

Kartlegging av biologiske faktorer i foredlingsprosessen av laks.

Eksponering for bioaerosol og gramnegative
bakterier i relasjon til mulige helseeffekter.

Anne Finstad
Ingrid Stølen

Helse, miljø og sikkerhet

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Kristin V Hirsch Svendsen, IØT

Medveileder: Lene N Johannessen, IØT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse

Problembeskrivelse

Det skal kartlegges grad av eksponering for bioaerosoler på foredlingsprosessanlegg i fiskeoppdrettsnæringen, hvor gramnegative bakterier er en faktor som også vil bli vurdert. Det blir satt fokus på helseeffekter og hvordan eksponering for bioaerosoler er dokumenteres i litteratur.

Bakgrunnsinformasjon vil bli presentert som en gjennomgang av eksisterende litteratur.

- a. Litteraturstudie
- b. Kartlegge omfang og mengder av bioaerosoler i luft ved ulike prosesser
 - a. Gramnegative bakterier i arbeidsatmosfæren vil bli målt
- c. Beskrive helseeffektene
- d. Beskrive eksponeringen
- e. Prøve modeller for risikovurdering på utvalgte arbeidsoperasjoner

Forord

Med denne masteroppgaven fullføres vår mastergrad i Helse, miljø og sikkerhet ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Vi ønsker å rette en stor takk til vår hovedveileder professor Kristin V. Hirsch Svendsen og biveileder førsteamanuensis Lene Johannessen ved NTNU, for god veiledning og motivasjon igjennom hele denne prosessen. Videre ønskes å rette en oppmerksomhet mot kvalitetsansvarlig ved de to bedriftene vi har besøkt og tatt prøver ved. Dere ga oss mulighet til å samle inn dataene vi trengte for å fullføre denne oppgaven.

Arbeidere i foredlingsanlegg har en økt risiko for astma, allergier og andre luftveissymptomer. Med denne oppgaven håper vi at vi har vært med å belyse utfordringer det er med bioaerosoler i prosessanlegg, og også kartlagt hvor utfordringer er. Med resultatene i denne oppgaven og risikovurderingen, håper vi at det kan være med å bedre luftkvalitet for arbeiderne og at disse utfordringene blir tatt i betraktning ved bygging av nye anlegg eller restaurering av gamle.

Vi ønsker å rette en stor takk til våre medstudenter og venner for de flotte årene vi har hatt. En spesiell oppmerksomhet ønskes å rettes mot Ingvild Killi Brattestad og Anne-Kathrine Berglund for hjelpen de har tilbudt i utformingen av denne oppgaven.

Trondheim, Juni 2017



Anne Finstad



Ingrid Stølen

Sammendrag

Formålet med denne masteroppgaven var å kartlegge eksponeringen av bioaerosoler ved prosesseringsanlegg for laks, hvor eksponering av gramnegative bakterier i luft er en faktor som også blir vurdert. Tidligere forskning av biologisk eksponering innen fiskeforedling ble gått igjennom og en rekke studier viser økt forekomst av luftveissymptomer i sjømatindustrien. Dette er videre benyttet til å vurdere mulige helseeffekter av eksponeringen som er kartlagt i denne oppgaven.

Kartlegging av bioaerosoler ble gjennomført ved to slakteri- og foredlingsanlegg for laks. Her ble det målt massekonsentrasjon av partikler (mg/m^3), antall fine- og ultrafine partikler ($0.02 - 1 \mu\text{m}$) og antall partikler i størrelsesfraksjonene 0.3 , 1.0 og $5.0 \mu\text{m}$ med direktevisende instrumenter. Gramnegative bakterier ble målt med en luftprøvetaker med dyrkningsmediet Brilliance™ E.coli / Coliform Selective og satt til inkubasjon ved 37°C i $22 - 24$ timer. Gramnegative bakterier i luft ble brukt som indikator for endotoksineksponering.

Det ble funnet høyest eksponering ved arbeidsoperasjonen *bløgging*, utenom for partikler i størrelsesfraksjonen $0.02 - 1 \mu\text{m}$ som hadde høyest eksponering ved *pakking etter vakuumering* og *etter porsjonskutter*. Lokalitet 2 hadde generelt høyest eksponering, men lokalitet 1 hadde høyere eksponering ved *behandling av filet*, og antatt høyere eksponering for endotoksiner.

Etter vurderingen av måleresultatene, ble *bløgging* risikovurdert. Dette målepunktet, sammen med *etter porsjonskutter* ved lokalitet 1 og *fileteringsmaskinen* ved lokalitet 2, var de målepunktene som ble vurdert til å ha høyest eksponeringspotensialet. Alle disse målepunktene ble vurdert til gult område i risikomatrisen, noe som innebærer at det bør gjennomføres tiltak. Generelt sett anbefales det å forbedre ventilasjonen ved anleggene og særlig med avtrekk ved maskinene som er identifisert som risikoområder. Ved *bløgging* anbefales automatisering og eventuelt avgrensning av området, og det anbefales at fileteringsmaskinen blir innkapslet for å skjerme arbeidere fra partikler som frigis ved filetering.

Abstract

The objective of this Master Thesis is to assess the exposure of bioaerosols in Salmon processing plants. The exposure of gram-negative bacteria is measured as a component in the air. Existing research on exposure of biological hazards in fish processing plants was studied, and research has shown increased risk of respiratory symptoms for workers in the seafood industry. This research is further used to evaluate the possible health effects of the exposure measured in this thesis.

The assessment of bioaerosol exposure was conducted at two processing plants for salmon. Mass concentration of particles (mg/m^3), number of fine and ultra-fine particles in the size fraction 0.02 – 1 μm and number of particles in the size fraction 0.3, 1.0 and 5.0 was measured with direct reading instruments. Gram-negative bacteria were measured with a handheld air sampler with Brilliance™ E.coli / Coliform Selective Agar. The samples were incubated for 22-24 hours at 37 °C. Gram-negative bacteria are used as an indicator for endotoxin exposure.

Slaughterers were found to have the highest exposure, except for particles in the size fraction 0.02 – 1 μm . The highest exposure of this fraction was found at the operations *packing after vacuuming* and *after the fillet cutter*. Location 2 generally had higher exposure than location 1. The exposure group *processing of fillet* had higher exposure at location 1, and it is assumed that location 1 also has higher endotoxin exposure.

After assessing the results, *slaughterers*, *filleting machine* and *after the fillet cutter* were evaluated to have the highest risk of aerosol exposure. The measurements at these operations were assessed to be yellow in the risk matrix, and actions should be taken to make improvements. In general, it is recommended to improve the ventilation at the processing plants, local ventilation next to aerosol generating machines is also an option. It is recommended to automate the slaughter operation and possibly screen this area from the rest of the operations. At the filleting machine, it is recommended to implement a measure to encapsulate the machine to reduce the workers exposure.

Innhold

Figuroversikt	i
Tabelloversikt.....	ii
Definisjoner	v
1 Introduksjon.....	1
1.1 Formål og problemstilling.....	2
1.2 Avgrensninger	2
2 Bakgrunn.....	3
2.1 Fra laks til mat, en prosessbeskrivelse	3
2.1.1 Klekkeri/Settefiskanlegg.....	3
2.1.2 Merder.....	4
2.1.3 Slakting- og foredlingsprosessen	5
2.2 Biologiske eksponering i foredlingsprosessanlegg	7
2.2.1 Bioaerosoler	7
2.2.2 Gramnegative bakterier.....	10
2.2.3 Endotoksiner	12
2.2.4 Allergener	15
2.2.5 Andre mikroorganismer	16
2.3 Relevant lovgivning	17
2.4 Evaluerings- og risikovurderingskriterier	18
2.4.1 Tiltakshierarkiet	22
3 Strategi og metoder for prøvetakning og analyse.....	23
3.1 Innledende undersøkelse	23
3.2 Prøvetaking.....	26
3.3 Måleinstrumenter	27

3.3.1	DustTrak™ II Aerosol Monitor 8532	28
3.3.2	P-TRAK™ Ultrafine Particle Counter 8525	28
3.3.3	AeroTrak™ Handheld Particle Counter 9303	29
3.3.4	Air Sampler	30
3.4	Dyrkningsmedium	30
3.4.1	Brilliance™ E.coli / Coliform Selective	30
3.4.2	Pseudomonas Cetrimide Agar	31
4	Databehandling.....	32
4.1	TSI TrakPro Data Analysis Software	32
4.2	Excel	32
4.3	SPSS	32
5	Resultat.....	34
5.1	DustTrak™ (Partikler < 10 µm)	37
5.2	P-TRAK™ (Partikler 0.02 – 1 µm)	39
5.3	AeroTrak™ (0.3, 1.0 og 5.0 µm)	41
5.3.1	Partikkelfraksjon 0.3 µm	41
5.3.2	Partikkelfraksjon 1.0 µm	43
5.3.3	Partikkelfraksjon 5.0 µm	45
5.4	Luftprøver av gramnegative bakterier	48
6	Diskusjon	49
6.1	Instrumentering	49
6.2	Kartlegging og vurdering av eksponering	50
6.3	Aerosoler	53
6.3.1	Prøvetakingssteder	54
6.4	Gramnegative bakterier og endotoksiner	57
6.5	Dagsvariasjoner	60

6.6	Risikovurdering.....	61
6.6.1	Anbefalte tiltak.....	63
7	Konklusjon	67
7.1	Anbefalt videre arbeid.....	68
	Referanser.....	69
Vedlegg A:	Dagsmålinger	I
Vedlegg B:	Resultatene fra Air Sampler.....	VII
Vedlegg C:	Gjennomsnittsverdier for hvert måleinstrument.....	IX

Figuroversikt

Figur 2.1: Et flytdiagram av produksjon av laks i oppdrettsnæringen.....	3
Figur 2.2: Prosent av totalt luftbårne partikler i inhalerbar, torakal og respirabel konvensjon henvist fra NS-EN 481	8
Figur 2.3: Oversikt over kartleggingsprosessen (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995, s. 9).....	19
Figur 2.4: Risikomatrise.....	21
Figur 2.5: Tiltakshierarkiet (Davies et al., 2009, s. 14)	22
Figur 3.1: Partikkelstørrelsesområde for TSIs måleinstrument (TSI Inc., u.å.).....	27
Figur 5.1: Dagsmålinger gjennomført med DustTrak™ ved lokalitet 1 med gjennomsnitt.	38
Figur 5.2: Dagsmålinger gjennomført med DustTrak™ ved lokalitet 2 med gjennomsnitt.	39
Figur 5.3: Dagsmålinger gjennomført med P-TRAK™ ved lokalitet 1 med gjennomsnitt.....	40
Figur 5.4: Dagsmålinger gjennomført med P-TRAK™ ved lokalitet 2 med gjennomsnitt.....	41
Figur 5.5: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 1, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 0.3 µm.....	42
Figur 5.6: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 2, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 0.3 µm.....	43
Figur 5.7: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 1, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 1.0 µm.....	44
Figur 5.8: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 2, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 1.0 µm.....	45
Figur 5.9: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 1, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 5.0 µm.....	46
Figur 5.10: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 2, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 5.0 µm.....	47
Figur 6.1: Risikomatrise med risikovurdering av målepunktene <i>fileteringsmaskinen, bløgging og porsjonskutter</i>	63

Tabelloversikt

Tabell 2.1: Bakterier som blir selektert på Brilliance™ E.coli / Coliform Selective medium og smitterisikogruppen disse er plassert i, i <i>Forskrift om tiltaks- og grenseverdier</i> (2013).....	18
Tabell 3.1: Eksponeringsgruppe, prøvetakingssted og beskrivelse av arbeidsoppgaver for lager og foredling. Lokalitet er markert i parentes dersom det kun gjelder en av lokalitetene	24
Tabell 3.2: Eksponeringsgruppe, prøvetakingssted og beskrivelse av arbeidsoppgaver for slakteri. Lokalitet er markert i parentes dersom det kun gjelder en av lokalitetene.	25
Tabell 5.1: Resultater for homogene grupper med geometrisk gjennomsnitt (GM) og aritmetisk gjennomsnitt (AM) med standardavvik (SD).	34
Tabell 5.2: Resultater for arbeidsoperasjoner for begge lokaliteter slått sammen. Geometrisk gjennomsnitt (GM) og aritmetisk gjennomsnitt (AM) med standardavvik (SD).	36
Tabell 5.3: Målinger av gramnegative bakterier ved lokalitet 1 og 2, med antall kolonier (CFU/m ³) og prosentandel av prøvene som er positive ved de homogene gruppene.	48
Tabell 6.1: Risikoanalyse og –evakuering av målepunktene <i>fileteringsmaskinen, bløgging og porsjonskutter</i>	64
Tabell 6.2: Risikoanalyse og –evakuering av de homogene gruppene og <i>pakking etter vakuumering</i>	66
Tabell A.1: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 1 med DustTrak™ (mg/m ³).	I
Tabell A.2: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 2 med DustTrak™ (mg/m ³).	II
Tabell A.3: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 1 med P-TRAK™, (1 000 partikler/cm ³).	III
Tabell A.4: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 2 med P-TRAK™ (1 000 partikler/cm ³).	IV
Tabell A.5: Målinger med AeroTrak™ ved lokalitet 1 (1 x10 ⁶ partikler/m ³).	V
Tabell A.6: Målinger med AeroTrak™ ved lokalitet 2 (1 x10 ⁶ partikler/m ³).	VI
Tabell B.1: Antall kolonier per målested ved lokalitet 1 etter korreksjon (CFU/m ³).....	VII
Tabell B.2: Antall kolonier per målested ved lokalitet 2 etter korreksjon (CFU/m ³).....	VIII

Tabell C.1: Målingene gjort med DustTrak™ ved lokalitet 1 (mg/m ³) her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	IX
Tabell C.2: Målingene gjort med DustTrak™ ved lokalitet 2 (mg/m ³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	X
Tabell C.3: Målingene gjort med P-TRAK™ ved lokalitet 1 (1 000 partikler/cm ³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	XI
Tabell C.4: Målingene gjort med P-TRAK™ ved lokalitet 2 (1 000 partikler/cm ³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	XII
Tabell C.5: Målingene gjort med AeroTrak™ 0.3 µm ved lokalitet 1 (1 x10 ⁶ partikler/m ³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	XIII
Tabell C.6: Målingene gjort med AeroTrak™ 0.3 µm ved lokalitet 2 (1 x10 ⁶ partikler/m ³) her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	XIV
Tabell C.7: Målingene gjort med AeroTrak™ 1.0 µm ved lokalitet 1 (1 x10 ⁶ partikler/m ³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier av	XV
Tabell C.8: Målingene gjort med AeroTrak™ 1.0 µm ved lokalitet 2 (1 x10 ⁶ partikler/m ³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	XVI
Tabell C.9: Målingene gjort med AeroTrak™ 5.0 µm ved lokalitet 1 (1 x10 ⁶ partikler/m ³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....	XVII

Tabell C.10: Målingene gjort med AeroTrak™ 5.0 µm ved lokalitet 2 (1×10^6 partikler/m³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.....XVIII

Definisjoner

AM	Aritmetisk gjennomsnitt
AML	Arbeidsmiljøloven
ANOVA	Analysis of variance (Variansanalyse)
ARDS	Adult respiratory distress syndrome (Lungesviktsyndrom hos voksne)
CFU	Colony forming units
DIK	Disseminert intravaskulær koagulasjon
EU	Endotoksinheter
GM	Geometrisk gjennomsnitt
HEPA	High efficiency particulate
IgE	Immunoglobulin E
ILO	Den internasjonale arbeidsorganisasjonen
LAL	Limulus amoebocyte lysat
LPS	Lipopolysakkarid
OEL	Occupational exposure limit (grenseverdi)
PM₁	Partikler med aerodynamisk diameter < 1 µm
PM_{2.5}	Partikler med aerodynamisk diameter < 2.5 µm
PM₄	Partikler med aerodynamisk diameter < 4 µm
PM₁₀	Partikler med aerodynamisk diameter < 10 µm
RAST	Radioallergosorbent test
SD	Standardavvik
UFP	Ultrafine partikler
WBA	Whole blood assay

1 Introduksjon

I Norge er lakseoppdrett en viktig næring, og i 2016 ble det produsert 1.3 tonn laks (SSB, 2016). Dette bidrar også med en rekke arbeidsplasser. Samtidig er det knyttet en rekke utfordringer til arbeidsmiljø og sikkerhet som utgjør en risiko for arbeidere innen oppdrettsnæringen. Det er gjennomført studier som viser at arbeidere innen slakteri og foredlingsprosessen av fisk har høyere forekomst av arbeidsrelaterte luftveisplager (Bang et al., 2005, Bønløkke et al., 2004, Dahlman-Höglund et al., 2012, Douglas et al., 1995, Jeebhay et al., 2001, Lopata and Jeebhay, 2013, Shiryayeva et al., 2010, Shiryayeva et al., 2014). Bioaerosoler i prosesseringsanlegg for laks er en av risikofaktorene som kan være en viktig årsak til utvikling av luftveissymptomer. Bioaerosolene vil bestå av partikler i ulike størrelsesfraksjoner, hvor de respirable fraksjonene er massefraksjoner av partikler som kan trenge ned til de terminale bronkiolene og lungeblærene (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995). Dette kan utgjøre en stor helsefare. Bioaerosoler vil også inneholde biologisk materiale som for eksempel bakterier, endotoksiner og allergener som kan gi negative helseeffekter som astma, allergi og infeksjoner hos arbeiderne.

En rekke studier har sett på helseeffekter og eksponering av aerosoler, allergener og endotoksiner (Bang et al., 2005, Bønløkke et al., 2004, Dahlman-Höglund et al., 2013, Dahlman-Höglund et al., 2012, Douglas et al., 1995, Sherson et al., 1989, Shiryayeva et al., 2010, Shiryayeva et al., 2014, Thomassen et al., 2016). Det er derimot få studier som måler gramnegative bakterier i luft. I denne oppgaven vil luftprøver av gramnegative bakterier bli benyttet for å se om dette kan være et alternativ til analyse av endotoksin da endotoksiner er en komponent i gramnegative bakterier. Det vil også bli tatt målinger av massekonsentrasjonen samt ulike størrelsesfraksjoner for å se hvor eksponeringen er størst og hvilken størrelse partiklene har. Strategien for innledende undersøkelser og prøvetakning ble gjennomført etter kapittel 2 i arbeidstilsynets orientering, bestillingsnummer 450. *Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske og biologiske forurensinger i arbeidsatmosfæren* (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995).

1.1 Formål og problemstilling

Formålet for denne masteren ble lagt etter prosjektoppgaven som ble gjennomført høsten 2016. Prosjektet tok for seg litteratur som så på yrkeshygieniske utfordringer i oppdrettsnæringen, med hovedfokus på norsk lakseoppdrett. En del av hensikten med masteroppgaven er å gå dypere inn i tidligere forskning innen eksponering for bioaerosoler, og forekomst av helseeffekter ved foredlingsprosessen i sjømatindustrien.

Problemstillingen til denne oppgaven er å kartlegge graden av eksponering for bioaerosoler på foredlingsprosessanlegg i oppdrettsnæringen, hvor gramnegative bakterier er en faktor som også skal vurderes. Dette skal oppnås ved:

- Å studere eksisterende litteratur, hvor det blir satt fokus på helseeffekter og hvordan eksponering for bioaerosoler er dokumentert i litteraturen.
- Å kartlegge omfang og mengde av bioaerosoler ved to ulike prosessanlegg. Dette skal gjennomføres ved direktevisende instrumentering. Gramnegative bakterier i arbeidsatmosfæren skal bli målt ved hjelp av luftprøvetakning
- At resultatene skal bli vurdert og legge grunnlaget for risikovurderingen som skal gjennomføres.

1.2 Avgrensninger

Denne oppgaven er begrenset til prøvetakninger ved to bedrifter. Disse bedriftene har blitt innhentet ved hjelp av kontakter fra biveileder. Grunnet tidsbegrensinger, ble det valgt å gjennomføre fire dager med prøvetakning per bedrift. For å kunne dekke flest mulig av de sentrale arbeidsoperasjonene, ble det gjennomført 10 minutters prøvetakning per sted, istedenfor å følge enkelte arbeidstakere en hel dag.

2 Bakgrunn

I dette kapittelet presenteres lakseindustrien, som er bakgrunnen for denne oppgaven. Det fokuseres her på biologisk eksponering i slakteri- og foredlingsprosessen, da dette er grunnlaget for problemstillingen. Videre legges det særlig vekt på hvordan eksponeringen av bakterier og bioaerosoler har blitt dokumentert i tidligere studier og hvilke helseeffekter dette kan medføre. En forståelse av dette er viktig, for å kunne vurdere resultatene fra den kvalitative analysen i denne studien. Lovverket og grunnlag for risikovurdering blir også gjennomgått. Denne studien er gjennomført ved to forskjellige slakteanlegg, et nytt og et gammelt. Beskrivelsene av prosessen for begge anleggene angis for slakteri og foredlingsprosessen (kapittel 2.1.3).

2.1 Fra laks til mat, en prosessbeskrivelse.

I denne delen presenteres en kort gjennomgang av de ulike prosessene i oppdrett av laks, fra rogn til ferdig slaktet fisk, med hovedfokus på slakting og foredling av fisk. Prosessbeskrivelsen tar for seg produksjon av laks (*Salmo salar*), men prosessene er forholdsvis like uavhengig av fisketype. Figur 2.1 viser et grovt flytdiagram av produksjonen av laks i oppdrettsnæringen.



Figur 2.1: Et flytdiagram av produksjon av laks i oppdrettsnæringen.

2.1.1 Klekkeri/Settefiskanlegg

Produksjon av oppdrettslaks begynner ved landbaserte anlegg. Stryking av voksen kjønnsmoden laks (Stamfisk) er det første steget i prosessen. Stryking av laks er en manuell operasjon der man først bedøver fisken og deretter presses rognen ut av hunnfisken, så blander man rogn med melke fra hannfisken slik at eggene befruktes (TOFA, 2016). Før ilegging av rogn rengjøres og desinfiseres karene. Rognen holdes så mørkt, mens ferskvann stadig renner over eggene. Etter 220 døgngader vil man få det man kaller øyerogn, med to synlige svarte prikker som blir til fiskens

øyne. Etter cirka 500 døgngrader klekker rognen. Lakselarven får på dette stadiet næring fra en sekk på magen som kalles plommeseekkyngel. I løpet av 4 - 6 uker er mesteparten av sekken konsumert. Yngelen kan da begynne å ta til seg næring fra annet fôr og flyttes derfor til større kar. En viktig arbeidsoppgave er å sørge for at fisken får passe mengde av riktig fôr. Laksefisken får tørrfôr, mens andre fisketyper kan være avhengig av levende fôr (Moreau and Neis, 2009). Fisken kalles nå for parr og lever fortsatt i ferskvann. På dette stadiet veies og sorteres den regelmessig og vaksineres (Opedal, 2015). Vaksinasjon kan skje manuelt eller automatisk. Det har blitt mer vanlig at dette skjer i en helautomatisk prosess som kun krever en operatør. Denne perioden varer til fisken er rundt 60-100 gram. På slutten av perioden ved et settefiskanlegg går fisken gjennom en smoltifisering som er en fysiologisk endring som gjør fisken i stand til å gå over fra ferskvann til saltvann. Smolten fraktes til anlegg i brønnbåt hvor saltinnholdet i vannet økes gradvis for å tilvenne fisken et liv i sjøen (Erko Seafood, Nesfossen smolt, 2012).

Ettersom dette er landbaserte anlegg er pumping av vann inn i de ulike tankene arbeid som skjer regelmessig (Moreau and Neis, 2009). De store mengdene med vann som benyttes i settefiskanlegg medfører også at man må rense vannet før det resirkuleres i anlegget eller blir sluppet ut. Partikkelfjerning og UV-stråling er de mest vanlige metodene for vannbehandling, men klor, ozon og varme blir også brukt (Holten, 2014).

Regelmessig renhold og desinfisering av tanker og utstyr er blant annet viktig for å hindre at utbrudd av fiskepatogene sykdommer skal spre seg i anlegget (Agronor AS, 2013a).

2.1.2 Merder

Laksen holdes i merder i cirka 18 måneder til den veier 4-6 kg. I løpet av denne perioden må arbeiderne passe på foring, vannkvalitet og fiskehelse, samt struktur av arbeidsoperasjoner (Moreau and Neis, 2009). Arbeidsoperasjonene ved merdene foregår på fôrflåten og mellom fôrflåten og merdene med foringssystemer og transport ved hjelp av båt. Overvåkning og inspeksjon av merdene vil være viktige arbeidsoppgaver, samt å sørge for optimal utvikling og god fiskehelse.

Det er også viktig med regelmessig renhold og desinfeksjon av merdene for å redusere smittenivå fra tidligere matfisk til smolt. Det finnes ulike metoder for dette. Av disse er landsetting med

tørking, rengjøring og desinfisering mest effektiv. Andre metoder som kan benyttes er dykkere som rengjør noten eller at deler av konstruksjonen kan løftes opp av vannet (Agronor AS, 2013b).

2.1.3 Slakting- og foredlingsprosessen

Når fisken oppnår ønsket størrelse, som oftest rundt 5 kg, blir laksen fraktet fra merdene til slakteriet i brønnbåter. Laksen blir fraktet levende til slakteriet hvor den blir bedøvd med slag mot hodet eller gitt elektrisk støt. Ved slag mot hodet skjer dette i utgangspunktet maskinelt, men hvis fisken ikke blir bedøvd, blir fisken skjovet inn i stunneren for å bli bedøvet. Etter bedøvingen blir fisken bløgget, slik at den skal bli tømt for blod. Avhengig av maskinene i bedriften, gjøres dette enten manuelt eller maskinelt. Ved det gamle anlegget som blir undersøkt foregår bløggingen maskinelt. Her står det to operatører som sender fisken inn i den maskinelle bløggemaskinen. Ved det nye anlegget blir denne operasjonen gjort manuelt. Fra bløggingen blir fisken sendt på et samleband til en utblødningstank (helix) som er fylt med kaldt sjøvann. På det nye anlegget blir fisken sendt fra helixen til visuell kontroll. Denne kontrollen blir gjort etter sløyning hos bedriften ved det gamle anlegget. Ved denne kontrollen, blir fisken sortert etter kvalitet og denne oppgaven blir gjennomført av to operatører per stasjon.

Sløyningen skjer både manuelt og maskinelt ved begge bedriftene. Ved stor pågang eller uregelmessig størrelse, blir det gjennomført manuell rensing av fisken som har gått igjennom den maskinelle sløyemaskinen. Denne arbeidsoperasjonen blir gjennomført av en operatør per maskin, med en vakuumsuger. Ved manuell sløyning blir det meste av innmaten tatt ut av en operatør, før en annen operatør bruker vakuumsug for å fjerne restene, på lik linje med manuell sjekk etter maskinell sløyning. Ved det nye anlegget, er det to som sløyer og en som bruker vakuumsug per stasjon. Ved det gamle anlegget er det en operatør til sløyning og en til vakuumsug.

Etter denne prosessen blir fisken sendt videre på samlebandet og blir sortert etter størrelse og kvalitet. Ved begge anleggene blir sorteringen gjort maskinelt, men pakkingen av fisken blir gjort manuelt ved det gamle og maskinelt ved det nye anlegget. Det er tre til fire operatører som pakker fisken i isoporkasser for videre sending. Fisken som skal videreforedles legges i kar med is-slush, og settes til modning i tre til fire dager på råstofflager før den blir filetert. Ved det gamle anlegget blir all fisk pakket og sendt, siden foredlingsprosessen er ved et annet bygg. Ved det nye anlegget blir fisk til foredling sendt videre inn til filetavdelingen. Denne avdelingen er adskilt fra slakteridelen med en glassvegg.

Fisken som blir pakket i isoporkasser, blir sendt direkte som hel, sløyet fisk. De hele fiskene blir lagt på is og pakket i emballasje. Mye av pakkingen skjer maskinelt, men å sette på lokk og sjekke at pakkingen med is og bånd er gjort korrekt, skjer manuelt. Pappeskene og isoporeskene, som fisken så blir fraktet i, blir båret eller sendt med gaffeltruck, heis eller robot bort til en oppbevaringsstasjon før det fraktes ut til distributørene.

Før fisken blir sent til filetavdelingen for foredling, blir hodet kappet av og ryggsoylen skåret ut i fileteringsmaskinen. Både det gamle og det nye anlegget har manuell hodekapping. Her står to operatører og kapper av hodene før fisken sendes videre til fileteringsmaskinen. Ved maskinell hodekapping, som det nye anlegget har, blir dette gjort ved at en operatør snur fisken før den sendes igjennom maskinen. Før fisken sendes inn i fileteringsmaskinen står det en operatør etter hodekappingsmaskinen og renskjærer fisken hvis hodet ikke blir godt nok kappet av. Fisken blir så sendt til en ny manuell stasjon, hvor en operatør sender fisken riktig inn i fileteringsmaskin. Fileteringsmaskinen skjærer av de uønskede delene fra fisken. Avhengig av ønsket kvaliteten vil filetene som ikke er tilstrekkelig filetert, finskjæres. Dette blir utført av to til fire operatører per linje. Etter finskjæringen, blir fisken sendt igjennom en beinnappermaskin. Denne prosessen blir etterfulgt av at tre til seks operatører finkjemmer fisken for bein. Avhengig av hva kunden ønsker, blir fisken sendt igjennom en maskin som kan skjære bort skinnet. Etter denne maskinen, står én til to operatører og finskjærer fileten.

For det nye anlegget har de en egen linje som tar for seg fersk fisk. Her blir ikke bein nappet ut, men fisken blir finskåret av tolv operatører, for så å bli pakket og distribuert ut til forbrukerne.

Fra finskjæringen blir fisken som oftest sendt gjennom en kuttemaskin, som deler fisken opp i ønskede porsjonsstørrelser. Disse porsjonene blir så plassert i en dyptrekker, enten ved bruk av robot, eller manuelt ved at det er fire operatører som plasserer fisk i emballasjen. Fra porsjonspakkingen sendes pakkene til en pakkestasjon, hvor det står to til seks operatører og pakker de emballerte pakkene i pappesker, som så blir frankert og sendt ut til kundene.

Mange av operasjonene benytter vann for å få fisken til å gli lettere, og for at fisken skal være så ren som mulig mellom operasjonene. Dette gjør at mye av arbeidet som gjøres, er vått arbeid. På grunn av dette er vanlig arbeidsuniform vanntett jakke og bukse. Dessuten, siden foredlingsprosessen behandler mat, benyttes også hårnett, engangsforkle, -ermer og -hansker. Arbeiderne bruker vernehansker ved arbeidsoperasjoner der det benyttes kniv. Slakterhallene er

ofte store rom med mange maskiner som gir mye støy og gjenklang, derfor brukes hørselsvern til enhver tid i disse rommene

Hvilke typer maskineri prosessanleggene er utstyrt med varierer avhengig av størrelse på foredlingsanlegget, hvor mye fisk det er vanlig å få inn og produktet de skal lage av fisken. Derfor vil ikke alle anlegg foreta alle operasjonene som er beskrevet over og det er noe forskjell mellom det nye anlegget og det gamle anlegget. De aller fleste maskinene krever imidlertid at man sjekker kvaliteten på fisken etter passering manuelt.

På de større slakteriene er det vanlig at arbeiderene jobber i skift og at det er produksjon i lokalet fra morgen til kveld. For anleggene som ble besøkt, var skiftene på 8 timer inkludert pause. Arbeidstakerne ruller mellom arbeidsoperasjonene, de jobber da i 30 minutter ved en arbeidsoperasjon før de bytter arbeidsplass. Hver arbeidsøkt består av 3 x 30 minutter før 30 minutters pause, ved ensidig eller kaldt arbeid jobbes det 2 x 30 minutter før pause. Tiden etter at produksjonen er ferdig for dagen brukes til rengjøring. Dette er en viktig prosess for å ivareta kvaliteten på fisken og for å sørge for at det ikke oppstår uønskede bakteriedannelser på slakterianlegget.

2.2 Biologiske eksponering i foredlingsprosessanlegg

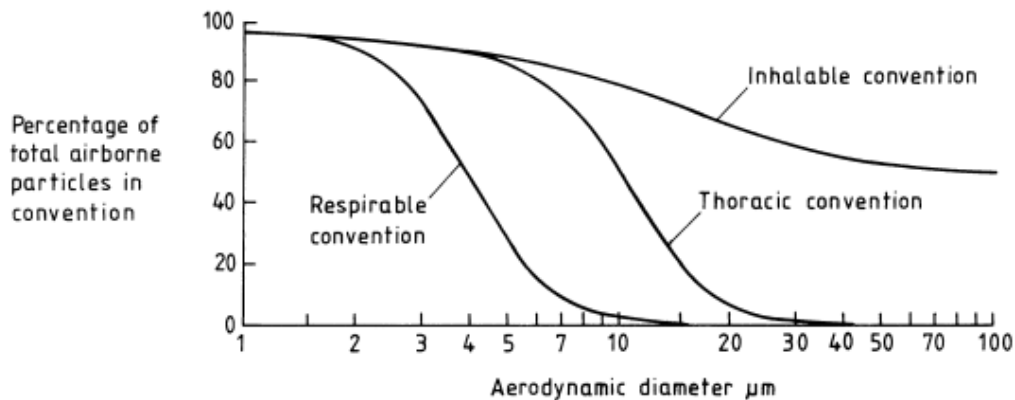
2.2.1 Bioaerosoler

Bioaerosoler er luftbårne partikler med biologisk opprinnelse. Disse kan blant annet inneholde bakterier, endotoksiner, mugg, allergener, virus og pollen. Inhalasjon av disse stoffene kan gi negative helseeffekter for de som blir eksponert (Löndahl, 2014). Luftveissymptomer og nedsatt lungefunksjon er de mest studerte og sannsynligvis mest utbredte helseeffektene av bioaerosoler (Douwes et al., 2003). Andelen av partikler som inhaleres er avhengig av egenskapene til partiklene, luftstrømninger, pustefrekvens og om det pustes med munn eller nese. Det er også store individuelle forskjeller mellom personer. Hvor partiklene deponeres i luftveiene er også svært viktig for hvilken biologisk effekt disse har på organismen. Opptak av partikler fra luft er avhengig av partikkelstørrelse og det skilles mellom ulike størrelsesfraksjoner.

- *Inhalerbar fraksjon: Massefraksjonen av det totale antallet luftbårne partikler som kan inhaleres gjennom nese og munn.*

- *Torakal fraksjon: massefraksjonen av inhalerte partikler som kan passere forbi nese og munn.*
- *Respirabel fraksjon: massefraksjonen som kan trenge ned til de terminale bronkiolene og lungeblærene (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995).*

I henhold til Norsk Standard NS-EN 481 defineres konvensjon som målespesifikasjonen til prøvetakingsinstrumentene. Inhalerbar konvensjon ser på massekonsentrasjon av partikler som kommer inn i luftveiene i forhold til massekonsentrasjonen i luften før partiklene blir påvirket av inhalering og de som blir eksponert. Øvrige konvensjoner ser på massekonsentrasjon av partikler som kommer inn i en spesifikk del av luftveiene i forhold til massekonsentrasjonen som kommer inn i luftveiene. Figur 2.2 viser prosentandel av totalt luftbårne partikler som inngår i inhalerbar, torakal og respirabel konvensjon for instrumentene som er brukt i denne undersøkelsen. Målekonvensjonen anerkjenner at det kun er en del av partiklene i pustesonen som blir inhalert, og det er denne delen som kalles inhalerbar fraksjon. I denne oppgaven er det hovedsakelig respirabel fraksjon, som kan beskrives som partikler $< 10 \mu\text{m}$, som vil bli studert. Hvor mye av partiklene som deponeres i lungene er avhengig av aerodynamisk diameter. Respirabel fraksjon har 50 % cut off ved $5 \mu\text{m}$ som vil si at det er cirka 50 % av totalt luftbårne partikler på $4 \mu\text{m}$ som når ned til de terminale bronkiolene og lungeblærene (Standard Norge, 1993).



Figur 2.2: Prosent av totalt luftbårne partikler i inhalerbar, torakal og respirabel konvensjon henvist fra NS-EN 481

Ultrafine partikler (UFP) defineres som partikler med en aerodynamisk diameter $< 0.1 \mu\text{m}$ (100 nm). Det er blitt oppdaget større helsefare ved ultrafine partikler en større partikler (Stone

and Donaldson, 1998). Når partikler kommer ned i alveolene er det makrofager som i utgangspunktet skal sørge for å fjerne partikler ved fagocytose. Siden en lik masse av ultrafine partikler vil inneholde flere partikler og samlet ha større overflateareal enn større partikler klarer ikke makrofagene å fjerne ultrafine partikler like effektivt. Dette kan føre til skade på andre celler og føre til inflammatoriske reaksjoner (Stone and Donaldson, 1998).

Uteluft, ventilasjon, antall arbeidere og fuktighet er miljøforhold som kan påvirke nivå og innhold av bioaerosoler i arbeidsatmosfæren. Type ventilasjon som finnes vil være med å påvirke om biologisk materiale fra uteluft kommer inn i lokalet. Dette vil i fiskeindustrien være viktig for om biologisk materiale fra fisken forblir i lokalet eller om luften blir renset. Enkelte prosesser innendørs, kan også bidra med kilder til biologiske faktorer slik som partikler som emitteres direkte fra mennesker og dyr (Löndahl, 2014).

Helseeffektene av bioaerosoler er, i tillegg til partikkelstørrelse, avhengig av sammensetning og innhold av biologisk materiale i partiklene. Aktuelle agens og helseeffektene av disse presenteres senere i dette kapittelet.

I sjømatnæringen har det tidligere blitt gjennomført en del studier som har til hensikt å kartlegge aerosoler og helseeffekten dette kan ha på arbeidere i denne næringen. Douglas et al. (1995) fant i sin studie at 8.2 % av operatørene hadde arbeidsrelatert astma og anså nærhet til aerosolgenererende maskiner i fiskeforedling som en viktig faktor for utvikling av arbeidsrelatert astma. I studien ble det målt konsentrasjon av respirabel aerosol, lungefunksjon og IgE nivå. Målingene av respirabel aerosol ($0.01-10 \text{ mg/m}^3$) ble delt inn i tre områder; våt prosessering, tørr prosessering og kontor- og lasteområder. Konsentrasjonen var høyest ved våt prosessering som innebærer sortering, sløyning og pakking av fisk med et gjennomsnitt på 3.14 mg/m^3 . Sløyemaskinen ble sett på som kilden til aerosolene og ved installering av ventilasjon ved disse maskinene ble aerosolene kraftig redusert ($< 0.01 \text{ mg/m}^3$). Tørre prosesser som ved slakting og pakking på kjølelager ble det målt et eksponeringsnivå på 0.05 mg/m^3 . mens på kontor og lasteområder ble konsentrasjonene målt til å være mindre enn 0.01 mg/m^3 .

Dahlman-Höglund et al. (2013) utførte en studie ved ett prosesseringsanlegg for sild. Hensikten med denne studien var å undersøke arbeidsplassen og gjennomføre målinger av flere potensielle arbeidsmiljøfaktorer. Studien innebar målinger av eksponering for luftbåren antigen fra sild, muggsporer og endotoksin i løpet av arbeidet. Det hadde blitt installert nye fileteringsmaskiner

som var helt innkapslet, mens de gamle som enda var i drift, kun var delvis innkapslet og det ble derfor kartlagt hva dette hadde å si for eksponeringen. Det ble gjort personlig og stasjonær måling av massekonsentrasjon av aerosoler (0.1- 10 μm) og stasjonære målinger av antall partikler i seks ulike størrelsesfraksjoner (0.3–0.5. 0.5–1.0. 1.0–5. 5–10. og $> 25 \mu\text{m}$). De gamle maskinene gav signifikant høyere eksponering for partikler enn de nye maskiner. De partikkelfraksjonene som ble målt med de høyeste nivåene var 0.3-0.5 μm , med $> 400\ 000$ partikler / m^3 . For partikler i størrelsen $> 10 \mu\text{m}$ ble det målt $< 5\ 000$ partikler / m^3 og for partikler $> 25 \mu\text{m}$ ble det målt < 100 partikler/ m^3 . En personlig aerosolmåler målte gjennomsnittlig konsentrasjon over 2 timer ved den gamle maskinen (0.24-2.09 mg/m^3) og ved den nye maskinen (0.12-0.72 mg/m^3).

Shiryayeva et al. (2010) gjennomførte en studie blant arbeidere i lakseprosessering og en kontrollgruppe som aldri hadde jobbet i sjømatindustri. Studien ble utført ved fem lakseprosesseringsanlegg med slakteri og filetavdeling. Respirasjonsstatus ble sammenlignet mellom lakseforedlingsarbeidere og en kontrollgruppe ved å estimere prevalensen av generelle og arbeidsrelaterte luftveissymptomer. Denne studien målte utelukkende helseeffekter og ingen målinger av eksponeringen. Det var flere i lakseindustrien som rapporterte luftveissymptomer enn i kontrollgruppen. Studien viste at arbeidere innen lakseprosessering hadde nedsatt respiratorisk evne og var utsatt for sensitivisering for laks. Resultatene viste at luftveissymptomer var hyppigere hos ikke-røykende lakseforedlere enn hos røykende kontrollpersoner. Målt serum IgE var større hos laksearbeiderne og de kan derfor være mer utsatt for sensitivisering. Det ble ikke funnet signifikant forskjell i prevalensen av astma mellom kontrollgruppen og laksearbeiderne. Shiryayeva et al. (2014) gjorde også en dose-respons studie på effekten av bioaerosoler på luftveiene blant arbeidere i lakseforedling. Spørreskjema ble benyttet for å bestemme nivå av bioaerosoleksponering, og kategorisering ble gjort etter anlegg, avdeling (slakteri og filet) og bruk av vannslange. Eksponeringen var høyere blant arbeidere som rapporterte hyppig bruk av vannslange enn blant de som brukte den sjelden eller aldri

2.2.2 Gramnegative bakterier

Bakterier deles hovedsakelig inn i to hovedgrupper; gramnegative og grampositive bakterier. Det er celleveggen til de forskjellige bakterietypene som avgjør hvilken gruppe de tilhører (Madigan et al., 2012). Identifiseringen av bakterier ved gramfarging skjer ved at kolonier preparert på et objektglass i lysmikroskop fremstår som, grampositive bakterier (blå-fiolett farge), mens

gramnegative bakterier har en tynnere cellevegg og mister denne blåfargen ved alkoholbehandling. Ved videre behandling med safranin, vil gramnegative bakterier få en klar rød farge (Tønjum, 2014). Gramnegative bakterier har en cellevegg som består av en liten mengde peptidoglykan og en ytre membran som er bygd opp av lipopolysakkarid (LPS), lipoproteiner og andre komplekse makromolekyler. Det er komponenten LPS som fra gammelt av, og fremdeles, ofte blir omtalt som endotoksin (Madigan et al., 2012).

Gramnegative bakterier kan forårsake en rekke forskjellige infeksjoner i blant annet luftveier, blod og hjernen (meningitt) (NIAID, 2016, CDC, 2011). Bakteriene er også en årsak til matbårne sykdommer, blant annet den velkjente *Escherichia coli*. *E.coli* er en bakterieart som forekommer naturlig i tarmen, men kan ved forurensning av mat forårsake sykdom som diare. Noen bakteriestammer av *E.coli* kan også gi alvorlige utbrudd av matforgiftning (Madigan et al., 2012). *Pseudomonas aeruginosa* er en patogen vann- og jordbakterie som finnes naturlig i miljøet. *P. aeruginosa* kan forårsake ulike infeksjoner i hud, ører, sår og luftveier spesielt hos personer med nedsatt immunforsvar (Madigan et al., 2012). Både *E. coli* og *P. aeruginosa* er relevante gramnegative bakterier med LPS / endotoksin som kan inhaleres i forbindelse med eksponering for bioaerosoler i fiskeindustrien.

Laitinen et al. (1992) og Hwang et al. (2011) har begge gjennomført studier for å se på forholdet mellom gramnegative bakterier og endotoksiner. Laitinen et al. (1992) sin studie ble gjennomført på avløpsrensaneanlegg. Her ble prøvene av luftbårne bakterier samlet inn ved bruk av Andersen seks-trinns prøvetakning på to forskjellige ikke-selektive medier. Dette var et næringsfattig R2A medium og næringsrikt TYG medium. Disse dyrkingsmediene ble inkubert ved 20 °C i syv dager. Det ble også brukt mer selektive medier for gramnegative bakterier, som EMB (Difco Laboratories, Detroit, Mich.), LES Endo (Difco), og MacConkey (Becton, Dickinson Microbiology Systems, Cockeysville, Md.). Disse ble inkubert ved 37 °C i 48 timer. Siden det ble funnet flest bakterier med EMB, ble dette benyttet videre i studien. Målinger av endotoksiner ble gjennomført ved bruk av epifluorensmikroskopi med sterile glassfiberfiltre i plastfilterholdere ved bruk av sugepumpe SKC, modell 222-3 og ble så analysert med LAL-analyse. Resultatene fra disse prøvene viste en god korrelasjon mellom levelige luftbårne bakterier som var dyrket på EMB mediet og endotoksinkonsentrasjonen. For R2A og TYG mediene ble det ikke funnet korrelasjon.

Hwang et al. (2011) sin studie ble gjort i mikrobiologiske laboratorier og bioavfallsområder. Selv om begge studiene brukte petriskåler, var både agarmediet og luftprøvetakingen forskjellige. Hwang benyttet Andersen ett-trinns prøvetaker for å samle inn de luftbårne bakterier. Petriskåler med Tryptic soya agar ble benyttet, med ukjent dyrkningstemperatur og tid. For prøvetakingen til endotoksiner, ble det tatt luftprøver med glassfiberfiltre via en Escort Elf pumpe. Endotoksin ble så ekstrahert fra filteret og analysert ved bruk av kinetisk Limus amebocyte lysate (LAL) analyse. Resultatene viste at endotoksinnivået var høyere når gramnegative bakterier ble detektert. Av de gramnegative bakteriene var det spesielt *Delftia acidovorans*, *Acinetobacter baumannii*, *Comamonas testosteroni* og *Pseudomonas aeruginosa* som ble assosiert med høyere endotoksinnivåer. Ved det høyeste målte endotoksinnivået var det *D. acidovorans* som var den bakterien som var betydeligst observert.

Ved bruk av Andersen seks-trinns luftprøver, har også Clark et al. (1983) gjennomført prøvetaking av gramnegative bakterier, støv og endotoksiner. Prøvetakingen ble gjennomført ved fire kompostanlegg i Sverige. For å måle gramnegative bakterier, ble det benyttet en selektiv agar for gramnegative bakterier. Dette var Drigalski agar modifisert etter Conradi-Drigalski. Denne ble inkubert ved 35 °C i 48 timer. På anleggene ble det målt fra 19×10^3 – 370×10^3 gramnegative bakterier per kubikkmeter. Den respirable fraksjonen av CFU gramnegative, var generelt over 50 % for alle anleggene og områdene det ble målt. For å måle mengden endotoksiner ble LAL-analyse benyttet og mengden endotoksin ble målt til å være mellom 0.001 til $0.014 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For endotoksinnivået i luftbåren støv ble det målt til å ligge mellom 0.007 til $0.87 \mu\text{g}/\text{mg}$ (Clark et al., 1983).

2.2.3 Endotoksiner

Endotoksiner er integrert i den ytre membranen til gramnegative bakterier. Endotoksiner består av proteiner, lipider og lipopolysakkarider (LPS). LPS er et amfipatisk, varmestabilt og vannløselig makromolekyl som er ansvarlig for de immunstimulerende egenskapene til endotoksin. LPS og endotoksiner benyttes derfor ofte som synonyme for hverandre. Toksisiteten til endotoksin / LPS assosieres med lipid A, et fosfoglykolipid. Lipid A er den komponenten som blir ansett som den viktigste immunogene delen av LPS (Madigan et al., 2012). Endotoksiner kan forårsake akutte og kroniske helseeffekter som luftveisinflammasjon, men vanligvis ikke allergisk sensitivisering (Liebers et al., 2006, Liebers et al., 2008). Endotoksin kan gi symptomer som feber, hypotensjon, lungesviktsyndrom hos voksne (ARDS), disseminert intravaskulær koagulasjon (DIK) og

endotoksisk sjokk. Septisk sjokk er en livstruende inflammatorisk respons forårsaket av LPS som stimulerer til syntese av inflammatoriske mediatorer som cytokinene IL-1 β , IL-6 og TNF- α . Det er ukjent hvor stor dose endotoksin som er nødvendig for å utvikle symptomer da dette avhenger av den endotoksinproduserende bakteriens virulens, infeksjonssted og respons hos verten (Gorbet and Sefton, 2005). Nivåer av endotoksin sees i sammenheng med forekomsten av gramnegative bakterier som igjen blir påvirket av miljøforhold som temperatur, fuktighet og tilgjengelig substrat (Standard Norge, 2013) Norsk standard for bestemmelse av luftbårne endotoksiner (NS-EN 14031) har satt kinetisk kromogen LAL-analyse som standard metode for endotoksiner. LAL-analyse måler biologisk tilgjengelig andel av endotoksiner i det totale materialet som er samlet inn for eksempel på filter (Standard Norge, 2013).

Innen fiskeindustrien er det gjort en rekke studier på endotoksiner. Sherson et al. (1989) var en av de første som vurderte endotoksiner i aerosoler som en risikofaktor ved et prosesseringsanlegg for ørret i Danmark. Det ble i studien sett på luftveissymptomer hos åtte arbeidere ved å måle lungefunksjon og blodprøver med tanke på antistoff mot endotoksin. Det ble funnet arbeidsrelaterte luftveissymptomer hos syv av arbeiderne og for fire arbeidere kom symptomene tilbake selv etter flere års fravær fra anlegget. Arbeiderne opplevde at respirasjonsplagene var størst ved arbeid nær sløyemaskinen. Endotoksin i avløpsvannet fra sløyemaskinen ble målt til å være 1 μg endotoksin/ml. Det ble sett som sannsynlig at en komponent i aerosolene rundt sløyemaskinen forårsaket astma. En forklaring på dette kan være inhalasjon av endotoksiner i aerosol. Det ble funnet store mengder endotoksin i avløpsvannet fra sløyemaskinen og det ble ansett som sannsynlig at det også ville være forholdsvis store konsentrasjoner i aerosolene, men dette ble ikke målt. Gjennomsnittlig endotoksin antistoff (anti-LPS) i studiepopulasjonen var omtrent dobbelt så høy som i normalpopulasjonen i Danmark, noe som antyder arbeidsrelatert eksponering.

Det ble i en studie av Bang et al. (2005) sett på luftveissymptomer og eksponering for bioaerosoler og avgasser ved sjømatanlegg med prosessering av hvitfisk, laks, sild og reke. Studien viste at prevalensen av luftveissymptomer var høyere blant arbeidere i produksjonen enn i administrasjonen, som var kontrollgruppen. Det ble gjort målinger av allergener, mikroorganismer, endotoksiner, mugg og avgass (eksos). Endotoksinprøvene ble analysert med LAL-analyse. Tre av 85 endotoksinprøver var på, eller over, OEL 50 EU/m³. Dette er i Nederland

en helsebasert anbefalt grenseverdi for arbeidsrelatert eksponering, men er ikke lovfestet (Health Council of the Netherlands, 2010). Det høyeste nivået av endotoksiner som ble funnet, ble målt ved filetering av sild med 1 350 EU/m³. I hvitfisk industri ble maskinoperatører eksponert for et signifikant høyere nivå av endotoksiner enn filetarbeidere. I lakseindustrien var eksponering for endotoksiner høyest for slakterne med en variasjon på 0.9 - 36 EU/m³ (gjennomsnitt på 7.9 EU/m³).

Dahlman- Höglund et al. (2012) utførte en studie for å kartlegge arbeidseksponering for inhalerbare partikler i sammenheng med luftveissymptomer hos arbeiderne ved et foredlingsanlegg for laks. De målte eksponering for mugg, luftbårne allergener fra laks og endotoksin i vann og luft. Studien viste at 65 % av arbeiderne hadde luftveissymptomer i forbindelse med arbeidet. Anlegget ble delt inn i tre områder: våt prosessering (sløyemaskin, sortering og veiing), tørr prosessering (fileteringsmaskin og separat fileteringsrom), og pakkeområde. Anlegget hadde ikke mekanisk ventilasjon. Personlig eksponering for endotoksin ble analysert med LAL-analyse, og var 1.6 EU/m³ ved veiing av laks, 2.7 EU/m³ for arbeideren som satte laksen inn i sløyemaskinen, 7.1 EU/m³ ved filetering av fisk. I en annen studie (Dahlman-Höglund et al., 2013) ble konsentrasjonene av luftbåren endotoksin målt ved et prosesseringsanlegg for sild. Gramnegative bakterier i luft ble testet ved å plassere en agar plate i én meters høyde i 20 minutter flere steder i lokalet, med kontroller i kontorområdet. Disse ble brukt til å se om gramnegative bakterier var en viktig eksponering i lokalet, og da dette var tilfellet ble det også utført standard endotoksinmåling med LAL-analyse. Gramnegative bakterier varierte mellom 150 - 200 CFU per agar plate. Konsentrasjonen ble ikke beregnet her. Denne metoden måler bakteriene som legger seg på overflatene der prøvene blir tatt og er dermed ikke sammenlignbare med prøvetakning i luft. Det ble ikke funnet levende gramnegative bakterier i kontorene. Endotoksinnivåene varierte mellom 3 - 92 EU/m³. De høyeste nivåene ble funnet når fangsten hovedsakelig inneholdt sild som hadde spist krill eller tang. Ved laste- og pakkeområdene var nivåene lave (Dahlman-Höglund et al., 2013). Shiryayeva et al. (2014) målte endotoksinnivåer opp til 29.0 EU/m³ og sammenlignet resultatet med funnene i andre studier (Dahlman- Höglund et al., 2012, Bang et al., 2005). Nivåene som er funnet i disse studiene er lave i forhold til andre næringer med eksponering for organisk støv som jordbruk (Spaan et al., 2006). Det kan likevel ikke utelukkes at endotoksiner er en faktor som bidrar til luftveissymptomer i fiskeindustrien, siden selv lave nivåer, kan gi luftveisplager (Thorn, 2001).

I en studie av Bønløkke et al. (2004), var formålet å bestemme prevalensen av luftveissymptomer hos arbeidere ved prosessanlegg for sild, og å vurdere cytokin produksjon ex vivo i respons til faktorer ved arbeidsplassen. Studien ble gjennomført ved hjelp av spørreskjema, skin prick-test og lungetest av 36 arbeidere fra to prosessanlegg for sild og med 31 kommunale arbeidere som kontroll. Produksjon av det pro-inflammatoriske cytokinet IL-8 ble vurdert ved å benytte WBA (whole blood assay). WBA benyttes som et grovt mål på biologisk aktivitet av blant annet endotoksin eller glucan i støv. Det ble identifisert stoffer i arbeidsmiljøet som har pro-inflammatorisk potensial sammenlignbart med LPS. Studien konkluderte med økt forekomst av arbeidsrelaterte luftveissymptomer og antydning til astma hos arbeidere som jobbet ved to prosesseringsanlegg for sild. De fant også forskjeller i WBA mellom arbeidere i fiskeforedling og de kommunale kontrollpersonene. Produksjonen av IL-8 var høyere i celler hos de kommunale arbeiderne. Bønløkke et al. Forklarte dette med at det kunne ha skjedd en toleranseutvikling i takt med arbeidseksponeringen, og at dette kunne påvirke cytokinresponsen.

En studie av Thomassen et al. (2016) undersøkte hvordan dannelse av bioaerosoler ved prosessering av krabbe kunne forårsake arbeidsrelaterte helseproblemer ved inhalasjon. Studien målte totalprotein, tropomyosin, endotoksin, trypsin og NAGase i bioaerosoler samlet i arbeidernes pustesone. Det ble funnet stor forskjell i protein, tropomyosin og trypsin mellom kongekrabbeanlegg som antyder at utformingen av selve anleggene kan ha en effekt på eksponering. Rå krabbe var verst.

2.2.4 Allergener

Astma og allergi er blant de mest rapporterte helseproblemene hos arbeidere i sjømatproduksjon (Bang et al., 2005). Arbeidere som er utsatt for eksponering av aerosoler med ulike bestanddeler av sjømat er potensielt utsatt for allergisk sensitivisering og irritativ astma. Prevalensen av arbeidsrelatert astma spenner fra 7 % til 36 % og det antas at proteiner med høy molekylvekt i sjømat kan gi økt serum-IgE som tegn på en allergisk immunreaksjon. Manglende bevis fra dose-respons indikerer at symptomer henger sammen med varighet og intensitet av eksponering (Jeebhay et al., 2001). Allergiske reaksjoner er stort sett rettet mot fisk og skalldyr, der ulike proteiner er blitt identifisert som allergener. Parvalbumin er hovedallergenet i fisk, mens tropomyosin er hovedallergenet i krepsdyr. I tillegg finnes det også andre IgE antistoffbindende

proteiner knyttet til sjømat. Allergi kan fremkalle luftveissymptomer, kontakteksem og rhinitt (Lopata and Jeebhay, 2013).

I tillegg til endotoksiner er eksponering for allergener en risikofaktor ved prosessering av sjømat. Sherson et al. (1989) vurderte at en årsak til respirasjonsplager/astma kan være allergi som følge av eksponering for fiskeprotein eller bakterielt protein i form av aerosoler. Tre av arbeiderne hadde forhøyet serum-IgE og fem hadde positive radioallergosorbent test (RAST) mot avløpsvann, noe som antydte at en proteinkomponent kunne være årsak til en allergisk reaksjon. Det ble også diskutert i studien at endotoksin og proteinallergener kan ha en synergieffekt på immunresponsen og at dette kan forsterke symptomene.

2.2.5 Andre mikroorganismer

For at mikroorganismer skal kunne vokse er de avhengig av tilgang til vann og næring. Ved å redusere tilgangen til disse faktorene vil man kunne begrense risikoen for mikroorganismer (Burge, 1990). I fiskeindustrien er både vann og næring godt tilgjengelig, noe som skaper et godt miljø for mikroorganismer.

Bang et al. (2005) målte at personlig eksponering for uidentifiserte mikroorganismer var $< 100\ 000/m^3$ i 80 av de totalt 82 prøvene som ble tatt i anlegg for laks, hvitfisk, sild og reke. De to siste prøvene fra hvitfiskindustri hadde $203\ 000/m^3$ og $512\ 000/m^3$. I 16 av 17 anlegg ble det funnet indikasjon på mugg innendørs ved å benytte en impactor med tre ulike medier. Dahlman-Höglund et al. (2012) målte høye nivåer av muggsporer i fileteringsrommet ved prosessering av fersk laks, mens nivåene var lavere ved prosessering av frossen laks. Disse målingene ble gjort ved å plassere en agarskål i en meters høyde i 20 minutter ved fire ulike steder i lokalet.

Innenfor yrkeshygiene finnes det et svært begrenset antall studier som omhandler målinger av lufteksponering for mikroorganismer i fiskeindustrien. Det er spesielt mangel på studier hvor det er benyttet målemetoder for bestemmelse av luftkonsentrasjoner av spesifikke slekter og arter av bakterier. Dette gjør at sammenligninger med tidligere studier blir vanskelig. Det må allikevel antas at det finnes et stort mangfold av biologiske faktorer, spesielt mikroorganismer, innenfor bearbeiding av råvarer i fiskeindustri. I undersøkelsen som gjennomføres i denne oppgaven, har forekomsten av gramnegative stavbakterier blitt identifisert ved hjelp av selektive dyrkingsmedium og ved å bruke en anerkjent og standardisert mikrobiologisk målemetodikk for

luftprøving. Denne målemetodikken brukes forøvrig både innenfor medisinsk mikrobiologi og innenfor hygienekontroller i matindustrien.

2.3 Relevant lovgivning

Lovverket er et nyttig verktøy for å kunne vurdere i hvilken grad eksponeringen er farlig og området som måles er over hva som antas å være trygt. Det finnes i dag få grenseverdier eller andre akseptkriterier for bioaerosoler og bakterier i arbeidsatmosfæren. Metodene som benyttes for målinger av bioaerosoler og bakterier er forskjellige, og gir derfor forskjellige resultater. Det er utarbeidet en standard for måling av mikroorganismer og endotoksin (NS-EN 13098). Denne er også aktuell for måling av gramnegative bakterier (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995). For å kunne evaluere resultatene fra undersøkelsene, har det på bakgrunn av potensialet for helseeffekter fra bioaerosolene blitt vurdert at målingene kan vurderes opp mot grenseverdien for respirabelt og organisk støv. Begge disse grenseverdien er satt til 5 mg/m^3 (Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013).

For endotoksiner finnes det ingen grenseverdi for eksponering, men Dutch Expert Committee on Occupational Safety (DECOS) har utarbeidet en helsebasert anbefalt grenseverdi på 50 EU/m^3 for arbeidsrelatert eksponering, men denne er ikke lovfestet. De har senere utarbeidet en helsebasert anbefalt grenseverdi på 90 EU/m^3 i løpet av en 8 timers arbeidsdag (Health Council of the Netherlands, 2010). Noen av bakterieartene som inngår i denne undersøkelsen har blitt kategorisert etter smitterisiko. Tabell 2.1 viser en oversikt over hvilken smitterisikogruppe hver av bakteriene tilhører, i henhold til forskrift om tiltaks- og grenseverdier. Denne grupperingen tar ikke utgangspunkt i eksponeringsgrad, men heller faren knyttet til å bli eksponert for disse bakteriene. Smitterisikogruppen som bakteriene deles inn i, legger grunnlag for beskyttelsestiltakene arbeidsgiver må innføre hvis arbeidstakerne blir utsatt for de gitte bakteriene.

Tabell 2.1: Bakterier som blir selektert på Brilliance™ E.coli / Coliform Selective medium og smitterisikogruppen disse er plassert i, i *Forskrift om tiltaks- og grenseverdier* (2013).

Bakterie	Smitterisikogruppe
<i>E. coli</i>	2/3
<i>Escherichia</i>	2
<i>Citrobacter spp.</i>	-
<i>Klebsiella spp.</i>	2
<i>Enterobacter spp.</i>	2
<i>Serratia spp</i>	-
<i>Hafnia alvei</i>	2
<i>Salmonella spp</i>	2/3
<i>Shigella boydii</i>	2
<i>Proteus vulgaris</i>	2
<i>Aeromonas hydrophila</i>	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2

2.4 Evaluerings- og risikovurderingskriterier

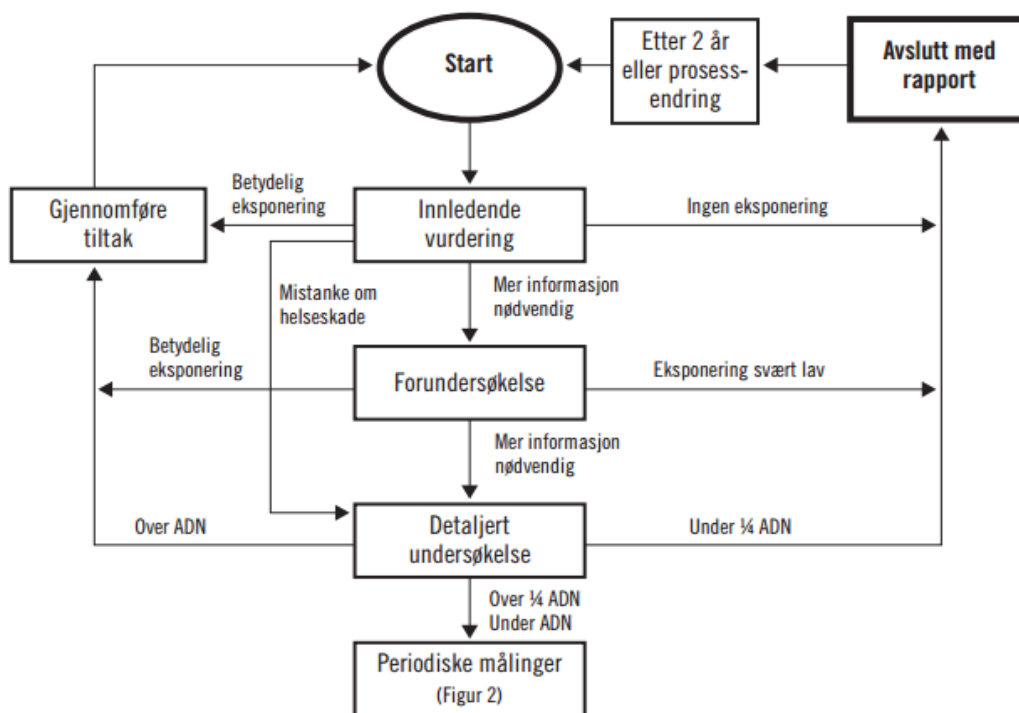
Hvordan man gjennomfører vurdering og evaluering av risiko avhenger i stor grad av bransje, grunnlag for gjennomføringen og hvilke farer man undersøker. Fra et yrkeshygienisk perspektiv handler det om å redusere helserisikoen og ha kontroll over eksponeringen på arbeidsplassen (Davies et al., 2009).

I AML § 3-1 og i internkontrollforskriften § 5 stilles det krav til at arbeidsgiver sikrer ivaretagelsen av arbeidstakernes helse, miljø og sikkerhet (HMS) og at det gjennomføres HMS – arbeid på alle plan i virksomheten. Fra *Forskrift om organisering ledelse og medvirkning* (2013) § 7-1 stilles det utdypende krav til arbeidsgiver om generell plikt til å foreta gjennomgående kartlegging og risikovurdering av arbeidsplassen. Faktorene som skal kartlegges er de som kan påvirke arbeidstakerens fysiske eller psykiske helse og sikkerhet. Kartleggingen skal danne grunnlaget for vurdering av risiko for skader på, eller fare for helsen til arbeidstakeren.

Arbeidstilsynet kom i 2002 ut med en veiledning for biologiske faktorer. Der det blant annet påpekes at «*biologiske faktorer kan være helseskadelige selv om de ikke forårsaker smittsomme sykdommer*» (Arbeidstilsynet, 2002).

Arbeidstilsynet nr. 450 skal benyttes for å evaluere hvorvidt man trenger å gjennomføre tiltak ved en gitt arbeidsoperasjon eller for hele arbeidsplassen (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995). Figur 2.3 viser en oversikt over hvordan en kartleggingsprosess bør gjennomføres. Ved kartleggingen er

det viktig at man i løpet av hver prosess vurderer om det er nødvendig med mer informasjon, og hvis så, at man går videre i prosessen. Til denne oppgaven ble det gjennomført en detaljert undersøkelse for å skaffe kvantitativ data om arbeidstakernes eksponering. Arbeidstilsynet nr. 450 påpekes det at dataene som blir anskaffet skal sammenliknes med grenseverdi eller bedriftens interne normer. Er resultatene fra de kvantitative dataene under $\frac{1}{4}$ av grenseverdien avsluttes undersøkelsen, siden dette indikerer at prøvene som er tatt er under norm. Hvis prøvene ikke er under $\frac{1}{4}$, må man gå videre for å se på hva som skal til for å redusere eksponeringen. Ved stikkprøver i en innledende undersøkelse, må dataene være under $\frac{1}{10}$ for at det skal bety at eksponeringen er langt under norm. For bioaerosoler finnes det ingen normer som kan benyttes. Dette setter en begrensning med tanke på hvordan denne vurderingen kan gjennomføres på en tradisjonell måte.



Figur 2.3: Oversikt over kartleggingsprosessen (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995, s. 9)

For å oppnå kontroll over de eksponeringene som arbeidstakerne blir utsatt for, har British Occupational Hygiene Society (BOHS) utarbeidet en studiehåndbok som tar for seg «*Metodologier og teknologi som er tilgjengelig for å kontrollere eksponering på arbeidsplassen*» (Davies et al., 2009, s. 1). Davies et al. (2009, s. 4) omtaler fire grunnprinsipper man må følge for å oppnå kontroll. Disse er *forventing, gjenkjennelse, evaluering og kontroll*. Man kan se på disse i

sammenheng med hvordan man gjennomfører en yrkeshygienisk vurdering. Før man har vært på en arbeidsplass, men hvor man skal gjennomføre undersøkelsen, har man en forventning til hvilke farer, agens og toksikologiske utfordringer en kan finne. Når man er ute på innledende undersøkelser, vil en kunne oppdage og identifisere arbeidsoperasjoner eller oppgaver som er farlige og kan gi negative helseeffekter med tanke på kjemiske, fysiske og biologisk faktorer. Da er det viktig å kartlegge og evaluere kvantitative data for de miljøfaktorene som har blitt identifisert. Ut ifra dette vil man kunne utlede hvor man skal legge inn kontrolltiltak. Det er i denne prosessen at man jobber for å eliminere, minske eller nedgradere de farlige forholdene. En kontrollstrategi vil foreta en risikoanalyse, hvor man vurderer de gitte kriteriene. Fra dette kan man plassere de farlige forholdene som har blitt risikoanalyser inn i en risikomatrix, for å vurdere hvorvidt man må gjennomføre tiltak. *Forskrift om utførelse av arbeid* § 6-1 tar for seg en rekke vurderinger som skal foretas ved risikovurdering av biologiske faktorer på arbeidsplassen (*Forskrift om utførelse av arbeid*, 2013). Blant annet påpeker paragrafen at man skal vurdere:

- *Hvilke smitterisikogrupper de biologiske faktorer er plassert i,*
- *Opplysninger om sykdom forårsaket av de biologiske faktorer som arbeidstakerne kan pådra seg i forbindelse med arbeidet, enten av smittsom (infeksiøs), allergisk eller toksisk art,*
- *Sannsynligheten for at arbeidstakere kan få helseskade av de biologiske faktorene,*
- *Kunnskap om at en sykdom som er påvist hos en arbeidstaker kan ha direkte forbindelse med vedkommendes arbeid* (*Forskrift om utførelse av arbeid*, 2013, s. 55)

Siden det i dette tilfellet ikke finnes noen grenseverdi å forholde seg til, sier § 6-2 i forskrift for utførelse av arbeid at arbeidsgiver skal foreta en vurdering av smitterisikogruppen på grunnlag av kriteriene gitt i forskrift om tiltaks- og grenseverdi (*Forskrift om utførelse av arbeid*, 2013). En metode for å vurdere dette, er å benytte kontrollinndelingsmetoden (control banding) som Davies et al. (2009) anbefaler å bruke når det ikke er oppgitt noen grense- eller tiltaksverdi. Dette er en forenklet tilnærming for å kunne klassifiserte stoffer som blir benyttet og eventuelt hvilke kontrolltiltak som er mest hensiktsmessige å innføre. Det internasjonale arbeidsorganisasjonen (ILO) har utarbeidet noen rettlingslinjer for å oppnå kontroll over kjemikalier (ILO, u.å., HSE, 2009). Disse retningslinjene baserer seg mye på prinsippene i control banding metoden. Grunnlaget for å utarbeide control banding metoden og ILOs verktøy for kjemisk kontroll, var at

det stadig har blitt utarbeidet nye stoffer som ikke har fått fastsatt noen arbeidsrelaterede eksponeringsgrenser ved bruk. Vurderingskriteriene for klassifiseringene blir bestemt etter stoffenes farmakologiske og toksikologiske virkninger. Selv om denne studien ikke tar for seg kjemiske agens, kan control banding prinsippet bli benyttet som en generell veiledning. Prinsippet til control banding er at stoffene blir vurdert etter hvilken risiko de har for å forårsake negativ helseeffekt. Ut i fra risikoen blir det satt opp bånd. Disse båndene skal lage et skille slik at man kan unngå å passere det som blir vurdert som anbefalt maksimal eksponering og dermed unngå negative helseeffekter. Etter dette vurderes det eksponeringspotensialet for stoffet, dette med tanke på prosessens art, materialvolum, fysiske form og støvingsgrad. Utfra denne vurderingen deles stoffene inn i grupper etter hvilken tilnærming til eksponeringskontroll det er behov for, slik at man oppnår ønsket ytelsesspesifikasjon (Davies et al., 2009).

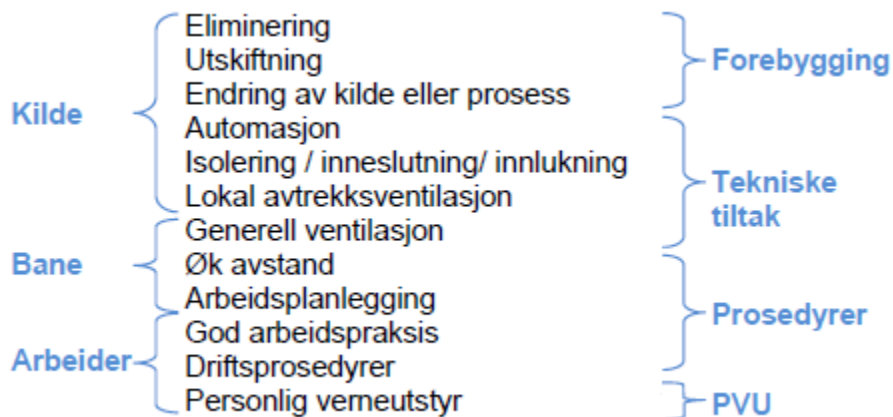
En annen tilnæringsmetode, er å fremstille resultatene fra analysen i en risikomatrix. Figur 2.4 viser et eksempel på en slik matrise, hvor helseeffektene blir vurdert opp mot eksponeringsgraden. Å bruke risikomatrix er en måte å vise skjematisk hvordan vurderingene er gjort. Hvis man gjennomfører en risikovurdering med grunnlag i control banding, er det også mulighet til å fremstille resultatene i en risikomatrix. ILO har delt inn helsefarekategoriene fra A til E, hvor de har definert hvilke faresetninger tilhører hvilke helsefarekategori (ILO, u.å.).

Helsefarekat 5					
Helsefarekat 4					
Helsefarekat 3					
Helsefarekat 2					
Helsefarekat 1					
	Ekspone- ring ubetydelig	Ekspone- ring lav	Ekspone- ring moderat	Ekspone- ring høy	Ekspone- ring meget høy

Figur 2.4: Risikomatrixe.

2.4.1 Tiltakshierarkiet

Dersom man finner ut at eksponeringen for agens kan medføre negative helseeffekter, skal arbeidsgiver vurdere verne- og sikkerhetstiltak som må iverksettes for å beskytte arbeidstakerne (Forskrift om utførelse av arbeid, 2013, s. 56, §6-2 tredje ledd). For å vurdere hvilke tiltak en skal gjennomføre er tiltakshierarkiet et godt verktøy å benytte. Figur 2.5 viser en versjon av hierarkiet, som viser en prioritert rekkefølge av tiltak som kan gjennomføres. Figuren viser også hvor tiltakene gjennomføres (kilde – bane – arbeider) eller hvilken del av organisasjonen tiltakene påvirker. Forebygging og tekniske tiltak er endringer som må gjennomføres organisatorisk og medfører ofte fysiske endringer i arbeidsoperasjonen. Prosedyrer er en administrativ oppgave, men på lik linje med personlig verneutstyr (PVU) handler det om endringer i arbeidernes hverdag, og om hvordan de må forholde seg til de farene de blir utsatt for.



Figur 2.5: Tiltakshierarkiet (Davies et al., 2009, s. 14)

3 Strategi og metoder for prøvetakning og analyse

For å kunne kartlegge omfanget av bioaerosoler og bakterier ved de to bedriftene som er kartlagt i denne studien, ble det vurdert at direktevisende instrumenter og luftprøvetakning av bakterier var de metodene som var best egnet. I dette kapitlet blir disse måleinstrumentene og metoden for prøvetakning presentert.

3.1 Innledende undersøkelse

For å kartlegge arbeidsplassen i forhold til eksponering og planlegge videre undersøkelser ble det gjennomført en innledende undersøkelse for hver av de to lokalitetene. Kvalitetsansvarlig for anleggene bidro med nødvendig informasjon og observasjoner gjort ved gjennomgang av anlegget ble benyttet ved gjennomføringen av undersøkelsen.

Anleggene ble delt inn i avdelingene foredling, slakteri og lager og etter prøvetakingen ble disse videre gruppert inn i mer samlede eksponeringsgrupper for å se på om det var mulighet til å dele inn i homogene grupper. Foredling inkluderer her *behandling av filet og pakking etter vakuumering*, mens slakteri inkluderer *filet og hodekapp, bløgging og behandling av slakt*. Eksponeringsgruppe (homogene grupper), prøvetakingssted og beskrivelse av arbeidsoppgavene som utføres på de ulike prøvetakingsstedene er presentert i Tabell 3.1 og 3.2

Tabell 3.1: Eksponeringsgruppe, prøvetakingssted og beskrivelse av arbeidsoppgaver for lager og foredling. Lokalitet er markert i parentes dersom det kun gjelder en av lokalitetene

Eksponeringsgruppe	Prøvetakingssted	Arbeidsoppgave
Lager	Råstofflager	Slaktet fisk oppbevares i saltlake i 3-4 døgn før filetering. Hovedsakelig truckførere som arbeider her.
	Kjølelager/pakkelager	Oppbevaring og pakking, før produktene sendes videre.
Pakking etter vakuum	Pakking etter vakuum	Pakkestasjon etter at fiskefiletene har gått gjennom dyptrekker (vakuummaskin).
Behandling av filet	Pakking av porsjoner	Manuell eller automatisk plassering av lakseporsjoner i dyptrekker.
	Etter porsjonskutter	Sortering og kontroll av porsjonsstykker etter de har gått gjennom porsjonskutter.
	Før porsjonskutter	Plassering av hel filet inn i porsjonskutter.
	Etter scinner	Sortering og reinskjæring av filet etter maskin som tar av skinnet.
	Beinnapp	Kontroll og manuell napping av bein etter beinnappmaskin.
	Trimmer	Manuell reinskjæring av filet til ønsket kvalitet
	Rundbord (2)	Sortering, trimming og pakking av hel filet.
	Filetering fersk fisk (2)	Manuell filetering pre rigor, og bein skjæres ut med kniv.

Tabell 3.2: Eksponeringsgruppe, prøvetakingssted og beskrivelse av arbeidsoppgaver for slakteri. Lokalitet er markert i parentes dersom det kun gjelder en av lokalitetene.

Eksponeringsgruppe	Prøvetakingssted	Arbeidsoppgave
Filet og hodekapp	Fileteringsmaskin	Operatør sender fisken riktig inn i fileteringsmaskin
	Hodekapp	Manuell: Hode kappes av med kniv Automatisk (2): Fisken plasseres inn i maskin som kapper av hode og kontrolleres så manuelt med kniv
Bløgging	Bløgging	Manuell (2): Blodtilførselen kuttet manuelt med kniv. Automatisk (1): Fisken plasseres i en maskin som kutter blodtilførselen.
Behandling av slakt	Manuell sløyning	Manuell sløyning med kniv og deretter fjernes blodrand med vakuumsug.
	Automatisk sløyning	Automatisk sløyelinje der fisken plasseres manuelt inn i maskinen og kontrolleres manuelt av person med vakuumsug. (1)
	Kontroll/sortering	Kontroll og sortering etter kvalitet og vekt.
	Pakking i kasser (1)	Hel fisk pakkes manuelt i kasser
	Pakking hel fisk	Pakkede kasser veies og frankeres før de fylles med is og det settes på lokk

3.2 Prøvetaking

Ut ifra den innledende undersøkelsen ble det utarbeidet en prøvetakingsplan. Denne planen bestod av 19 prøvetakingspunkt per dag for hver lokalitet. Prøvetakingen ble gjennomført over fire dager (mandag-torsdag) på hver lokalitet. Alle prøvene ble gjennomført i samme rekkefølge hver dag, men det var noe variasjon i tidspunktet prøvene ble tatt. Det ble benyttet fire prøvetakingsinstrumenter for hvert prøvepunkt og prøvetakingstid var ti minutter per prøve. Prøvene ble tatt i arbeidernes pustesone eller så nært det var mulig uten å forhindre arbeidet.

AeroTrak™ Model 9303 – Handheld Airborne Particle Counter ble brukt til å måle antall partikler per kubikkmeter for partikkelfraksjonene 0.3 µm, 1.0 µm og 5.0 µm.

DustTrak™ II Model 8532 Handheld ble brukt til å måle massekonsentrasjonen av partikler. En størrelsesselektiv impaktor ble benyttet for å selektere inntaket av partikler til <10 µm. Disse målingene vil bli presentert som milligram per kubikkmeter (mg/m³).

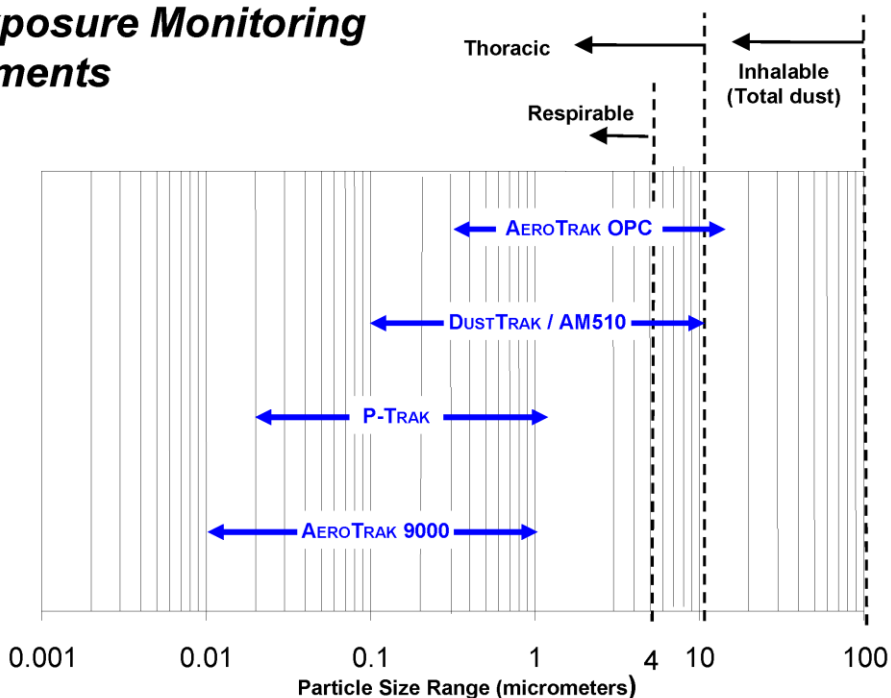
P-TRAK™ ultrafine particle counter model 8525 ble brukt til å måle antall fine og ultrafine/nano partikler (0.02 til 1 µm) per kubikkcentimeter (cm³).

Målinger av luftbårne mikroorganismer ble gjennomført i henhold til NS-EN 13098 (Standard Norge, 2000). Thermo Scientific Air Sampler med 90 mm hode ble brukt for å ta prøver av gramnegative bakterier med Oxoid Brilliance™ E.coli / Coliform Selective Medium (Oxoid/ Thermo Fisher Scientific). Dette mediet er selektivt for gramnegative stavbakterier som alle produserer endotoksiner. Hver prøve ble tatt på 1 000 liter luft og resultatet er presentert som kolonidannende enheter per kubikkmeter (CFU/m³). Prøvene ble inkubert ved 37 °C i 22 til 24 timer og antall kolonier ble notert og korrigert etter en korreksjonstabell (Thermo Fisher Scientific, 2012). De fleste av bakteriene som vil vokse på dette mediet er koliforme bakterier (tarmbakterier), mens for eksempel *Pseudomonas aeruginosa* er en gramnegativ stavbakterie som finnes i vann. Når det var mistanke om vekst av *P.aeruginosa* i prøvene ble dette verifisert ved rekultivering på selektivt medium Cetrimide agar (Oxoid/ Thermo Fisher Scientific).

3.3 Måleinstrumenter

Hvert av instrumentene som ble brukt i denne studien baserer seg på forskjellige prinsipper. Dette gjør at de kan måle partikler av forskjellige størrelser, masse og brytningsindeks. Figur 3.1 viser partiklens størrelsesfraksjoner som hvert av instrumentene kan måle. I denne studien ble alle instrumentene i figuren nedenfor benyttet, med unntak av AeroTrak™ 9000 som i stor grad overlapper med P-TRAK™.

Particle Size Range for TSI Exposure Monitoring Instruments



Figur 3.1: Partikkelstørrelsesområde for TSI's måleinstrument (TSI Inc., u.å.).

Ved valg av instrument er det viktig at man vurderer de variablene som har betydning for instrumentets egenskaper og omfang. Variablene som her omtales er: resolusjon, sensitivitet, telleeffektivitet, presisjon og repeterbarhet (TSI Inc., 2013b).

3.3.1 DustTrak™ II Aerosol Monitor 8532

DustTrak™ II Aerosol Monitor 8532 registrerer og viser massekonsentrasjoner opp til 150 mg/m³. På bakgrunn av funksjonen i instrumentet, er det mulig å vise de registrerte og målte massekonsentrasjonene direkte. Instrumentet er basert på et enkeltkanalisert fotometrisk prinsipp (TSI Inc., 2012a). For å selekere størrelsene på partiklene som blir sugd inn i instrumentet, kan det blir satt på en størrelsesselektiv impaktor. For DustTrak™ II 8532 er det mulighet for å sette på impaktorer i størrelsesorden PM₁, PM_{2.5}, PM₄ og PM₁₀. Impaktorene består av tre deler, hette/lokk, plate og bunn. Det er hettens egenskaper som legger grunn for hvilken størrelsesorden av partikler som kommer inn i instrumentet og blir målt. Det er viktig at instrumentet blir kalibrert med tanke på hvilken cut-size impaktoren har, dette for å oppnå riktig cut point (TSI Inc., 2014). Som kalibreringsfaktor brukes ofte veistøv (TSI Inc., 2012b).

Partiklene blir de trukket inn i instrumentet ved hjelp av en membranpumpe som suger luft inn ved en jevn strøm til sensorkammeret. Før aerosolene når sensorkammeret, blir deler av strømmen delt opp for å bli sendt igjennom et HEPA-filter (High efficiency particulate air filter). Sensorkammeret består av en laserdiode, et gullbelagt sfærisk speil og en fotodetektor. Det er spenningen over fotodetektoren som avhenger av målt massekonsentrasjon (TSI Inc., 2012a).

Aerosolstrømmen som blir sendt igjennom HEPA-filteret skal sørge for at sensorkammeret holdes rent. Luftstrømmen som sendes igjennom HEPA-filteret, sendes inn til sensorkammeret i en smal strøm. Denne partikkelfrie luftstrømmen sørger for at partiklene i sensorkammeret ikke blir sirkulerer inni kammeret, men sendes ut av instrumentet. Responstiden blir også forbedret med at denne strømmen av ren luft sendes inn i kammeret. Dette fordi fotometeret reagerer lineært med massekonsentrasjonen. Spenningen som sendes over fotodetektoren avhenger av spredningen av lyset, som igjen er avhengig av størrelsesfordelingen av aerosolen, brytningsindeksen, formfaktoren og tettheten av aerosolen (TSI Inc., 2012a).

3.3.2 P-TRAK™ Ultrafine Particle Counter 8525

P-TRAK™ ultrafine partikkelteller kan på lik linje med DustTrak™ vise målingene sine direkte. Disse målingene kan logges og vises i display som antall partikler per kubikkcentimeter. Selv om P-TRAK™ også baserer seg på fotometri, er den mer følsom enn andre instrument som baserer seg på denne teknologien (TSI Inc., 2013b). Grunnen til dette er fordi aerosolene som trekkes inn

i instrumentert, sendes igjennom et metningsrør hvor partiklene blir blandet med alkoholdamp. Fra metningsrøret blir blandingen sendt inn i et kondensrør, hvor alkoholen blir så kondensert på partiklene. Det er dette som gjør at P-TRAK™ kan registrere ultrafine partikler. Når alkoholen kondenseres på partiklene, fører dette til at dråpene vokser i størrelse. De ultrafine partiklene vil ved hjelp av alkoholdampen vokse i størrelse ved at alkoholdampen kondenserer på dem, og partiklene vil dermed oppnå en størrelsesorden som er stor nok til å splitte laserlyset i sensorkammeret. Det er på grunn av hvordan strålen splittes at fotodetektoren kan detektere partiklene og dermed telle antall partikler som passerer. Det er viktig at alkoholdampen kondenserer på partiklene, hvis dette ikke skjer, vil ikke partiklene bli oppdaget, da de ikke splitter laserlyset (TSI Inc., 2013b).

3.3.3 AeroTrak™ Handheld Particle Counter 9303

AeroTrak™ håndholdte partikkelteller 9303 er i likhet med de andre instrumentene, også et direktevisende måleinstrument. Instrumentet viser i sanntid antall partikler i størrelsesområdet 0.3 μm til 5.0 μm . AeroTrak™ viser tre størrelsesområder, hvor ytterpunktene er faste, mens det midterste kan justeres mellom 0.5, 1.0, 2.0 eller 2.5 μm (TSI Inc., 2013a). Maksimalt kan dette instrumentet lese av 120 000 000 partikler/ m^3 men det er forventet at det er en 10 % koinsidenstap (TSI Inc., 2013a)

Som et optisk partikkeltellerinstrument, baserer AeroTrak™ 9303 seg på at luftstrøm med partikler passerer en laserdiode, som så vil bli splittet og detektert. Luftstrømmen blir sugd inn i instrumentet via en isokinetisk probe, som vil ta inn partikler uten at det vil forstyrre luftstrømmene rundt. Herfra, vil luftstrømmen passere laserdioden, noe som vil føre til at laserlyset vil differeres, brytes og reflekteres (TSI Inc., 2013b). En fotodetektor vil fra dette, kunne måle lysets elastiske spredning og dermed estimere antall og dimensjonene til partiklene.

For en optisk partikkelteller er luftstrømmen igjennom instrumentet viktig. For å kunne ha god telleeffektivitet, er det en fordel å ha svakere luftstrøm (TSI Inc., 2013b). AeroTrak™ 9303 blir regnet som et instrument som har svak luftstrøm. Luftstrømmen til AeroTrak™ 9303 er på 2.83 l/min (TSI Inc., 2013a).

3.3.4 Air Sampler

Thermo Scientific air sampler som ble brukt i denne studien er et instrument som brukes for å måle nivået av mikrobielle forurensinger. Instrumentet suger luft inn gjennom et lokk. Luften som suges inn har en fast hastighet på 100 L/min, og blir sugd igjennom lokket som består av en rekk små hull (Thermo Fisher Scientific, 2012). Disse hullene er spesialdesignet for formålet å få sugd den riktige mengden luft ned på en 90 mm agarskål som er plassert på plateholderen. Ut ifra hva man ønsker å studere, er det viktig at agarskålen inneholder det mediet som samsvarer med den mikrobiologiske undersøkelsen som skal gjennomføres. Etter at luftprøven er tatt, inkuberes agarskålen og deretter teller man koloniene og vurderer mengden ut i fra korreksjonstabellen. Det er viktig at man benytter seg av korreksjonstabellen, da denne tar hensyn til at flere av bakteriekoloniene kan havne på samme område på agarskålen.

3.4 Dyrkningsmedium

Dyrkbare mikroorganismer trenger næring for å vokse og mediet som benyttes må inneholde de næringsstoffene som trengs for at bakteriene skal vokse frem. Et selektivt medium inneholder forbindelser som får noen spesifikke organismer til å vokse, mens andre blir forhindret i å vokse. Et differensielt medium er et medium som er spesialisert slik at man kan identifisere organismer basert på vekst, farge eller utseende. Dette kan blant annet gjøres ved å tilsette kromogene substrater som endrer fargen på koloniene til den valgte organismen (Madigan et al., 2012).

3.4.1 Brilliance™ E.coli / Coliform Selective

Brilliance™ E.coli / Coliform Selective medium er både selektivt for gramnegative stavbakterier og differensielt for *E.coli* og andre koliforme bakterier. Mediet inneholder to kromogene midler, Rose-Gal som detekterer β -galactosidase aktivitet og X-Glu som detekterer β -glucuronidase. β -glucuronidase er et enzym som kun finnes i *E.coli* og ikke andre koliforme bakterier, og benyttes til å selektere for *E.coli*. Siden de fleste koliforme bakterier er laktosepositive benyttes β -galactosidase for å skille denne gruppen fra andre bakterier som kan vokse på mediet. Dette fører til at *E.coli* får lilla farge siden den splitter begge kromogen, mens *Escherichia* sp, *Citrobacter* sp, *Klebsiella* sp., *Enterobacter* sp og *Serratia* sp. er koliforme bakterier som blir rosa siden de kun splitter β -galactosidase. *Proteus vulgaris*, *Salmonella* sp. *Hafina alvei* og *P. aeruginosa* er gramnegative bakterier som gir hvite kolonier. Natriumlaurylsulfat er tilsatt i mediet for å forhindre vekst av grampositive bakterier (Baylis et al., 2003, Oxoid, 2011).

3.4.2 Pseudomonas Cetrimide Agar

Cetrimide Agar er et selektivt medium for *Pseudomonas aeruginosa*. Cetrimide er en kvarternær ammoniumforbindelse som har bakteriedrepende effekt på en rekke grampositive og noen gramnegative bakterier, deriblant andre *Pseudomonas* arter. *P. aeruginosa* produserer vannløselige pigmenter, blant annet pyoverdin som er et fluorescerende gul-grønt/ gul-brunt pigment. Når pyoverdin kombineres med pyocyanin dannes en klar grønn farge som er karakteristisk for *Pseudomonas aeruginosa*. Magnesiumklorid og kaliumsulfat forsterker produksjonen av disse stoffene. (Oxoid, 2017)

4 Databehandling

4.1 TSI TrakPro Data Analysis Software

Programvaren TSI TrakPro™ Data Analysis Software ble brukt til å hente ut data fra DustTrak™ II Model 8532 og P-TRAK™ Ultrafine particle counter Model 8525. For dataene som ble hentet ut fra AeroTrak™ Model 9303 ble programvaren TSI TrakPro™ Lite Secure benyttet. Alle datasettene ble så overført til Excel og SPSS for videre behandling.

4.2 Excel

Excel 2013 ble benyttet for å skaffe oversikt over maksimum og minimumsverdiene fra hver av målestedene. Dette ble gjort ved at formlene «MIN» og «MAX» ble benyttet. Verdiene ble hentet fra hver av de fire dagene prøvene ble tatt, for hvert prøvetakningssted (vedlegg A). For DustTrak™ og P-TRAK™ var maksimum og minimumsverdier fra prøvene allerede oppgitt fra loggingen i instrumentene. For resultatene fra AeroTrak™ ble maksimum- og minimumsverdiene hentet ut i fra hver av de oppgitte partikkelfraksjonene. Resultatene av dette er vist i tabellene i vedlegg C.

Videre ble også aritmetisk og geometrisk gjennomsnitt regnet ut. Dette ble gjort med henholdsvis formlene «AVERAGE» og «GEOMEAN». Dette ble utregnet via allerede avleste gjennomsnittsverdier. Hvis ikke gjennomsnittet var oppgitt, som for AeroTrak™, så ble dette regnet ut fra hver av partikkelfraksjonene for hver av prøvestedene. Standardavvik av utregnet aritmetisk gjennomsnitt ble også utregnet. Dette ble gjort ved bruk av formelen «STDEVA» på de verdiene som ble brukt for å utregne aritmetisk gjennomsnitt.

4.3 SPSS

SPSS (IBM SPSS Statistics 22) ble benyttet til å gjennomføre statistiske analyser. Gjennomsnitt og standardavvik ble hentet ut for alle prøvetakningssteder for DustTrak™ gjennomsnitt, P-TRAK™ gjennomsnitt og AeroTrak™ 0.3, 1.0 og 5.0 µm. One-way ANOVA (Analysis of variance) ble benyttet for å sammenligne mer enn to situasjoner. ANOVA ble benyttet på Prøvetakningssted, Eksponeringsgrupper, Avdeling og Dato. ANOVA ble utført på alle prøver totalt sett og for hver lokalitet separat. Siden det ikke er noen hypotese på forhånd benyttes en Post hoc test. Post hoc tester består av parvise sammenligninger av alle mulige kombinasjoner av grupper og sikre seg mot «familywise error». Bonferroni ble benyttet for å sikre seg mot type I feil. (Field, 2013).

Independent-samples T-test ble benyttet for å se på forskjellen mellom lokaliteter. For å se på forskjellen mellom hver arbeidsoperasjon ble det gjort en t-test for hver av disse. T-test er en signifikanstest der man formulerer en nullhypotese (H_0) om at det ikke er forskjell mellom lokalitetene og en alternativ hypotese (H_a) om at det er forskjell mellom lokalitetene. Om H_0 forkastes eller aksepteres er avhengig av signifikansnivå (0.95) (Johannessen, 2009).

5 Resultat

Prøvetakningen som er bakgrunnen for dataene som blir presentert i dette kapitlet, ble gjennomført på to forskjellige lokaliteter. Resultatene fra disse prøvene er lagt ved i vedlegg A og B, mens det her presenteres en oppsummering av dataene.

Resultatene fra prøvetakningen ble evaluert og tabell 5.1 viser de homogene gruppene av arbeidsoperasjoner som ble antatt å ha relativ lik eksponering. Tabellen presenterer geometrisk gjennomsnitt (GM) og aritmetisk gjennomsnitt (AM) med standardavvik (SD) for disse homogene gruppene.

Tabell 5.1: Resultater for homogene grupper med geometrisk gjennomsnitt (GM) og aritmetisk gjennomsnitt (AM) med standardavvik (SD).

Størrelsesfraksjon	DustTrak™ (mg/m ³)		P-TRAK™ Antall partikler (10 ³)/cm ³		AeroTrak™ Antall partikler (10 ⁶)/m ³						
	Lok 1	Lok 2	Lok 1	Lok 2	Lokalitet 1			Lokalitet 2			
	< 10 µm		0.02–1 µm		0.3µm	1µm	5µm	0.3µm	1µm	5µm	
Lager	GM	0.02	0.24	2.9	22.3	19.1	1.9	0.1	62.9	8.5	0.4
Lok 1 n = 6	AM	0.04	0.26	8.0	23.1	22.5	2.3	0.2	47.4*	23.4*	6.7*
Lok 2 n=7(*6)	SD	0.07	0.14	11.1	9.7	14.4	1.3	0.2	41.0	32.2	11.9
Behandling av filet	GM	0.19	0.20	20.4	19.1	135.1	20.7	0.3	53.9	4.7	0.07
Lok 1 n = 24	AM	0.30	0.20	23.1	21.5	192.1	24.7	0.3	63.2	5.7	0.1
Lok 2 n = 30	SD	0.37	0.4	13.7	10.6	182.7	17.3	0.1	40.9	4.2	0.2
Pakking etter vakuumering	GM	0.19	0.18	20.2	56.9	130.0	19.4	0.3	57.8	3.9	0.02
Lok 1 n = 4	AM	0.31	0.20	21.6	57.8	190.6	23.5	0.3	64.4	4.5	0.03
Lok 2 n = 4	SD	0.36	0.02	9.6	11.2	212.2	18.2	0.05	34.3	3.1	0.01
Filet og hodekapp	GM	0.21	0.24	21.7	5.8	155.0	24.5	0.5	116.8	19.2	0.8
Lok 1 n = 8	AM	0.23	0.24	24.1	6.4	175.7	25.0	0.5	130.0	29.1	3.4
Lok 2 n = 12	SD	0.10	0.04	12.7	3.3	97.1	5.2	0.1	61.7	29.3	7.3
Bløgging	GM	0.37	0.61	7.4	15.6	289.2	59.2	1.3	446.0	97.5	4.6
Lok 1 n = 4	AM	0.38	0.93	7.6	16.0	291.6	60.0	1.4	452.3	103.0	5.1
Lok 2 n = 4	SD	0.11	0.26	1.4	4.0	44.1	12.1	0.2	87.8	39.5	2.4
Behandling av slakt	GM	0.14	0.24	12.9	9.2	78.5	13.6	0.2	108.5	9.8	0.1
Lok 1 n = 20	AM	0.17	0.24	14.6	14.2	91.1	16.3	0.3	115.0	10.9	0.4
Lok 2 n = 12	SD	0.10	0.06	7.3	13.4	48.2	9.8	0.2	42.2	6.0	1.1

For å se på eksponeringen for forskjellige type arbeid ble resultatene for prøvetakingsstedene som var sammenlignbare mellom lokalitetene slått sammen. Resultatet fra dette er fremstilt i tabell 5.2 hvor aritmetisk gjennomsnitt med standardavvik for hvert måleinstrument er presentert. Det ble funnet signifikante forskjeller mellom gruppene, men for AeroTrak™ ved partikkelfraksjon 5.0µm ble det ikke funnet noen signifikant forskjellige verdier. Her ble det likevel funnet at *råstofflageret* hadde antydning til å være signifikant høyere, men det var ingen av verdiene som hadde lavere signifikansnivå enn 0.134.

Tabell 5.2: Resultater for arbeidsoperasjoner for begge lokaliteter slått sammen. Geometrisk gjennomsnitt (GM) og aritmetisk gjennomsnitt (AM) med standardavvik (SD).

Størrelsesfraksjon	n	DustTrak™ mg/m ³		P-TRAK™ Antall partikler (10 ³)/cm ³		AeroTrak™ Antall partikler (10 ⁶)/m ³					
		< 10 µm		0.02 – 1 µm		0.3 µm		1 µm		5 µm	
		AM	SD	AM	SD	AM	SD	AM	SD	AM	SD
Råstofflager	7	0.18	0.19	19.7	10.9	63.5	45.7	20.1	30.6	5.8	11.2
Pakking etter vakuu	8	0.25	0.24	39.7	21.6	127.5	156.2	14.0	15.8	0.2	0.2
Pakking porsjon	9	0.29	0.37	27.7	11.1	128.2	178.6	16.1	21.9	0.2	0.2
Etter porsjonskutter	8	0.35	0.47	28.3	17.1	149.9	193.6	21.6	23.9	0.4	0.3
Før porsjonskutter	8	0.22	0.18	24.6	11.5	126.5	155.9	13.9	14.1	0.2	0.1
Etter scinner	8	0.21	0.15	18.1	6.4	108.5	141.5	10.6	10.8	0.1	0.1
Beinnapp	8	0.21	0.11	15.7	6.0	118.7	119.2	13.1	9.2	0.2	0.2
Trimmer	7	0.21	0.10	15.1	6.0	120.3	110.4	14.1	9.1	0.2	0.1
Fileterings-maskin	8	0.23	0.09	15.4	10.7	180.8	77.9	44.5	26.9	0.5	8.5
Hodekapp	12	0.22	0.05	12.2	13.2	126.6	74.6	16.1	8.4	0.4	0.1
Bløgging	8	0.65	0.34	11.8	5.3	372.0	107.2	81.5	35.5	3.2	2.6
Sløyng	12	0.19	0.09	9.5	3.7	102.6	48.1	16.1	11.2	0.3	0.3
Kvalitetskontroll	8	0.22	0.08	8.8	5.1	121.5	47.3	16.7	7.7	0.3	0.1
Pakking hel fisk	8	0.22	0.11	26.6	8.1	100.1	41.5	12.1	7.1	0.6	1.4
Lager *n=5	6	0.12	0.08	11.9	12.1	27.3*	17.2	2.6*	1.3	0.1*	0.2

5.1 DustTrak™ (Partikler < 10 µm)

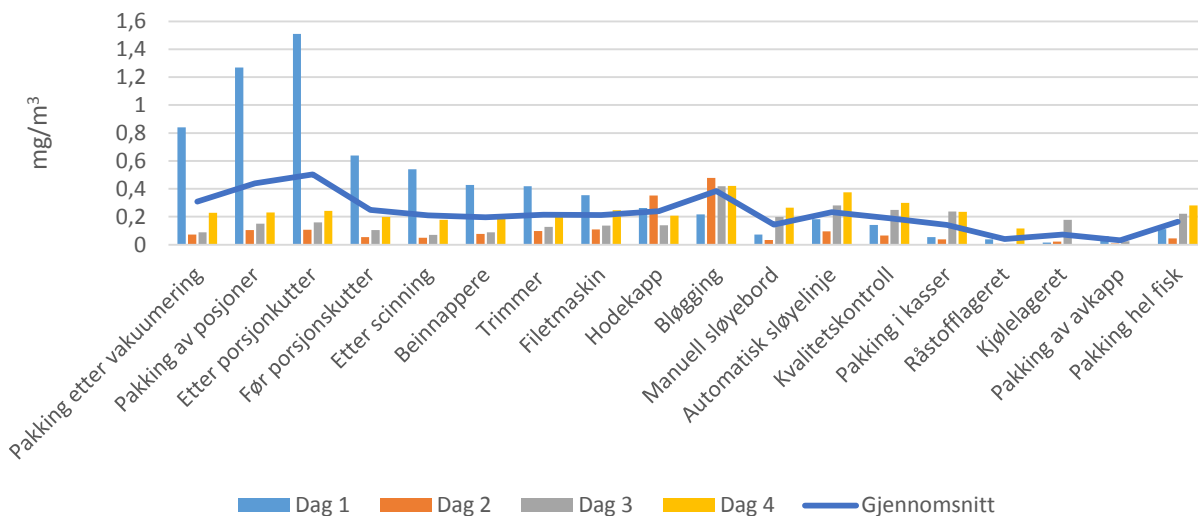
Målingene av partikler < 10 µm, tatt med DustTrak™, er vist i figur 5.1 og 5.2 for hver av lokalitetene. Disse figurene viser de målte verdiene for hver dag, ved hver arbeidsoperasjon. Gjennomsnittlig verdi for disse dagene er vist som en kurve igjennom figuren. Fra tabell 5.2 ble det funnet ut at den høyeste gjennomsnittsverdien for begge lokalitetene var ved *bløgging*, som ble avlest å være 0.65 mg/m³. Denne arbeidsoperasjonen ga en signifikant høyere eksponering i forhold til de andre arbeidsoperasjonene utenom *pakking porsjon* og *etter porsjonskutter*, hvor det var et gjennomsnitt på henholdsvis 0.29 mg/m³ og 0.35 mg/m³.

Det var forskjell mellom lokalitetene. Fra tabell 5.1 ser man at det er signifikant høyere verdier på *lager* og ved *behandling av slakt* på lokalitet 2 enn lokalitet 1. For *lager* er det spesielt prøvetakningsstedet på *råstofflageret* som skiller seg ut, og hvor det er signifikant høyere verdier hos lokalitet 2. Dette kan bli sett i sammenheng med at det var en stor vaskemaskin på råstofflageret til lokalitet 2 som slapp ut mye vanndamp.

Lokalitet 1

For lokalitet 1 ble de høyeste målte verdiene funnet ved arbeidsoperasjonene *pakking porsjon* og *etter porsjonskutter*. Maksverdiene målt ved disse arbeidsoperasjonene var henholdsvis 1.29 mg/m³ og 1.55 mg/m³. Disse arbeidsoperasjonene befinner seg på foredlingsanlegget til lokalitet 1, mens den høyeste målte maksverdien for slakteri ble målt ved *bløgging*. Her ble maksverdiene målt å være 0.52 mg/m³. Målingene ved disse tre arbeidsoperasjonene ble videre funnet å ha de høyeste gjennomsnittsverdiene. Disse var henholdsvis 0.44 mg/m³, 0.50 mg/m³ og 0.38 mg/m³. Fra tabell 5.1, som presenterer de homogene gruppene, ser man at de laveste verdiene ved lokalitet 1 ble funnet på *lager* med et gjennomsnitt på 0.04 mg/m³. Av alle arbeidsoperasjonene som det ble tatt prøver ved, var det *råstofflageret* som hadde den laveste gjennomsnittsverdien, og som også hadde den laveste målte minimumsverdien.

Ved å se på forskjell mellom dagene på lokalitet 1 ble funnet at det var signifikant forskjell på foredling mellom dag 1 og de andre dagene. Denne dagen hadde filetavdelingen mye høyere verdier enn de andre prøvetakningsstedene ved denne bedriften. Det ble videre sett på om det var noen forskjell på verdiene fra filetavdelingen og slakteriavdelingen, men det ble ikke funnet noen signifikant forskjell mellom disse.

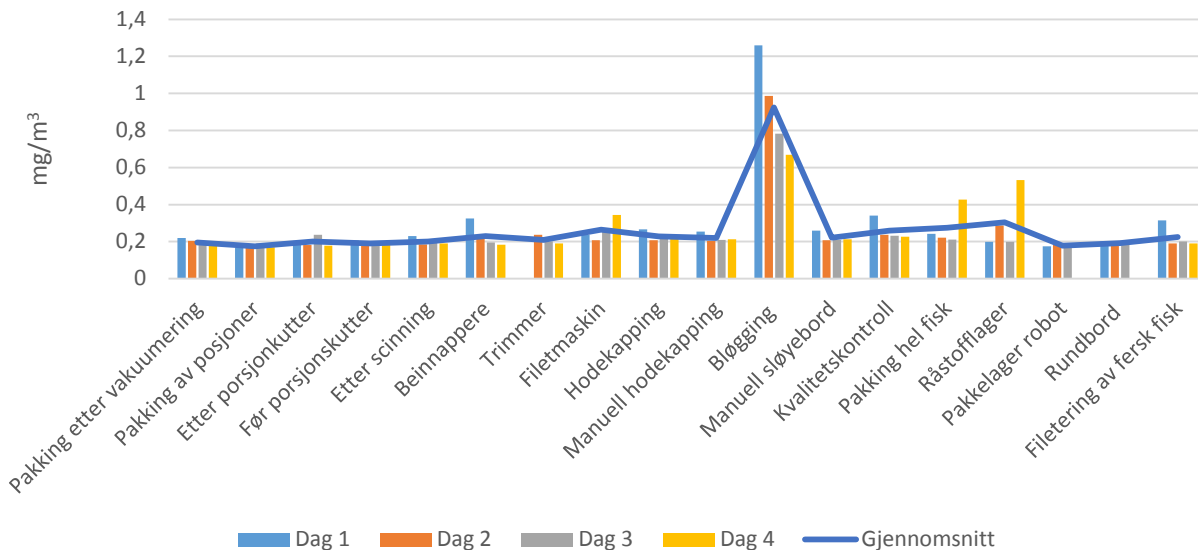


Figur 5.1: Dagsmålinger gjennomført med DustTrak™ ved lokalitet 1 med gjennomsnitt.

Lokalitet 2

På lokalitet 2 var det ved *bløgging* de høyeste maksverdiene ble målt. Denne verdien ble målt til 1.27 mg/m³ (tabell C.1). Det var også ved denne arbeidsoperasjonen den høyest målte gjennomsnittseksposeringen ble funnet, med 0.93 mg/m³. Målingene ved *bløgging* ble også funnet å være signifikant høyere enn ved de andre prøvetakningsstedene. For de resterende prøvetakningsstedene på lokalitet 2, ble verdiene stort sett målt til å ligge mellom 0.2 - 0.3 mg/m³. De laveste verdiene ved lokalitet 2, ble målt ved *pakking av posjoner*, med 0.168 mg/m³ (tabell C.1). Det var også ved denne arbeidsoperasjonen den laveste gjennomsnittsverdien på 0.175 mg/m³ ble målt.

Det ble funnet at det var signifikant forskjell mellom slakteri og foredling på lokalitet 2, med høyest målte verdier på slakteri.



Figur 5.2: Dagsmålinger gjennomført med DustTrak™ ved lokalitet 2 med gjennomsnitt.

5.2 P-TRAK™ (Partikler 0.02 – 1 µm)

På lik linje med hvordan resultatene fra DustTrak™ er fremvist, er resultatene fra målingene av partikler mellom 0.02 – 1 µm, tatt med P-TRAK™, vist i figur 5.3 og 5.4 for hver av lokalitetene.

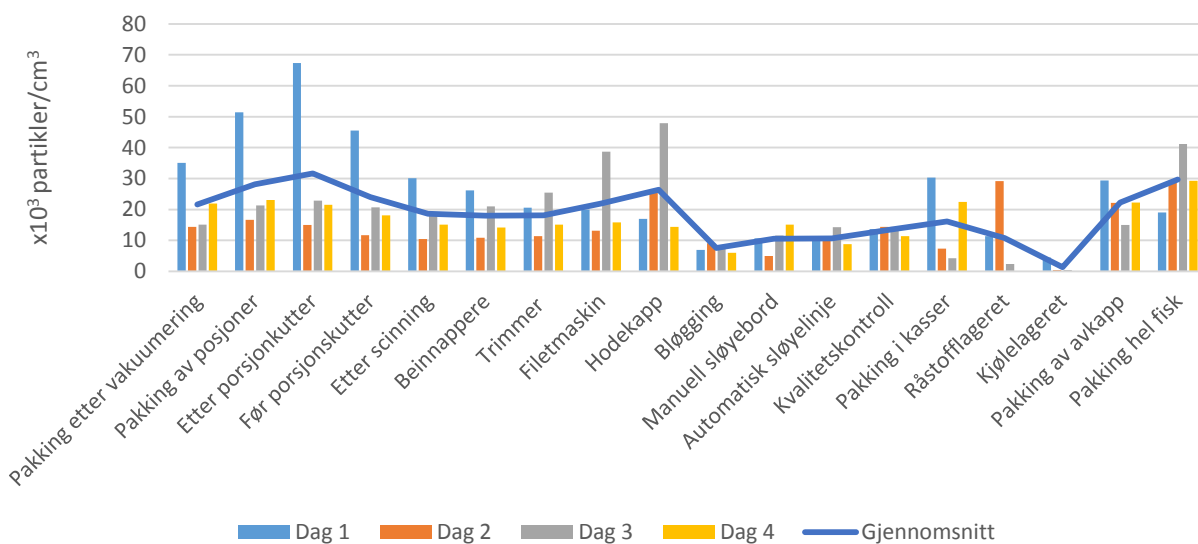
Fra tabell 5.2, som viser gjennomsnittet for alle prøvene samlet for begge lokalitetene, var det *pakking etter vakuumering* som hadde den høyeste verdien. Denne målingen var signifikant høyere enn de fleste målepunktene, bortsett fra fem. Disse var *råstofflageret*, *pakking posjoner*, *før og etter porsjonskutter* og *pakking hel fisk*. For resultatet for *råstofflageret*, var imidlertid *pakking etter vakuumering* nesten signifikant høyere. Resultatet for *pakking posjoner* og *etter porsjonskutter* var høyere enn *kvalitetskontroll*. Selv om disse var høyere enn *kvalitetskontroll*, var de ikke signifikant høyere ($p=0.057$ og $p=0.058$). Videre ble det funnet signifikant lavere verdier for *sløyning* sammenlignet med *pakking posjoner* og *etter porsjonskutter*. For de homogene gruppene, var *pakking etter vakuumering* også her signifikant høyere enn de andre gruppene.

For partikkelstørrelsene 0.02 – 1 µm ble det også funnet en del forskjeller mellom lokalitetene. Blant annet ble det funnet at *kvalitetskontroll*, som hadde den laveste verdien på lokalitet 2, var signifikant lavere enn de målte verdiene for det samme målepunktet på lokalitet 1. Ved å se på forskjell mellom de homogene gruppene i de forskjellige lokalitetene, ble det, på samme måte som for *pakking etter vakuumering*, også funnet signifikant forskjell mellom *filet og hodekapp*,

bløgging og *lager*. *Filet* og *hodekapp* hadde høyest verdi på lokalitet 1, mens de to andre gruppene hadde høyest verdi ved lokalitet 2.

Lokalitet 1

For lokalitet 1 var det *kjølelager* som hadde den laveste målte gjennomsnittsverdien på 1.75×10^3 partikler/cm³. Denne verdien er nesten signifikant lavere enn den høyeste målte gjennomsnittsverdien, som ble målt ved *etter porsjonskutter*. Den høyeste målte maksverdien som ble målt med P-TRAK™ var ved *bløgging*, men her ble det jevnt over målt lave gjennomsnittsverdier (tabell i vedlegg C.3 og figur 5.3). For noen av målepunktene var det stor variasjon mellom dagene på lokalitet 1 (se figur 5.3). For fileteringsavdelingen og slakteriet, ble det funnet signifikant forskjell mellom avdelingene, der foredling hadde de høyeste verdiene.

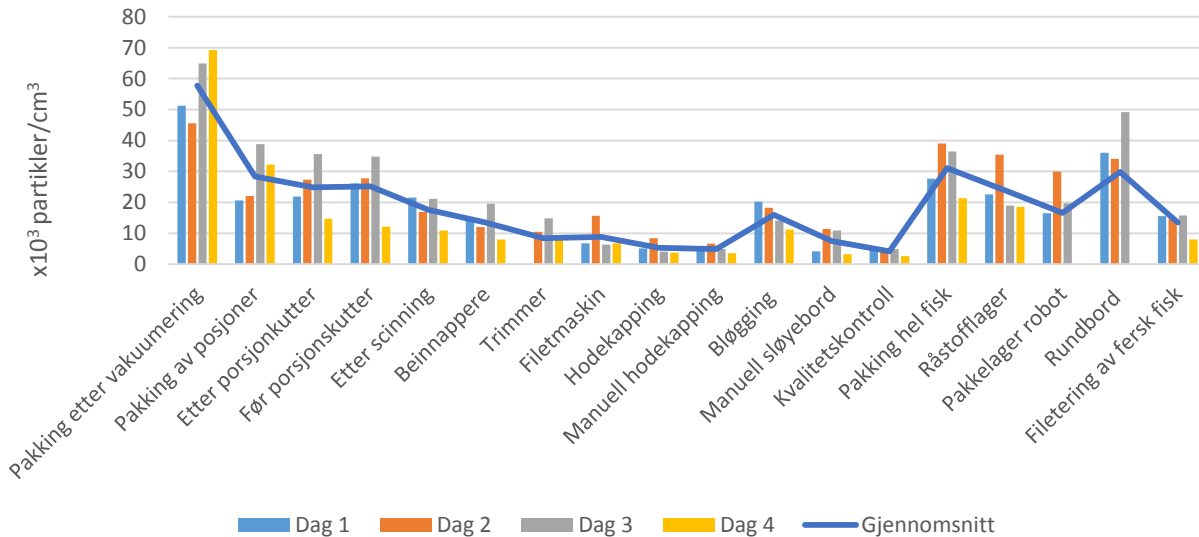


Figur 5.3: Dagsmålinger gjennomført med P-TRAK™ ved lokalitet 1 med gjennomsnitt.

Lokalitet 2

Pakking etter vakuumering er det prøvestedet som skiller seg ut fra de andre prøvestedene på lokalitet 2. Her ble de høyeste verdiene og gjennomsnittsverdien målt, og disse verdiene var 74.9×10^3 og 57.8×10^3 partikler/m³. *Pakking etter vakuumering* ble også funnet å være signifikant høyere enn alle de andre prøvestedene på lokalitet 2. Det ble videre også funnet signifikant forskjell mellom *pakking porsjoner* og *fileteringsmaskinen*, *hodekapp*, *sløyning* og *kvalitetskontroll*. Ved *pakking av porsjoner* ble det målt høyere verdier enn ved de andre oppgitte målestedene. De laveste verdiene, ble funnet ved *kvalitetskontroll* etterfulgt av *manuell hodekapp* med henholdsvis

2.4×10^3 og 2.8×10^3 partikler/cm³. Det ble også funnet ved lokalitet 2, som ved lokalitet 1, at det var signifikante forskjeller på verdiene for foredlingsavdelingen sammenlignet med slakteriet, hvor foredlingsavdelingen hadde høyere verdier. Det ble videre funnet signifikante forskjeller mellom verdiene målt ved prøvetakingssteder på filet og slakteri, også da de homogene gruppene ble analysert. Ved *filet og hodekapp* ble det funnet signifikant lavere verdier enn ved *lager og behandling av filet*.



Figur 5.4: Dagsmålinger gjennomført med P-TRAK™ ved lokalitet 2 med gjennomsnitt.

5.3 AeroTrak™ (0.3, 1.0 og 5.0 µm)

Målingene fra AeroTrak™ er delt inn i tre forskjellige fraksjoner 0.3, 1.0 og 5.0 µm. Resultatene fra prøvetakingen med AeroTrak™ er vist i figur 5.5 til 5.10, samt i vedlegg A, tabell A.5 og A.6.

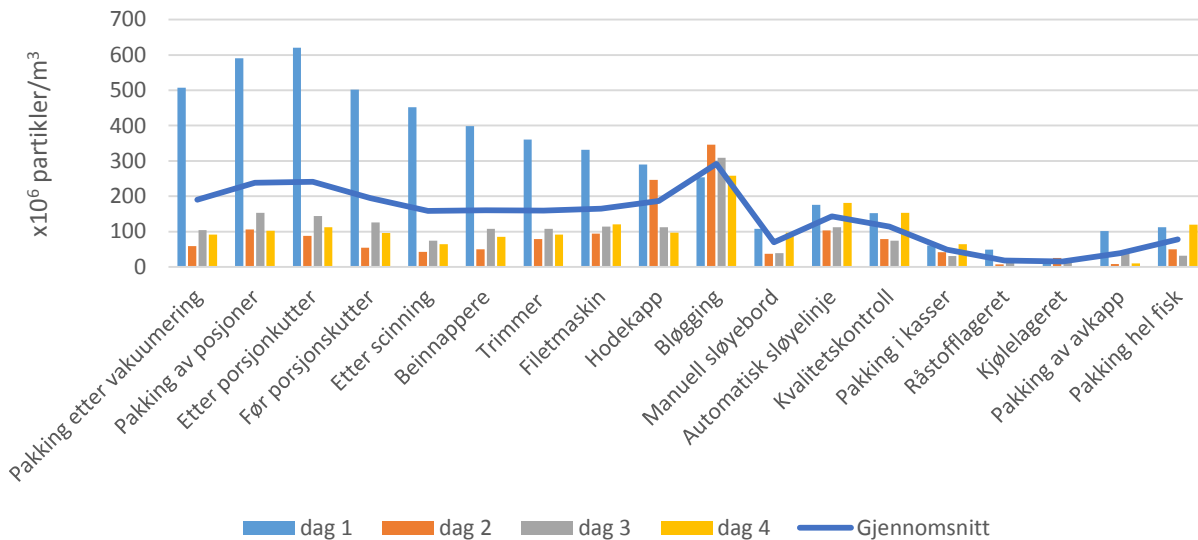
For de homogene gruppene ble det funnet at lokalitet 1 hadde høye verdier ved *behandling av filet*. Verdiene for alle fraksjonene for denne gruppa for lokalitet 1 ble funnet til å være signifikant høyere enn fraksjonene på lokalitet 2.

5.3.1 Partikkelfraksjon 0.3 µm

For partikkelfraksjon 0.3 µm ble det funnet at det var signifikant høyere verdier ved *bløgging* for lokalitet 2 enn lokalitet 1. Ved *hodekapp* ble det også funnet verdier som var signifikant forskjellige mellom lokalitetene, og her var verdiene høyest ved lokalitet 1. Det ble også funnet at verdiene målt ved *lager* var signifikant høyere ved lokalitet 2 sammenlignet med lokalitet 1.

Lokalitet 1

Ved lokalitet 1, ble de største maksverdiene ved størrelsesfraksjon 0.3 μm , funnet ved målepunktene *etter porsjonskutter* med 620.7×10^6 partikler/ m^3 . Dette målepunktet har det nest høyeste gjennomsnittet målt ved lokalitet 1, mens det høyeste gjennomsnittet ble målt ved *bløgging*. Gjennomsnittlig eksponering ved *bløgging* ble målt til 291.7 partikler/ m^3 . Måleverdiene ved lokalitet 1 var ikke signifikant forskjellige fra hverandre. Heller ikke mellom foredlingsavdelingen og slakteriet ble det funnet signifikante forskjeller, men det ble funnet jevnt over et høyere nivå på de målte verdiene på foredlingsavdelingen i forhold til slakteri. Det ble videre funnet at målingene som ble gjennomført dag 1 på 0.3 μm hadde signifikant høyere nivå i forhold til alle andre dager (også lokalitet 2).

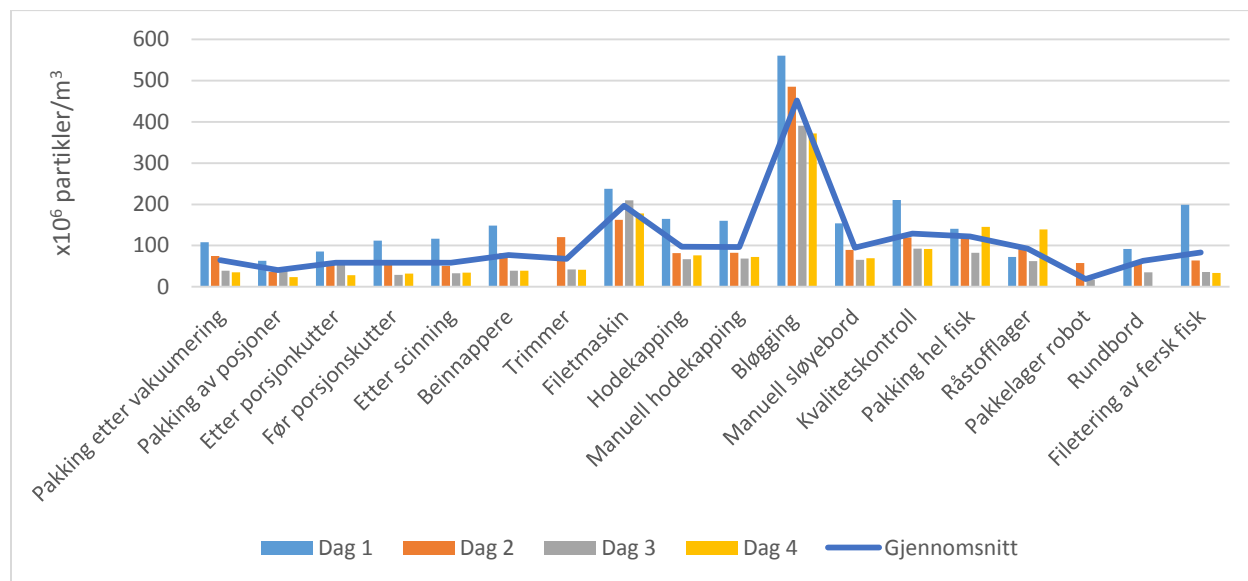


Figur 5.5: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 1, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 0.3 μm .

Lokalitet 2

For lokalitet 2 skiller målepunktet ved *bløgging* seg ut. Gjennomsnittlig måleverdier ved *bløgging* ble funnet til å være signifikant høyere enn alle de andre måleverdiene. Dette målepunktet ble videre funnet til å ha den høyeste målte verdien, på 561.0×10^6 partikler/ m^3 . Gjennomsnittet for målingene gjort ved *bløgging* ble funnet til å være 3.5 ganger høyere enn det nest høyeste målte gjennomsnittet ved lokalitet 2 (*kvalitetskontroll*). Det ble videre funnet at verdiene ved *fileteringsmaskinen* var signifikant høyere i forhold til de andre verdiene i den homogene gruppen

behandling av filet og i forhold til verdiene målt ved *hodekapp* og *pakkelager*. Dette målepunktet hadde både den laveste minimumsverdien og gjennomsnittsverdien. I filetavdelingen ble det likevel funnet signifikant lavere verdier enn i slakteriet. De laveste verdiene ved lokalitet 2, ble målt på *pakkelageret*.



Figur 5.6: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 2, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 0.3 µm.

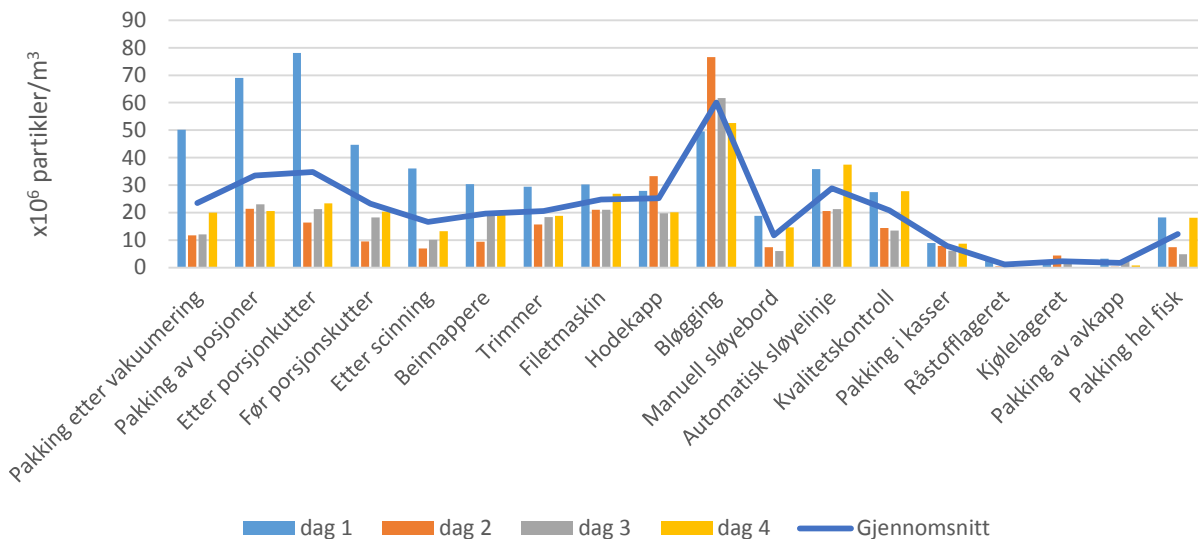
5.3.2 Partikkelfraksjon 1.0 µm

For størrelsesfraksjon 1 µm ble det funnet at det var signifikant forskjell på verdier målt ved *fileteringsmaskin*, *beinnapp*, *trimmer*, *hodekapp* og *før porsjonskutter* mellom lokalitetene. Fra tabell 5.2 ble det funnet signifikant forskjell mellom foredlingsavdelingen og slakteri, med høyeste nivå på slakteri. Her ble det videre funnet at det var signifikant høyere verdier ved *fileteringsmaskin* i forhold til *trimmere* og *kjølelager*, men lavere enn *bløgging* som hadde signifikant høyere nivåer enn alle andre prøvetakingssteder.

Lokalitet 1

Ved lokalitet 1 var det prøvene tatt ved målepunktet *etter porsjonskutter* som hadde de høyeste maksverdiene, med 78.1 x10⁶ partikler/m³. Likevel, er det *bløgging* som ble funnet til å ha den høyeste gjennomsnittsverdien. Denne måleverdien ble funnet til å være signifikant høyere enn de fleste målepunktene bortsett fra *pakking av posjoner*, *etter porsjonskutter*, *fileteringsmaskinen* og *hodekapp*. De to sistnevnte var lavere enn *bløgging*, men ikke signifikant lavere (p=0.064 og

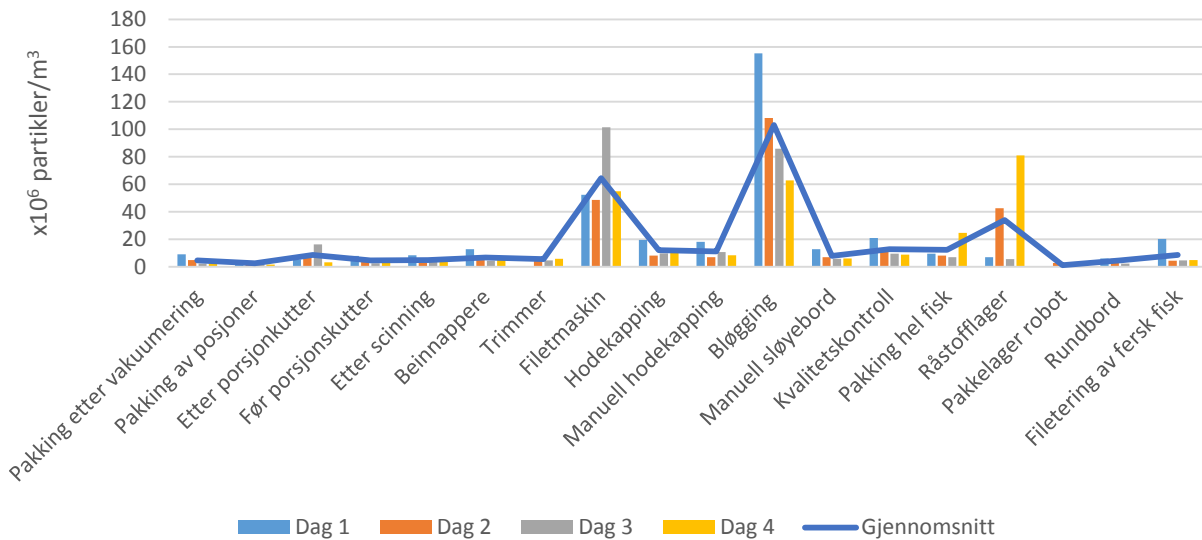
p=0.074). Videre ble det også funnet at det var signifikant forskjell mellom verdier målt ved *hodekapp* og *råstofflageret*. *Råstofflageret* var det målepunktet hvor det ble funnet de laveste verdiene, både minimumsverdien og gjennomsnittsverdien.



Figur 5.7: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 1, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 1.0 µm.

Lokalitet 2

På lik linje med 0.3 µm fraksjonen, ble de høyeste verdiene av partikler i størrelsen 1.0 µm ved lokalitet 2 funnet ved *bløgging* etterfulgt av *fileteringsmaskinen*. Det var også ved *bløgging* at den høyeste gjennomsnittsverdien ble funnet, med 103.0 x10⁶ partikler/m³. *Bløgging* ble funnet til å ha signifikant høyere verdier enn alle de andre prøvetakningsstedene, bortsett fra *fileteringsmaskinen*. Det ble også funnet signifikant høyere verdier ved *fileteringsmaskinen* sammenlignet med seks av prøvetakningsstedene. Disse prøvetakningsstedene var *pakking etter vakuumering*, *pakking av posjoner*, *sløyning*, *kvalitetskontroll*, *pakking hel fisk* og *kjølelageret*. Det var ved *kjølelageret* at det ble funnet de laveste verdiene for lokalitet 2. Her var både minimumsverdien og gjennomsnittsverdien lavest.



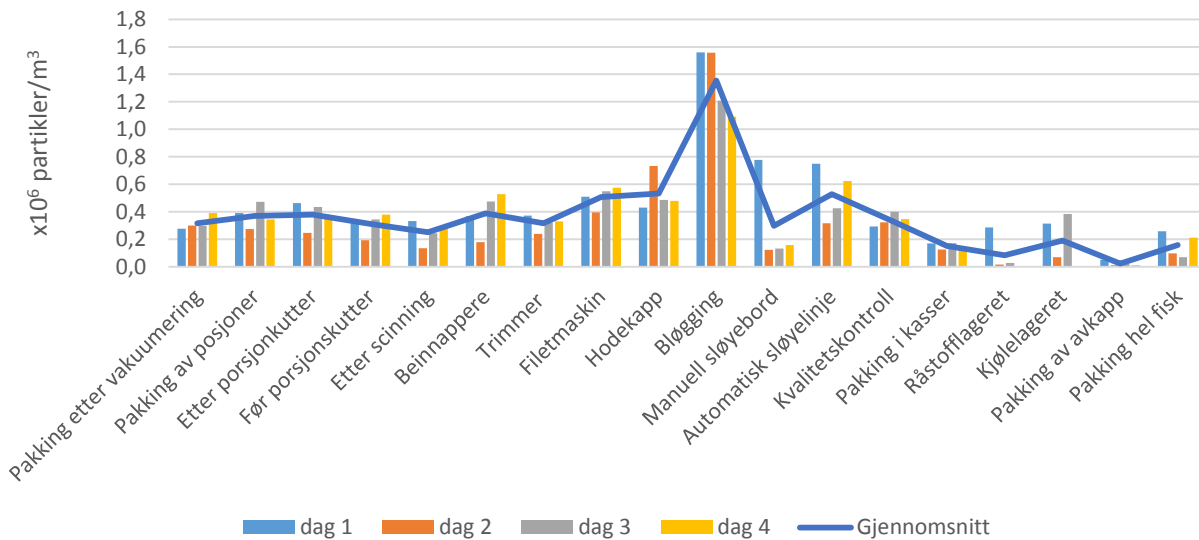
Figur 5.8: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 2, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 1.0 µm.

5.3.3 Partikkelfraksjon 5.0 µm

For målingene som ble gjort med AeroTrak™, var det verdiene for 5.0 µm som var gjennomgående lavest. Selv om noen av maksverdiene gikk over 1 x10⁶ partikler/m³, ligger de fleste gjennomsnittsverdiene under 1.0 x10⁶ partikler/m³. Ved *fileteringsmaskinen* og *råstofflageret*, ble det målt gjennomsnittsverdier på nesten 10.0 x10⁶ partikler/m³ på lokalitet 2, mens ved *bløgging* ble det målt med en gjennomsnittsverdi over 1.0 x10⁶ partikler/m³ på begge lokalitetene

Lokalitet 1

For lokalitet 1 ble den høyeste maksimumsverdien funnet ved *bløgging*. Denne verdien ble målt å være 1.6 x10⁶ partikler/m³. Med en gjennomsnittsverdi på 1.4 x10⁶ partikler/m³ var *bløgging* det prøvetakningsstedet hvor den høyeste gjennomsnittsverdien ble funnet på lokalitet 1. Målingene ved *bløgging* ble videre funnet til å være signifikant høyere enn alle de andre prøvetakningsstedene. *Pakking av avkapp* ble funnet til å være det stedet hvor det ble målt de laveste verdiene, både gjennomsnittlig og minimum. Av de prøvetakningsstedene som kan sammenliknes mellom lokalitetene, var det *råstofflageret* som var det stedet som hadde lavest verdi, med minimumsverdi på 0.02 x10⁶ partikler/m³ og en gjennomsnittsverdi på 0.11 x10⁶ partikler/m³.

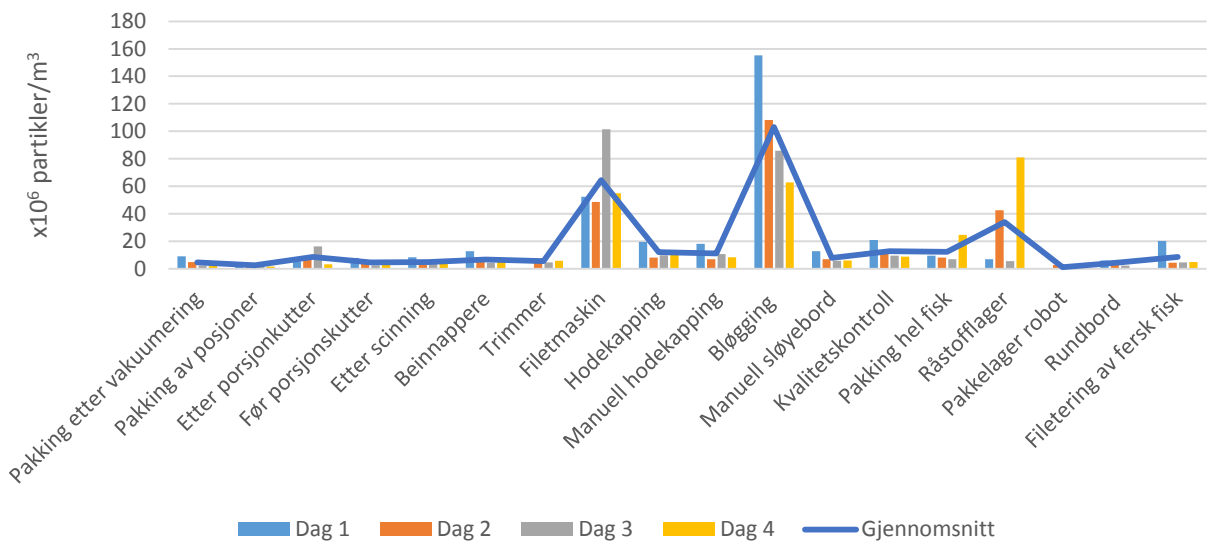


Figur 5.9: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 1, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 5.0 µm.

Lokalitet 2

For lokalitet 2 var det ingen av måleverdiene i størrelsesfraksjonen 5.0 µm som slo ut som signifikant forskjellige mellom prøvetakingsstedene. Det ble funnet store variasjoner mellom prøvedagene, men det ble heller ikke funnet signifikant forskjell mellom disse. Høyeste verdien som ble målt på lokalitet 2, var ved *råstofflageret* og *fileteringsmaskinen* som har maksverdier på henholdsvis 29.7 og 25.6 x10⁶ partikler/m³. Det var også ved disse prøvetakningsstedene hvor det ble målt de høyeste gjennomsnittsverdier. Den laveste verdien som ble målt, var på *kjølelageret*. Det var også her den laveste gjennomsnittsverdien ble funnet.

For ingen av lokalitetene var det signifikant forskjell på de målte verdiene på foredlingsavdelingen og slakteri.



Figur 5.10: Dagsmålinger gjennomført med AeroTrak™ ved lokalitet 2, med gjennomsnitt for partikkelfraksjon 5.0 µm.

5.4 Luftprøver av gramnegative bakterier

Resultatene for luftprøver av gramnegative bakterier er presentert i tabell 5.3. Her er prøvene delt inn i fem grupper etter type arbeidsoperasjon/avgrensing i lokalet. Resultatet er presentert i minimum til maksimum antall CFU/m³ som ble målt for hver gruppe. En del av prøvene var negative (0 CFU/m³) og prosentandelen positive prøver er derfor presentert for å vise hvor stor del av prøvene dette gjelder. Resultatene fra alle dager er presentert i vedlegg B.

Tabell 5.3: Målinger av gramnegative bakterier ved lokalitet 1 og 2, med antall kolonier (CFU/m³) og prosentandel av prøvene som er positive ved de homogene gruppene.

Type arbeid	Lokalitet 1			Lokalitet 2		
	n	Antall kolonier (CFU/m ³)	% positive	n	Antall kolonier (CFU/m ³)	% positive
Filetavdeling	28	0 - 9	69	34	0 - 2	20
Filet/hodekapp	8	0 - 36	62	12	0 - 4	34
Bløgging	4	0 - 1	50	4	0 - 4	75
Slakteri	20	0 - 20	75	13	0 - 24	46
Lager	5	0 - 1	40	5	0	0

På filet/hodekapp, lokalitet 1 var det kun en av prøvene som hadde 36 CFU/m³, mens resten hadde ≤ 10 CFU/m³. Ved slakteri, var det kun en prøve ved lokalitet 1 og en prøve ved lokalitet 2 som hadde henholdsvis > 10 og > 5 CFU/m³. Ved filetavdelingen på lokalitet 2 ble det på dag 4 funnet *E.coli* (1 CFU/m³).

Det ble funnet flest bakteriekolonier i luftprøvene ved vaskemaskin på lokalitet 1, dag 2 med 51 CFU/m³ (Vedlegg B). Dette var en ekstra prøve som ble forespurt av arbeiderne og det ble ikke tatt noen flere prøver på dette punktet.

6 Diskusjon

Luftveissyptomer har blitt kartlagt og økt forekomst av slike symptomer er rapportert for arbeidstakere i oppdrettsnæringen. I dette kapitlet vil metoder for kartlegging og prøvetakning utført i denne undersøkelsen sammenlignes med tidligere studier. Blant annet vil det bli diskutert hvordan instrumenteringen og prøvetakingsstrategien som har blitt benyttet, er en adekvat måte å kartlegge eksponeringen. Et viktig spørsmål er om konsentrasjonene av aerosoler og gramnegative bakterier som ble målt i denne studien er innenfor et område som potensielt kan forårsake negative helseeffekter. I en yrkeshygienisk vurdering er det dessuten viktig å ikke bare kartlegge hvor høy eksponeringen er, men også å foreslå tiltak som bør innføres for å redusere eksponeringen. En gjennomgående risikovurdering med evaluering av anbefalte tiltak vil derfor bli presentert i slutten av dette kapitlet.

6.1 Instrumentering

Hvert av instrumentene som ble brukt i denne studien måler ulike størrelsesordener. Selv om de baserer seg på forskjellige prinsipper, bygger de alle på lysspredningsfotometri. Det er partiklens fysiske egenskaper som kan påvirke hvordan lyset spres. Dette, samt at materialer absorberer lys ved forskjellige hastigheter, vil være med på å påvirke intensiteten til lyset som blir spredt og dermed også hva som blir detektert (TSI Inc., 2013b). I dette tilfellet, hvor omgivelsene er veldig våte, kan det være med på å påvirke hvordan partiklene avleses i instrumentene.

Mengden av respirable aerosoler i forbindelse med arbeidsoperasjoner i denne bransjen kan være vanskelig å vurdere, fordi en stor andel av partiklene som blir registrert er væskeaerosoler. For måling av massekonsentrasjoner (mg/m^3) med direktevisende instrument (DustTrak™), vil de målte data kunne avvike fra virkeligheten. Dette skjer fordi instrumentet er kalibrert med tørt veistøv. Evans et al. (2002) påpeker også at kalibreringsmetoden til DustTrak™ fungerer best ved studier hvor det skal måles nivåer av tørre aerosoler. En annen mulighet er å gjennomføre målinger med filterkassett. Ulempen med dette er at vannet i våte aerosoler kan fordampe før analysen med veiing av filtermassen gjennomføres. Målingen vil da ikke gjenspeile aerosolmengden som arbeiderne blir eksponert for. Med bakgrunn i dette, har det vært en fordel å bruke alle instrumentene som er benyttet i denne studien. Dette viser da variasjonene av partiklstørrelsen og gir mulighet til å vurdere sammenhengen mellom steder og arbeidsoperasjoner.

Luftprøver av bakterier har i henhold til litteraturen oftest blitt utført med Andersens luftprøvetakning (Clark et al., 1983, Laitinen et al., 1992, Hwang et al., 2011). Dette er en metode for prøvetaking som består i at luftprøven blir sugd gjennom perforerte plater og hvor hullene gradvis blir mindre hvis man legger til flere trinn. På denne måten blir partiklene sortert etter størrelse. I denne studien ble det valgt å bruke en Air Sampler. En Air Sampler gjør det lettere å ta prøver nært arbeidsoperasjonene og i arbeidernes pustesone. I dette tilfellet er det nødvendig å skille på størrelsesfordelingen, fordi det bare er gramnegative bakterier som er ønskelig å undersøke og det derfor ble benyttet et selektivt medium.

Sammenlignet med luftprøvetaking av endotoksiner kan luftprøvetakning av bakterier være en god metode for å vurdere potensialet for eksponering av endotoksiner. Denne metoden vil ikke fange opp døde bakterier, og dermed heller ikke endotoksiner fra disse bakteriene. Siden det i fiskeforedling er god tilgang på næring og fuktighet antas det at det er gode levevilkår for mikroorganismer slik at det vil være levende bakterier i denne industrien, og det antas derfor at luftprøvetaking vil fange opp mye av bakteriene som er kilden til endotoksiner. Laitinen et al. (1992) og Hwang et al. (2011) fant korrelasjon mellom gramnegative bakterier og endotoksin, og det antas at dette også vil være gjeldene i denne undersøkelsen. Luftprøvetaking som metode er både billigere og enklere enn metoden for luftprøving og analyse av endotoksin. Likevel er det noen utfordringer man bør ta med i betraktning når man skal ta slike prøver. Prøvetakingstiden er som ofte kort, noe som kan medføre at man ikke får samlet opp alle mikroorganismene som er i området over en hel arbeidsdag. På samme måte som for andre håndholdte instrumenter, så utføres målingene stasjonært ved arbeidsstasjonen og ikke som personbårne målinger. Selv om vekstmediet er ment å optimalisere dyrkingen av bakteriene, finnes det også utfordringer knyttet til det. Én utfordring kan være at ikke alle bakteriene i en prøve vil gro. En annen utfordring oppstår hvis prøvene man ønsker å undersøke ikke står lenge nok til at bakteriene blir oppdaget. Dette er viktig å ta med i vurderingen av prøvene tatt med denne metoden. Fordi det likevel gir en god indikasjon på eksponeringen i området, vurderes det som et godt alternativ til tradisjonell endotoksinmålinger.

6.2 Kartlegging og vurdering av eksponering

I henhold til arbeidstilsynets best.nr. 450 skal den innledende vurderingen «*gi svar på om det er mulig at arbeidstakerne blir eksponert for forurensinger i arbeidsatmosfæren*» (Direktoratet for

arbeidstilsynet, 1995). Den innledende undersøkelsen skal etterfølges av en forundersøkelse. Forundersøkelsen skal blant annet benytte informasjon fra den innledende undersøkelsen og målinger fra lignende bedrifter eller arbeidsoperasjoner. I denne studien er disse to stadiene delvis kombinert ved å benytte litteraturstudien samt innledende undersøkelser i bedriftene for å utarbeide en prøvetakingsplan/plan for detaljert undersøkelse. Denne studien tok utgangspunkt i en bransje som er særlig utsatt for luftveisplager (Bang et al., 2005, Bønløkke et al., 2004, Dahlman- Höglund et al., 2012, Douglas et al., 1995, Jeebhay et al., 2001, Lopata and Jeebhay, 2013, Shiryayeva et al., 2010, Shiryayeva et al., 2014). Det ble derfor vurdert til at det ikke var nødvendig å gå videre inn på dette i innledende undersøkelse ved denne studien. Innledende undersøkelse ble derfor i større grad benyttet for å kartlegge de to lokalitetene og arbeidsoperasjonene som ble utført med fokus på videre undersøkelser.

I denne studien ble det gjennomført over 150 prøvetakninger med fire instrumenter. Dermed kan man vurdere om det som har blitt gjennomført samsvarer med detaljert undersøkelse i henhold til arbeidstilsynets best.nr. 450. Her stilles det krav om at man skal ta prøver over en 8-timers arbeidsdag, at prøvene tas i pustesonen til arbeiderne og at prøvene tas over en lengre periode. Dette for å dekke variabler som «*endringer i arbeidsoppgaver, råvarer, prosessendringer, vær- og årstidsvariasjoner*» (Direktoratet for arbeidstilsynet, 1995). I denne studien ble prøvene tatt i løpet av en uke per bedrift, samt at det ble i gjennomsnitt tatt prøver over en periode på ca fem og en halv time. Dette samsvarer ikke med at prøvene bør tas over en lengre periode og over en 8-timers arbeidsdag. I kontrast har man ved en forundersøkelse mulighet å gjennomføre *stikkprøver*, som ofte har relativt korte prøvetakningstider for å anskaffe kvantitativ informasjon. Dette samsvarer med prøvetakningene som har blitt gjennomført her, da prøvene som har blitt tatt var på 10 minutter hver. Derfor kan denne gjennomføringen ansees å være en forundersøkelse.

For å kartlegge den gjennomsnittlige eksponeringen av alle arbeiderne ved en bedrift, anbefales det ved en detaljert undersøkelse at det deles inn i homogene grupper. I disse gruppene bør man minst ta 2 prøver per person, og innad i en gruppe bør man ta minst åtte målinger. For bedriftene i denne studien, bør de homogene gruppene ved foredlingen og slakteriet bestå av 10 personer, og minimum 20 prøver. Det ble i denne oppgaven delt inn i enda mer spesifikke grupper, da det ble registret store variasjoner mellom prøvetakningsstedene for foredling og slakteri. På bakgrunn av dette, ble det vanskelig å oppnå kravene til homogene grupper. For disse gruppene var det ikke

tatt nok prøver per gruppe. Det var heller ingen av gruppene som oppnådde homogenitet i henhold til tommelfingerregelen. Dette vil si at ingen av gruppene består av prøver mellom $\frac{1}{2}$ og to ganger gjennomsnittet av gruppen. I og med at arbeidsoppgavene innebærer behandling av samme råvare innenfor et begrenset område er det likevel en rimelig vurdering at eksponering er ganske lik innad i gruppene. Det kan derfor antas at hvis det blir tatt nok prøver innad i hver gruppe, vil graden av homogenitet bli oppnådd.

Prøvene som ble tatt i denne undersøkelsen, baserte seg på å ta stasjonære prøver ved arbeidsoperasjonene, i pustesonen til arbeiderne. Ved slike prøver, påpekes det ved en detaljert undersøkelse at det er viktig at man beregner eksponeringen på grunnlag av analyseresultatene og varigheten til de enkelte arbeidsoppgavene en arbeider gjennomfører i løpet av et skift. For bedriftene som har blitt studert i denne studien, jobber de rundt en halvtime ved hver arbeidsoperasjon. Som nevnt, er det tatt 10 minutters prøver og dette samsvarer ikke med hvordan målingene bør gjennomføres ved stasjonære målinger. Dette gjør det vanskelig å vurdere hvordan heldagseksponeringen for arbeiderne i hver avdeling er. Likevel, sett i sammenheng med homogene grupper, blir målingene vurdert til å være representative, da råvaren som behandles er lik innenfor et begrenset område. Dessuten, siden det er tatt et større antall prøver ved *behandling av filet* og *behandling av slakt*, kan det her antas at den gjennomsnittlige eksponeringen er rimelig representativ for disse gruppene. Det anbefales likevel at man ved en mer detaljert undersøkelse, tar flere og lengre prøver ved de enkelte arbeidsoperasjonene som i denne studien viser høy grad av eksponering. Dette gjelder spesielt *bløtting*, *fileteringsmaskinen* og *etter porsjonskutter*, som vil bli drøftet videre ved risikovurderingen. Det kan dermed antas at undersøkelsene gjort i denne studien, ligger i et området mellom forundersøkelse og detaljert undersøkelse. For risikovurderingen vil det derfor være en fordel å vurdere eksponeringen vurdert både opp mot $\frac{1}{4}$ av norm og $1/10$. Det er ikke tatt nok prøver til å kunne garantere for en tilfredsstillende grad av homogenitet i gruppene og dermed også om målerverdiene i de homogene gruppene er representative.

Ved ønske om å studere eksponeringen innenfor denne næringen senere, anbefales det å legge opp til å ta heldagsprøver, slik at man i større grad kan se dette opp mot grenseverdien for organisk støv.

6.3 Aerosoler

For å kunne sammenligne prøvetakingssteder ble forskjeller innad i bedriften og forskjeller mellom lokalitetene undersøkt. Det ble både sett på homogene grupper og enkelte prøvesteder der disse skiller seg ut samt type arbeidsoperasjon samlet for begge lokaliteter. Det ble funnet signifikante forskjeller mellom avdelingene slakteri og foredling for noen av målingene. Partikler $< 1 \mu\text{m}$ var signifikant høyere ved foredling, mens partikler på $1 \mu\text{m}$ var høyest i slakteriet. Dette viser at det er et skille mellom partikler over og under $1 \mu\text{m}$. Dette kan være fordi det ved slakteri er mer blod og innvoller som mest sannsynlig avgir større partikler enn filet.

Resultatene fra AeroTrak™ viser flere partikler i størrelsesorden 0.3 og $1.0 \mu\text{m}$ enn $5.0 \mu\text{m}$. Sammenliknet med verdiene som ble målt med DustTrak™ ($< 10 \mu\text{m}$) kan det antas at store deler av partiklene som ble målt, også er i denne størrelsesfraksjonen. Videre blir det antatt at det meste av partiklene som ble målt med DustTrak™ hovedsakelig var respirabelt støv $< 5 \mu\text{m}$. Grunnen til dette, er det synkende antallet partikler fra størrelsesfraksjonen 0.3 til $5.0 \mu\text{m}$ og at det er liten sannsynlighet for andre kilder for eksponering i lokalitetene enn fisken.

Det ble funnet tydelige forskjeller mellom lokalitet 1 og lokalitet 2 for prøvetakningen. Lokalitet 1 er et gammelt lokale som har blitt renoverert til å bedre passe dagens drift. Lokalitet 2 er et relativt nytt lokale som ble bygd i den hensikt å drive den driften som er der i dag. Dette gjorde det naturlig å se på om det var noen forskjeller på måleresultatene som kan tilskrives selve lokalene. Lokalitet 2 har mulighet til å ta imot et mye større kvantum av fisk i løpet av en dag, enn lokalitet 1. Dette var også noe som bedriftene selv hadde observert og dokumentert. Ved å ha større kvanta i omløp i løpet av en dag, stiller det høyere krav til renslighet og vedlikehold. Davies et al. (2009) påpeker at dersom man ikke holder lokalene rene, er det fare for økt grad av eksponering fra sekundære eksponeringskilder forekomme. Arbeidstakerne kan få en oppfatning av at dårlige arbeidsvaner er akseptabelt. Derfor er det viktig å holde fokus på renslighet, for å sørge for å holde eksponeringen nede. Det at lokalitet 1 ikke er utformet etter de arbeidsoperasjonene som blir gjennomført, og den generelle utformingen av lokalet har en eldre standard, gjør at de antakelig har større utfordringer, enn lokalitet 2, med renslighet.

Graden av automatisering har økt kraftig med årene, og dette utgjør en svært tydelig forskjell mellom disse bedriftene. Lokalitet 1 har flere manuelle operasjoner enn lokalitet 2, noe som gjør at arbeiderne er mye i kontakt med fisken. Dette gjenspeiles også i resultatene, hvor lokalitet 1 ved

behandling av filet har gjennomgående høyere nivåer for alle instrumentene enn ved lokalitet 2 (tabell 5.1). Selv om en del av operasjonene er automatisert, er det enda behov for manuell sjekk, eller at fisken manuelt snus i riktig retning. Det er en fordel å øke graden av automasjon på slakteri og foredling, slik at man i større grad kan øke avstanden mellom arbeiderne og fisken.

6.3.1 Prøvetakingssteder

I dette kapitlet vil det bli sett nærmere på forskjellen i eksponering av partikler mellom de ulike prøvetakingsstedene og mellom de homogene gruppene. Det vil også vurderes hva som kan være årsaken til eksponeringen ved de ulike prøvetakingsstedene.

Bløgging er det stedet hvor det ble funnet mest partikler, og målingene er signifikant høyere enn en rekke andre steder. Det var også store forskjeller mellom lokalitetene, der lokalitet 2 har de høyeste nivåene. Ut i fra disse målingene er det tydelig at man utsettes for større grad av eksponering ved manuell bløgging enn ved automatisert bløgging.

Både ved lokalitet 1 og lokalitet 2 kunne sløyning gjennomføres både manuelt og maskinelt. På lokalitet 1 står det fast noen arbeidere etter den automatiske sløyemaskinen for å kontrollere fisken. Ved lokalitet 2, skjer dette bare hvis fisken har uregelmessig størrelse. På bakgrunn av dette ble det ikke målt etter maskinell sløyning på lokalitet 2. Siden det ikke ble målt etter maskinell sløyning på lokalitet 2, var det ikke mulig å kartlegge om det var noe forskjell mellom de automatiske sløyelinjene for lokalitetene. Det man kan se ut i fra resultatene på lokalitet 1, er at det er gjennomgående høyere måleverdier for automatisk sløyelinje. En mulig årsak til dette kan være at det er dyser i maskinen og mye vann i området. I og med at det ble funnet høyere nivå ved automatiske sløyemaskiner enn ved manuell sløyning kan man konkludere med at det er gunstig med helautomatiske sløyemaskiner. Da ville man kunne unngå at arbeidstakere utsettes for eksponeringen som disse maskinene genererer. Douglas et al. (1995) og Sherson et al. (1989) anså det også som sannsynlig at sløyemaskinen var kilden til aerosolene da de fant at respirasjonsplagene var størst i nærheten av sløyemaskinen.

Ved lokalitet 2 utføres hodekapp både manuelt og maskinelt. Målingene viste ingen vesentlig forskjell mellom de ulike arbeidsprosessene. Selv om det ikke ble målt forskjeller, er det mulig at graden av automatisering ved hodekapp kan være med å påvirke eksponeringen for de som jobber med fileteringsmaskinen. Hvorvidt eksponeringen var forskjellig for de som jobbet etter manuell

eller automatisk hodekappmaskin ble ikke målt. Man kan anta at det er noe høyere eksponering for de som jobber bak automatisk hodekapp, da det kan være mer vann fra dyser i luften rundt slik det også ble nevnt for sløyemaskinen. For størrelsesfraksjonene 0.02 - 1.0 μm ble det funnet mye høyere verdier ved lokalitet 1 enn lokalitet 2. Det er uklart hva som er årsaken til dette, og det ville derfor være interessant å gjennomføre flere målinger ved *hodekapp* på begge lokaliteter for å kunne identifisere hva som kan være kilden til dette.

Ved *fileteringsmaskinen* ble det målt de nest høyeste verdiene av partikler i størrelsen 0.3 og 1.0 μm ved lokalitet 2. Dette tyder på at *fileteringsmaskinen* er en arbeidsoperasjon som genererer mye aerosoler i disse fraksjonene. Fileteringsmaskinene var ikke innkapslet og det var synlig mye fiskekjøtt rundt maskinen, samtidig som det var relativt fuktig i området. Dahlman-Höglund et al. (2013), gjorde målinger av bioaerosoler ved slaktning av sild, der det ble målt massekonsentrasjon og ulike størrelsesfraksjoner ved gamle og nye fileteringsmaskiner. De fant at gamle maskiner i forhold til nye maskiner gir fra seg et signifikant høyere nivå. Dette viser at innkapsling av maskiner har en effekt på bioaerosolnivået. De stasjonære målingene fra studien til Dahlman-Höglund et al. (2013) viste konsentrasjoner på 0.32 - 1.67 mg/m^3 ved gammel maskin og 0.10 - 1.32 mg/m^3 ved ny maskin. Begge disse nivåene er lavere enn resultatene fra undersøkelsene gjennomført i denne rapporten, hvor eksponering ved fileteringsmaskin var på 0.21 - 0.26 mg/m^3 . Størrelsesfraksjonen 0.3 - 0.5 μm hadde høyest nivå med $> 4 \times 10^5$ partikler/ m^3 (Dahlman-Höglund et al., 2013). Resultater i vår studie viser også høyest nivå for størrelsesfraksjonen 0.3 μm , men det ble funnet enda flere partikler ($> 2 \times 10^7$). Siden det er snakk om ulike typer fisk kan det spekuleres i at dette har innvirkning på mengden aerosoler som genereres. Målingene fra P-TRAK™ ved fileteringsmaskin viser 21.9 $\times 10^3$ partikler/ cm^3 ved lokalitet 1, noe som er signifikant høyere enn ved lokalitet 2 som hadde 8.8 $\times 10^3$ partikler/ cm^3 .

Shiryayeva et al. (2014) og Dahlman-Höglund et al. (2013) fant høyere eksponering for parvalbumin ved fileteringsmaskin og arbeidere i filetavdeling var mer eksponert enn slakteriarbeidere. Parvalbumin er et protein som finnes i muskulaturen til fisken (Jeebhay and Lopata, 2012). Det er derfor naturlig at det er større eksponering for dette allergenet ved behandling av filet. Det ble ikke gjort noen målinger av allergener i undersøkelsen gjennomført i denne oppgaven, men basert på litteraturen antas det at bioaerosolene også inneholder proteiner

som kan fremkalle allergiske reaksjoner. Det antas også at risikoen for eksponeringer størst ved *fileteringsmaskin* og ved *behandling av filet*.

Innenfor området *behandling av filet* er det en del variasjon i nivåer. Det er likevel valgt å sette dette sammen til en gruppe da dette er en kontinuerlig prosess der det er liten forskjell på råvaren. *Behandling av filet* er et område som har høyere verdier av partikkelfraksjonene 0.3, 1.0 og 5.0 µm ved lokalitet 1 enn ved lokalitet 2. Ved *behandling av filet* viser arbeidsoperasjonen *etter porsjonskutter* på lokalitet 1 høye verdier i de fleste målingene. Det kan derfor virke som denne maskinen generer flere partikler enn de andre. Denne maskinen kutter filetene opp i porsjonsbiter og det kan tenkes at dette bidrar til å frigi flere partikler fra fisken. Det er også høye verdier ved *pakking av porsjoner* som tilsier at det kan være mer eksponering ved behandling av porsjoner enn hel filet. De fleste måleverdiene ble redusert *etter vakuumering* som også er med på underbygge dette. Dette er derimot ikke tilfellet ved lokalitet 2 der det generelt sett var relativt lave nivåer ved alle arbeidsoperasjoner ved *behandling av filet*. En mulig årsak til den store forskjellen mellom lokalitetene kan være selve utformingen av anlegget, type maskiner, ventilasjon og mengde vann som blir benyttet. På lokalitet 2 var det mulig å gjennomføre arbeidsoperasjonen *pakking i porsjoner* automatisk, med en robotmaskin. Da prøvemålingene ble gjennomført var denne robotmaskinen ute av drift, så derfor var ikke mulighet til å måle om det var forskjell på eksponeringen ved denne maskinen og for arbeiderne som gjennomførte dette manuelt. Det kan likevel antas at eksponeringen er relativt lik, da det er lite vann i omløp på dette tidspunktet i prosessen og filetdelene er ferdig behandlet og oppkuttet. I vedlegg C, som viser gjennomsnittet av gjennomsnittet, er det lite avvik mellom gruppene som er definert inn under *behandling av filet*. *Pakking av avkapp* ved lokalitet 1 ble utført i en annen del av anlegget og der ble det påvist lite partikler. Siden det heller ikke var noen sammenlignbar arbeidsoppgave ved lokalitet 2 er dette prøvetakingsstedet ekskludert fra resultatene.

I området *Pakking etter vakuumering* var det signifikant høyere verdier av UFP enn andre steder, målt med P-TRAK™. Her er laksen ferdig emballert så det vil derfor sannsynligvis være lite aerosoler fra selve prosessen med behandling av fisken. Ved lokalitet 1 er det imidlertid kort avstand til uemballert fisk og området for pakking er mindre avgrenset enn ved lokalitet 2. Årsaken til de høye nivået av UFP er vanskelig å si med sikkerhet. Det ble ikke observert truckkjøring, røyking eller smelting av plast i området rundt pakking etter vakuumering. Derfor kan det antas at

det er muligens emballasjen i seg selv. De vakuumerte porsjonene ble pakket i pappesker, så det kan eventuelt være pappstøv som er kilden til de målte UPF-nivåene. Grunnlaget for eksponeringen bør kartlegges bedre, spesielt fordi pappstøv ikke i utgangspunktet er mindre enn 4µm (Bullock and Laird, 1994). Ved lokalitet 1 skjer pakkingen i nærheten av et avlukke med en vaskemaskin. Flere arbeidere påpekte at denne genererer store mengder vanndamp når den er i bruk (flere ganger om dagen). UFP har større risiko for å føre til skade på celler og gi inflammatoriske reaksjoner enn partikler med større aerodynamisk diameter (Stone and Donaldson, 1998). *Pakking etter vakuumering* kan derfor utgjøre en helsefare i seg selv, selv om det kan være mindre biologisk materiale ved denne prosessen.

Det ble foretatt målinger i to lager ved hver lokalitet. Dette målepunktet ble inkludert for å se på forskjellene i og utenfor produksjonen, delvis for å kunne benytte dette som en kontroll. Der ble det hovedsakelig funnet lave verdier ved *lager*, men lokalitet 2 hadde en vaskemaskin stående på råstofflageret som genererte store mengder vanndamp. Dette bidrog til at det ble målt svært høye verdier i disse prøvene og økte verdiene totalt sett på lager. Utenom *råstofflager* ved lokalitet 2, kan man si at eksponeringen ved lager er svært lav i forhold til i produksjonen. På lager er det generelt få folk som jobber, og arbeiderne er hovedsakelig truckførere. Det er i tillegg et kaldt klima som blant annet kan bidra til å holde bakterienivået nede. Det ble funnet svært lave nivåer av bakterier på lager, noe som tilsier at bakterier hovedsakelig er tilstede i lufta i nærheten av arbeidsprosessene hvor fisken bearbeides.

6.4 Gramnegative bakterier og endotoksiner

Gramnegative bakterier kan forårsake en rekke infeksjoner, og det er bakteriens innhold av endotoksiner som gjør at bakteriene forårsaker inflammasjon. Endotoksiner har en rekke negative helseeffekter og har blitt sett på som en mulig risikofaktor for blant annet luftveisinflammasjon. Det er i flere studier gjennomført målinger av endotoksiner i sjømatindustrien (Bang et al., 2005, Dahlman- Höglund et al., 2012, Dahlman-Höglund et al., 2013, Shiryayeva et al., 2014, Sherson et al., 1989, Thomassen et al., 2016). Dahlman-Höglund et al. (2013) tok prøver av gramnegative bakterier for å benytte disse som en indikator på om det var endotoksiner i lokalet før man gjennomførte en LAL-analyse av endotoksin. Endotoksiner finnes i celleveggen til gramnegative bakterier og vil derfor finnes om det er gramnegative bakterier tilstede.

Laitinen et al. (1992) og Hwang et al. (2011) har begge gjort studier som ser på sammenhengen mellom gramnegative bakterier i luft og endotoksiner. Laitinen et al. (1992) fant god korrelasjon mellom et selektivt medium for gramnegative bakterier og endotoksiner. Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom ikke selektive medier, som er naturlig, da disse også vil plukke opp andre typer bakterier og i all hovedsak grampositive bakterier. Hwang et al. (2011) fant høyere endotoksinnivå ved deteksjon av gramnegative bakterier. Det var særlig noen gramnegative bakterier som ble assosiert med høyere endotoksinnivå, blant annet *P.aeurginosa* som også ble funnet ved slakteriet på lokalitet 1 i denne studien. Disse to studiene viser korrelasjoner mellom målinger på gramnegative bakterier og endotoksiner. Siden det i denne studien ikke er målt endotoksiner er det ikke mulig å si noe om mengde endotoksiner som finnes ved to lokalitetene. I henhold til Laitinen et al. (1992) og Hwang et al. (2011) kan det antas at det vil være mer endotoksiner der det er funnet mest gramnegative bakterier. Dette er dermed en god og rimelig metode som gir en indikasjon på om det er endotoksiner i lufta.

Det ble funnet flere bakterier ved lokalitet 1 enn lokalitet 2. Ved lokalitet 1 ble det funnet positive prøver ved alle prøvetakingsstedene og det var relativt få negative prøver. Dette viser at ved lokalitet 1 kan det være risiko for høyere eksponering for gramnegative bakterier og dermed også endotoksiner. Ved lokalitet 2 ble det funnet få bakterier noe som tyder på at eksponeringen for endotoksiner også er lav. Ved *pakking etter vakuumering* ved lokalitet 2 ble det kun funnet kolonier to av dagene. Ellers i filetavdelingen ble det bare funnet to positive prøver i løpet av de fire dagene. I en av disse prøvene ble det påvist *E.coli*. Ved *fileteringsmaskin* og *hodekapp* ble det funnet noe mer bakterier og halvparten av prøvene ved lokalitet 2 var positive. De var likevel ikke særlig høye verdier og på det meste ble det funnet 4 CFU/m³.

Ved filetavdelingen på lokalitet 1 var det stort sett relativt lave verdier. Ved *hodekapp* og *fileteringsmaskin* var det noe høyere verdier enn ved filetavdelingen. Dag 2 hadde de, de høyeste verdiene med henholdsvis 36 og 10 CFU/m³. Det var også på dag 2 at det aller høyeste antallet av kolonier ble påvist ved vaskemaskinen med 51 CFU/m³. Siden det kun ble tatt prøve av dette stedet en gang er det vanskelig å si om dette var et engangstilfelle (worst case) eller om det er normaltstanden at det er mye bakterier i lufta rundt vaskemaskinen.

Bang et al. (2005) så på maskinoperatører som plasserer fisken inn i maskiner og filetarbeidere som bearbeidet fileten manuelt i hvitfiskindustrien. Av disse ble maskinoperatørene eksponert for

signifikant høyere nivå av endotoksiner enn filetarbeiderne. Dette samsvarer med andre studier (Douglas et al., 1995, Sherson et al., 1989) som peker på at det er maskiner som genererer aerosoler. (Dahlman-Höglund et al., 2012) så på endotoksin og allergen ved sløyemaskin og målte endotoksinnivåer på 2.7 EU/m³ ved personen som satte laksen inn i sløyemaskinen. Dette var lavere enn nivået målt ved fileteringsmaskin med 7.1 EU/m³. Eksponering for allergener var også høyest ved fileteringsmaskin.

På slakteriet ved lokalitet 1 ble det funnet flest bakterier ved *pakking i kasser*. Disse målingene ble gjennomført et stykke fra arbeiderne da de var mye i bevegelse og det var ikke mulig å stå nærmere uten å forstyrre arbeidet. Resultatet fra disse målingene kan dermed ikke sies å direkte vise eksponeringen for disse arbeiderne, men er heller en generell måling av området. Disse målingene ble tatt i nærheten av slusen inn i slakteriet og arbeiderne spylte av seg med vann før de gikk inn i slusen. Dette kan ha bidratt til at bakterier i aerosoler med blod, slim og innvoller har blitt fanget opp i disse prøvene.

Ved *bløgging* ble det funnet 1 CFU/m³ dag 1 og 2, noe som er mindre enn det som ble funnet ved lokalitet 2 som hadde positive prøver 3 av 4 dager, men også her var det forholdsvis lave verdier. Dette kan ha noe med de forskjellige metodene som benyttes for bløgging å gjøre. Ved manuell bløgging spruter det mer blod og bløggingen skjer direkte foran arbeiderne i motsetning til lokalitet 1 der fisken bløgges maskinelt og arbeiderne blir dermed også avskjermet fra operasjonen. En annen faktor som kan spille inn er mengden fisk som går gjennom anlegget da lokalitet 2 har større kapasitet og det er flere fisk som bløgges. Bang et al. (2005) fant også at det var bløggerne som var utsatt for det høyeste nivået av endotoksiner på et lakseslakteri. Siden det ble målt levende gramnegative bakterier i denne oppgaven vil endotoksiner være en del av disse, selv om det også er mulig at det finnes høyere nivå av endotoksiner i lufta som i tillegg kommer fra døde bakterier.

Både manuell og automatisk sløyning ved lokalitet 1 hadde utslag på bakterier 3 av 4 dager. Siden de fleste av bakteriene som påvises på det valgte dyrkningsmediet er tarmbakterier er det naturlig å anta at aerosolene ved sløyning inneholder bakterier som kommer fra tarmen til fisken. Det var også en stikkprøve fra manuell sløyning ved lokalitet 1 som slo ut som positiv for *P. aeruginosa* som viser at det også er vannbakterier i lufta. *P. aeruginosa* inneholder også endotoksin i celleveggen, slik at eksponeringen for denne bakterien må betraktes som relevant i denne sammenhengen. Det høyeste nivået av bakterier ved lokalitet 2 ble funnet ved manuell sløyning

med 24 CFU/m³, hvilket underbygger antagelsen om at området er forbundet med risiko for eksponering for bakterier og dermed endotoksin.

Shiryayeva et al. (2014) sammenlignet funnene av endotoksin i fiskeindustrien med andre næringer som er eksponert for organisk støv og fant lavere nivå innen fiskeindustrien enn i blant annet jordbruk. Dette kan tyde på at endotoksiner er en mindre risikofaktor ved prosessering av sjømat.

Prøvene ble satt til inkubasjon ved anlegget umiddelbart etter at prøvene ble tatt, unntatt prøvene som ble tatt dag 4 som ble satt til inkubasjon på laboratorium i Trondheim senere samme dag. Det kan være en minimal variasjon i temperaturer mellom inkubasjonsskapene som ble brukt og det er lite sannsynlig at dette har påvirket resultatene. Ved lokalitet 1 ble det brukt forskjellige skap for inkubasjon av prøver fra foredling og slakteri, men disse var av samme type. Dette var et forholdsvis enkelt skap og det var litt vanskelig å se eksakt hva temperaturen var, men begge var stilt inn på 37 ° C. Ved lokalitet 2 ble det benyttet en annen type skap, også dette var stilt inn på 37 ° C. Siden prøvetakingen startet til litt forskjellig tid på de ulike dagene varierte også inkubasjonstiden noe mellom dagene (vedlegg C). Prøvene ble minimum inkubert i 22 timer som er innenfor 18 – 24 timer som spesifisert fra leverandør av dyrkningsmediet. Hvis agaren hadde fått stått til inkubasjon i 24 timer, er det mulig at noen av koloniene hadde kommet tydeligere frem. Likevel er det rimelig å anta at dyrkningene ble utført på omtrent like premisser for alle dagene og at selve dyrkningsmetoden derfor er pålitelig.

6.5 Dagsvariasjoner

I tillegg til forskjellene mellom lokaliteter og prøvetakingssted ble det også funnet store variasjoner mellom dagene ved samme prøvetakingssted (vedlegg A). Alle prøvene ble tatt i samme rekkefølge hver dag. Likevel ble det noe variasjon i tidspunktet prøvene ble tatt fordi det ikke var mulig å starte nøyaktig til samme tid hver dag. Dag 1 ved lokalitet 1 var den dagen som skilte seg mest ut og som hadde signifikant høyere nivå på flere målinger. På dag 1 viste målingene signifikant høyere verdier enn på dag 2 og 3 for massekonsentrasjoner av partikler (DustTrak™, Vedlegg A tabell A.1), mens for målinger med AeroTrak™ (0.3 µm partikler) var det signifikant høyere verdier enn alle de andre dagene (Vedlegg A, tabell A.5 og A.6). Det var særlig ved foredlingen ved lokalitet 1, dag 1 hvor det var svært høye nivåer av partikler i forhold til de andre dagene. En mulig forklaring kan være at prøvene ble tatt noe senere på dagen (start kl. 10:30 mot kl. 9:30 dag 2 og 3) og at det derfor kan bygge seg opp aerosoler i løpet av dagen. Siden det på

dag 4 ble startet prøvetaking kl. 7:45 og det på dette tidspunktet ble påvist høyere verdier enn dag 2 og 3, er det trolig at det heller er andre faktorer som påvirket resultatene. Det ble påpekt av kvalitetsansvarlig at denne dagen var noe spesiell uten at dette ble utdypet nærmere. Det var denne dagen det ble forbrukt mest råstoff, og i perioden da målinger ble gjort ble det håndtert laks på 3 - 4 kg.

På foredlingen var det en del variasjon i produksjonen mellom dagene. Det var derfor ikke mulig å gjennomføre prøvene på eksakt samme sted hver dag. Det ble i disse tilfellene tilstrebet å gjennomføre målingene på de samme arbeidsoperasjonene, slik at dette var likt. Dette kan ha bidratt til noe av variasjonen mellom dagene. Ved slakteri var det mindre variasjon i produksjonen, men det var noe variasjon i hvor mye fisk som strømmet gjennom anlegget og også størrelse på fisken. Den største variasjonen på slakteriet var i forhold til automatiske sløyelinjer, hvor arbeidere noen ganger ble satt til å rense fisken manuelt.

Disse variasjonene mellom dagene har blant annet gjort at standardavviket er høyt for en del målinger. Det er interessant å se på maksimale verdier da dette viser hvordan situasjonen kan være i «worst case» - tilfeller. «Worst case» vil si at man eksponeres for høyere nivåer enn det som er gjennomsnittlig for en normal arbeidsdag og som kan vurderes opp mot grenseverdi når denne finnes. Siden det ikke er noen grenseverdi, vil maksverdiene kun gi en indikasjon på hvor høy eksponeringen faktisk kan være på enkelte tidspunkt og dager.

For bakterier var det også store variasjoner mellom dagene, og de høyeste nivåene kan på samme måte sees på som «worst case» målinger.

6.6 Risikovurdering

Risikovurderingen som har blitt gjennomført i dette kapitlet, baserer seg på en helhetlig vurdering av lovverket, litteraturstudiet og datamålingene gjort i denne studien. For å vurdere hvilke arbeidsoperasjoner som bør bli risikovurdert, var det de arbeidsoperasjonene hvor det ble målt høyest verdier som ble i første omgang valgt ut.

Risikovurderingen av disse arbeidsoperasjonene er basert på grunnlaget til figur 2.4. Hvis man ser til ILOs verktøy for kjemisk kontroll, er det to mulige helsekategorier som passer for eksponeringen i denne studien. Siden denne type arbeid som er undersøkt her, kan forårsake irritasjon av luftveiene (Dahlman-Höglund et al., 2012), som samsvarer med H-setningen H335,

vil det etter ILOs verktøy havne i helsefarekategori 2. Det er også kartlagt astma og allergifremkalling ved slakteri og foredling (Jeebhay et al., 2001). Dette tilsvarer H334, som er plassert i helsefarekategori 4. Man kan derfor argumentere for at man bør plassere arbeidsoperasjonene i helsefarekategori 4, men det ble her valgt å sette alle arbeidsoperasjonene til helsefarekategorien 2. Hovedgrunnen for dette, er fordi det ikke er kartlagt hvilke agens arbeiderne blir utsatt for, bare i hvilken grad. Det antas at det er biologiske materialer, siden det er fisk som behandles, og derfor havner denne undersøkelsen litt på siden av hva verktøyet for kjemisk kontroll er tiltenkt. Resultatet av risikovurdering av de utvalgte arbeidsoperasjonene er vist i figur 6.1.

For å sammenlikne opp mot lovverket, ble grenseverdien for respirabelt og organisk støv benyttet. I henhold til arbeidstilsynet nr. 450, skal det ved detaljerte undersøkelser vurderes om det skal legges inn tiltak hvis måledataene er over $\frac{1}{4}$ av grenseverdien. Hvis det i en forundersøkelse med stikkprøver antas at det er representativ prøve, skal de bli vurdert mot $\frac{1}{10}$ av disse grenseverdiene. For gjennomsnittsmålingene gjort med DustTrak™ er det to målepunkter som overskrider denne grensen. Dette er *etter porsjonskutter* ved lokalitet 1, og *bløgging* ved lokalitet 2. Med grunnlag i dette ble begge disse arbeidsoperasjonene risikovurdert. *Bløgging* er også det målepunktet som er gjennomgående signifikant høyere enn de andre målepunktene. Siden målerverdiene gjort her er nesten $\frac{1}{10}$ av grenseverdien for organisk støv ved lokalitet 2 ($0,925 \text{ mg/m}^3$), og det ble målt store mengder av partikler i størrelsesorden 0.3, 1.0 og $5.0 \mu\text{m}$ ved begge lokalitetene, ble den helhetlige risikovurderingen ved denne arbeidsoperasjonen vurdert som høy.

Ved *etter porsjonskutter* ble det målt gjennomsnittlig $0,504 \text{ mg/m}^3$. Dette er nesten under $\frac{1}{10}$ av grenseverdien for respirabelt og organisk støv, men målerverdiene var svært varierende og maksimalverdien som ble målt, var $1,55 \text{ mg/m}^3$. *Etter porsjonskutter* var det målepunktet hvor det ble målt høyest gjennomsnittsverdi ved lokalitet 1 av fine og ultrafine/nano partikler (0.02 til $1 \mu\text{m}$) per kubikkcentimeter (cm^3) ($31,69 \times 10^3$ partikler/ cm^3) og høyest målt maksverdi av partikler i størrelsesorden $0.3 \mu\text{m}$ (620.74×10^6 partikler/ m^3). På bakgrunn av dette, ble eksponeringen ved *etter porsjonskutter* vurdert å være høy.

For å se om det var noen andre målepunkter som skilte seg ut, ble gjennomsnittsverdiene for de andre instrumentene studert. For målinger utført med AeroTrak™ skiller *fileteringsmaskinen* seg

ut. Dette målepunktet skilte seg signifikant ut fra andre målepunkt på lokalitet 2. I tidligere forskning skiller også *fileteringsmaskinen* seg ut, ved denne arbeidsoperasjonen har blitt målt vesentlig eksponering. Dahlman-Höglund et al. (2012) fant at eksponeringen var størst ved fileteringsmaskinen, og påpekte videre at det var signifikant forskjell mellom målt eksponering fra en gammel og en ny fileteringsmaskin (Dahlman-Höglund et al. (2013)). På bakgrunn av dette, er det interessant å vurdere hvordan resultatene i denne studien kan vurderes i en risikomatrix. Siden målt massekonsentrasjon av partiklene (mg/m^3) ved denne arbeidsoperasjonen er ganske gjennomsnittlig, sammenliknet med de andre målepunktene, men i partikkelstørrelse 0.3, 1.0 og 5.0 μm hadde blant de høyeste verdiene og høyere enn *bløgging* på 5.0 μm , ble eksponeringen fra *fileteringsmaskinen* vurdert til å ligge på moderat.

Helsefare-kategori 5					
Helsefare-kategori 4					
Helsefare-kategori 3					
Helsefare-kategori 2			<i>Fileterings-maskinen</i>	<i>Bløgging Etter porsjonskutter</i>	
Helsefare-kategori 1					
	Ekspone- ring ubetydelig (1)	Ekspone- ring lav (2)	Ekspone- ring moderat (3)	Ekspone- ring høy (4)	Ekspone- ring meget høy (5)

Figur 6.1: Risikomatrix med risikovurdering av målepunktene *fileteringsmaskinen*, *bløgging* og *porsjonskutter*.

6.6.1 Anbefalte tiltak

Fra risikovurderingen ble de valgte arbeidsoperasjonen plassert i gult risikoområde. For å vurdere hvilke tiltak som bør innføres er det mye en arbeidsplass kan gjøre for å motvirke eksponering i arbeidslokalene. Hvis man ser til tiltakshierarkiet, nevnes tolv forskjellige tilnærminger. Det er noen av disse tiltakene som bedriftene har innført for, å øke produktiviteten, men også for å holde eksponeringen nede. På bakgrunn av dette, anbefales det å øke ventilasjon i nærheten av disse arbeidsoperasjonene. Videre ble det observert at *fileteringsmaskinen* på lokalitet 2 ikke var

innesluttet. Derfor anbefales det å inneslutte maskinen for å minke eksponeringen fra denne operasjonen.

Bløggingen for de to lokalitetene blir gjennomført på to forskjellige måter. For lokalitet 1 er bløggingen i et eget lukket området og gjennomføres maskinell. Dette gir mindre spredning av blod i området og det er signifikant lavere verdier av partikler i størrelsesfraksjonene 0.3 µm og 5.0 µm. Derfor anbefales det å øke ventilasjonen. Dette vil sørge for mindre eksponering i lokalet og at de små partiklene vil kunne fjernes fra arbeidsatmosfæren mer effektivt.

For lokalitet 2, hvor bløggingen gjennomføres manuelt, viser målingene at det er større forekomst av partikler i området. Bløgging er det området hvor det ble målt de høyeste verdiene av partikler i størrelsen 0.3 µm og 1.0 µm og konsentrasjoner av partikler i størrelsen <10 µm. Den store forekomsten av respirable partikler viser at det er viktig å legge inn tiltak her. Bedriften bør vurdere å legge om til maskinell bløgging, men økt ventilasjon på lik linje med lokalitet 1 må gjennomføres. Fra tiltakshierarkiet er inneslutning av kilden ett av tiltakene man bør gjennomføre. Det kan være en fordel for bedriften å sette opp en helhetlig vegg rundt operasjonen, slik at partiklene ikke svever til andre deler av prosessen.

Det ble gjennomført en risikoevaluering av arbeidsoperasjonene, hvor tiltakene som er diskutert over blir evaluert gjennomført. Resultatene fra dette er vist i tabell 6.1.

Tabell 6.1: Risikoanalyse og –evakuering av målepunktene *fileteringsmaskinen, bløgging og porsjonskutter*.

Risikoanalyse				Risikoevaluering			
Aktivitet	Helsefare-kategori	Eksponering	Risiko	Tiltak	Helsefare-kategori	Eksponering	Risiko
Bløgging	2	4		Automatisering	2	3	
Etter porsjonskutter	2	4		Forbedre ventilasjon i lokalet og ekstra avtrekk ved maskinen	2	2	
Fileteringsmaskinen	2	3		Inneslutning	2	2	

En helhetlig risikoanalyse med risikoevaluering for de homogene gruppene, samt *pakking etter vakuumering*, ble gjennomført. Vurderingene for risikoanalysen ble gjort på samme måte som for *bløgging, etter porsjonskutter og fileteringsmaskinen*. Resultatene av dette er presentert i tabell 6.2.

Siden det ved *etter porsjonskutter* ble funnet høyere verdier enn for resterende av målepunkter i den homogene gruppen *behandling av filet*, ble det valgt å se vekk fra disse verdiene ved vurdering av denne gruppen. Med bakgrunn i dette ble eksponeringen for denne gruppen vurdert til å være 3. Tiltakene som er foreslått, er basert på tiltakshierarkiet. For gruppen *pakking etter vakuumering* anbefales det å automatisere pakkingen med en innkapsling av området. Målingene viser at det er mye ultrafine partikler i området, som må reduseres. I området rundt pakking etter vakuumeringen ble det ikke observert kjente aktivitet som produserer UFP (truckkjøring, røyking eller smelting av plast), og som dermed ikke kunne vært grunnlaget for måleresultatene. Hovedaktiviteten var å pakke vakuumpakket fisk i pappesker. Derfor kan det antas at pappeskene kan være grunnlaget for de målte verdiene.

Det har blitt vurdert at det kan være pappkassene som er kilden til eksponeringen, så en annen løsning bedriften kan se på er å bytte ut pappkassene. Ved utskiftning av pappkassene er det fare for at man vil utsette arbeiderne for en ny type fare, og det er derfor viktig at man evaluerer hvilke agens som kan emittere fra nye kasser.

For gruppen *behandling av slakt* har det blitt anbefalt å redusere bruken av vannslanger. Det ble observert hyppig bruk av vannslanger for å spyle av seg og for å spyle gulvet for innvoller. Vannbruket vil dessuten være med å spyle opp de sekundære kildene for bioaerosoler, derfor er det viktig at dette reduseres.

Tabell 6.2: Risikoanalyse og –evaluering av de homogene gruppene og pakking etter vakuumering.

Risikoanalyse							Risikoevaluering						
Aktivitet	Helsefare-kategori		Eksposering		Risiko		Tiltak	Helsefare-kategori		Eksposering		Risiko	
	1	2	1	2	1	2		1	2	1	2	1	2
Lager	2	2	1	1			Ingen tiltak nødvendig	2	2	1	1		
Behandling av filet	2	2	3	2			For lokalitet 1: forbedre ventilasjon	2	2	2	2		
Pakking etter vakuumering	2	2	2	3			For lokalitet 2: Automatisere pakkingen med innkapsling av området	2	2	2	2		
Filet og hodekapp	2	2	2	3			For lokalitet 2: Innkapsling av maskin og øk ventilasjon	2	2	2	2		
Behandling av slakt	2	2	3	2			For lokalitet 1: Reduser bruk av vannslange	2	2	2	2		

7 Konklusjon

I denne masteroppgaven ble eksponering av bioaerosoler undersøkt ved to prosesseringsanlegg for laks. Direktevisende instrumenter ble benyttet for å måle massekonsentrasjonen av partikler og antall partikler i størrelsesfraksjonene 0.02 – 1 µm, 0.3, 1.0 og 5.0 µm. Gramnegative bakterier ble målt som indikator på tilstedeværelse av endotoksiner.

Arbeidsoperasjonen *bløgging* hadde høyest eksponering av massekonsentrasjon av partikler (mg/m³), og partikler i størrelsesfraksjonene 0.3, 1.0 og 5.0 µm. Ved *fileteringsmaskinen* på lokalitet 2 ble det også funnet relativt høy eksponering av partikler i størrelsesfraksjonene 0.3, 1.0 og 5.0 µm. For partikkelfraksjonen 0.02 – 1 µm var eksponeringen høyest ved *pakking etter vakuumering* og *etter porsjonskutter*.

Det ble også funnet store forskjeller mellom lokalitetene, hvor selve anleggene kan ha hatt innvirkning på eksponeringen. Det ble funnet at lokalitet 2 hadde høyest grad av eksponering, utenom ved *behandling av filet* og da særlig *etter porsjonskutter*, som hadde høyere eksponering ved lokalitet 1. Det var store variasjoner mellom dagene og gir en indikasjon på hvordan «worst case» av eksponeringen kan være. Det ble funnet gramnegative bakterier ved begge lokaliteter, men det ble funnet mest ved lokalitet 1, som er en indikasjon på at det er høyere eksponering for endotoksiner ved lokalitet 1. Disse forskjellene i eksponering kan være forårsaket av kapasiteten ved anlegget og selve utformingen av anlegget der type maskineri, ventilasjon og mengde vann som blir benyttet kan påvirke eksponeringen.

Resultatene i denne studien viser eksponering for bioaerosoler ved prosessering av laks. Arbeiderene ved disse anleggene kan dermed være utsatt for luftveisplager. Ut ifra målingene blir det vurdert at det ved *bløgging*, og da særlig ved manuell bløgging som blir gjort ved lokalitet 2, samt ved *etter porsjonskutter* var høyest risiko. Det ble også vurdert relativt høy risiko ved *fileteringsmaskinen*. For å redusere risikoen for luftveissymptomer blant arbeidstakerne i disse bedriftene anbefales det å gjennomføre tiltak ved disse arbeidsoperasjonene. Ved begge anleggene anbefales det å forbedre ventilasjonen ved anleggene og særlig med avtrekk ved maskinene som er identifisert som risikoområder. Ved bløgging anbefales automatisering og avgrensning av området, og at fileteringsmaskinen blir innkapslet for å skjerme arbeidere fra partikler som frigis ved filetering.

7.1 Anbefalt videre arbeid

I denne studien ble alle arbeidsoperasjoner kartlagt, og målingene ble gjort til samme tid på dagen. Ved videre arbeid anbefales det å se nærmere på arbeidsoperasjonene med høyest eksponering og gjennomføre heldagsmålinger ved disse. Ved å ta heldagsprøver, kan man få et bedre bilde på hvordan eksponeringen ved disse arbeidsoperasjonene varierer i løpet av en hel arbeidsdag. Det vil også være en fordel å gjennomføre en spørreundersøkelse og lungefunksjonstest som kartlegger helsen til arbeidstakerne på anleggene. På denne måten kan man vurdere om det er noen sammenheng mellom eksponeringene og helsetilstanden til arbeidstakerne.

Noen av målingene i denne studien kunne gi indikasjoner på at det var en forskjell mellom automatiske og manuelle operasjoner. Dette anbefales det å se nærmere på. Ved å studere dette nærmere, kan man finne ut hvilke arbeidsoperasjoner som har minst utslipp av aerosoler og dermed også lavere eksponering for arbeiderne ved disse.

Ved noen av målingene som ble gjort, ble det også funnet stor spredning på målingene mellom dagene. Derfor anbefales det at man ser nærmere på å identifisere kildene til aerosolene.

Referanser

- AGRONOR AS. 2013a. *Settefiskanlegg* [Online]. <http://www.agronor.no/portfolio/settefiskanlegg/>: Agronor AS. [Accessed 11.10 2016].
- AGRONOR AS. 2013b. *Sjøanlegg* [Online]. <http://www.agronor.no/portfolio/sjoanlegg/>: Agronor AS. [Accessed 11.10.2016].
- ARBEIDSTILSYNET 2002. Veiledning om biologiske faktorer. www.arbeidstilsynet.no.
- BANG, H. B., AASMØE, S. L., AAMODT, T. B., AARDAL, O. L., ANDORSEN, O. G., BOLLE, O. R., BØE, O. R., VAN, O. T., EVANS, O. R., FLORVÅG, O. E., GRAM, O. I., HUSER, O. P., KRAMVIK, O. E., LØCHEN, O. M.-L., PEDERSEN, O. B. & RASMUSSEN, O. T. 2005. Exposure and Airway Effects of Seafood Industry Workers in Northern Norway. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 47, 482-492.
- BAYLIS, C., GREEN, R., PRESLAND, F. & BAALHAM, T. 2003. Evaluation of Oxoid Selective E.coli/Coliform Chromogenic Medium using Pure Cultures. *Oxoid Ltd and Camden & Chorleywood Food Research Association (CCFRA)*.
- BULLOCK, W. H. & LAIRD, L. T. 1994. A Pilot Study of the Particle Size Distribution of Dust in the Paper and Wood Products Industry. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 55, 836-840.
- BURGE, H. 1990. Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 86, 687-701.
- BØNLØKKE, J. H., THOMASSEN, M., VISKUM, S., OMLAND, Ø., BONEFELD-JØRGENSEN, E. & SIGSGAARD, T. 2004. Respiratory symptoms and ex vivo cytokine release are associated in workers processing herring. *International archives of occupational and environmental health*, 77, 136-141.
- CDC. 2011. *Gram-negative Bacteria Infections in Healthcare Settings* [Online]. Centers for Disease Control and Prevention. Available: <https://www.cdc.gov/hai/organisms/gram-negative-bacteria.html> [28.04.2017].
- CLARK, C. S., RYLANDER, R. & LARSSON, L. 1983. Levels of gram-negative bacteria, *Aspergillus fumigatus*, dust, and endotoxin at compost plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 45, 1501-1505.
- DAHLMAN-HÖGLUND, A., RENSTRÖM, A., ACEVEDO, F. & ANDERSSON, E. 2013. Exposure to Parvalbumin Allergen and Aerosols among Herring Processing Workers. *Annals of occupational hygiene*, 57, 1020-1029.
- DAHLMAN-HÖGLUND, A., RENSTRÖM, A., LARSSON, P. H., ELSAYED, S. & ANDERSSON, E. 2012. Salmon allergen exposure, occupational asthma, and respiratory symptoms among salmon processing workers. *American journal of industrial medicine*, 55, 624-630.
- DAVIES, B., HENDERSON, J., HIRST, A., LIMITED, A., LTD, B. A., BROMWICH, D., MOORE, D., LTD, D. S. P. P., LIMITED, D. A., JOSEPH, E., GATELY, G., WILCOX, G., HINES, J., DOBBIE, J., LTD, K. S. P., LIMITED, M., SLATER, M., JOHNS, P., ALESBURY, R., BAILEY, S. & GORMAN, T. 2009. Kontroll av kjemisk eksponering. *Studiehåndbok*. British Occupational Hygiene Society, .
- DIREKTORATET FOR ARBEIDSTILSYNET 1995. *Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske og biologiske forurensninger i arbeidsatmosfæren*, Arbeidstilsynet.
- DOUGLAS, J. D., MCSHARRY, C., BLAIKIE, L., MORROW, T., MILES, S. & FRANKLIN, D. 1995. Occupational asthma caused by automated salmon processing. *The Lancet*, 346, 737-740.

- DOUWES, J., THORNE, P., PEARCE, N. & HEEDERIK, D. 2003. Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Annals of Occupational Hygiene*, 47, 187-200.
- ERKO SEAFOOD. *Laksens livssyklus* [Online]. <http://erkoseafood.no/laks/>: Erko Seafood. 23.10.2016].
- EVANS, R., ANDORSEN, G. S., RASMUSSEN, T., ÅRDAL, L., BØE, R., AASMOE, L., BANG, B., KRAMVIK, E. & AAMODT, B. H. 2002. Delrapport 1: Luftveisplager og eksponering for bioaerosoler *In: BANG, B. & AASMOE, L. (eds.) Arbeidsmiljø og helse i fiskeindustrien i Nord-Norge* Arbeids- og miljømedisinsk avdeling, Universitetssykehuset Nord-Norge, Tromsø
- FIELD, A. 2013. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics : and sex and drugs and rock 'n' roll*, Los Angeles, SAGE.
- FORSKRIFT OM ORGANISERING LEDELSE OG MEDVIRKNING. 2013. *Forskrift om organisering, ledelse og medvirkning* [Online]. Arbeids- og sosialdepartementet. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1355> [Accessed 10/09 2016].
- FORSKRIFT OM TILTAKS- OG GRENSEVERDIER. 2013. *Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer* [Online]. Arbeids- og sosialdepartementet. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358> [Accessed 15/04 2017].
- FORSKRIFT OM UTFØRELSE AV ARBEID. 2013. *Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav* [Online]. Arbeids- og sosialdepartementet. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1357> [Accessed 20/03 2017].
- GORBET, M. B. & SEFTON, M. V. 2005. Endotoxin: the uninvited guest. *Biomaterials*, 26, 6811-6817.
- HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS 2010. Endotoxins. Health-based recommended occupational exposure limit. *In: THE HAGUE: HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS (ed.)* Publication no. 2010/04OSH ed.
- Settefisk teknologi 2014, vannbehandling 1*, 2014. Directed by HOLTEN, G. www.youtube.com.
- HSE. 2009. *The technical basis for COSHH essentials: Easy steps to control chemicals* [Online]. Health and Safety Executive. Available: <http://www.coshh-essentials.org.uk/assets/live/CETB.pdf> [Accessed 08/06 2017].
- HWANG, S. H., PARK, D. U., JOO, S. I., PARK, H. H. & YOON, C. S. 2011. Comparison of endotoxin levels and Gram-negative bacteria under different conditions in microbial laboratories and a biowaste site. *Chemosphere*, 85, 135-139.
- ILO u.å. International Chemical Control Toolkit - Draft Guidelines. *International Labour office*.
- JEEBHAY, M., ROBINS, T., LEHRER, S. & LOPATA, A. 2001. Occupational seafood allergy: a review. *Occupational and environmental medicine*, 58, 553-562.
- JEEBHAY, M. F. & LOPATA, A. L. 2012. Occupational Allergies in Seafood-Processing Workers-Chapter 2. *Advances in Food and Nutrition Research*, 66, 47-73.
- JOHANNESSEN, A. 2009. *Introduksjon til SPSS : versjon 17*, Oslo, Abstrakt forl.
- LAITINEN, S., NEVALAINEN, A., KOTIMAA, M., LIESIVUORI, J. & MARTIKAINEN, P. J. 1992. Relationship between bacterial counts and endotoxin concentrations in the air of wastewater treatment plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 58, 3774.

- LIEBERS, V., BRÜNING, T. & RAULF-HEIMSOTH, M. 2006. Occupational endotoxin-exposure and possible health effects on humans (review). *American journal of industrial medicine*, 49, 474-491.
- LIEBERS, V., RAULF-HEIMSOTH, M. & BRÜNING, T. 2008. Health effects due to endotoxin inhalation (review). *Archives of toxicology*, 82, 203-210.
- LOPATA, A. L. & JEEBHAY, M. F. 2013. Airborne seafood allergens as a cause of occupational allergy and asthma. *Current allergy and asthma reports*, 13, 288-297.
- LÖNDAHL, J. 2014. Chapter 3 Physical and Biological Properties of Bioaerosols. In: JONSSON, P., OLOFSSON, G. & TJÄRNHAGE, T. (eds.) *Bioaerosol detection technologies*. Springer.
- MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., STAHL, D. A., CLARK, D. P. & BROCK, T. D. 2012. *Brock biology of microorganisms*, Boston, Mass, Pearson.
- MOREAU, D. T. R. & NEIS, B. 2009. Occupational health and safety hazards in Atlantic Canadian aquaculture: Laying the groundwork for prevention. *Marine Policy*, 33, 401-411.
- NESFOSSEN SMOLT. 2012. *Laksens livssyklus - fra rogn til matfisk* [Online]. <http://www.nesfossen.no/?PageID=143&ItemID=87>. [Accessed 23.10.2016].
- NIAID. 2016. *Gram-negative Bacteria* [Online]. National Institute of Allergy and Infectious Diseases,. Available: <https://www.niaid.nih.gov/research/gram-negative-bacteria> 24.04.2017].
- OPEDAL, R. 2015. Flytskjema produksjon settefisk, Settefisk. SalMar.
- OXOID 2011. Product Information/Spesification Brilliance™ E.coli/Coliform Selective.
- OXOID. 2017. *Dehydrated Culture Media PSEUDOMONAS CETRIMIDE AGAR* [Online]. Thermo Fisher Scientific Inc. Available: http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM0579&c=UK&lang=EN 27.04.2017].
- SHERSON, D., HANSEN, I. & SIGSGAARD, T. 1989. Occupationally related respiratory symptoms in trout-processing workers. *Allergy*, 44, 336-341.
- SHIRYAEVA, O., AASMOE, L., STRAUME, B. & BANG, B. E. 2010. Respiratory impairment in Norwegian salmon industry workers: a cross-sectional study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52, 1167-1172.
- SHIRYAEVA, O., AASMOE, L., STRAUME, B., OLSEN, A. H., ØVRUM, A., KRAMVIK, E., LARSEN, M., RENSTRØM, A., MERRITT, A. S. & HELDAL, K. K. 2014. Respiratory effects of bioaerosols: Exposure-response study among salmon-processing workers. *American journal of industrial medicine*, 57, 276-285.
- SPAAN, S., WOUTERS, I. M., OOSTING, I., DOEKES, G. & HEEDERIK, D. 2006. Exposure to inhalable dust and endotoxins in agricultural industries. *Journal of Environmental Monitoring*, 8, 63-72.
- SSB. 2016. *Akvakultur, 2015, endelige tall* [Online]. Available: <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett> [Accessed 10.12.2016].
- STANDARD NORGE 1993. Arbeidsplassluft Definisjoner av partikkelstørrelse for måling av luftbårne partikler. *NS-EN 481: 1993*.
- STANDARD NORGE 2000. Arbeidsplassluft Veiledning for måling av luftbårne mikroorganismer og endotoksiner. *NS-EN 13098:2000*.

- STANDARD NORGE 2013. Arbeidsplassluft Bestemmelse av luftbårne endotoksiner. *NS-EN ISO 14031:2013*.
- STONE, V. & DONALDSON, K. 1998. Small particles—big problem. *The aerosol society newsletter*, 33, 12-14.
- THERMO FISHER SCIENTIFIC 2012. Air Sampler instruction manual. Oxoid Ltd.
- THOMASSEN, M. R., KAMATH, S. D., LOPATA, A. L., MADSEN, A. M., EDUARD, W., BANG, B. E. & AASMØE, L. 2016. Occupational Exposure to Bioaerosols in Norwegian Crab Processing Plants. *Annals of Occupational Hygiene*, mew030.
- THORN, J. 2001. The inflammatory response in humans after inhalation of bacterial endotoxin: a review. *Inflammation Research*, 50, 254-261.
- TOFA. 2016. *Stryking og klekking* [Online]. <http://www.tofa.no/sider/tekst.asp?side=270>: Trondheim og omland fiskeadministrasjon (TOFA). [Accessed 18.10.2016].
- TSI INC. 2012a. *DustTrak(TM) II Aerosol Monitor - Theory of operation* [Online]. www.tsi.com: TSI Incorporated,. Available: http://www.tsi.com/uploadedFiles/Site_Root/Products/Literature/Application_Notes/EXPMN-001_DustTrakII_Theory_of_Operation.pdf [Accessed 18/04 2017].
- TSI INC. 2012b. *Getting data you need with particle measurements* [Online]. www.tsi.com: TSI Incorporated,. Available: http://www.tsi.com/uploadedFiles/Site_Root/Products/Literature/Application_Notes/PD-001-appnote.pdf [Accessed 19/05 2017].
- TSI INC. 2013a. *AeroTrak® Handheld particle counter model 9303* [Online]. www.tsi.com: TSI Incorporated,. Available: http://www.tsi.com/uploadedFiles/Site_Root/Products/Literature/Spec_Sheets/AeroTrak%20Handheld%209303_5001202_Web.pdf [Accessed 19/05 2017].
- TSI INC. 2013b. *Choosing an optical particle counter* [Online]. www.tsi.com: TSI Incorporated,. Available: http://www.tsi.com/uploadedFiles/Site_Root/Products/Literature/Application_Notes/ITI-095-RevA-A4-Choosing-an-Optical-Particle-Counter.pdf [Accessed 19/04 2017].
- TSI INC. 2014. *DustTrak(TM) II Aerosol Monitor - Model 8530/8531/8532/8530EP. Operation and service manual*. www.tsi.com: TSI Incorporated,.
- TSI INC. u.å. *Particle Size Range for TSI Exposure Monitoring Instruments* [Online]. www.tsi.no: TSI Incorporated,. Available: http://www.tsi.com/uploadedFiles/Site_Root/Products/Literature/Technical_Notes/Particle_Size_Exp_Monitoring.pdf [Accessed 25/05 2017].
- TØNJUM, T. 2014. *Gramfarging* [Online]. Store medisinske leksikon: www.snl.no. Available: <https://sml.snl.no/gramfarging> [Accessed 08.03 2017].

Vedlegg A: Dagsmålinger

Tabell A.1: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 1 med DustTrak™ (mg/m³).

	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4
Råstofflager	0.038	0.006	0.005	-
Pakking av avkapp	0.060	0.008	0.025	0.115
Pakking etter vakuumering	0.840	0.073	0.088	0.229
Pakking av porsjoner	1.27	0.104	0.150	0.231
Etter porsjonskutter	1.51	0.106	0.160	0.241
Før porsjonskutter	0.638	0.054	0.105	0.198
Sortering etter scinning	0.540	0.049	0.071	0.178
Beinnappere	0.427	0.078	0.089	0.19
Trimmer/manuell reinskjæring	0.419	0.098	0.127	0.218
Fileteringsmaskin	0.354	0.11	0.136	0.246
Hodekapp	0.263	0.352	0.138	0.208
Div	0.154	0.118	0.153	-
Bløgging	0.218	0.479	0.419	0.420
Manuell sløyebord	0.073	0.034	0.199	0.266
Automatisk sløyelinje	0.183	0.096	0.281	0.374
Kvalitetskontroll	0.141	0.065	0.248	0.299
Pakking i kasser	0.054	0.039	0.237	0.235
Pakking hel fisk	0.111	0.045	0.222	0.282
Kjølelageret	0.014	0.022	0.178	-

Tabell A.2: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 2 med DustTrak™ (mg/m³).

	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4
Pakking etter vakuumering	0.219	0.204	0.181	0.179
Pakking av porsjoner	0.169	0.171	0.190	0.169
Pakking av porsjoner manuell	-	0.173	-	-
Etter porsjonskutter	0.204	0.181	0.237	0.178
Før porsjonskutter	0.206	0.19	0.181	0.186
Rundbord	0.201	0.19	0.185	-
Beinnappere	0.325	0.217	0.196	0.183
Trimming etter scinning	0.23	0.185	0.199	0.190
Trimmere /manuell reinskjæring	-	0.236	0.201	0.190
Filetering av fersk fisk	0.315	0.19	0.200	0.191
Ekstra	-	0.171	0.166	-
Fileteringsmaskin	0.236	0.208	0.268	0.344
Hodekapping	0.266	0.207	0.221	0.22
Manuell hodekapping	0.254	0.204	0.209	0.213
Pakking av hode og ryggbein (gulv)	0.249	-	-	-
Bløgging	1.26	0.986	0.783	0.669
Sortering /Kvalitetskontroll	0.341	0.237	0.231	0.227
Manuell sløying	0.260	0.207	0.209	0.212
Pakking hel fisk	0.242	0.222	0.211	0.427
Manuell sortering/pakking i kasser	0.241	-	-	-
Råstofflager	0.199	0.287	0.198	0.532
Pakkelager robot	0.175	0.185	0.174	-

Tabell A.3: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 1 med P-TRAK™, (1 000 partikler/cm³).

	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4
Råstofflager	11.34	29.12	2.32	-
Pakking av avkapp	18.99	29.28	41.13	29.22
Pakking etter vakuumering	35.09	14.39	15.09	21.91
Pakking av porsjoner	51.44	16.63	21.28	23.01
Etter porsjonskutter	67.37	15.04	22.82	21.54
Før porsjonskutter	45.53	11.70	20.69	18.09
Sortering etter scinning	30.12	10.48	18.85	15.09
Beinnappere	26.17	10.81	21.00	14.17
Trimmer/manuell reinskjæring	20.62	11.41	25.40	15.08
Fileteringsmaskin	19.96	13.16	38.71	15.82
Hodekapp	16.98	26.09	47.87	14.34
Div	12.03	14.63	55.41	-
Bløgging	6.88	9.07	8.38	6.00
Manuell sløyebord	10.61	4.90	11.61	15.12
Automatisk sløyelinje	9.77	9.80	14.24	8.77
Kvalitetskontroll	13.64	14.35	14.41	11.37
Pakking i kasser	30.29	7.30	4.27	22.43
Pakking hel fisk	29.41	22.11	15.01	22.21
Kjølelageret	4.42	0.44	0.38	-

Tabell A.4: Målte gjennomsnittsverdier ved lokalitet 2 med P-TRAK™ (1 000 partikler/cm³)

	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4
Pakking etter vakuumering	51.23	45.58	64.91	69.31
Pakking av porsjoner	20.59	22.04	38.87	32.20
Pakking av porsjoner manuell	-	23.33	-	-
Etter porsjonskutter	21.86	27.32	35.59	14.76
Før porsjonskutter	26.06	27.79	34.79	12.15
Rundbord	36.03	34.04	49.18	-
Beinnappere	14.19	11.98	19.54	8.02
Trimming etter scinning	21.57	16.84	21.10	10.91
Trimmere /manuell reinskjæring	-	10.44	14.81	8.22
Filetering av fersk fisk	15.50	14.76	15.73	7.98
Ekstra	-	30.49	1.19	-
Fileteringsmaskin	6.79	15.68	6.29	6.70
Hodekapping	5.13	8.41	4.01	3.72
Manuell hodekapping	4.73	6.65	4.84	3.51
Pakking av hode og ryggbein (gulv)	6.29	-	-	-
Bløgging	20.23	18.22	14.14	11.23
Sortering /Kvalitetskontroll	4.71	4.39	4.86	2.65
Manuell sløying	4.18	11.37	10.93	3.20
Pakking hel fisk	27.61	39.05	36.43	21.37
Manuell sortering/pakking i kasser	27.57	-	-	-
Råstofflager	22.56	35.44	18.96	18.57
Pakkelager robot	16.49	29.96	19.71	-

Tabell A.5: Målinger med AeroTrak™ ved lokalitet 1 (1 x10⁶ partikler/m³).

	Dag 1			Dag 2			Dag 3			Dag 4		
	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm
Råstofflager	49.41	2.52	0.29	7.19	0.45	0.02	16.74	1.73	0.03	-	-	-
Pakking av avkapp	101.23	3.19	0.05	8.29	0.36	0.01	37.78	2.54	0.02	9.80	0.73	0.01
Pakking etter vakuumering	507.66	50.17	0.28	58.65	11.78	0.30	104.61	12.07	0.30	91.68	20.05	0.39
Pakking av porsjoner	590.72	69.06	0.39	105.95	21.35	0.27	153.05	23.00	0.47	102.15	20.52	0.34
Etter porsjonskutter	620.74	78.06	0.46	88.37	16.44	0.25	144.45	21.32	0.43	112.20	23.42	0.37
Før porsjonskutter	502.12	44.65	0.33	54.12	9.48	0.19	125.99	18.30	0.34	96.14	20.39	0.38
Sortering etter scinning	452.08	36.02	0.33	42.59	6.92	0.13	74.38	10.14	0.24	64.67	13.23	0.30
Beinnappere	398.62	30.37	0.37	50.19	9.43	0.18	107.77	19.08	0.48	85.51	19.55	0.53
Trimmer/manuell reinskjæring	360.85	29.46	0.37	78.89	15.64	0.24	107.56	18.37	0.32	91.34	18.80	0.33
Fileteringsmaskin	331.41	30.21	0.51	94.61	20.99	0.40	114.16	21.07	0.55	120.12	26.82	0.57
Hodekapp	289.71	27.91	0.43	246.83	33.24	0.73	112.16	19.72	0.49	96.61	20.08	0.48
Div	157.41	17.63	2.93	153.58	14.28	0.25	115.73	21.91	0.53	-	-	-
Bløgging	253.68	49.54	1.56	345.91	76.53	1.56	309.10	61.63	1.21	257.85	52.56	1.09
Manuell sløyebord	108.17	18.89	0.78	37.14	7.47	0.12	38.77	5.98	0.13	96.56	14.67	0.16
Automatisk sløyelinje	176.02	35.82	0.75	103.15	20.60	0.32	111.96	21.31	0.42	181.49	37.50	0.62
Kvalitetskontroll	151.90	27.41	0.29	78.55	14.44	0.32	74.11	13.50	0.40	152.73	27.82	0.35
Pakking i kasser	60.50	8.95	0.17	41.82	7.83	0.13	30.46	6.08	0.17	64.17	8.66	0.13
Pakking hel fisk	112.66	18.21	0.26	49.58	7.47	0.10	32.02	4.80	0.07	119.41	18.10	0.21
Kjølelageret	17.99	1.75	0.31	25.52	4.34	0.07	17.99	3.13	0.38	-	-	-

Tabell A.6: Målinger med AeroTrak™ ved lokalitet 2 (1 x10⁶ partikler/m³).

	Dag 1			Dag 2			Dag 3			Dag 4		
	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm	0.3 µm	1.0 µm	5.0 µm
Pakking etter vakuumering	108.4	9.0	0.04	74.7	4.7	0.02	39.0	2.2	0.03	35.4	2.5	0.01
Pakking av porsjoner	63.2	2.9	0.02	36.2	1.5	0.01	39.9	3.7	0.07	23.4	1.4	0.01
Pakking av porsjoner	-	-	-	39.4	1.9	0.03	-	-	-	-	-	-
Etter porsjonskutter	85.5	5.3	0.05	55.5	9.3	0.63	64.0	16.1	0.77	28.1	3.1	0.08
Før porsjonskutter	112.0	7.8	0.06	60.7	4.2	0.08	29.0	2.5	0.04	32.3	3.8	0.07
Rundbord	91.6	5.9	0.06	61.7	5.7	0.10	35.5	2.2	0.03	-	-	-
Beinnappere	148.4	12.6	0.08	81.6	4.7	0.08	38.6	4.4	0.08	38.9	5.0	0.09
Trimming etter scinning	116.9	8.3	0.06	50.6	2.9	0.05	32.6	3.5	0.07	34.5	4.1	0.07
Trimmere /manuell reinskjæring	-	-	-	120.8	6.1	0.08	41.9	4.6	0.08	41.0	5.6	0.10
Filetering av fersk fisk	198.5	20.3	0.14	63.9	4.4	0.09	35.8	4.5	0.08	33.8	4.9	0.10
Ekstra	-	-	-	34.0	1.8	0.02	9.8	0.3	0.01	-	-	-
Fileteringsmaskin	237.4	52.2	2.27	162.2	48.7	5.45	209.5	101.5	25.62	177.7	54.8	5.07
Hodekapping	164.5	19.6	0.39	81.3	8.1	0.21	67.2	9.6	0.34	76.0	10.6	0.28
Manuell hodekapping	160.5	18.2	0.48	82.5	6.9	0.12	68.8	10.7	0.46	72.6	8.2	0.18
Pakking av hode og ryggbein (gulv)	138.2	11.2	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bløgging	561.0	155.3	7.91	485.4	108.3	4.10	390.5	85.9	6.07	372.2	62.7	2.32
Kvalitetskontroll	210.6	20.9	0.23	119.4	11.5	0.24	92.6	9.4	0.13	92.1	8.8	0.13
Manuell sløyng	153.9	12.7	0.17	89.7	6.9	0.10	65.3	5.8	0.08	69.3	6.0	0.09
Pakking hel fisk	140.6	9.4	0.03	119.1	8.0	0.02	82.2	6.8	0.03	145.2	24.7	4.01
Manuell sortering/pakking i kasser	142.0	9.92	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Råstofflager	72.66	6.89	0.19	97.59	42.55	10.01	62.14	5.44	0.31	139.2	81.0	29.70
Pakkelager robot	-	-	-	57.44	2.82	0.03	17.61	1.06	0.00	-	-	-

Vedlegg B: Resultatene fra Air Sampler

Tabell B.1: Antall kolonier per målested ved lokalitet 1 etter korreksjon (CFU/m³)

	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4
Råstofflager	1	1	0	-
Pakking av avkapp	1	0	1	2
Pakking etter vakuumering	1	1	1	9
Pakking av porsjoner	0	1	7	1
Etter porsjonskutter	0	1	0	0
Før porsjonskutter	1	0	3	4
Sortering etter scinning	4	1	0	3
Beinnappere	0	0	1	0
Trimmer/manuell reinskjæring	0	3	0	1
Fileteringsmaskin	6	10	8	0
Hodekapp	1	36	0	0
Div	0	51 ¹	1 ²	-
<i>Satt til inkubasjon</i>	13:20	11:40	11:30	15:00
<i>Tatt ut av inkubasjon</i>	11:40	11:30	10:00	14:30
Bløgging	1	1	0	0
Manuell sløyebord	0	2	5	6
Automatisk sløyelinje	2	2	6	0
Kvalitetskontroll	1	1	0	2
Pakking i kasser	0	4	20	9
Pakking hel fisk	0	1	1	2
Kjølelager	-	0	0	-
<i>Satt til inkubasjon</i>	16:00	14:20	14:30	15:00
<i>Tatt ut av inkubasjon</i>	14:20	14:30	12:25	14:30

¹ Dampvaskemaskin

² Pakking buklist

Tabell B.2: Antall kolonier per målestед ved lokalitet 2 etter korreksjon (CFU/m³)

	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4
Pakking etter vakuumering	2	0	0	2
Pakking av porsjoner	0	0	0	0
Pakking av porsjoner manuell	-	1	-	-
Porsjonskutter etter	0	0	0	0
Porsjonskutter før	0	0	0	0
Rundbord	0	0	0	-
Beinnappere	0	0	0	0
Trimmere etter scinning	0	0	0	0
Trimmer/manuell reinskjæring	-	0	0	0
Filetering av fersk fisk	0	0	0	1 ³
Ekstra	-	0 ⁴	0 ⁵	-
Fileteringsmaskin	0	0	3	4
Hodekapping	0	1	0	1
Manuell hodekapping	0	0	0	0
Pakking av hode og ryggbein (gulv)	0	-	-	-
Bløgging	4	0	1	1
Kvalitetskontroll	0	2	0	0
Manuell sløyting	24	0	0	1
Pakking hel fisk	1	0	1	0
Manuell sortering/pakking i kasser	0	-	-	-
Råstofflager	0	0	0	0
Pakkelager robot	0	-	-	-
<i>Satt til inkubasjon</i>	16:10	14:40	14:00	16:00
<i>Tatt ut av inkubasjon</i>	14:40	14:00	13:00	14:30

³ E.coli

⁴ Skraping av bånd frossen fisk

⁵ Kontor

Vedlegg C: Gjennomsnittsverdier for hvert måleinstrument

Tabell C.1: Målingene gjort med DustTrak™ ved lokalitet 1 (mg/m³) her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Pakking av avkapp	4	0.052	0.047	0.034	0.007	0.117
Pakking i kasser	4	0.141	0.110	0.104	0.038	0.243
Pakking etter vakuumering	4	0.308	0.362	0.187	0.070	0.898
Manuell pakking av porsjoner	4	0.439	0.557	0.260	0.104	1.290
Sortering etter porsjonskutter	4	0.504	0.673	0.280	0.103	1.550
Før porsjonskutter	4	0.249	0.266	0.164	0.050	0.746
Sortering etter scinning	4	0.210	0.227	0.135	0.048	0.630
Beinnappere	4	0.196	0.162	0.154	0.072	0.468
Trimmer	4	0.216	0.145	0.184	0.097	0.437
Fileteringsmaskin	4	0.216	0.112	0.190	0.108	0.355
Hodekapp	4	0.240	0.090	0.227	0.093	0.610
Bløgging	4	0.384	0.114	0.368	0.195	0.516
Manuell sløyebord	4	0.143	0.108	0.107	0.033	0.276
Automatisk sløyelinje	4	0.234	0.120	0.207	0.079	0.385
Kvalitetskontroll	4	0.188	0.105	0.161	0.054	0.302
Pakking hel fisk	4	0.165	0.107	0.133	0.041	0.297
Råstofflageret	3	0.016	0.019	0.010	0.003	0.057
Kjølelageret	3	0.071	0.092	0.038	0.014	0.179

Tabell C.2: Målingene gjort med DustTrak™ ved lokalitet 2 (mg/m³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Rundbord	3	0.192	0.008	0.225	0.184	0.207
Filetering av fersk fisk	4	0.224	0.060	0.194	0.187	0.337
Pakking etter vakuumering	4	0.196	0.019	0.183	0.177	0.226
Pakking av porsjoner	4	0.175	0.010	0.176	0.168	0.191
Etter porsjonskutter	4	0.200	0.027	0.199	0.175	0.239
Før porsjonskutter	4	0.191	0.010	0.189	0.180	0.208
Trimmere etter scinning	4	0.201	0.020	0.191	0.183	0.232
Beinnappere	4	0.230	0.065	0.206	0.182	0.337
Trimmere før beinnapp	3	0.209	0.024	0.231	0.190	0.237
Fileteringsmaskin	4	0.264	0.059	0.267	0.207	0.361
Hodekapping	4	0.229	0.026	0.225	0.201	0.271
Manuell hodekapping	4	0.220	0.023	0.218	0.203	0.258
Bløgging	4	0.925	0.259	0.608	0.642	1.27
Manuell sløying	4	0.222	0.025	0.217	0.207	0.263
Sortering /visuell kontroll	4	0.259	0.055	0.238	0.226	0.341
Pakking hel fisk	4	0.276	0.102	0.263	0.209	0.597
Råstofflager	4	0.304	0.158	0.299	0.189	0.630
Pakkelager robot	3	0.178	0.006	0.187	0.173	0.185

Tabell C.3: Målingene gjort med P-TRAK™ ved lokalitet 1 (1 000 partikler/cm³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Pakking av avkapp	4	29.66	9.09	28.59	18.1	42.6
Pakking i kasser	4	16.08	12.37	13.38	11.3	27.1
Pakking etter vakuumering	4	21.62	9.60	20.21	13.9	40.7
Manuell pakking av porsjoner	4	28.09	15.80	25.44	5.7	10.6
Sortering etter porsjonskutter	4	31.69	24.03	26.56	4.2	18.0
Før porsjonskutter	4	24.00	14.84	21.13	7.9	16.0
Sortering etter scinning	4	18.63	8.39	17.31	8.7	18.6
Beinnappere	4	18.04	6.88	17.03	3.1	33.3
Trimmer	4	18.13	6.15	17.33	1.1	39.4
Fileteringsmaskin	4	21.91	11.54	20.03	0.3	4.8
Hodekapp	4	26.32	15.23	23.48	15.2	55.3
Bløgging	4	7.58	1.39	21.36	13.9	73.5
Manuell sløyebord	4	10.56	4.24	7.48	10.8	53.5
Automatisk sløyelinje	4	10.65	2.44	9.78	9.9	35.2
Kvalitetskontroll	4	13.44	1.43	10.46	10.6	27.4
Pakking hel fisk	4	22.19	5.88	12.07	11.0	32.0
Råstofflageret	3	14.25	13.60	9.14	12.5	42.6
Kjølelageret	3	1.75	2.31	21.58	11.5	55.2

Tabell C.4: Målingene gjort med P-TRAK™ ved lokalitet 2 (1 000 partikler/cm³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Rundbord	3	39.75	8.23	39.22	27.4	55.9
Filetering av fersk fisk	4	13.49	3.70	13.02	7.4	18.5
Pakking etter vakuumering	4	57.76	11.19	56.93	41.4	74.9
Pakking av porsjoner	4	28.43	8.67	27.46	19.3	50.6
Etter porsjonskutter	4	24.88	8.80	23.67	14.0	40.1
Før porsjonskutter	4	25.20	9.48	23.52	11.8	35.7
Trimmere etter scinning	4	17.61	4.95	17.01	10.3	23.6
Beinnappere	4	13.43	4.80	12.78	7.3	21.0
Trimmere før beinnapp	3	11.15	3.35	10.83	7.5	15.0
Fileteringsmaskin	4	8.86	4.55	8.18	5.6	18.6
Hodekapping	4	5.32	2.15	5.04	3.3	9.5
Manuell hodekapping	4	4.93	1.30	4.81	2.9	7.2
Bløgging	4	15.96	4.05	15.55	8.0	22.1
Manuell sløyning	4	7.42	4.33	6.39	2.8	31.7
Sortering /visuell kontroll	4	4.15	1.02	4.04	2.4	6.0
Pakking hel fisk	4	31.11	8.13	30.27	18.0	45.7
Råstofflager	4	23.88	7.91	23.03	16.8	40.5
Pakkelager robot	3	22.05	7.04	21.35	14.8	32.7

Tabell C.5: Målingene gjort med AeroTrak™ 0.3 µm ved lokalitet 1 (1 x10⁶ partikler/m³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Pakking av avkapp	4	39.22	43.36	23.61	8.29	101.23
Pakking hel fisk	4	78.50	44.20	67.98	32.02	119.41
Pakking etter vakuumering	4	190.73	212.39	129.99	58.65	507.66
Manuell pakking av porsjoner	4	238.04	236.44	176.87	102.15	590.72
Sortering etter porsjonskutter	4	241.50	254.04	172.68	88.37	620.74
Før porsjonskutter	4	194.56	207.07	134.69	54.12	502.12
Sortering etter scinning	4	158.41	196.18	98.11	42.59	452.08
Beinnappere	4	160.62	160.68	116.53	50.19	398.62
Trimmer	4	159.70	134.71	129.32	78.89	360.85
Fileteringsmaskin	4	164.97	111.22	144.00	94.61	331.41
Hodekapp	4	186.40	96.54	166.84	96.61	289.71
Bløgging	4	291.72	44.00	289.19	253.68	345.91
Manuell sløyebord	4	70.12	37.44	62.28	37.14	108.17
Automatisk sløyelinje	4	143.15	41.32	138.59	103.15	181.49
Kvalitetskontroll	4	114.35	43.94	107.80	74.11	152.73
Pakking i kasser	4	49.24	15.89	47.16	30.46	64.17
Råstofflageret	3	24.44	22.13	18.12	7.19	49.41
Kjølelageret	3	20.50	4.34	20.22	17.99	25.52

Tabell C.6: Målingene gjort med AeroTrak™ 0.3 µm ved lokalitet 2 (1 x10⁶ partikler/m³) her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Rundbord	3	62.92	28.05	58.53	35.48	91.55
Filetering av fersk fisk	4	82.99	78.24	62.57	33.77	198.54
Pakking etter vakuumering	4	64.38	34.31	57.82	35.35	108.41
Pakking av porsjoner	4	40.67	16.32	38.22	23.35	63.21
Etter porsjonskutter	4	58.27	23.72	54.05	28.14	85.48
Før porsjonskutter	4	58.48	38.40	50.21	28.97	111.97
Trimmere etter scinning	4	58.64	39.64	50.79	32.60	116.87
Beinnappere	4	76.87	51.79	65.29	38.61	148.40
Trimmere før beinnapp	3	67.88	45.81	59.19	40.96	120.77
Fileteringsmaskin	4	196.70	33.53	194.58	162.22	237.38
Hodekapping	4	97.26	45.22	90.92	67.22	164.53
Manuell hodekapping	4	96.09	43.30	90.17	68.79	160.45
Bløgging	4	452.26	87.83	446.01	372.15	560.96
Manuell sløying	4	94.56	41.01	88.91	65.32	153.94
Sortering /visuell kontroll	4	128.65	56.11	120.98	92.05	210.61
Pakking hel fisk	4	121.75	28.72	118.87	82.20	145.15
Råstofflager	4	92.89	34.31	88.49	62.14	139.18
Pakkelager robot	2	37.53	16.62	31.81	17.61	57.44

Tabell C.7: Målingene gjort med AeroTrak™ 1.0 µm ved lokalitet 1 (1 x10⁶ partikler/m³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Pakking av avkapp	4	1.70	1.37	1.21	0.36	3.19
Pakking hel fisk	4	12.14	7.02	10.43	4.80	18.21
Pakking etter vakuumering	4	23.53	18.19	19.45	11.78	50.17
Manuell pakking av porsjoner	4	33.49	23.76	28.88	20.52	69.06
Sortering etter porsjonskutter	4	34.82	29.00	28.29	16.44	78.06
Før porsjonskutter	4	23.22	15.08	19.94	9.48	44.65
Sortering etter scinning	4	16.57	13.21	13.52	6.92	36.02
Beinnappere	4	19.61	8.57	18.08	9.43	30.37
Trimmer	4	20.58	6.11	19.97	15.64	29.46
Fileteringsmaskin	4	24.77	4.53	24.47	20.99	30.21
Hodekapp	4	25.23	6.54	24.62	19.72	33.24
Bløgging	4	60.06	12.13	59.20	49.54	76.53
Manuell sløyebord	4	11.75	6.09	10.55	5.98	18.89
Automatisk sløyelinje	4	28.80	9.09	27.71	20.60	37.50
Kvalitetskontroll	4	20.79	7.89	19.64	13.50	27.82
Pakking i kasser	4	7.88	1.29	7.79	6.08	8.95
Råstofflageret	3	1.56	1.04	1.25	0.45	2.52
Kjølelageret	3	3.08	1.30	2.87	1.75	4.34

Tabell C.8: Målingene gjort med AeroTrak™ 1.0 µm ved lokalitet 2 (1 x10⁶ partikler/m³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Rundbord	3	4.58	2.05	4.20	2.22	5.88
Filetering av fersk fisk	4	8.53	7.83	6.68	4.43	20.27
Pakking etter vakuumering	4	4.58	3.15	3.87	2.15	8.97
Pakking av porsjoner	4	2.39	1.11	2.20	1.43	3.70
Etter porsjonskutter	4	8.46	5.74	7.03	3.08	16.14
Før porsjonskutter	4	4.55	2.27	4.17	2.48	7.77
Trimmere etter scinning	4	4.69	2.47	4.29	2.85	8.30
Beinnappere	4	6.66	3.67	5.99	4.36	12.60
Trimmere før beinnapp	3	5.47	0.78	5.43	4.62	6.14
Fileteringsmaskin	4	64.31	24.94	61.32	48.66	101.53
Hodekapping	4	11.99	5.16	11.29	8.13	19.58
Manuell hodekapping	4	11.01	5.04	10.26	6.90	18.18
Bløgging	4	103.03	39.51	97.54	62.68	155.30
Manuell sløyning	4	7.84	3.26	7.42	5.81	12.67
Sortering /visuell kontroll	4	12.64	5.66	11.85	8.77	20.94
Pakking hel fisk	4	12.21	8.39	10.58	6.79	24.68
Råstofflager	4	33.96	35.74	18.96	5.44	80.98
Pakkelager robot	2	1.94	1.24	1.73	1.06	2.82

Tabell C.9: Målingene gjort med AeroTrak™ 5.0 µm ved lokalitet 1 (1 x10⁶ partikler/m³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM	Min - maks	
Pakking av avkapp	4	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05
Pakking hel fisk	4	0.16	0.09	0.14	0.07	0.26
Pakking etter vakuumering	4	0.32	0.05	0.31	0.28	0.39
Manuell pakking av porsjoner	4	0.37	0.08	0.36	0.27	0.47
Sortering etter porsjonkutter	4	0.38	0.10	0.37	0.25	0.46
Før porsjonskutter	4	0.31	0.08	0.30	0.19	0.38
Sortering etter scinning	4	0.25	0.09	0.24	0.13	0.33
Beinnappere	4	0.39	0.15	0.36	0.18	0.53
Trimmer	4	0.32	0.06	0.31	0.24	0.37
Fileteringsmaskin	4	0.51	0.08	0.50	0.40	0.57
Hodekapp	4	0.53	0.14	0.52	0.43	0.73
Bløgging	4	1.35	0.24	1.34	1.09	1.56
Manuell sløyebord	4	0.30	0.32	0.21	0.12	0.78
Automatisk sløyelinje	4	0.53	0.19	0.50	0.32	0.75
Kvalitetskontroll	4	0.34	0.05	0.34	0.29	0.40
Pakking i kasser	4	0.15	0.02	0.15	0.13	0.17
Råstofflageret	3	0.11	0.15	0.05	0.02	0.29
Kjølelageret	3	0.25	0.17	0.20	0.07	0.38

Tabell C.10: Målingene gjort med AeroTrak™ 5.0 µm ved lokalitet 2 (1 x10⁶ partikler/m³), her med aritmetisk gjennomsnitt (AM) og standardavvik (SD), geometrisk gjennomsnitt (GM) og min- og maksimumsverdier.

Sted	Antall prøver	AM	SD (AM)	GM (SD)	Min - maks	
Rundbord	3	0.06	0.04	0.06	0.03	0.10
Filetering av fersk fisk	4	0.10	0.03	0.10	0.08	0.14
Pakking etter vakuumering	4	0.03	0.01	0.02	0.01	0.04
Pakking av porsjoner	4	0.03	0.03)	0.02	0.01	0.07
Etter porsjonskutter	4	0.38	0.37	0.21	0.05	0.77
Før porsjonskutter	4	0.06	0.02	0.06	0.04	0.08
Trimmere etter scinning	4	0.06	0.007	0.06	0.05	0.07
Beinnappere	4	0.08	0.005	0.08	0.08	0.09
Trimmere før beinnapp	3	0.08	0.01	0.08	0.08	0.10
Fileteringsmaskin	4	9.60	10.77	6.33	2.27	25.62
Hodekapping	4	0.31	0.07	0.30	0.21	0.39
Manuell hodekapping	4	0.31	0.18	0.27	0.12	0.48
Bløgging	4	5.10	2.42	4.62	2.32	7.91
Manuell sløying	4	0.11	0.04	0.11	0.08	0.17
Sortering /visuell kontroll	4	0.18	0.06	0.18	0.13	0.24
Pakking hel fisk	4	1.02	1.99	0.09	0.02	4.01
Råstofflager	4	10.06	13.88	2.06	0.19	29.70
Pakkelager robot	2	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03

