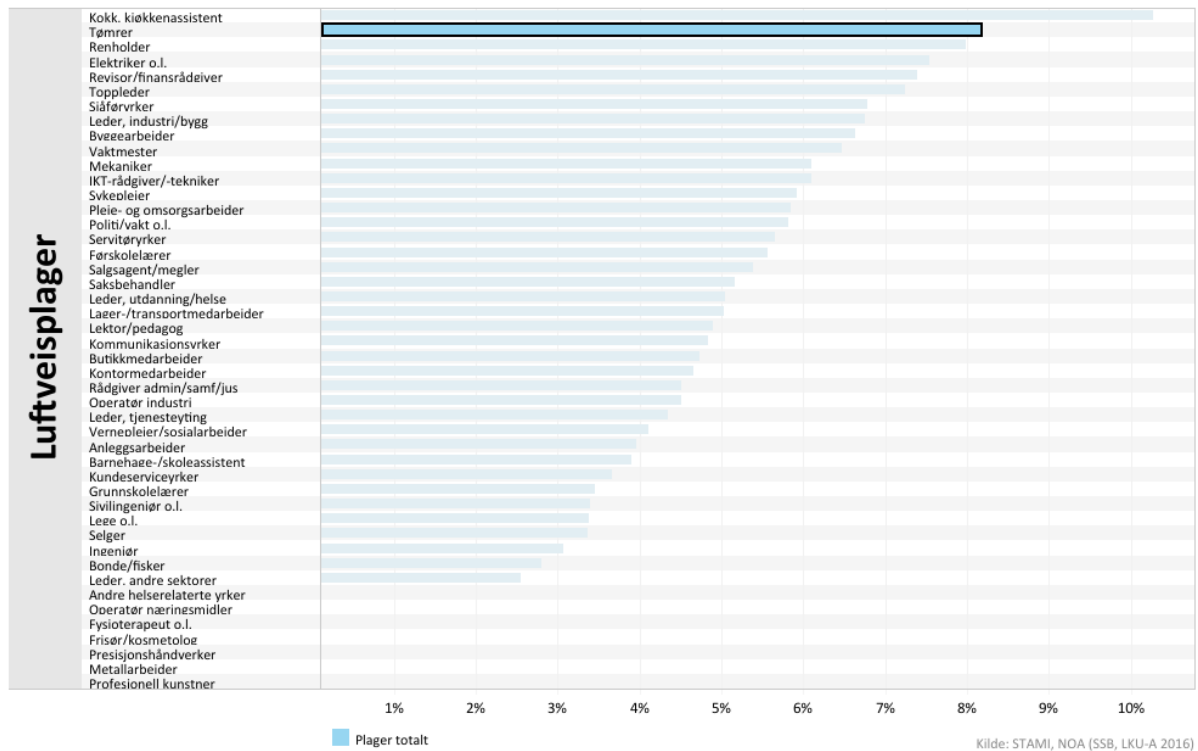
- Johannessen, H., Lysberg, K., Løvseth, E. K., Melgård, M., Tynes, T., & Winge, S. (2013). *Tilstandsanalyse i bygg og anlegg: Kunnskapsunderlag for Arbeidstilsynets satsing i 2014-2015* (KOMPASS Tema nr 4). <https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/om-oss/forskning-og-rapporter/kompass-tema-rapporter/2013/kompass-tema-nr-4-2013-tilstandsanalyse-i-bygg-og-anlegg.pdf>.
- Jørgensen, R. & Svendsen, K. V. H. (2021). Arbeidsmiljø i fremtidens arbeidsliv. I Kongsvik, T., Moen, Ø., Vie, O.E., Jørgensen, R.B. & Albrechtsen, E., *Norsk arbeidsliv mot 2050: muligheter og trusler* (s.163–184). Fagbokforlaget.
- Klang, T., Eden, G., Andersson, M., Wallin, M., Friberg, H., Claesson, A., Baloch, A., & Olin, A. (2012). *Kvartsexponering och luftvägspåverkan hos snickare inom byggnadsindustrin* (Rapport fra Arbets- och miljömedicin nr 167). <http://www.amm.se/wp-content/uploads/2020/12/Kvartsexponering-och-luftvagspaverkan-hos-snickare-inom-byggnadsindustrin-2008.pdf>.
- Kyun, K. (2015). T test as a parametric statistic. *Korean J Anesthesiol*, 68(6):540–546. <https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.6.540>.
- Løvås, G. (2015). *Statistikk for universiteter og høyskoler* (3.utg.). Universitetsforlaget.
- NHI (2014). *Silikose*. <https://nhi.no/animasjoner/lunger-og-luftveier/silikose/>.
- NHI (2018). *Lungefibrose*. <https://nhi.no/sykdommer/lunger/diverse/lungefibrose/?page=1>.
- Nij, E. & Heederik, D. (2005). Risk assessment of silicosis and lung cancer among construction workers exposed to respirable quartz. *Scandinavian Journal of Work, Environment Health*, 31(2), 49-56. <https://www.jstor.org/stable/40967464>.
- NOA (2016). *Arbeidsmiljøprofiler*. STAMI. Hentet 27. april 2021 fra <https://noa.stami.no/tema/arbeidsprofiler/arbeidsprofiler/naering/>.
- NOA (2016). *Luftveisplager*. STAMI. Hentet 22. april 2021 fra <https://noa.stami.no/tema/helseutfallarbeidsskader/helseplager/luftveisplager/>.
- NOA (2020). *Fakta om arbeidsmiljøet i byggebransjen*. Arbeidsmiljøportalen. Hentet 16. mars 2021 fra <https://www.arbeidsmiljoportalen.no/bransje/bygg/fakta-om-bransjen>.
- OBOS (u.å.). *Frysjaparken: Kikut*. Hentet 16. mars 2021 fra <https://nye.obos.no/ny-bolig/boligprosjekter/oslo/nordre-aker/kikut>.
- Pallant, J. (2011). *SPSS Survival Manual: A step by step guide to data analysis using SPSS* (4.utg). Allen & Unwin.
- Rangul, T. & Bøhle, K. (2020). *Respirasjonssystemets oppbygning* [Illustrasjon]. Nasjonal digital læringsarena. <https://ndla.no/subject:42/topic:1:77162/topic:1:188602/resource:1:105702?filters=urn:filter:22dee9ab-5b1a-4c23-8c97-c68107b881bb>.
- RIF (2007). *Rent tørt bygg: forebyggende helsevern i bygninger* [Håndbok].
- Rockwool (2011). *Rockwool Steinull* [Sikkerhetsdatablade]. http://download.rockwool.no/media/268278/sikkerhetsdatablade_rockwool.pdf.
- Rolfheim-Bye, S. & Ellingsen, D. (2014). *Eit støvete norsk arbeidsliv?* STAMI. <https://stami.no/eit-stovete-norsk-arbeidsliv/>.
- SHP Directory (u.å.). *Casella Apex2 Personal Sampling Pump* [Bilde]. <https://directory.shponline.co.uk/casella-apex2-personal-sampling-pump-prod689161.html>.

- Skaar, T. M. (2017). *Støveksponering i byggebransjen: En studie av eksponering blant tømrere* [Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet]. ntnu open. <http://hdl.handle.net/11250/2473855>.
- SKC (2020). *SKC Airchek 3000 Air Sampling Pump - Operating Instructions* [Bruksanvisning]. <https://www.skcltd.com/images/pdfs/210-3311M.pdf>.
- SKC (u.å.). *Filters & Cassettes*. Hentet 19. april 2021 fra <https://www.skcltd.com/products-2/filters-cassettes.html>.
- Smedbold, H. (2019). *Log-normalfordeling*. <https://yrkeshygiene.no/statistikk/log-normalfordeling.html>.
- Smedbold, H. (2020a). *Hvor gode er de yrkeshygieniske grenseverdiene?* https://yrkeshygiene.no/2020/11/28/hvor_gode_er_grenseverdiene/.
- Smedbold, H. (2020b). *Orddliste | Yrkeshygiene*. Hentet 03.mai 2021 fra <https://yrkeshygiene.no/kb/ordliste/>.
- Smedbold, H., Grove, K., & Leidland, E. (2021). *YH-HJELP*. <https://usercontent.one/wp/yrkeshygiene.no/wp-content/uploads/2021/04/YH-HJELP-Yrkeshygienikeren-1-2021.pdf>.
- Solberg, D. (2015). *Beskytt deg mot støvet. Byggmesteren*. Hentet 26. januar 2021 fra <https://byggmesteren.as/2015/01/09/beskytt-deg-mot-stovet/>.
- Spee, T., Hoof, E. V. D. R., Hoof, W. V., Noy, D., & Kromhout, H. (2007). Exposure to wood dust among carpenters in the construction industry in the Netherlands. *The Annals of Occupational Hygiene*, 51(3), 241–248. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mel075>.
- Staaf, K. & Walding, M. (2018). *Konsekvensbeskrivning till föreskrifterna om hygieniska gränsvärden*, (AFS-rapport 2018:4). <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/rapporter/rapporterkonsekvensbeskrivning-till-foreskrifterna-om-hygieniska-gransvarden-rapport-2018-4.pdf.pdf>.
- STAMI (2020). *Montering av utstyr for måling av totalstøv*. Hentet 02. februar 2021 fra <https://stami.no/content/uploads/2020/07/Totalst%C3%B8v.pdf>.
- Standard Norge (1993). *Arbeidsplassluft - Definisjoner av partikkelstørrelse for måling av luftbårne partikler* (NS-EN 481:1993). <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=142002>.
- Standard Norge (2019). *Arbeidsplassluft - Måling av eksponering for kjemiske stoffer ved innånding - Strategi for prøving av samsvar med yrkeshygieniske grenseverdier*. (NS-EN 689:2018+AC:2019). <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1045611>.
- Straumfors, A. (2016). *Eksponering i norske sagbruk* (STAMI-rapport). <https://stami.no/ny-stami-rapport-eksponering-i-norske-sagbruk/>.
- Stuge, T. (2021). *Makrofager*. Store medisinske leksikon. Hentet 05.mars 2021 fra <https://sml.snl.no/makrofager>.
- Svendsen, K. (2014). *Arbeidsmiljø - Yrkeshygiene*. [Utdrag fra kompendium, TIØ4186, NTNU] <https://ntnu.app.box.com/s/jo1c2xiokwtqrlg47fd6u48g9of82jnt>.

- TSI (2021). *Dust Monitors* [Måleinstrument]. <https://www.tsi.com/products/aerosol-and-dust-monitors/dust-monitors/>.
- Tynes, T., Sterud, T., Johannessen, H., Gravseth, H., Løvseth, E., Alfonso, J., & Aasnæs, S. (2015). *Faktabok om arbeidsmiljø og helse 2015* (STAMI-rapport). <https://stami.brage.unit.no/stami-xmlui/handle/11250/284148>.
- Tynes, T., Sterud, T., Løvseth, E., Johannessen, H., Gravseth, H. M., Bjerkan, A., Bakke, B., & Aagestad, C. (2018). *Faktaboka om arbeidsmiljø og helse 2018* (STAMI-rapport). <https://stami.no/content/uploads/2018/06/Faktaboka-2018.pdf>.
- Tüchsen, F., Hannerz, H., Mølgaard, E., Brauer, C., & Kirkeskov, L. (2012). Time trend in hospitalised chronic lower respiratory diseases among danish building and construction workers, 1981-2009: a cohort study. *BMJ Open*, 2(6), Artikkel e001761. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001761>.
- Veidekke (2021a). *Fakta om Veidekke*. Hentet 23. april 2021 fra <http://veidekke.no/om-oss/article8949.ece>.
- Veidekke (2021b). *Helse, arbeidsmiljø og sikkerhet (HMS)*. Hentet 03. mai 2021 fra <http://veidekke.no/om-oss/hms/article8114.ece>.
- Østrem, R. (u.å.). *EXPO Online*. STAMI. Hentet 03. mai 2021 fra <https://stami.no/vare-tjenester/expo/mer-om-expo/>.

Vedlegg

A Luftveisplager i yrker



Figur A.1: Yrker som oppgir mest luftveisplager (NOA, 2016).

B Utviklingen av enkelte grenseverdier

	USA 1964	Norge 1973/74	Norge 1991	Norge 2006	Norge 2012	Norge 2016	WHO's «helsebaserte grenser» 1980-1984
Ammoniakk	35	18	18	18	18	11	
Arsin	0,2		0,01	0,01	0,01 K	0,01 K	
Bensen	80	80	3	3	3K	3HK	
Bly	0,15	0,15	0,05	0,05	0,05 R	0,05 R	0,06/0,03
Fosgen	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2 T	0,2 T	
Kadmiumoksid	0,1	0,1	0,02	0,02	0,02 K	0,02 KT	0,02
Karbonmonoksid	55	55	40	29	29	29	
Nikkel	1	1	0,1	0,05	0,05 KRA	0,05 KRA	
Styren	420	420	105	105	105 M	105 M	
Toluen	750	375	150	94	94 H	94 H	375/200
Xylen		435	175	108	108 H	108 H	215
Karbondisulfid		60	15	15	15 HR	15 HR	10/3
Trikloretan		520	110	50	50 K	50 K	135
Manganrøyk							
inhalerbar fraksjon		5	1	1	1,0	1,0	0,3
respirabel fraksjon					0,1	0,1	
Kvikksølv damp		0,05	0,05	0,05	0,02 A	0,02 A	0,025
Klorgass		3	1,5/3 T	1,5/3 T	1,5/3 T	1,5/3 T	0,75
Formaldehyd		3	0,6/1,2 T	0,6/1,2 T	0,6/1,2 T	0,6/1,2 T	0,5
Nitrogendioksid (NO ₂)		9	3,6	3,6	1,1	1,1	0,9
Svoveldioksid		13	5	5	2	2	1,3
Sjenerende støv,		10	10	10	10	10	
Totalstøv				5	5	5	
Respirabelt støv							

Figur B.1: Den historiske utviklingen av enkelte grenseverdier fra 1964-2016 (Smedbold, 2020a).

D Validering av målingene

Validering av totalstøvmålinger

Utelliggere, som var verdier betydelig høyere eller lavere enn de andre målingene kan ha hatt en stor påvirkning på resultatene. Dette gjelder spesielt for et utvalg med få målinger, som det var i dette tilfellet. Derfor har det blitt gjort en vurdering på hvilke målinger som inkluderes og hvilke som ikke gjør det.

Noen av målingene har blitt valgt bort i den videre vurderingen av eksponeringen. Dette har ulike grunner, og er også forklart under kommentar i tabellene 5.1, 5.2 og 5.3. For målnummer 38 og 3 mistet arbeidstakerne filterkassetten, derfor manglet de målinger på disse. Målingene 22 og 25 ble målt i feil område på grunn av en misforståelse om hvor rengjøring var gjort, og disse har derfor ikke blitt tatt med i den videre vurdering. For måling 40 registrerte SINTEF Norlab mye trestøv i filterkassetten. Det er valgt å ekskludere denne målingen basert på observasjonene av arbeidsoppgavene og ved å ha sammenlignet med de andre målingene som har blitt tatt.

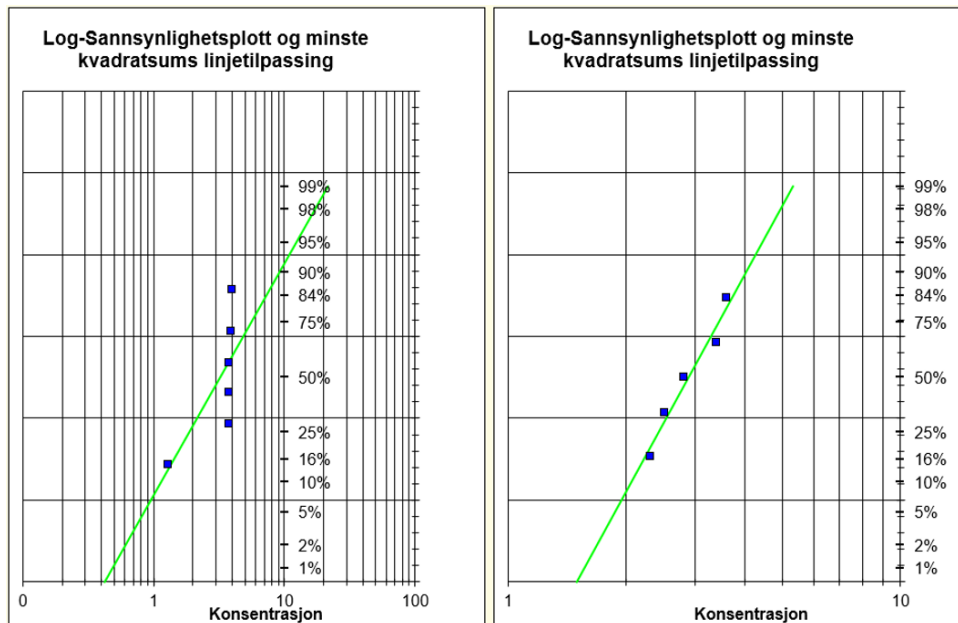
Det var noen av målingene som ble inkludert til tross for at de ikke var helt optimale. Under måling 6 stoppet pumpen tidlig, men det ble gjort en faglig vurdering på at denne likevel inkluderes ettersom arbeidsforholdene ble antatt å være like for tiden som ikke ble målt. Når det gjelder måling 33 la arbeidstaker fra seg sekken de siste 20 minuttene (ifølge arbeidstakeren selv) av arbeidsdagen. Sekken ble lagt på en verktøytralle i nærheten av der arbeidstakeren arbeidet. Det er valgt å inkludere denne målingen siden sekken ble lagt i nærheten og støveksposeringen derfor kan antas å være omtrent lik.

For å kunne benytte resultatene i en detaljert undersøkelse, må det være minst seks målinger for hver av arbeidsoppgavene per uke. Med bakgrunn i vurderingene av validering av målingene, endte det opp med minst seks målinger for alle arbeidsoppgavene, utenom for isolasjon i uken der det ble innført ekstra rengjøring, se tabell 5.1.

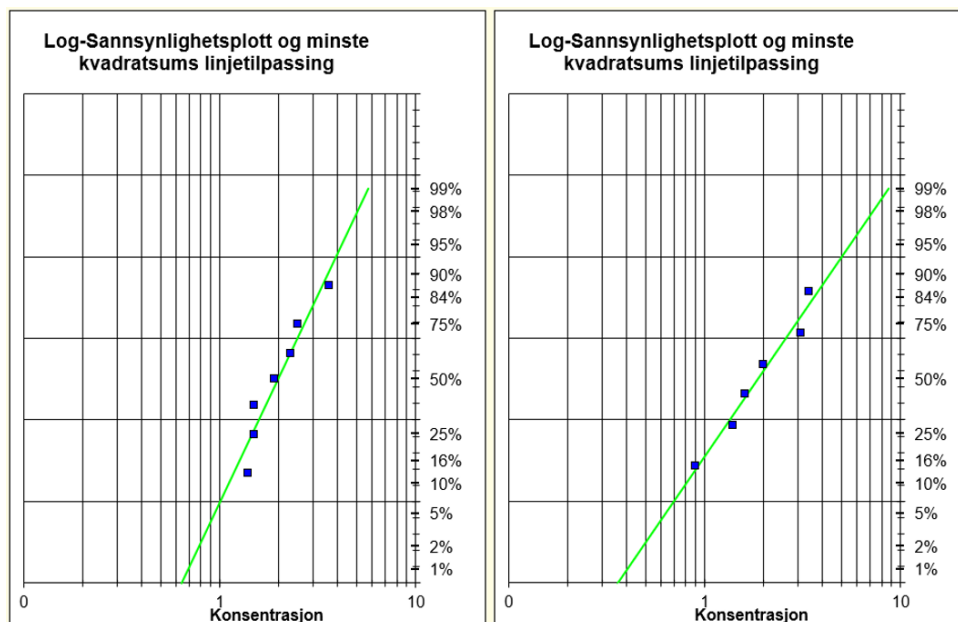
Validering av fibermålinger

Som for totalstøv var det også her målinger som ble vurdert om de skulle ekskluderes eller inkluderes i videre vurdering av eksponering. Måling 45 ble ved en misforståelse målt på en stålarbeider. Fiberkassetten ble ikke fjernet da dette ble oppdaget, for ikke å forstyrre arbeidet, men ble ikke tatt med i den videre vurdering. Måling 48 ble mistet av arbeideren i løpet av arbeidsdagen. Måling 57 ble først klargjort for å plasseres på en isolatør, men på grunn av endringer i planene ble sekken som også hadde en totalstøvkassetten heller brukt på gips og filterkassetten for fiber ble derfor tatt av. Ettersom filterkassetten hadde vært inne på byggeområdet, ble det besluttet å ikke bruke denne filterkassetten senere. Pumpen tilhørende måling 43 stoppet tidlig, men denne ble likevel inkludert ettersom det ble gjort en vurdering på at eksponeringen var lik resten av dagen.

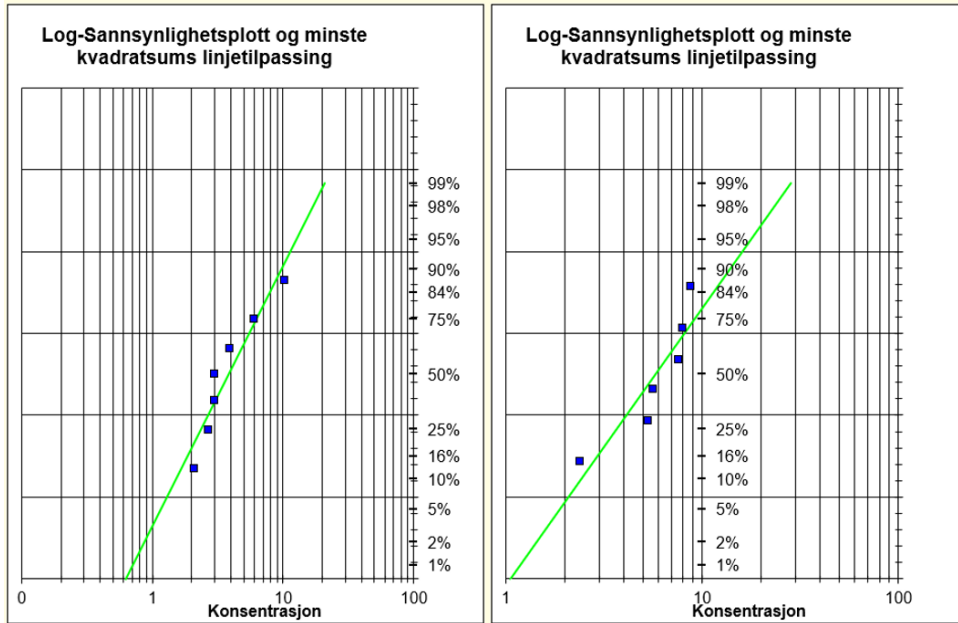
E Log-sannsynlighetsplottene



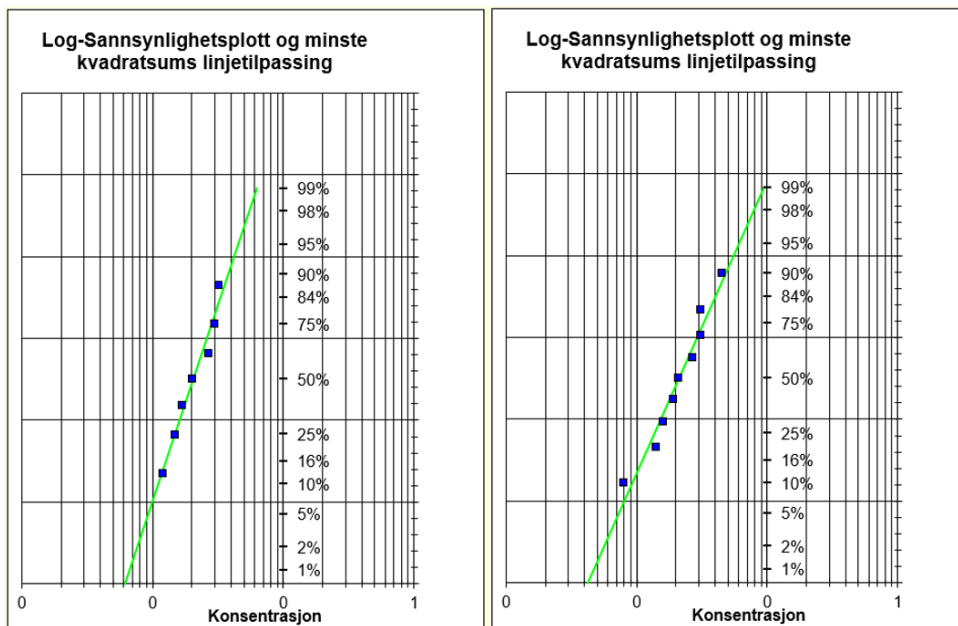
Figur E.1: Log-sannsynlighetsplott for isolasjon: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.)



Figur E.2: Log-sannsynlighetsplott for stål: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.).



Figur E.3: Log-sannsynlighetsplott for gips: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.).



Figur E.4: Log-sannsynlighetsplott for fiber: normale forhold (t.v.) og etter rengjøring (t.h.).