

Kartlegging av eksponering for formaldehyd blant ansatte ved Avdeling for patologi ved et sykehus

MASTERPROGRAM I HELSE OG SAMFUNN, SPESIALISERING I YRKESHYGIENE

DET MEDISINSKE FAKULTET V/INSTITUTT FOR GLOBAL HELSE OG SAMFUNNSMEDISIN



Ibtisam Rawdhan

Bergen, desember 2021

Forord

Det var bare tilfeldighet som førte til at jeg studerte K-HMS ingeniør ved Høgskole i Vestlandet (tidligere Haugesund Stord Høgskole), og begynte å jobbe som yrkeshygieniker etter at jeg fullførte min utdanning. Så innså raskt at det yrkeshygieniske område er stort og omfattende, og at alle arbeidsmiljøfaktorer må tas i betraktning ved vurdering av arbeids- plass og situasjon. Masterprogrammet for spesialisering innen yrkeshygiene var et stort skritt mot faglig utvikling. Jeg må innrømme at det var hardt og krevende å kombinere studie med jobb, likevel er jeg er veldig stolt for dette valget.

Min jobb i BHT i Helse Førde ga meg innblikk i arbeidsmiljøutfordringer innen yrkeshygienisk område i helseforetakene. En av utfordringene er eksponering for farlige kjemikalier. Den redigerte standarden for måling av kjemikalier i arbeidsatmosfære har gitt en god veiledning for hvordan dette skal vurderes. En slik vurdering har mye å si i forbindelse med mulige helseskader i fremtid, samt fremtidige studier og forskninger innen yrkeshygiene og arbeidshelse. Dette motiverte meg for å ta dette temaet som min oppgave og jeg fikk heldigvis støtte fra mine veiledere Magne Bråtveit (Professor, UIB) og Bjørg Eli Hollund (Forsker i Institutt for global helse og samfunnsmedisin UIB, og yrkeshygieniker ved Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssjukehus).

Deres støtte, gode råd og oppmuntring var stor hjelp for dette arbeidet, tusen hjertelig takk for deres hjelp. En stor takk og til Kristina Apalseth Kalland (seksjonsleder for patologisk laboratoriet) og Tonje Bøyum Riste (avdelingssjef for patologi avdeling Helse Førde) for deres hjelp. Dere jobber kontinuerlig for å ha et godt og forsvarlig arbeidsmiljø. Tusen takk for alle ansatte i patologi avdeling for deres samarbeid og deres tid til å delta i mitt prosjekt. Deres hjelp bisto meg for å skaffe de nødvendige informasjon om deres arbeid. Jeg takker også mine kolleger i BHT Helse Førde.

Sist og ikke minst takk til alle medlemmer i min kjære familie for støtte og tålmodighet!

Sammendrag

Formaldehyd er blant kjemikaliene som håndteres i patologi-avdelinger. Formaldehyd er klassifisert som kreftfremkallende forurensning i arbeidsatmosfæren, og kan fremkalle allergi ved hudkontakt.

Hensikten med denne studien er å utføre personlige eksponeringsmålinger av formaldehyd blant ansatte i en avdeling for patologi ved et norsk sykehus. Studien tar for seg personlig eksponering for formaldehyd blant bioingeniører og patologer, og sammenligner denne eksponeringen med 8-timers yrkeshygienisk grenseverdi. En beskrivelse av eksponeringer ved gjennomføring av ulike arbeidsoppgaver er også en målsetting for denne undersøkelsen.

Planlegging, gjennomføring og tolking av resultater ble utført i tråd med Norsk standard NS-EN 689, og Arbeidstilsynet sin veiledning for kartlegging og vurdering av kjemiske forurensninger i arbeidsatmosfæren. Personlige luftprøver ble tatt av bioingeniører, patologer og preparant. En sekretær var inkludert i undersøkelsen for å bekrefte at denne yrkesgruppen ikke har høy eksponering for formaldehyd. Luftprøvene (n=20) ble tatt ved hjelp av passiv prøvetaking med dosimeter, med en prøvetakingstid som varierte mellom 195 og 435 minutter. Øyeblikks-konsentrasjoner (n=4) av formaldehyd ble målt med fargeindikatorrør.

Alle målingene viste verdier under den norske grenseverdien for formaldehyd (0,3ppm), og hadde en spredning på <LOD-0,025 ppm. Patologene hadde signifikant høyere eksponering (AM=0,018ppm) enn bioingeniørene (0,06ppm). Eksponeringen for begge disse yrkesgruppene var akseptabel. Arbeidsoppgavene innen fiksering var forbundet med høyere eksponering (0,015ppm) enn arbeid med histologi (0,005ppm). To målinger som ble tatt av preparant, viste eksponeringsnivåer på 0,015- 0,025ppm. Øyeblikksmålinger tatt i pustesonene ved spesielle arbeidsoppgaver var under den norske takverdien for formaldehyd (1ppm). Ansatte brukte ikke verneutstyr som beskytter dem fra å inhalere damp og partikler.

En vurdering av helseeffekter var ikke en målsetting i denne undersøkelsen. Resultatene vil imidlertid kunne benyttes i en risikovurdering med hensyn til eksponering for formaldehyd blant ansatte. Det er anbefalt å fortsette å holde eksponeringsnivået innen akseptabelt nivå, og helst forsøke å redusere eksponeringen for de ansatte siden formaldehyd er klassifisert

som et kreftfremkallende stoff. Det anbefales å fortsette med forebyggende tiltak, bl.a organisatoriske tiltak, som rullering av arbeidsoppgaver. En systematisk overvåking anbefales, f.eks. ved endringer i arbeidsprosesser eller ombygginger som påvirker ventilasjonen i lokalene. Det anbefales videre at personlig verneutstyr/åndedrettsvern benyttes ved spesielle kortvarige arbeidsoppgaver som kan medføre høye øyeblikks-konsentrasjoner av formaldehyd.

Nøkkelord: personlig eksponering, formaldehyd, patologi avdelinger

Abstract

Formaldehyde is among the chemicals handled in pathology departments. Formaldehyde is classified as a carcinogenic contaminant in the work atmosphere and can cause allergies on skin contact.

The main objective of this study is to perform personal exposure measurements of formaldehyde among employees in a department of pathology at a Norwegian hospital. The study addresses personal exposure to formaldehyde among bioengineers and pathologists and will compare this exposure with the 8-hour occupational exposure limit. A description of exposures when carrying out various work tasks was also an objective of this study.

Planning, implementation, and interpretation of results were carried out in accordance with Norwegian standard NS-EN 689, and the Norwegian Labor Inspection Authority's guidelines for mapping and assessing chemical contaminants in the work atmosphere. Personal air samples were taken among bioengineers, pathologists, and preparatory technician. A secretary was included to ensure that that this occupational group does not have a high exposure to formaldehyde. Personal exposure with sampling time varying 195-435 minutes (n = 20) was measured using passive sampling with dosimeter. Instantaneous concentrations (n = 4) of formaldehyde were measured with color indicator tubes.

All measurements showed values below the Norwegian limit value for formaldehyde (0.3 ppm) and had a spread of <LOD-0.025 ppm. The pathologists had significantly higher exposure (AM = 0.018ppm) than the bioengineers (0.06ppm). The exposure for both occupational groups was acceptable. The tasks within fixation were associated with higher exposure (0.015ppm) than work with histology (0.005ppm). Two measurements taken of a preparatory technician showed exposure levels of 0.015-0.025ppm. Momentary measurements were below the Norwegian ceiling value (1ppm). Employees did not wear protective equipment to protect them from inhaling vapors and particles.

An assessment of health effects was not an objective in this study. However, the results can be used in a risk assessment regarding exposure to formaldehyde among employees. It is recommended to continue to keep the exposure level within an acceptable level and try to reduce the exposure since formaldehyde is classified as a carcinogen. It is recommended to continue with measures, including organizational measures, such as changing work tasks. A systematic monitoring is recommended, e.g., in the event of changes in work processes or alterations

that affect the ventilation in the premises. It is further recommended that personal protective equipment/respiratory protection be used for special short-term work tasks that may result in high instantaneous concentrations of formaldehyde.

Keywords: personal exposure, formaldehyde, pathology departments

Innholdsfortegnelse

Forord	1
Sammendrag	2
Abstract	4
Introduksjon	8
Bakgrunn og generelt om formaldehyd	8
Tidligere forskning	9
Yrkeshygienisk grenseverdi for formaldehyd	15
Kartlegging og vurdering av kjemisk eksponering	15
Prøvetakingsstrategi – detaljert undersøkelse	15
Tidligere målinger ved Avdeling for patologi, Helse Førde	17
Hensikt og målsetting	18
Hensikt	18
Målsetting	19
Metode	20
Forskningsdesign	20
Arbeidsplass- og prosessbeskrivelse	20
Eksponeringsmålinger	25
Utvalg av arbeidstakere	25
Innsamling og analyse av datamaterialet	26
Prøvetakingsmetoder	27
Vurdering av måleresultat	31
Etiske hensyn	34
Resultater	35
Personlig prøvetaking	35
Eksponeringer etter arbeidsoppgaver	37

Sammenligning med grenseverdi – personlige målinger	37
Sammenlignbare eksponeringsgrupper (SEG)	37
Patologer	39
Øyeblikks målinger – sammenligning med takverdi.....	40
Luftstrøms måling	41
Diskusjon	43
Styrker og svakheter	45
Forslag til tiltak	48
Konklusjon	49
Referanser	50
Vedlegg	54

Introduksjon

Ansatte i helseforetak både i Norge og andre land kan bli eksponert for forskjellige farer som kan påvirke deres helse og livskvalitet. Kjemiske, fysiske og psykiske arbeidsmiljøfaktorer representerer en rekke faremomenter. En del av sykehusdriften innebærer håndtering av kjemikalier som har helsefarlige egenskaper, blant annet vaskemidler, desinfeksjonsmidler, fikseringsmidler og laboratoriekjemikalier. I patologiavdelinger håndteres ulike typer kjemikalier som har helsefarlige egenskaper, for eksempel formaldehyd, metanol, di-natriumtetraborat (boraks) og xylen.

Formaldehyd brukes på forskjellige arbeidsplasser i sykehusene. Det er patologiavdelingene som håndterer dette kjemikallet mest. En vandig løsning av formaldehyd, i forskjellige konsentrasjoner, kalles for formalin, og brukes som fikseringsmiddel i patologilaboratorier over hele verden. Formaldehydoppløsningen stabiliseres med en viss prosent metanol ([Hatleskog, 2019](#)).

Denne oppgaven setter søkelys på yrkeseksponering for formalin ved Førde sentralsjukehus. Formalin brukes på forskjellige arbeidsplasser ved dette sykehuset. Oppgaven skal undersøke ansattes eksponering for formaldehyd ved Avdeling for patologi, ettersom det er disse ansatte som håndterer kjemikallet mest. Denne kartleggingen kan senere brukes i en risikovurdering som kan bidra til å vurdere mulige tiltak som skal ivareta helsen til ansatte.

Bakgrunn og generelt om formaldehyd

Formaldehyd er det enkleste aldehydet, og har kjemisk formel HCHO . Den er en fargeløs gass i romtemperatur, og har sterk lukt. Formaldehyd er løselig i vann, denne oppløsningen kalles formalin ([Clark, 1983](#)). I patologiavdelinger brukes formalin (4% formaldehyd) som fikseringsmiddel for vevsprøver. Ved fiksering av hjerner brukes formaldehydoppløsning med høyere konsentrasjon ([Hatleskog, 2019](#)). Det fleste mennesker vil kjenne lukten av formaldehyd ved 0,5- 1ppm ([Arbeidstilsynet, Januar 2021b](#)). I over hundre år har formaldehyd blitt brukt til fiksering av vevsprøver i patologiske laboratorier. I tillegg brukes formalin i ulike typer industri,

inkludert legemiddelindustrien og i bygg og anlegg ([Clark, 1983](#)). Den europeiske union produserer cirka 30% av den global produksjon av formaldehyd ([Scientific Committee on Occupational Exposure Limits, 2016](#)).

I 2006 klassifiserte IARC (International Agency for Research on Cancer) formaldehyd som et sikkert kreftfremkallende kjemikalie i gruppe 1 ([Salthammer & Mentese, 2008](#)), med henvisning til at det er tilstrekkelig dokumentasjon på at formaldehyd er forbundet med kreft i nesvelgeområdet og blodkreft og/eller lymfekreft ([IARC, 2021](#)). I Arbeidstilsynets forskrift om tiltaks og grenseverdier, er formaldehyd anmerket med A: «Kjemikalier som skal betraktes som at de fremkaller allergi eller annen overfølsomhet i øynene eller luftveier, eller som skal betraktes som at de fremkaller allergi ved hudkontakt», og K: «Kjemikalier som skal betraktes som kreftfremkallende» ([Arbeids- og sosialdepartementet, 2021](#)). Eksponering for formaldehyd ved en konsentrasjon på 0,25-2ppm kan gi irritasjon ([McDermott & Ness, 2004](#)). Ved håndtering av formaldehyd er innånding hoved- eksponeringsveien ([Harbison et al., 2015](#)). Risikovurdering er et verktøy som bistår arbeidsgiver med å jobbe systematisk med å forebygge og redusere farene ved kjemikalier på arbeidsplassen. Oppfølging av gjennomførte tiltak er en vesentlig del av det systematiske HMS arbeidet ([Arbeids- og sosialdepartementet, 2017](#)).

Tidligere forskning

For mange yrker kan eksponering for formaldehyd være en naturlig del av arbeidsdagen, blant dem er arbeidere i helsevesenet ([Zhang et al., 2010](#)). Fra 2011 til om med 2019 var det seks eksponeringsstudier (Tabell 1) blant arbeidstakere som jobber i avdelinger for patologi, histologi og anatomiseksjoner i universitetssykehus. Blant disse var en artikkel basert på tidligere studier ([Costa et al., 2019](#)), en artikkel var utført etter gjennomføring av risikovurdering av eksponering for formaldehyd i en patologiavdeling med hovedfokus på gravide arbeidstakere ([Hatleskog, 2019](#)), og en kunnskapsoppsummeringsartikkel ([Fenech et al., 2016](#)) som satte søkelys på yrkeseksponering for formaldehyd blant arbeidere i helsevesenet. Studiene i denne oppsummeringsartikkelen inkluderte studiene etter 2000. Med få unntak var alle eksponeringsverdiene i de seks studiene under grenseverdiene til formaldehyd i det landet studien ble utført i. Eksponeringsnivå i de seks studiene varierte mellom 0,022 ([Scheepers et al., 2018](#))-2,4ppm ([Fenech et al., 2016](#)). Anbefalinger for eksponeringsnivåer fra andre organisasjoner t.d. Folkehelseinstitutt ([Hatleskog, 2019](#)), WHO ([Fenech et al., 2016](#)), og American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ([Ladeira et al., 2011](#)), ble også tatt hensyn til i

resultatvurderingen. De nevnte organisasjonene anbefaler eksponeringsnivå lavere enn de fastsatte grenseverdier i landene studiene ble utført i.

Metoder for prøvetakinger til formaldehyd, passive og aktive metoder, var hovedtema for en studie ([Lee et al., 2017](#)). Studien viste at det var marginal forskjell i median til de to metodene (0,04-0,05ppm), samt studien pekte på behov for mer kartlegginger og undersøkelser som bekrefter eller avkrefter nøyaktighet av prøvetakingsmetoder.

Siden et alternativ for formaldehyd som fikseringsmiddel pr nå er umulig, har flere av studiene satt søkelys på gjennomføring av tekniske og organisatoriske tiltak som kan redusere eksponeringsnivået. Tilstrekkelig opplæring bidrar til riktig håndtering av kjemikalier generelt og formaldehyd spesielt ([Scheepers et al., 2018](#)). I løpet av fem år klarte de gjennomførte tiltakene å redusere heldags eksponering fra 0,098-0,022ppm, samt takstverdiene ble redusert fra 0,23-0,07ppm.

Tabell 1 oppsummerer hvor målingene er tatt, prøvetakingsmetode og resultater.

Tabell 1 Oppsummering av artikler om formalineksponering ved sykehus

Tittel til studie/artikkel	Hvor	Type måling(er)	Formalin eksponering i ppm.
Formalin til besvær (Hatleskog, 2019)	Patologi avdeling ved Stavanger universitetssykehus, Norge	To typer målinger, punktmålinger av halv time, og heldagsmålinger.	Unntatt en måling ved oppstart av fremføringsmaskin, var alle resultater under 0,08ppm, som er anbefalt av Nasjonalt folkehelseinstitutt. I tillegg ble målinger sammenliknet med gamle grenseverdier (0,5ppm). I 2021 har grenseverdien endret til 0,3 ppm.
Occupational exposure to formaldehyde and early biomarkers of cancer risk, immunotoxicity and susceptibility (Costa et al., 2019)	Anatomi-patologi laboratorier i ni sykehus i Portugal.	Luft prøvetakinger, pustesone til deltakere for å ta gjennomsnittseksponering (8 timers eksponering TWA), og toppeksponering	Gjennomsnittseksponering for 8 t. $0,38 \pm 0,03$ ppm (range 0,08-1,39ppm). Portugisiske grenseverdien 0,3ppm.
Changes in Work Practices for Safe Use of	Forskningsavdeling ved universitetssykehus i Nederland	Stasjonær og personlige målinger.	Geometrisk gjennomsnitt (GM) for heltidsmålinger: <ul style="list-style-type: none"> - I 2012: $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,098ppm) - I 2014: $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,091 ppm) - I 2017: $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,022ppm)

Tittel til studie/artikkel	Hvor	Type måling(er)	Formalin eksponering i ppm.
Formaldehyd in a University-Based Anatomy Teaching and Research Facility (Scheepers et al., 2018)		Heltidsmålinger (8 timer), og oppgavebasert målinger (15 minutter).	Grenseverdien for 8 timers eksponering i Nederland er 150 µg/m ³ (0,12ppm) Gjennomsnitt av takverdier oppgavebasertmålinger - i 2012: 291 µg/m ³ (0,23ppm) - i 2014: 272 µg/m ³ (0,22ppm) - i 2017: 88,7 µg/m ³ (0,07ppm) Grenseverdien for takstverdi er 500 µg/m ³ (0,4ppm) NB: for formaldehyd er 1ppm=1,25mg/m ³
Sammenlikning mellom aktiv og passiv prøvetakingsmetoder for formaldehyd i patologi og histologi laboratorier (Lee et al., 2017)	Patologi og histologi laboratoria i USA	Stasjonær og personlige målinger. Brukte begge prøvetakingsmetoder, aktiv og passiv. Derivatiseringsreagens DNPH ble brukt, som adsorbent, i de begge metodene.	Median for begge metodene var nesten like (0,04ppm for aktive og 0,05ppm for passive). Alle resultatene innen den akseptable verdien av Occupational Safety and Health Administration (OSHA) på 0.75ppm, unntatt en måling (passivmetode) 2,16ppm. Over den anbefalte verdien av «The National Institute for Occupational Safety and Health» (NIOSH) på 0.016ppm.
Systematic review of the association	Eksponering for FA i patologi/forsknings	FA konsentrasjon i lufta.	Den gjennomsnittsverdien for eksponering i patologi laboratorium var på 0,74ppm (0,05-2,4) ppm. WHO anbefalingen er 0.081ppm.

Tittel til studie/artikkel	Hvor	Type måling(er)	Formalin eksponering i ppm.
<p>between occupational exposure to formaldehyde and effects on chromosomal DNA damage measured using the cytokinesis-block micronucleus assay in lymphocytes</p> <p>(Fenech et al., 2016)</p>	<p>laboratorier og treverk firmaer i forskjellige land.</p>		
<p>Genotoxicity biomarkers in occupational exposure to formaldehyde—The case of</p>	<p>Histopatologi laboratorier, Portugal.</p>	<p>Måling ved bruk av low-flow pumper for 6-8 timer.</p> <p>Takverdiens måling ved bruk av photoionization detection (PID) apparat.</p>	<p>8 timers eksponering (0,16ppm), som er under OSHA grenseverdi (0,75ppm). Gjennomsnittlig takverdi var 1,14ppm, som er over grenseverdi av ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, som er 0,3ppm.</p>

Tittel til studie/artikkel	Hvor	Type måling(er)	Formalin eksponering i ppm.
histopathology laboratorier (Ladeira et al., 2011)			

Yrkeshygienisk grenseverdi for formaldehyd

Det er landets myndighet som bestemmer yrkeshygieniske grenseverdier for kjemikalier. Vurdering av høyeste tillatte eksponeringsverdi baseres på vitenskapelige kilder, blant annet innen toksikologi og yrkesmedisin. Sosioøkonomi kan være et tilleggskriterium i vurderingen ([Breuer, 2010](#)).

I Norge blir forskrifter til arbeidsmiljøloven lagt til grunn for vurdering av arbeidsmiljømessige sider av eksponering for farlige stoffer, som kjemikalier. Norske grenseverdier er definert i forskrift om tiltaks- og grenseverdier ([Arbeidstilsynet., 2021](#)). Det gjennomføres mer eller mindre regelmessig revurdering av de angitt grenseverdier. Vurdering og revurdering av de nevnte verdier er bygd på forskjellige aspekter, som medisinske og toksikologiske vurderinger. I tillegg tas det hensyn til de tekniske og økonomiske aspekter i vurderingene. Direktiver fra EU påvirker også bestemmelsen av norske grenseverdier ([Arbeidstilsynet, u.å](#)).

Norsk grenseverdi for yrkeseksponering for formaldehyd, for 8 timers eksponering, er sist endret i juni 2021. Grenseverdien ble da redusert fra 0,5 til 0,3ppm, korttidsverdien i pustesonen er bestemt på 0,6ppm, og takverdi på 1ppm ([Arbeids- og sosialdepartementet, 2021](#)). Formaldehyd er anmerket i den nevnte forskriften med A (allergifremkallende eller annen overfølsomhet) og K (kreftfremkallende). Nå er det lagt til en anmerking til i den siste revidert forskrift, det er anmerket med bokstav G (bindende grenseverdi etter EU fastsettelse) ([Arbeidstilsynet., 2021](#)). Sverige, Danmark, Finland og Tyskland har samme grenseverdi for eksponering for formaldehyd som Norge (0,3ppm). Grenseverdien i USA er 0,75ppm ([Arbeidstilsynet, Januar 2021a](#)), mens grenseverdien i Storbritannia er på 2ppm ([The Health and Safety Executive UK, january 2020](#)).

National Institute For Occupational Safety and Health (NIOSH) anbefaler grenseverdien for yrkeseksponering for formaldehyd 0.016ppm med takverdi på 0,1ppm ([Harbison et al., 2015](#)).

Kartlegging og vurdering av kjemisk eksponering

Prøvetakingsstrategi – detaljert undersøkelse

Fremgangsmåten for å utføre eksponeringsmålinger skal være i samsvar med EN 482 (Prosedyrer for bestemmelse av konsentrasjon av kjemiske stoffer ([Norge, 2021](#))). Denne standarden stiller en rekke krav for å sikre at kartleggingen skal gi riktige resultater. Dette innebærer, blant

annet, identifikasjon av mulige feilkilder. Videre påpekes det at å forsømme blank prøvetaking samt å gjøre feil ved oppbevaring og håndtering av prøvetakinger kan påvirke måleresultatene. Beregning av usikkerheten i målingene skal gjennomføres i henhold til EN 482 ([Standard Norge, 2021](#)).

Under er det en beskrivelse av fremgangsmåte for planlegging, gjennomføring og vurdering av kartlegging av yrkeseksponering for farlige kjemikalier etter EN-Standard 689. Personlige prøver for hver deltaker skal normalt tas over to arbeidsdager (helskift 8-timers). Dette er fordi grenseverdier i forskrift for grense- og tiltaksverdier vanligvis er for åtte timers eksponering. Korttidsmålinger, som er definert i EN 689 som 15 minutter, er ikke vurdert i denne undersøkelsen.

Planlegging av målinger, gjennomføring og evaluering av måleresultater skal gjennomføres etter Norsk standard NS-EN 689:2018+AC:2019: Arbeidsplassluft, måling av eksponering for kjemiske stoffer ved innånding, strategi for prøving av samsvar med yrkeshygieniske grenseverdier ([Standard Norge, 2019](#)). En kartlegging og vurdering av den kjemiske eksponeringen på en arbeidsplass kan ifølge NS-EN 689 kapittel 5.5.2 og Arbeidstilsynet (AT) sin guide ([Arbeidstilsynet, 2020a](#)), deles i tre typer undersøkelser; en innledende vurdering, en forenklet undersøkelse og en detaljert kartlegging.

Den innledende vurderingen skal gi informasjon angående arbeidsplassen, arbeidsoppgavene og hvilke forurensninger vi finner på arbeidsplassen. En forenklet undersøkelse innebærer 3–5 målinger av eksponering for en gruppe av arbeidstakere med sammenliknbar eksponering (SEG) for å vurdere om grenseverdier vil kunne overskrides.

Kriteriene gitt i EN 689 kap 5.5.2 og Arbeidstilsynet (AT) sin guide for vurdering av resultater fra måling av kjemiske forurensninger, forenklet undersøkelse sier at eksponeringen for en SEG blir vurdert som akseptabel etter kriteriene;

3 målinger: maksimumsverdien \leq 10 % av grenseverdi

4 målinger: maksimumsverdien \leq 15 % av grenseverdi

5 målinger: maksimumsverdien \leq 20 % av grenseverdi

Men anses som uakseptabel hvis:

3 målinger: maksimumsverdi $>$ 10 % av grenseverdi

4 målinger: maksimumsverdi > 15 % av grenseverdi

5 målinger: maksimumsverdi > 20 % av grenseverdi

Tiltakene må følges opp med en ny kartlegging. Dersom tiltakene vil påvirke resultatene fra en innledende vurdering, bør en ny kartlegging starte med en ny innledende vurdering. Hvis ikke kan man gå direkte til en ny forenklet undersøkelse, eller en detaljert undersøkelse slik at totalt antall målinger blir minst 6, og det utføres en statistisk vurdering av resultatene. Dersom eksponeringen er over grenseverdi, skal det etter NS-EN 689 gjennomføres tiltak ([Norge, 2019](#)).

Tidligere målinger ved Avdeling for patologi, Helse Førde

I 2016 ble det utført personlige eksponeringsmålinger av formaldehyd i luft blant ansatte i Avdeling for patologi, Helse Førde. Planen var å ta ti prøver i løpet av fem dager, men på grunn av teknisk svikt ble det tatt bare seks prøver fordelt på tre dager. De personlige målingene ble tatt for en bioingeniør og en patolog, og det ble tatt tre prøver for hver av disse. Prøvetiden for de seks målingene varierte mellom 180-425 minutter. Grenseverdien for formaldehyd i Norge da disse målingene ble gjort var 0.5ppm. Måleresultatene varierte i området 0,005-0,05ppm (Tabell 2).

Tabell 2 Resultat fra personlig prøvetaking ved avdeling for patologi 2016

Prøvetaking (n=6)	Formaldehyd i ppm.
Bioingeniør	0,005
Bioingeniør	0,02
Bioingeniør	0,05
Patolog	0,01
Patolog	0,03
Patolog	0,05

Siden det ble tatt tre målinger av formaldehyd for hver av de to jobbgruppene har vi nå sett på disse målingene som en forenklet undersøkelse. Målingene tyder på at eksponeringen var ganske lik for de to jobbgruppene. Maksimalverdien var 0,05ppm for begge, som tilsvarer 1/10 av grenseverdien for formaldehyd i Norge på det tidspunktet målingene ble gjort. Siden mak-

simalverdiene var lik 1/10 av datidens grenseverdi for formaldehyd var eksponeringen akseptabel. Imidlertid var maksimalverdien >10% av den nye grenseverdien på 0,3ppm, og eksponeringen må derfor vurderes som uakseptabel etter ny grenseverdi. Det er følgelig nødvendig, etter den nye grenseverdien, å foreta en ny vurdering med en forenklet eller en detaljert undersøkelse for disse jobbgruppene.

Hensikt og målsetting

Hensikt

Arbeidsmiljøloven stiller krav til arbeidsgiver om å kartlegge arbeidsmiljøfaktorer for å identifisere mulige farer som kan påvirke ansattes helse og sikkerhet. I de tidligere målingene som ble gjennomført i Avdeling for patologi i 2016, ble det tatt kun seks eksponeringsmålinger av formaldehyd i løpet av tre dager, og dette ble ikke regnet som å gi et representativt bilde av eksponeringsnivået. Lederen i avdelingen mente at de utførte arbeidsoppgavene etter nasjonale retningslinjer. Dette er imidlertid ikke nødvendigvis en garanti for at eksponeringsnivået er tilfredsstillende lavt, og de ønsket derfor at det skulle utføres mer detaljerte målinger for å sikre at eksponeringsnivået er akseptabelt, og ikke overskrider grenseverdien.

I Arbeidstilsynets veiledning til kartlegging og vurdering av kjemisk forurensinger i arbeidsatmosfæren, anbefales det at måleresultater vurderes etter undersøkelsestype, om det er forenklet undersøkelse eller detaljert undersøkelse ([Arbeidstilsynet, 2020a](#)). Tidligere studier for yrkeseksponering for formaldehyd i patologiavdelinger har pekt på mulighet for høye eksponeringsnivå blant ansatte som jobber der. Formaldehyd er markert som kreftfremkallende og allergifremkallende kjemikalie i Arbeidstilsynets forskrift om tiltak og grenseverdier. I §3-8 (tiltak mot risiko forårsaket av kjemikalier i forskrift om utførelse av arbeid), kreves det at arbeidsgiver skal sørge for å redusere eksponering for slike farlige kjemikalier til lavest mulig nivå. I tillegg kreves det at arbeidsgiver skal redusere mest mulig mengde av farlige kjemikalier på arbeidsplassen.

Hensikten med denne studien er å utføre personlige eksponeringsmålinger av formaldehyd i luft blant ansatte i Avdeling for patologi. Måleresultatene skal bidra i en risikovurdering for å vurdere om det er nødvendig med ytterligere tiltak for å redusere denne eksponeringen. Resultater fra studien skal dermed være en del av HMS forebyggende arbeid som kan redusere

risiko for sykdom blant ansatte. Avhengig av resultatene kan dette også innebære etablering av rutiner for overvåking av eksponeringsnivå.

Målsetting

Hovedmålsettingen er å beskrive personlig eksponering for formaldehyd blant de ansatte ved Avdeling for patologi.

Spesifikke målsettinger:

- Beskrive personlig eksponering for formaldehyd blant bioingeniører og patologer
- Sammenligne eksponeringen med yrkeshygienisk grenseverdi for formaldehyd
- Beskrive eksponering ved ulike arbeidsoppgaver

Hypotese:

H₀: Det er ikke forskjell i eksponering mellom bioingeniører og patologer.

H₁: Det er forskjell i eksponering mellom bioingeniører og patologer.

H₀: Eksponeringen overskrider ikke grenseverdien for formaldehyd (0,5ppm for 8 timers eksponering).

H₁: Eksponeringen overskrider grenseverdien for formaldehyd.

H₀: Det er ikke forskjell i eksponering ved ulike arbeidsoppgaver.

H₁: Det er forskjell i eksponering ved ulike arbeidsoppgaver.

Metode

Forskningsdesign

Studien er en kvantitativ tversnittstudie som skal gi en oversikt over personlig eksponeringsnivå av formaldehyd i arbeidsatmosfæren blant ansatte.

Arbeidsplass- og prosessbeskrivelse

Avdeling for patologi er en avdeling for diagnostikk av vevs- og celleprøver (histologiske og cytologiske undersøkelser). I tillegg utføres diagnostikk og medisinske obduksjoner. Seksjon for patologisk laboratorium er den eneste seksjon som ligger under avdeling for patologi.

Ved Seksjon for patologisk laboratorium jobber 17 ansatte fordelt på følgende yrkesgrupper: Ti bioingeniører, to preparanter, to sekretærer, en seksjonsleder, en avdelingssjef og en fagarbeider. Det er syv patologer, deres stillinger er plassert rett under avdeling for patologi.

For å forberede eksponeringsmålingene ble det gjennomført flere arbeidsplassbesøk for å få oversikt over arbeidsplassene og arbeidsoppgavene som utføres. Lederen i patologi laboratorium, verneombud og en del ansatte har bidratt med opplysninger til kartleggingen. Tabell 3 gir en oversikt over arbeidsplasser og prosesser som gjennomføres i patologi avdeling. Tabellen inkluderer informasjon om antall ansatte som gjennomfører sine arbeidsoppgaver på hver arbeidsplass, estimering av eksponeringstid, og gjennomførte tiltak som kan redusere eksponeringstid og nivå. Ifølge informasjon som undertegnet fikk fra seksjonslederen, er det ti ansatte som har potensiale for å bli eksponert for formalin. Ni av de ti ansatte, som har potensiale for eksponering, deltok i denne undersøkelsen. Det ble også hevdet at det var gjennomført organisatoriske tiltak ved rullering av oppgaver for å redusere eksponeringstiden for helsefarlige kjemikalier blant de ansatte.

Tabell 3 Oversikt over arbeidsplass og oppgaver i patologi avdeling

Arbeidsplass	Arbeidsprosess(er)	Ansatte	Eksposering for formalin/ iverksatt tiltak
Resepsjon/ prøvemottak	Tar imot vevsprøver Gjennomsnittlig antall mottatte prøver er mellom 40-50 daglig. Registrerer prøver i registreringsdatabasen til laboratorium	To sekretærer, i tillegg til noen ansatte av og til.	Eksposering for formalin kan oppstå ved lekkasje fra beholdere. Andre muligheter for eksponering er ved søl. Avdelingen har sin egen prosedyre for forsvarlig håndtering.
Ekspedisjon	Kontorarbeid, som for eksempel; sending svar.	To sekretærer	Ingen eksponering.
Makro laboratorium	Eget rom der prøveglassene åpnes, og det jobbes med vev fiksert i formalin. Prosessen utføres i avtrekkskap. Man kan sitte der hele dagen og jobbe, men vanligvis en halv dag.	I utgangspunktet er det 7-8 ansatte, to av dem er patologer.	De to patologene jobber hver annen dag. De oppholder seg i laboratoriet ca. tre timer. Ansatte rullerer på oppgaver og arbeidsplass. Ved søl brukes en matte (Vermiculit-plater), som kan absorbere og nøytralisere formalin.
Framføring	To nye fremføringsmaskiner som er plassert i eget rom. Sette prøver i fremføringsmaskinene, og utskifting av kjemikalie-	Alle på laboratorium kan jobbe der, de rullerer.	Eksposeringstid for formalin i den delen er estimert på 15-30 minutter.

Arbeidsplass	Arbeidsprosess(er)	Ansatte	Eksponering for formalin/ iverksatt tiltak
	<p>dunker og reagenser i maskinene.</p> <p>Fem-liters kjemikaliedunker blir skiftet ukentlig; To formalin, to xylen og to etanoler for hver maskin.</p> <p>Brukt formalin helles i egen vask inne i et avtrekkskap.</p>		<p>Ved utskifting av formalindunk, er et par minutter eksponering.</p>
Histologi laboratorium.	<p>Dette er hovedlaboratorium der det gjennomføres mange oppgaver som støyning, skjæring og farging.</p>	<p>7 bioingeniører</p>	<p>Minimal eksponering for FA. Mulig eksponering ved farging.</p>
Påfyllingsrom for formalin i kjelleren	<p>Kjemikalieanlegget er beskrevet i et eget avsnitt.</p> <p>Påfyllingsprosessen utføres hovedsakelig automatisk.</p> <p>På blandingsstasjonen i 0.etg. gjennomføres den manuelle delen. Der fortynnes formalin (35%)</p>	<p>To ansatte; en preparant og en bioingeniør.</p>	<p>Prosessen gjennomføres 1-2 ganger pr. måned. Skiftning av dunkene tar noen minutter.</p> <p>Eksponeringsmulighet er ved skiftning av formalindunker, og ved lekkasje, noe som skjer svært sjelden.</p> <p>I blandestasjonen er det en hylle med: Hanske, øye dusj,</p>

Arbeidsplass	Arbeidsprosess(er)	Ansatte	Eksponering for formalin/ iverksatt tiltak
	<p>med vann til 4% formalin. Fortynnet formalin pumpes opp til en tank i 3.etg.</p>		<p>maske, absorberende teppe (NF-Pads, nøytralisering formaldehyde pad) og pulver (chemizorb powder) som kan brukes i tilfelle er det en lekkasje eller søl.</p>
<p>Obduksjons-avdeling</p>	<p>Antall obduksjoner varierer, men gjennomsnittlig rundt en obduksjon i uken.</p> <p>Ellers fiksering og undersøkelse av placenta, fra fødeavdelingen.</p> <p>Det er en makrobenk i et avtrekkskap med kran som tilfører formalin (4%), og en vask til avfall/rester av formalin som går til en avfallstank utenfor sykehuset.</p> <p>For noen arbeidsprosesser er det behov for 10% formalin fra 5 liters kanner via kraner i avdelingen.</p> <p>Fikserte vevsprøver oppbevares i avtrekkskap.</p>	<p>En preparant og en patolog. I noen få tilfeller kan bioingeniører også jobber der.</p> <p>Det er to faste ansatte fra renholds seksjon gjennomfører renhold</p>	<p>Vanskelig å estimere eksponeringstid.</p> <p>Preparanten håndterer FA under avtrekkskap, og har sjelden opplevd lukten til formalin. Ventilasjonsanlegget fungerer bra, og han opplever at lukt forsvinner veldig fort.</p> <p>Ved obduksjon brukes fullt verneutstyr; støvler, operasjons frakk, plastforkle, hatt, maske, vernebriller, og latexfrie hansker.</p>

Arbeidsplass	Arbeidsprosess(er)	Ansatte	Eksposering for formalin/ iverksatt tiltak
Håndtering av kjemikalie-avfall	Vasker i laboratoriet og obduksjonsavdeling er koblet til rør som fører rester/avfall av kjemikalier til avfallstanker utenfor bygningen. Preparanten gjennomfører ukentlig visuell sjekk av avfallstank, for å sjekke behov for bestilling av uttømming.	Preparanten fra avdeling for patologi.	Ved visuell sjekk kan preparanten en gang ukentlig bli kortvarig eksponert for formalin.

På Førde sentralsjukehus (FSS) er det et stort ventilasjonsanlegg med mange tilførsels- og avtrekkskanaler, slik at tilførsel av luft skal være avhengig av type aktiviteter i rommet. I tillegg er det avtrekkskap i rommene som tilhører patologiavdelingen. Ved bruk av avtrekkskap kan antall luftskiftninger per time økes. For eksempel på rom 2356 (histologi laboratorium) kan luftskiftninger per time øke fra 10 til 23 ved bruk av avtrekkskap. På kontorer og møterom er luftskiftninger per time mellom 5-10, avhengig av størrelse og bevegelse i rommet. Per dato er det 20 avtrekkskap i Avdeling for patologi.

Personlig verneutstyr (PVU) er tilgjengelig for alle som jobber i den avdelingen, dette inkluderer:

- Åndedrettsvern flergangsmaske. Dette er en halvmaske (compact mask), filterklasse FFA2P3R, som beskytter mot gasser, damp og partikler.
- Kjemikaliehansker kategori III, som beskytter mot farlige kjemikalier og mikroorganismer. Disse hanskene er for tykke til å brukes til vanlige arbeidsoppgaver, derfor brukes det kun ved kjemikaliesøl.
- Kjemikaliehansker for xylene og formalin (grønne), «Green Nitrile», som er kategorisert som klasse III PPE.

- Latexfri hanske brukes ved daglig normal drift. Slike hansker beskytter ikke mot sterke kjemikalier over lang tid.
- Vernebriller (Bolle safety) attack II.
- Absorbsjonsmiddel for kjemikalier, (Chemizorb) som kan brukes til formalin og xylen
- Absorbsjonsmiddel (Chemizorb H+) som absorberer og nøytraliserer konsentrerte syrer.
- Absorbsjonsmatter for formalin.
- Ekstra vernebriller er plassert på histologilaboratorium og i underetasje.
- I tillegg er det nøddusj, øye dusj og øyeskyllevæske i avdelingen.

Eksponeeringsmålinger

Utvalg av arbeidstakere

Som omtalt i introduksjonen har vi har benyttet målingene av formaldehyd fra 2016 for bioingeniør og patolog som en forenklet undersøkelse for disse to yrkesgruppene, og vi konkluderte med at eksponeringen var akseptabel etter gammel grenseverdi (0,5ppm), men uakseptabel etter ny grenseverdi (0,3ppm). Det er derfor ifølge EN-689, og arbeidstilsynets veiledning basert på denne standarden, nødvendig med en ny kartlegging enten med ny forenklet eller en detaljert undersøkelse for disse to jobbgruppene.

Tilgjengelige økonomiske ressurser tillot å ta totalt 20 målinger av formaldehyd, og i tråd med anbefalingene minst 2 prøver av hver av de utvalgte arbeidstakerne. For disse målingene var planen å velge;

- Sju bioingeniører som har høy potensiale for eksponering for formaldehyd
- To patologer
- I tillegg var det et ønske fra avdelingen at vi skulle måle eksponering på to dager da en preparant utførte en spesiell arbeidsoppgave med antatt høy eksponering.

Planen ble revidert i løpet av målingsperioden på bakgrunn av informasjon om hvilke personer som ble antatt å bli mest eksponert for formaldehyd (Tabell 4). Etter denne revisjonen ble antall målinger for en patolog, og en bioingeniør som jobbet mest på makro laboratorium økt med en ekstra måling hver. Antall bioingeniører ble da redusert til fem. Videre ble en sekretær

inkludert med to målinger etter spesielt ønske for å kunne dokumentere antatt lav eksponering i prøvemottak/ekspedisjon. Etter denne revisjonen ble derfor antall deltakere redusert til ni ansatte, uten at det ble endring i totalt antall målinger.

Tabell 4 Oversikt over revidert plan for eksponeringsmålinger.

Nr.	Yrkestittel	Arbeidsoppgaver	Antall målinger (n=20)
1	Bioingeniør 1	Histologi og fremføring	2
2	Preparant	Oppfyllingsrom, ved avfallstank	2
3	Patolog 1	Makro	2
4	Patolog 2	Makro	3
5	Bioingeniør 2	Histologi og prøvemottak	2
6	Bioingeniør 3	Makro, fremføring	3
7	Bioingeniør 4	Fremføring og histologi	2
8	Sekretær	Prøvemottak, ekspedisjon	2
9	Bioingeniør 5	Histologi og prøvemottak	2

Personale fra renholds seksjonen som gjennomføre renholdsoppgaver, og personale fra teknisk drift seksjon som jobber med vedlikehold av avtrekkskaper og ventilasjon, ble ekskludert fra denne undersøkelsen. Grunnen til den vurderingen er at disse to gruppene ikke blir eksponert for formaldehyd daglig. De er kun til stede i korte tidsperioder for å gjennomføre sine oppgaver innen vedlikehold eller renhold.

Innsamling og analyse av datamaterialet

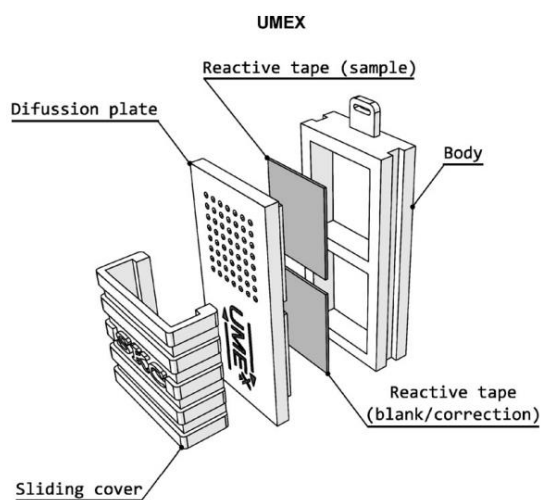
Innhenting av annen informasjon

En logg (vedlegg 5) ble brukt for å registre daglige arbeidsoppgaver til ansatte i løpet av måleperioden. Dette for å få oversikt over aktiviteter som kan forårsake eksponering og eventuelt uforventet resultat. I tillegg kan informasjon i loggen bli nyttig ved eventuell omgruppering av SEG basert på innhentede informasjon under måling, og målingsdataene.

Prøvetakingsmetoder

Personlige prøvetaking

Det finnes to hovedmetoder for prøvetaking av forurensinger i arbeidsmiljøet; passiv og aktiv prøvetaking. Ved bruk av den passive metoden for prøvetaking av kjemisk komponenter i gass fase diffunderer komponentene inn i prøvetakeren og tas opp på en impregnert adsorbent ([Wania & Shunthirasingham, 2020](#)). Prinsippet er basert på en kjemisk reaksjon mellom forurensningen og et kjemisk reagens, som danner en stabil forbindelse. Ved bruk av den aktive prøvetakingsmetoden samles komponentene opp i et adsorberende medium når luften blir trekkes inn via en pumpe med en bestemt luftstrøm ([Bakke, 2013](#)). I denne oppgaven ble personlig eksponering for formaldehyd utført ved bruk av dosimeter/diffusjonsprøvetaker som er en passiv prøvetakingsmetode.



Figur 1 Oppbygging av et passivt dosimeter for luftmåling av forurensinger i gass/damp-fase (Kot-Wasik et al., 2007).

Figur 1 viser hva passivt dosimeter, som regel, består av:

- Skyve deksel. Ved å dra den ned, begynner diffusjonsplate ta opp forurensing. Denne delen beskytter dosimeteret under transport og lagring.

- Rutenett (diffusjons plate). Størrelse til porter påvirker diffusjonshastigheten, og virker som vindskjerm.
- Prøvetakingsmedier: silikatape som er belagt med derviasjonsreagens, som er UMEX 100 tilfelle DNPH, og fosforsyre ([OSHA, May 2005](#)).
- Ramme, som inneholder og beskytter silikatapen.

Masseopptak av forurensing i dosimeter er bestemt etter:

- Utforming av dosimeter
- Indre hulrom
- Fysisk og kjemisk egenskaper for både den samlede forurensing og derviatiseringsreagens.

Beregning av forurensende konsentrasjon av stoff i lufta er avhengig av:

- Sorbentens overflateareal
- Opptakshastighet
- Desorpsjons effektivitet

([McDermott & Ness, 2004](#))

Konsentrasjonen av forurensingen i luften, i vårt tilfelle er det formaldehyd, beregnes på følgende måte:

$$\text{Konsentrasjon (mg/m}^3\text{)} = \frac{W * \left(\frac{10^6 \text{ cm}^3}{\text{m}^3}\right)}{r * (k_o) * t}$$

der W = oppsamlet masse (mg)

K_o = oppsamlingshastighet

r = recovery coefficient

t = oppsamlingstid i min

Konsentrasjon i mg/m³ kan omgjøres til ppm ved den regnstykke:

$$\text{ppm} = \frac{\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} * 24,45}{MW}$$

der MB er molvekt. Slik beregninger til forurensings konsentrasjon gjennomføres vanligvis i laboratorium som analysere prøvetakinger ([McDermott & Ness, 2004](#)).

Dosimeter, type UMEEx 100, ble nyttet i denne kartleggingen (Figur 2). Etter opplysninger fra produsentfirma er denne typen dosimeter utviklet for å måle personlig eksponering for formaldehyd med DNPH som derivatiseringsreagens.



Figur 2 Dosimeter, UMEEx 100 ([McDermott & Ness, 2004](#))

Det ytterste lag av dosimeteret er laget av hardt polypropylen. I det øverste delen er det gitter, som gir tilgang til en tape er impregnert med 2,4-dinitrofenylhydrazin (DNPH). DNPH brukes på grunn av reaksjon av aldehyd og ketoner med DNPH som er i dosimeter ([Johnson & Hughes, 2012](#)).

Hvert dosimeter er oppbevart i en aluminiumpose, både før og etter måling ([websiteside til produsentfirma SKC](#)). Det er en etikett på hvert dosimeter der en kan notere informasjon om prøvetaking (navn til deltaker, dato og tid for måling). Alle dosimeter (brukte og ikke brukte) under målingsperiode var oppbevart i kjøleskap med temperatur under fire grader. For å få riktig bilde av eksponering for formaldehyd som inhaleres, er det anbefalt å plassere dosimetre i nærheten av pustesonen til deltakeren, maks.30 cm fra nese og munn ([Costa et al., 2019](#)). I denne undersøkelsen var dosimetre plassert ca. 20 cm fra nese og munn.

I tillegg til de tjue dosimetre som ble brukt til personlig prøvetaking ble det benyttet to blanke dosimetre. Disse 21 dosimetrene ble sendt til laboratoriet ved Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) for analyse ved bruk av høytrykkvæskekromatografi (HPLC) metode

Øyeblikksmålinger med fargeindikatorrør

Både tidligere studier og informasjon om arbeidsplass- og oppgaver har pekt på mulige høy eksponeringer under gjennomføring av spesielle oppgaver, for eksempel utskifting av formalinbøtter i fremføringsmaskin, og oppfyllingsprosess i rom i kjelleren. Derfor ble det bestemt å benytte fargeindikatorrør for øyeblikksmålinger av formaldehyd ved disse to arbeidsoppgavene.

Disse målingene ble gjort ved hjelp av Dräger fargeindikatorrør (Formaldehyd 0.2/a) koblet til en Dräger Accuro håndpumpe (Figur 3). Disse indikatorrørene inneholder en adsorbent med et hvitt reagens som blir farget rosa når det reagerer med formaldehyd. Lengden av fargesonen ble lest av på en skala på røret som angir konsentrasjonen av formaldehyd. Det ble benyttet 20 slag med pumpen som gir et måleområde på 0,2-2 ppm ([Dräger Safety AG & Co. KGaA, 2021](#)).

Det ble tatt fire øyeblikkelige målinger:

- En i oppfyllingsrom i nærheten av arbeidstaker som gjennomførte sine arbeidsoppgaver i dette rommet.
- En «worst case måling» måling ved åpning av en dunke av formalin 35% i oppfyllingsrom – ikke i pustesonen.
- To ved fremføringsmaskin i nærheten av arbeidstaker som skiftet ut formalindunken i maskinen.



Figur 3 Måling av konsentrasjon av en gass i luft med et fargeindikatorrør koblet til en håndpumpe

Luftstrøms måling

Dräger Air Flow Tester KIT ble benyttet for å få en visuell vurdering av luftstrømmen i noen avtrekkskap i makro- og histologi laboratoriene. Rør, som inneholder svovelsyre, kobles til en gummikule til å pumpe luft gjennom røret. Dette årsaker en synlig røyk som viser retning til luftstrøm.



Figur 4 Vurdering av luftstrømmen under avtrekkskap med Dräger Air Flow Tester KIT. Hvitt røyk viser retning til luftstrøm

Vurdering av måleresultat

Sammenlignbare eksponeringsgrupper (SEG)

Samlet informasjon under kartleggingsfase for arbeidsplass og prosessbeskrivelse tydet på at alle ansatte i avdelingen, unntatt sekretærer, kan defineres som sammenlignbar eksponert gruppe (SEG). Dette er basert på informasjon om gjennomførte organisatoriske tiltak som rulling av arbeidsoppgaver mellom ansatte for å redusere eksponeringsnivå (se tabell 2). Videre

indikerte målingene fra 2016 at eksponeringsnivået var sammenlignbart for bioingeniører og patologer. De nye måleresultatene skal tydeliggjøre om denne vurderingen er riktig eller ikke.

I første omgang ble derfor de utvalgte arbeidstakerne antatt å ha sammenlignbar eksponering. Dette ble testet ved hjelp grafisk vurdering av log-probability plot ved bruk av YH-hjelp ([Yrkes-hygiene, 2021](#)). Dersom dette indikerer at distribusjonen består av flere SEG, blir det foretatt en re gruppering basert på plottet, og nye grafer plottet, en for hver av gruppene.

Sammenligning med grenseverdien

I tråd med Norsk Standard NS-EN 689 ([Standard Norge, 2019](#)), ble eksponeringen for hver SEG sammenlignet med grenseverdien for formaldehyd ved hjelp av to hoved metoder ut fra om det ble betraktet som en forenklet eller en detaljert undersøkelse.

1. Forenklet undersøkelse

- a. 3-5 målinger blant i hver SEG
- b. Avhengig av antall målinger, skal eksponering regnes som akseptabel:
 - i. 3 målinger: maksimumsverdi \leq 10% av grenseverdi
 - ii. 4 målinger: maksimumsverdi \leq 15% av grenseverdi
 - iii. 5 målinger: maksimumsverdi \leq 20% av grenseverdi

Hvis eksponering regnes som akseptabel, skal undersøkelsen avsluttes med rapport. En ny vurdering anbefales etter et år, eller etter endringer som kan påvirke eksponering.

2. Detaljert undersøkelse. En kartlegging med minst 6 gjennomførte målinger for en SEG gruppe defineres som detaljert undersøkelse.

For å vurdere måleresultater mot grenseverdien, skal en beregne «Estimert Øvre Konsentrasjon (EØK)». *EØK er øvre 70% konfidensgrense til 95 prosentilen. Det vil si den verdien som 95% av eksponeringene er under med 70% sikkerhet* ([Arbeidstilsynet, 2020a](#)).

EØK beregnes ved statistiske formler. Ved flere enn 10 målinger vil man kunne anta at måleresultatene er log-normalfordelt

EØK skal beregnes slik:

- Beregn naturlig logaritmen (ln) for hvert målingsresultat, som vi skal kalle her for x verdi.
 $Y = \ln(x)$
- Regn gjennomsnitt av naturlig logaritmen, og standardavviket til (y).

- Regn ut standardavvik til (y)

$$SD_y = \sqrt{\frac{\sum_i^n (y_i + \bar{y})^2}{(n-1)}}$$

- Nå kan en regne ut EØK ved bruk av den formelen:

$$EØK_{(0.95, 0,70)} = e^{(\bar{y} + U_T * SD_y)}$$

U_T finnes fra oversikt over U-verdier og antall målinger i Arbeidstilsynets veiledningen ([Arbeidstilsynet, 2020b](#)).

Hvis EØK er mindre enn grenseverdien, skal kartleggingen avsluttes med rapport og eksponeringen skal vurderes som akseptabel. En ny vurdering skal gjennomføres etter ett år, eller etter endringer som kan påvirker eksponering.

Hvis EØK er større eller lik grenseverdien, skal eksponeringsnivå vurderes som uakseptable. Arbeidsgiver skal undersøke og gjennomføre tiltak som bidrar til redusering av eksponering.

Flytskjema for kartlegging og vurdering av eksponering, er lagt ved vedlegg (vedlegg 3).

Et verktøy fra Norsk Yrkeshygienisk Forening (NYF), er YH hjelp, som er utviklet av tidligere versjon av IH-STAT. Regnearket YH hjelp, kan brukes for å få oversikt om eksponeringen ligger under eller over den akseptable verdien.

Statistikk

IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versjon 26 ble brukt for å beregne aritmetisk gjennomsnitt (AM) og median. Resultater som var under deteksjonsgrensen (0,003ppm) ble betegnet som <LOD (Limit Of Detection). I de statistiske analysene er disse resultatene erstattet med LOD/2 ([Hornung & Reed, 1990](#)). Uavhengig t-test er benyttet for å analysere forskjell i eksponering mellom bioingeniører og patologer.

Ifølge måleplanen og instruks fra STAMI ble de tatt to blanke målinger ved bruk av to dosimeter. De to blanke målingene, i tillegg til de tjue dosimetre, ble sendt til laboratoriet for analyse.

I denne oppgaven ble det benyttet et verktøy utviklet av Norsk Yrkeshygienisk Forening (NYF), YH hjelp yrkeshygiene.no til å estimere EØK i tråd med NS-EN 689 og Arbeidstilsynets sin veiledning. Dette verktøyet er bygget på et regneark (IH-STAT) utviklet av Jan Mulhausen for American Industrial Hygiene Association ([Smedbold, 2020](#)).

Etiske hensyn

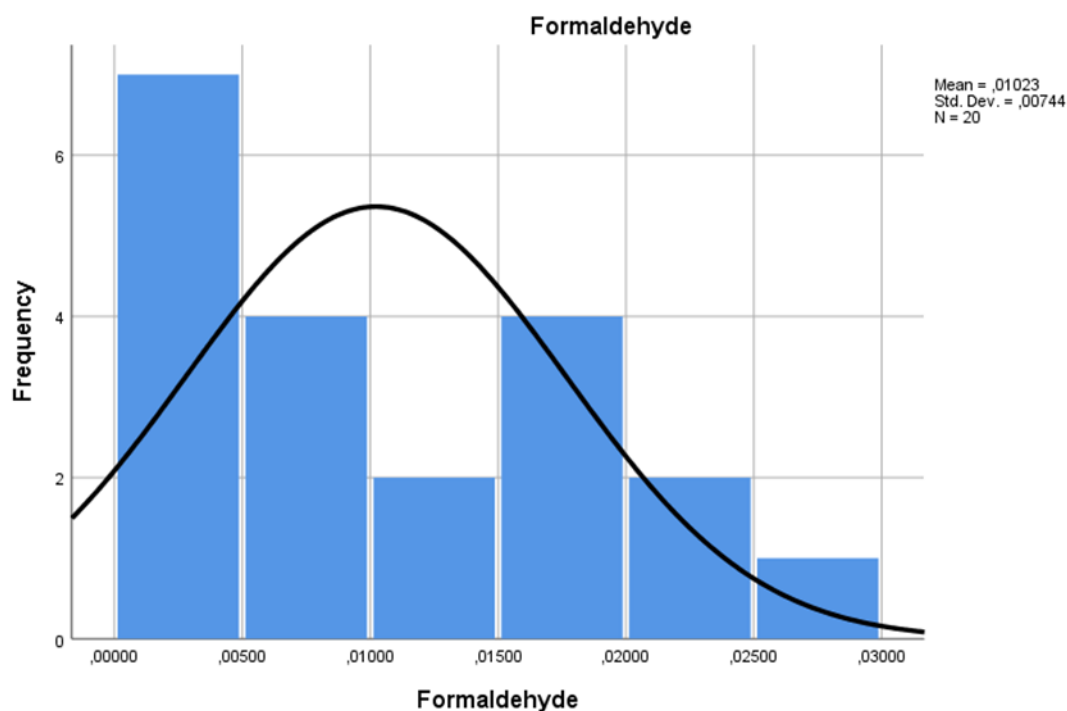
Alle ansatte i patologiavdelingen som målingene ble utført i, hadde fått tilstrekkelig informasjon om denne studien. Dette innebar å informere dem om målsetting, planlegging, gjennomføring og resultat fra studien i etterkant. Dessuten er forskeren pliktig til å informere ansatte at deltakelse i dette prosjekt er frivillig. Studien inneholder ikke navn på deltakere.

Ett av målene for studien er å identifisere risiko(er) og vurdere tiltak som skal redusere risiko(er). Derfor er det viktig å involvere og informere vernetjeneste, så lenge dette kan presentere et arbeidsmiljøproblem. Det er lederens ansvar å presentere resultater til den øverste ledelsen og arbeidsmiljøutvalget for å drøfte veien videre samt legge en plan for gjennomføring av anbefalte tiltak.

Resultater

Personlig prøvetaking

Målinger av formaldehyd ble gjennomført i løpet av åtte dager i perioden 9.- 27.april 2021. Det var ni deltakere fra fire yrkesgrupper som deltok i undersøkelsen, og totalt ble det tatt tjue prøver ved hjelp av dosimetre. Alle målingene viste verdier under den norske grenseverdien for formaldehyd på 0,3ppm (Vedlegg 2). Grafen til de tjue målingene (Figur 5), viser en tydelig skjevfordeling. Basert på dette kan man ikke konkludere med at måleresultatene er normalfordelte.



Figur 5 Graf for målingsresultater for de tjue personlige prøvetakinger

Når alle målingene ble inkludert hadde eksponeringen for formaldehyd et aritmetisk gjennomsnitt (AM) på 0,010ppm, med en spredning på <LOD-0,025ppm (Tabell 5). Prøvetakingstiden varierte i området 195-435 minutter.

Patologene hadde signifikant høyere eksponering (AM=0,018ppm) enn bioingeniørene (0,06ppm) ($p=0.003$; uavhengig t-test) (Tabell 5). De fem målinger av patologene ble tatt på

dager de jobbet på makrolaboratoriet, dvs. der eksponeringen for formaldehyd var forventet å være høyest. For disse fem dagene varierte oppholdstiden på makro mellom 155 og 278 minutter. Tre av målingene for bioingeniørene var under LOD, og som tidligere beskrevet er disse resultatene erstattet med LOD/2 i de statistiske analysene.

Det var en preparant som deltok i undersøkelsen. Målingene for denne personen ble tatt på spesielt utvalgte dager med arbeidsoppgaver man antok medførte høy eksponering. Den ene målingen viste den høyeste eksponeringsverdien (0,025ppm), mens den andre målingen på 0,015ppm var også blant de høyeste målingene i denne undersøkelsen (Tabell 5). På den første måledagen gjennomførte preparanten arbeidsoppgaver i oppfyllingsrom, der 35% formalin-løsning ble fortynnet til 4%, og pumpet til kjemikalietank. Prosessen varte i 15 minutter. I tillegg jobbet hen på makrolaboratorium i ca. 30 minutter for å preparere prøver. Den andre måledagen brukte preparanten cirka to timer på å makulere obduksjons preparater, da han tømte 50 bøtter på 1-10 liter med ulike konsentrasjoner av formalin (4%-10%). I tillegg gjennomførte han visuell kontroll på avfallstank, som ligger utenfor bygningen.

Sekretærene hadde som forventet lavest eksponering. Begge måledagene viste et eksponeringsnivå på 0,003ppm. Dette kan sees på som akseptabelt eksponeringsnivå etter den norske grenseverdien for eksponering for formalin.

Tabell 5 eksponering for hver yrkesgruppe

Yrkesgruppe	Antall målinger	Prøvetakingstid AM ^a (min-max)	Antall <LOD ^b	AM ^a	Median	Min	Maks
Bioingeniør	11	0,003-0,015	3	0,006	0,006	<LOD	0,015
Patolog	5	0,013-0,022	0	0,018	0,019	0,013	0,022
Preparant^c	2	0,015-0,025	0	0,020	0,020	0,015	0,025
Sekretær	2	0,003-0,003	0	0,003	0,003	0,003	0,003
Alle	20	0,003-0,025	3	0,010	0,009	<LOD	0,025

^a AM=aritmetisk gjennomsnitt; ^b LOD=Limit of detection; ^c Målinger på to dager da en preparant utførte en spesiell arbeidsoppgave med antatt høy eksponering

Eksposeringer etter arbeidsoppgaver

De fire yrkesgruppene gjennomfører forskjellige arbeidsoppgaver utfra deres spesialiseringer. Opplysninger i loggen, som ble brukt under gjennomføring av målingene, er brukt for å referere målingsresultater til arbeidsoppgaver. Det er for å finne sammenhengen mellom arbeidsoppgave og det forventet eksponeringsnivå.

Arbeidsoppgavene ble det inn i fire grupper basert på hvor de tilbrakte den største delen av arbeidsdagen (Tabell 6):

- Prøvemottak og kontor
- Histologi
- Fiksering
- Andre oppgaver, omfatter de andre oppgavene som er nevnt over for preparant.

Tabell 6 Oversikt over eksponering etter arbeidsoppgaver.

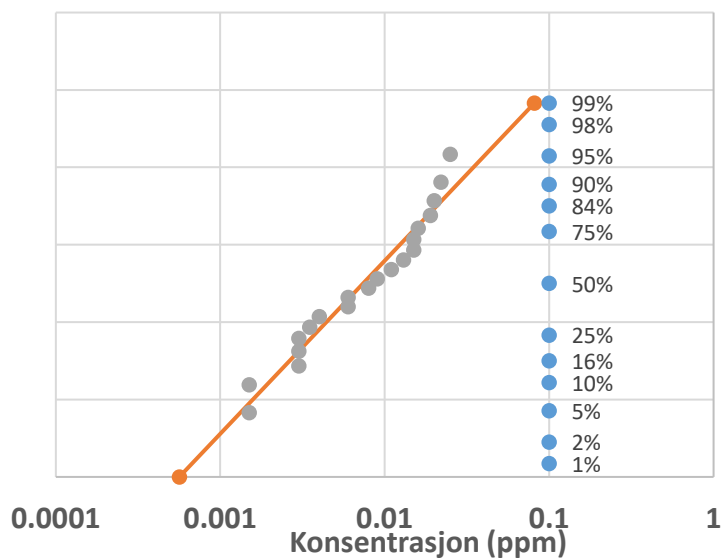
Arbeidsoppgave	Antall målinger	Prøvetakingstid AM ^a (min-max)	Antall <LOD ^b	AM ^a	Median	Min	Maks
Prøvemottak og kontor	2	0,003-0,003	0	0,003	0,003	0,003	0,003
Histologi	8	<0,003-0,011	3	0,005	0,005	<LOD	0,011
Fiksering	8	0,008-0,022	0	0,015	0,016	0,008	0,022
Andre ^c	2	0,015-0,025	0	0,020	0,020	0,015	0,025

^aAM=aritmetisk gjennomsnitt; ^b LOD=Limit of detection; ^c Spesielle oppgaver for preparant i oppfyllingsrom og tømning av formalinbøtter

Sammenligning med grenseverdi – personlige målinger

Sammenlignbare eksponeringsgrupper (SEG)

I første omgang ble arbeidstakerne antatt å ha sammenlignbar eksponering, og tilhøre samme SEG. Log-sannsynlighetsplott tyder imidlertid på at det er flere SEG i måleserien siden målingene ikke vurderes til å ligge på samme linje (Figur 6). Dette medfører at en må revurdere grupperingen, og gjennomføre en ny vurdering av inndeling i SEG for deltakere ([Standard Norge, 2019](#)).



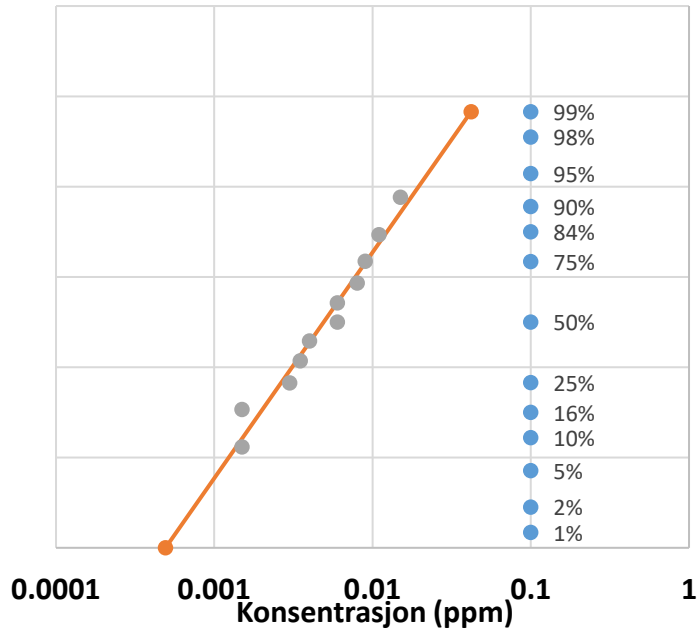
Figur 6. Log-sannsynlighetsplott for alle tjue målingene av formaldehyd.

I neste trinn ble de fire målingene som avvek mest fra den rette linjen fjernet, dvs. de to laveste (sekretær) og de to høyeste (preparant med spesielle arbeidsoppgaver). De resterende målingene av bioingeniører og patologer (n=16) falt heller ikke langs en rett linje når de ble plottet i samme figur (ikke vist).

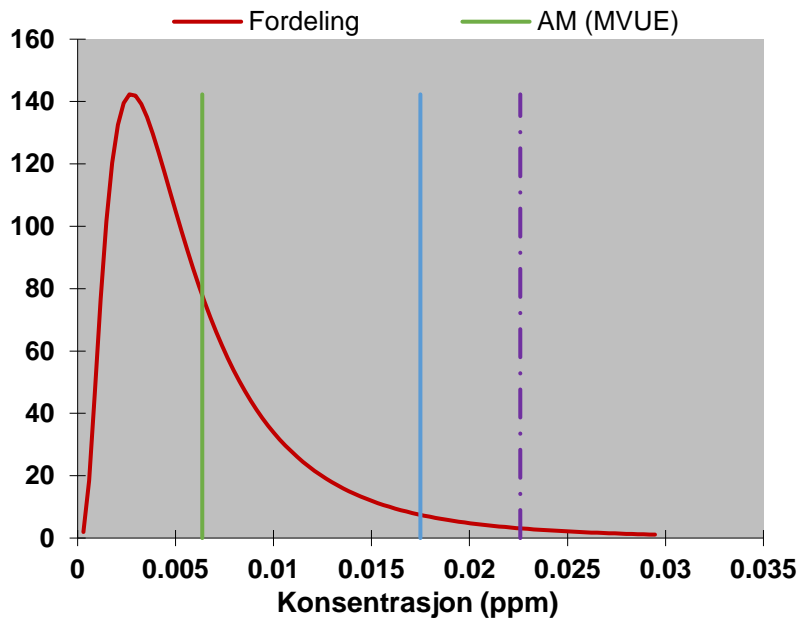
Når eksponeringene for bioingeniører og patologer ble plottet hver for seg (Figur 7 og 8) faller imidlertid punktene på rette linjer, og tyder som tyder på at hver av disse kan betraktes som SEGs.

Bioingeniører

Basert på NS-EN 689, kan en vurdere undersøkelsen for den gruppen som detaljert undersøkelse. Antall målinger var minst seks, og de tilhørte en SEG (Figur 7) ([Standard Norge, 2019](#)). Figur 8 viser en skjevfordeling av måledataene for bioingeniørene, og basert at det er log normalfordeling, angir Yh-hjelp, 95-percentilen som 0,017ppm med EØK=0,023ppm. Siden EØK er betydelig under grenseverdien for formaldehyd (0,3ppm), konkluderes det med at eksponeringen er akseptabel.



Figur 7 log- sannsynlighetsplott for bioingeniører.



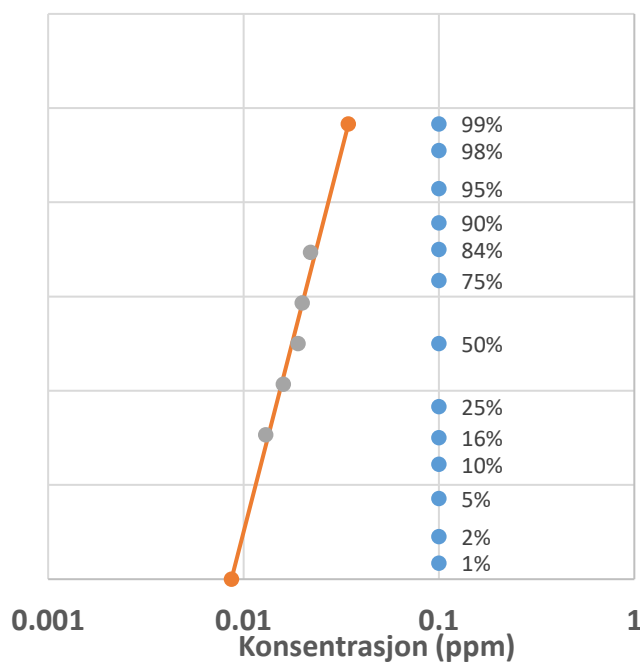
Figur 8. Log-normalfordelingsplott for bioingeniører.

Patologer

Ifølge Arbeidstilsynet veiledning om kartlegging og vurdering av kjemisk eksponering, som er basert på EN-689, skal målinger til patologer vurderes som «Forenklet undersøkelse». Det er

på grunn av antall målinger (fem målinger) ([Arbeidstilsynet, 2020b](#)). Figur 9 viser at disse måledataene faller langs en rett linje. Ut fra det kan en vurdere patologer som en SEG.

Ifølge den nevnte standarden er det maksimumsverdien som er avgjørende for om eksponeringen er akseptabel eller ikke ([Arbeidstilsynet, 2020b](#)). Her er maksimumsverdien (0,022ppm) som tilsvarer 7,3% av grenseverdien for 8-timers eksponering for FA (0,3ppm). Det vil si at en kan konkludere at eksponering for denne yrkesgruppen er akseptabel.



Figur 9 Log-sannsynlighetsplott for patologer.

Øyeblikks målinger – sammenligning med takverdi

Som har det blitt nevnt i kapittel for metode, ble det tatt fire øyeblikkelige målinger av formaldehyd ved arbeidsoppgaver utført av preparanten og to bioingeniører. Målingene, bortsett fra prøve 1, ble tatt i nærheten av arbeidstakeren som gjennomførte disse oppgavene. Bildet under (Figur 10) viser de fire rørene etter målingen:

- Den første røret (Figur 10; venstre rør), er en «worst case» måling, som var gjennomført ved åpning av en dunk av formalin (35%). Hele fargen til røret ble til mørk rosa, det vil si at konsentrasjon av formaldehyd var over 2,5ppm. Det var preparant på rommet

da målingen ble gjennomført. Preparant var ikke i nærheten av formalin dunken. Derfor er det vurdert å ikke sammenlikne den verdien med korteksponeringsverdien.

- Det andre og tredje røret (Figur 10; de to rørene i midten) viser målinger ved fremføringsmaskin, under utbytting av formalin dunk i maskinen. Prosessen tar vanligvis et par minutter. Begge rørene viser en lys rose farge i underkant av 0,2ppm.
- Det fjerde (Figur 10; høyre rør) ble brukt i oppfyllingsrom under oppfyllingsprosess. Det var litt misfarging i røret. Det vil si at konsentrasjon av formaldehyd var mindre enn 0,2ppm.

Måleresultatene for prøvene 2,3, og 4 var under takverdi for formaldehyd (1ppm).



Figur 10 Bilde av de fire fargeindikasjonsrørene som ble benyttet til øyeblikksmålinger av formaldehyd ved spesielle arbeidsoppgaver for preparant: Venstre rør ved åpning av formalindunk (resultat >0,2ppm), de to rørene i midten viser målingsresultater ved fremføringsmaskin (<0,2ppm), og fjerde rør viser målingsresultat under oppfyllingsprosess (<0,2ppm))

Luftstrøms måling

Luftstrøms måling med Dräger Air Flow Tester KIT ble gjort i fire avtrekkskap i avdelingen. Det ble observert at retningen til røyken var oppover mot åpning til avtrekkskap. Det vil si at avtrekkskap suger av luft som inneholder forurensings damp, slik at ansatte ikke blir eksponert for det. Bildet under viser retning til røyk, men det var vanskelig å fange opp røyken i bildet (Figur 11)



Figur 11 Luftstrøms retning test ved Dräger Air Flow Tester KIT vises ved røykretning mot avsug i avtrekkskap.

Diskusjon

Ansatte i patologi avdeling sin eksponering for formaldehyd varierte i området <0,003-0,025ppm. Alle resultatene ligger under den norske grenseverdien for formaldehyd på 0,3ppm. Patologene hadde høyere gjennomsnittseksponering (0,018ppm) enn bioingeniørene (0,006ppm). Eksponeringen for begge disse yrkesgruppene var akseptabel når den ble vurdert i tråd med den nye standarden for sammenligning med grenseverdi. De to målingene for sekretærer var som forventet lave (0,003ppm). Arbeidsoppgavene innen fiksering var forbundet med høyere eksponering (0,015ppm) enn arbeid med histologi (0,005ppm). Preparanten hadde relativt høy eksponering på de to dagene han utførte spesielle oppgaver med håndtering av formalinløsninger (0,015 og 0,025ppm). Øyeblikksmålinger tatt i pustesonen ved spesielle arbeidsoppgaver overskred ikke takverdien (1ppm), og ikke heller korttidsverdien (0,6ppm). Ansatte brukte ikke verneutstyr som beskytter dem fra å inhalere damp og partikler. Ifølge måleresultatene var patologene og preparanten mest eksponert for formaldehyd. Prøvetakingen blant patologene ble tatt på dager der de jobbet på makrolaboratoriet. Eksponeringen på dager der patologene jobber mest andre steder, f.eks. i obduksjonsrom, ble ikke målt i denne undersøkelsen. Det er derfor usikkert om resultatene er helt representative for patologene sin eksponering. Men siden arbeid i obduksjonsrom foregår ganske sjelden forventes det at vi ikke har underestimert eksponeringen vesentlig for patologene. Etter organisatoriske tiltak, skal hver patolog jobbe hver annen dag på makrolaboratoriet, slik at eksponeringsnivået reduseres. Når en patolog skal jobbe på makrolaboratorium, skal en jobbe der fra ca. kl.8 til lunsjtid, det vil si en halv dag. Resten av dagen tilbringer de på kontor eller møterom for gjennomføring av andre oppgaver som de har.

Målingene for preparanten ble utført på to utvalgte dager med forventet høy eksponering. Selv om det ble tatt bare to målinger for preparanten, men tyder målingene på at de kan bli relativt høyt eksponert. Mest sannsynlig er gjennomsnittlig full-skift eksponering i denne jobbgruppen imidlertid lavere siden de vanligvis har arbeidsoppgaver med forventet lavere eksponering slik som koordinering av kapell/bårehus, og lik-stell. Resultatene viser at det er behov for en mer omfattende kartlegging for denne yrkesgruppen.

I måleperioden jobbet en av bioingeniørene på makrolaboratoriet, mens de andre jobbet mest på histologilaboratoriet. Målingene blant bioingeniørene dekker derfor dager med vanlig aktivitet for denne gruppen. I den kommende perioden er det forventet at bioingeniører skal tilbake til rulling i arbeidsoppgaver og gjennomfører det i de forskjellige avdelingens lokasjoner. Dette kan føre til endring i eksponeringsbildet til denne yrkesgruppen.

Sekretærene utfører mest kontorarbeid, men på grunn av deres jobb ved prøvemottaket var det en bekymring om de likevel kunne ha en viss eksponering. Målingene tyder på at denne eksponeringen er lav.

Arbeid med fiksering i makrolaboratoriet var forbundet med høyere eksponering enn arbeid med histologi i histologilaboratoriet. Dette var forventet basert på informasjon fra kartlegging av arbeidsplasser og prosesser, samt observasjoner i løpet av måleperioden. Fiksering betyr at vev blir fiksert i formalin og gjennomføres av både patologer og bioingeniører. Dette arbeidet omfatter åpning av prøveglass som medfører en viss avdamping av formaldehyd. Histologiarbeid omfatter støping, skjæring og farging av små vevssnitt, og medfører ikke avdamping av formaldehyd fra større flater.

Målingene viste et gjennomsnittlig eksponeringsnivå for patologer og bioingeniører på 0,018 og 0,006ppm, og blant disse var den høyeste eksponeringsmålingen på 0,022 ppm. Den aller høyeste fullskiftmålingen ble funnet for preparanten (0,025ppm). Også ved patologisk avdeling i Helse Stavanger var alle personlige målingene av formaldehyd lavere enn 0,08ppm ([Hatleskog, 2019](#)), som er under grenseverdien (0,3ppm). Maksimumsverdien i vår undersøkelse (0,025ppm) er lavere enn maksimumsverdiene i andre studier der det varierte mellom 0,12ppm ([Scheepers et al., 2018](#)) til 2,14ppm ([Fenech et al., 2016](#)). NIOSH anbefaler grenseverdien for yrkeseksponering for formaldehyd 0.016ppm med takverdi på 0,1ppm (Harbison et al., 2015). I vår undersøkelse var gjennomsnittsverdien (AM) for de tjue prøvene (0,01ppm) lavere enn NIOSH anbefaling. Destruering av gamle prøver er mest sannsynlig årsak til den høyeste verdien (0,025ppm) i vår undersøkelse. Dette er i samsvar med en amerikansk studie som viste at måleresultater for preparant var høy ved bruk av passiv metode. Dette var begrunnet at preparant og bioingeniører håndterte formaldehyd mer enn de andre yrkesgrupper ([Lee et al., 2017](#)).

Styrker og svakheter

For å sikre kvalitet i undersøkelser skal en bestemme validitet og reliabilitet til undersøkelsesdataene ([Grønmo, 2021](#)). Validitet viser i hvilken grad et instrument måler hva det skal måles ([Denise F. Polit, 2006](#)). Validitet kan deles til to deler; ekstern validitet; dvs. om studien eller resultater fra studien kan generaliseres, og intern validitet; dvs. troverdighet av studiens resultater. Eksempler på brudd på intern validitet er når forsker ikke følger opp alle steg i forskningsprosess, ikke stiller relevante spørsmål under kartlegging av arbeidsplass og prosesser og/eller ikke følger opp instruksene i måleplanen som skal sikre at kartlegging gjennomføres riktig.

Beskrivelse av arbeidsplassene er vesentlig i alle typer yrkeshygieniske kartlegginger og undersøkelser. Dette er presisert i EN-698 kap.5.1.3, som avklarer faktorer for kartlegging og analyse av arbeidsplasser ([Standard Norge, 2019](#)). Arbeidsoppgaver og prosesser, ventilasjon, verneutstyr og tiltak er en del av dette. I vår undersøkelse hadde vi to hovedkilder for slik kartlegging og analyse; møter og befaringer med lederen og verneombud samt Avdeling for patologi sitt kvalitets-styringssystem som inneholder viktig informasjon om denne arbeidsplassen. Jo mer man er nøye med beskrivelse av faktorer som kan påvirke eksponering, desto større validitet har måleresultatene ([Harrington, 2005](#)). Før sammenlikning med grenseverdi skal en kontrollere om utvalget kan defineres som en sammenliknbar gruppe (SEG) ([Standard Norge, 2019](#)). Arbeidsplass- og prosessbeskrivelser samt våre observasjoner i løpet av prøvetakingsperioden har gitt oss viktig bakgrunnsinformasjon for vurdering av sammenlignbare grupper (SEG). Utvalg av personer og jobbgrupper til undersøkelsen var bestemt etter opplysninger fra kartlegging og analyse av arbeidsplass og prosess (tabell 3 oversikt over arbeidsplass og oppgaver i patologi avdeling). Basert på dette ble det utarbeidet en prøvetakingsplan, som ble redigert etter informasjon og observasjoner under gjennomføring av målingene.

I måleperioden ble det brukt en logg (vedlegg 5) for å registrere daglige arbeidsoppgaver og generelle observasjoner. Et annet formål med bruk av logg var å registrere om det var avvik i oppfølgingen av instruks for prøvetaking og/eller oppfølging. Dette innebar, blant annet, riktig oppbevaring av prøver før det ble sendt til analyselaboratorium. Alle instruksene ble fulgt nøye. Observasjoner i måleperioden viste at de ulike yrkesgruppene ikke kunne vurderes som en sammenliknbar gruppe.

Eksponeringen for både bioingeniører og patologer var akseptabel etter retningslinjene for sammenligning med grenseverdi etter EN-689 ([Standard Norge, 2019](#)). Imidlertid var det bare bioingeniørene vi kunne vurdere som en detaljert undersøkelse ved beregning av EØK. Selv om eksponeringen for preparantene trolig er akseptabel, behøves flere og mer representative målinger kreves for å kunne sammenligne med grenseverdi for preparantene. Mer representative målinger er også nødvendig blant patologer for å verifisere våre resultater for denne gruppen. Et større antall målinger ville ha forsterket studiens validitet.

Passiv metode ved bruk av dosimeter for måling av formaldehyd ble bestemt etter dialog med STAMI som avklarte at denne metoden er like pålitelig som den aktive metoden. I USA ble det gjennomført en studie for å finne mulig forskjell i måleresultat for de to metodene (aktiv og passiv) ([Lee et al., 2017](#)). Resultatene viste en median for begge metodene som var nesten like (0,04ppm for aktiv og 0,05ppm for passiv metode). En mulig feilkilde ved bruk av dosimeter kan bestå ved sprut av formalin mens deltaker håndterer formalin. Dette kan gi høyre målingsresultat enn den aktive metoden ([Lee et al., 2017](#)). Vi observerte ingen sprut av formalin i våre målinger.

Økonomisk sett er passiv metode mer kostnadseffektiv sammenlignet med den aktive metoden ([Nothstein et al., 2000](#)). Bruk av aktiv prøvetaking krever kalibrering, kan oppleves som tungt å bære ved personlig måling og medfører sjenerende støy ([Shirdel et al., 2018](#)). Passiv metode, dosimetre, har derfor fordeler for både deltakere i undersøkelsen og den som gjennomfører den. En del av inneklimatefaktorer, som temperatur og trykk, luftfuktighet kan påvirker prøvetaking ved diffusjon. Lufthastigheten kan påvirke konsentrasjonsgrad av forurensing i luft ([Harrington, 2005](#)). Derfor er det avgjørende at instruks fra STAMI og produsentfirma for dosimeter blir fulgt opp for å sikre at målingene er riktige.

Det er behov for å skaffe mer opplysning om formaldehyd konsentrasjon i luft under gjennomføring av en del av arbeidsoppgaver. Basert på informasjon fra kartlegging av arbeids- plass og oppgaver i tabell 3, er det mistanke om kortvarig, høy eksponering for formalin under utbytting av formalin-dunk i fremføringsmaskin, og under oppfyllingsprosess i blandingsstasjon i kjelleren. De to nevnte oppgavene varer i mindre enn 15 minutter slik at en kan vurdere å ta korttidsmålinger for slike arbeidsoppgaver for å sammenligne med korttidsgrenseverdi for formaldehyd (0,6ppm), i tillegg til øyeblikksmålinger som vi utførte med fargeindikatorrør for sammenligning med takverdi for formaldehyd (1ppm). Ved usikkerhet om konsentrasjon av

forurensing i arbeidsatmosfære, kan en anta «worst case», ved å velge en situasjon, det vil si en plass som er forventet å ha ekstrem høy konsentrasjon og ta målinger der ([Harrington, 2005](#)). En slik «worst case» måling ble i vårt tilfelle tatt i ved åpning av en dunk med 35% formalin.

Kartleggingsfokus i denne oppgaven var på eksponering via inhalasjon, selv om hudeksponering er en mulighet som kan føre til helseeffekter. Sistnevnte ble neglisjert på grunn av arbeidstakeres bruk av hansker når de håndterer formaldehyd. Dette reduserer eksponeringsmuligheten.

Arbeidsoppgavene og lokalene i denne studien er trolig sammenlignbare med tilsvarende avdelingen i andre helseforetak i Norge, og skulle dermed ha god ekstern validitet. Imidlertid er denne avdelingen i landssammenheng blant de mindre med relativt færre ansatte og lavere aktivitet/produksjon sammenlignet med de større avdelingene. Det er vanskelig å vurdere om dette medfører en lavere eksponering siden det er svært mange faktorer som påvirker dette, bla.a bygningsmessige og ventilasjonstekniske forhold samt hvordan formalin håndteres.

Forslag til tiltak

Den målte eksponeringen er akseptabel med hensyn til norske grenseverdier. Siden formaldehyd er klassifisert som kreftfremkallende stoff skal man ifølge lovverket likevel forsøke å redusere eksponeringen så langt som praktisk mulig. Sett i lys av funn og diskusjon presentert tidligere i oppgaven, kan følgende tiltak anbefales:

- **Rullering av arbeidsoppgaver blant bioingeniører.**

Under planleggingsfasen til denne undersøkelsen var det tydelig at arbeidsplassen jobber kontinuerlig med å redusere eksponeringen for farlige kjemikalier som håndteres av ansatte. Et organisatorisk tiltak hadde blitt gjennomført var rullering av arbeidsoppgavene blant bioingeniører, men dette var avbrutt under måleperioden. Det er anbefalt at avdelingen gjenopptar dette tiltaket, for å redusere mulig eksponering for denne gruppen.

- **Preparantens eksponering for formaldehyd.**

I denne undersøkelsen ble det bare tatt to prøver for denne jobbgruppen. Dette har gitt et visst bilde av eksponeringen, men dette er ikke nok for å kunne avgjøre om dette er representativt for den daglige eksponeringen for denne jobbgruppen.

- **Risikovurdering av eksponering for formaldehyd.**

Resultater fra denne undersøkelsen kan brukes for å vurdere risiko ved håndtering av dette kjemikalet. Det er viktig å ta med ventilasjonseffektivitet som spiller en stor rolle i fortynning av forurensinger i arbeidsatmosfæren. Bruk av verne utstyr (PPE) ved spesielt utsatte oppgaver, eller ved søl/uhell bør vurderes som tiltak i denne risikovurderingen.

Konklusjon

Masteroppgaven framstiller eksponering for formaldehyd blant ansatte ved en patologisk avdeling. Resultatene viste at patologene var mer eksponerte for formaldehyd enn bioingeniørene. Eksponeringen for begge disse yrkesgruppene var akseptabel når den ble vurdert i tråd med den nye standarden for sammenligning med 8-timers grenseverdi for formaldehyd. Preparanten hadde omtrent like høy eksponering som patologene, men de to målingene av preparanten ble tatt på to dager da han utførte spesielle oppgaver med håndtering av formalinløsninger. Disse to målingene var trolig ikke representative for gjennomsnittlig eksponering for denne yrkesgruppen siden disse oppgavene blir utført sjelden (ca en gang per måned). Som forventet viste de to målingene blant sekretærer lave nivåer av formaldehyd.

Undersøkelse av eventuelle helseeffekter var ikke et fokus i denne studien. Men resultatene vil kunne benyttes i en risikovurdering med hensyn til eksponering for formaldehyd blant ansatte i avdelingen, spesielt ved å bidra til å vurdere eventuell tilrettelegging av arbeidsoppgaver for gravide arbeidstakere. Formaldehyd er klassifisert som kreftfremkallende, og ifølge lovverket skal eksponeringsnivået derfor reduseres så langt som praktisk mulig. En systematisk overvåking av eksponeringen anbefales. Ny vurdering av eksponering bør gjennomføres ved endringer i arbeidsprosesser eller ombygginger som påvirker ventilasjonen. Det anbefales å fortsette med tiltak for å redusere eksponering blant ansatte, bl.a. organisatoriske tiltak som rullering av arbeidsoppgaver.

Referanser

- Arbeids- og sosialdepartementet. (2017). *Internkontrollforskriften*. Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1996-12-06-1127?q=systematisk%20helse-%20milj%C3%B8-%20og%20sikkerhets>
- Arbeids- og sosialdepartementet. (2021). *Forskrift om tiltaks- og grenseverdier*. Retrieved from <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-tiltaks--og-grenseverdier/8/1/>
- Arbeidstilsynet. (2020a). Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemikalier. <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/>
- Arbeidstilsynet. (2020b). Vurdering av resultater fra måling av kjemiske forurensinger. <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksponering-for-kjemikalier/vurdering-av-maleresultat/>
- Grunnlag for fastsettelse av grenseverdi Formaldehyd*, (Januar 2021a). <https://www.arbeidstilsynet.no/contentassets/d29c9b1df6bd4d40ad59af8aec2b9218/grunnlagsdokument-formaldehyd---horingsutkast-januar-2021.pdf>
- Arbeidstilsynet. (Januar 2021b). *Grunnlag for fastsettelse av grenseverdi formaldehyd*. <https://www.arbeidstilsynet.no/contentassets/d29c9b1df6bd4d40ad59af8aec2b9218/grunnlagsdokument-formaldehyd---horingsutkast-januar-2021.pdf>
- Arbeidstilsynet. (u.å). *Grenseverdier for kjemisk eksponering*. <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/grenseverdier-for-kjemisk-pavirking/>
- Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, (2021). <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-tiltaks--og-grenseverdier/>
- Bakke, B. (2013). Eksponering for kjemikalier i norsk olje- og gassindustri. *STAMI-rapport*. <http://hdl.handle.net/11250/2410985>
- Breuer, D. (2010). Analytical Performance Issues: GESTIS Database: International Limit Values for Chemical Agents-A Readily Accessible Source of Occupational Exposure Limits

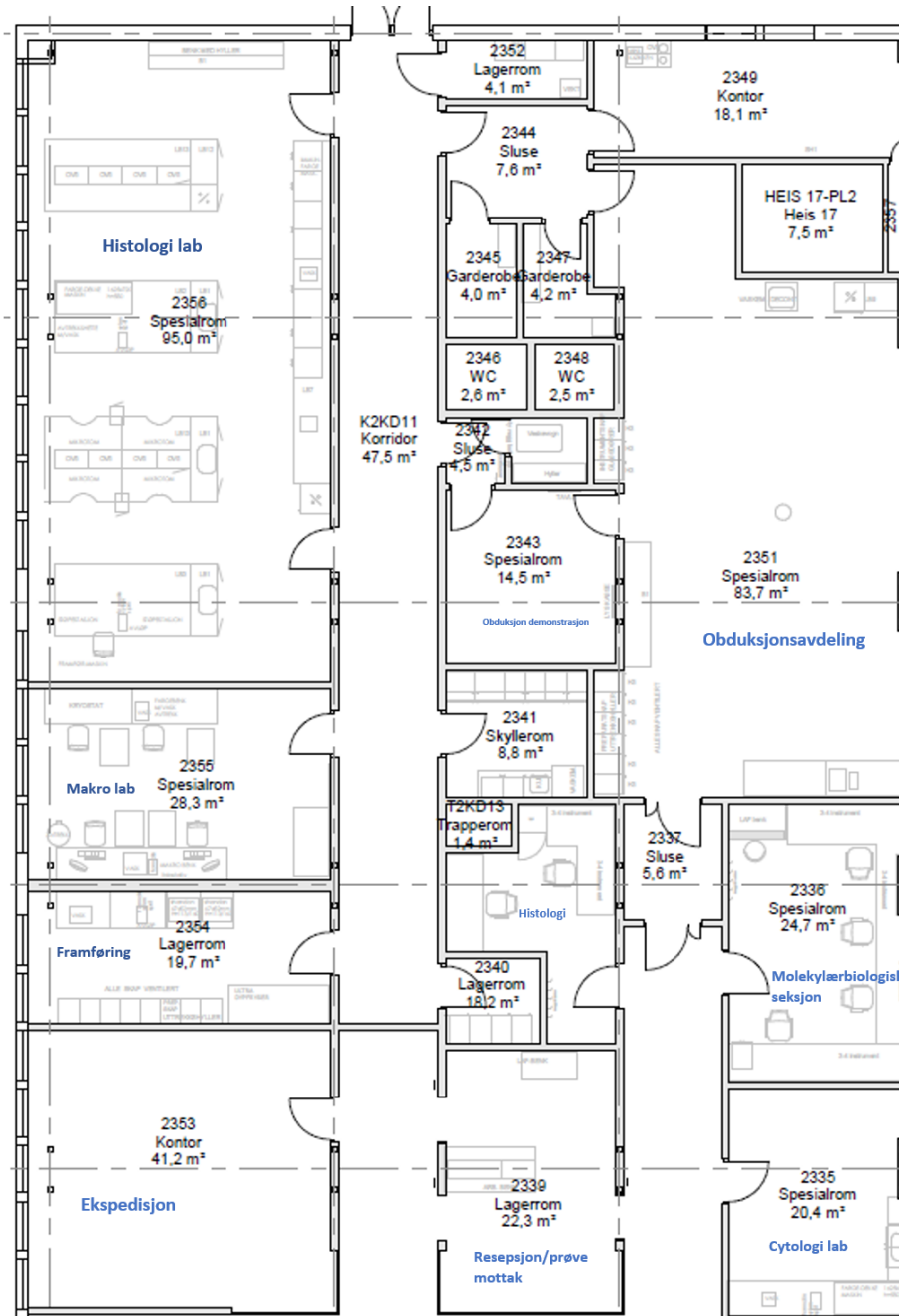
- (OELs). *J Occup Environ Hyg*, 7(7), D37-D42.
<https://doi.org/10.1080/15459621003781231>
- Clark, R. P. (1983). Formaldehyde in pathology departments. *J Clin Pathol*, 36(8), 839-846.
<https://doi.org/10.1136/jcp.36.8.839>
- Costa, S., Costa, C., Madureira, J., Valdiglesias, V., Teixeira-Gomes, A., Guedes de Pinho, P., Laffon, B., & Teixeira, J. P. (2019). Occupational exposure to formaldehyde and early biomarkers of cancer risk, immunotoxicity and susceptibility. *Environmental Research*, 179(Pt A). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108740>
- Denise F. Polit, C. T. B. (2006). *Essentials of Nursing Research: Methods, Appraisal, and Utilization*.
- Dräger Safety AG & Co. KGaA. (2021). *Handbook for Dräger-Tubes and MicroTubes 20th edition*. <https://www.draeger.com/Products/Content/tubes-hb-9092086-en-master.pdf>
- Fenech, M., Nersesyan, A., & Knasmueller, S. (2016). A systematic review of the association between occupational exposure to formaldehyde and effects on chromosomal DNA damage measured using the cytokinesis-block micronucleus assay in lymphocytes. *Mutation research. Reviews in mutation research*, 770, 46-57.
<https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2016.04.005>
- Grønmo, S. (2021). *Kvantitativ metode*. https://snl.no/kvantitativ_metode
- Harbison, R. D., Bourgeois, M. M., & Johnson, G. T. (2015). *Hamilton & Hardy's industrial toxicology* (Sixth edition. ed.). Wiley.
- Harrington, K. G. a. J. M. (2005). *Occupational Hygiene* (K. G. a. J. M. Harrington, Ed.). Blackwell Publishing.
- Hatleskog, L. (2019). Formalin til besvær. *Tidsskrift for Den norske legeforening*.
- Hornung, R. W., & Reed, L. D. (1990). Estimation of average concentration in the presence of nondetectable values. *Applied occupational and environmental hygiene*, 5(1), 46-51.
- IARC. (2021). *List of classifications by cancer sites*. Retrieved from file:///C:/Users/ehtis/OneDrive/Dokumenter/OneDrive/master/Classifications_by_cancer_site.pdf
- Johnson, K. J., & Hughes, J. M. (2012). *Formaldehyde Five-Day Passive Chemical Dosimeter Badge Validation Study*.

- Ladeira, C., Viegas, S., Carolino, E., Prista, J., Gomes, M. C., & Brito, M. (2011). Genotoxicity biomarkers in occupational exposure to formaldehyde—The case of histopathology laboratories. *Mutation research. Genetic toxicology and environmental mutagenesis*, 721(1), 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2010.11.015>
- Lee, E. G., Magrm, R., Kusti, M., Kashon, M. L., Guffey, S., Costas, M. M., Boykin, C. J., & Harper, M. (2017). Comparison between active (pumped) and passive (diffusive) sampling methods for formaldehyde in pathology and histology laboratories. *J Occup Environ Hyg*, 14(1), 31-39. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1211284>
- McDermott, H. J., & Ness, S. A. (2004). *Air monitoring for toxic exposures* (2nd ed. ed.). Wiley-Interscience.
- Norge, S. (2021). EN 482 Prosedyrer for bestemmelse av konsentrasjon av kjemiske stoffer. 28.
- Nothstein, G. L., Hahne, R. M. A., & Spence, M. W. (2000). Evaluation of the Cost-Effectiveness of Various Passive Monitors and Active Monitors for Industrial Hygiene Sampling. *AIHAJ*, 61(1), 64-68. <https://doi.org/10.1080/15298660008984516>
- OSHA. (May 2005). *Formaldehyde (Diffusive Samplers)*. <https://www.osha.gov/sites/default/files/methods/osha-1007.pdf>
- Salthammer, T., & Mentese, S. (2008). Comparison of analytical techniques for the determination of aldehydes in test chambers. *Chemosphere*, 73(8), 1351-1356. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.06.054>
- Scheepers, P. T. J., Graumans, M. H. F., Beckmann, G., Dael, M. F. P. v., Anzion, R. B. M., Melissen, M., Pinckaers, N., Wel, L. v., Werdt, L. M. A. d., Gelsing, V., & Linge, A. v. (2018). Changes in Work Practices for Safe Use of Formaldehyde in a University-Based Anatomy Teaching and Research Facility. *Int J Environ Res Public Health*, 15(9), 2049. <https://doi.org/10.3390/ijerph15092049>
- Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. (2016). Formaldehyde Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits.
- Shirdel, M., Andersson, B. M., Bergdahl, I. A., Sommar, J. N., Wingfors, H., & Liljelind, I. E. (2018). Improving the UNC Passive Aerosol Sampler Model Based on Comparison with

- Commonly Used Aerosol Sampling Methods. *Ann Work Expo Health*, 62(3), 328-338.
<https://doi.org/10.1093/annweh/wxx110>
- Smedbold, H. T. (2020). yrkeshygiene kunnskapsbase.
<https://yrkeshygiene.no/kunnskapsbase/>
- Standard Norge. (2019). NS-EN 689:2018+AC:2019. . In *Arbeidsplassluft. Måling av eksponering for kjemiske stoffer ved innånding. Strategi for prøving av samsvar med yrkeshygieniske grenseverdier.*
- Standard Norge. (2021). NS-EN 482:2021. In *Arbeidsplassluft — Prosedyrer for bestemmelse av konsentrasjon av kjemiske stoffer — Grunnleggende ytelseskrav.*
- The Health and Safety Executive UK, H. (january 2020). EH40/2005 Workplace exposure limits. 61. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/eh40.pdf>
- Wania, F., & Shunthirasingham, C. (2020). Passive air sampling for semi-volatile organic chemicals. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 22(10), 1925-2002.
- Yrkeshygiene. (2021). YH-HJELP. <https://yrkeshygiene.no/kb/yh-hjelp/>
- Zhang, L., Tang, X., Rothman, N., Vermeulen, R., Ji, Z., Shen, M., Qiu, C., Guo, W., Liu, S., Reiss, B., Freeman, L. B., Ge, Y., Hubbard, A. E., Hua, M., Blair, A., Galvan, N., Ruan, X., Alter, B. P., Xin, K. X., Li, S., Moore, L. E., Kim, S., Xie, Y., Hayes, R. B., Azuma, M., Hauptmann, M., Xiong, J., Stewart, P., Li, L., Rappaport, S. M., Huang, H., Fraumeni, J. F., Smith, M. T., & Lan, Q. (2010). Occupational Exposure to Formaldehyde, Hematotoxicity, and Leukemia-Specific Chromosome Changes in Cultured Myeloid Progenitor Cells. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 19(1), 80-88. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.epi-09-0762>

Vedlegg

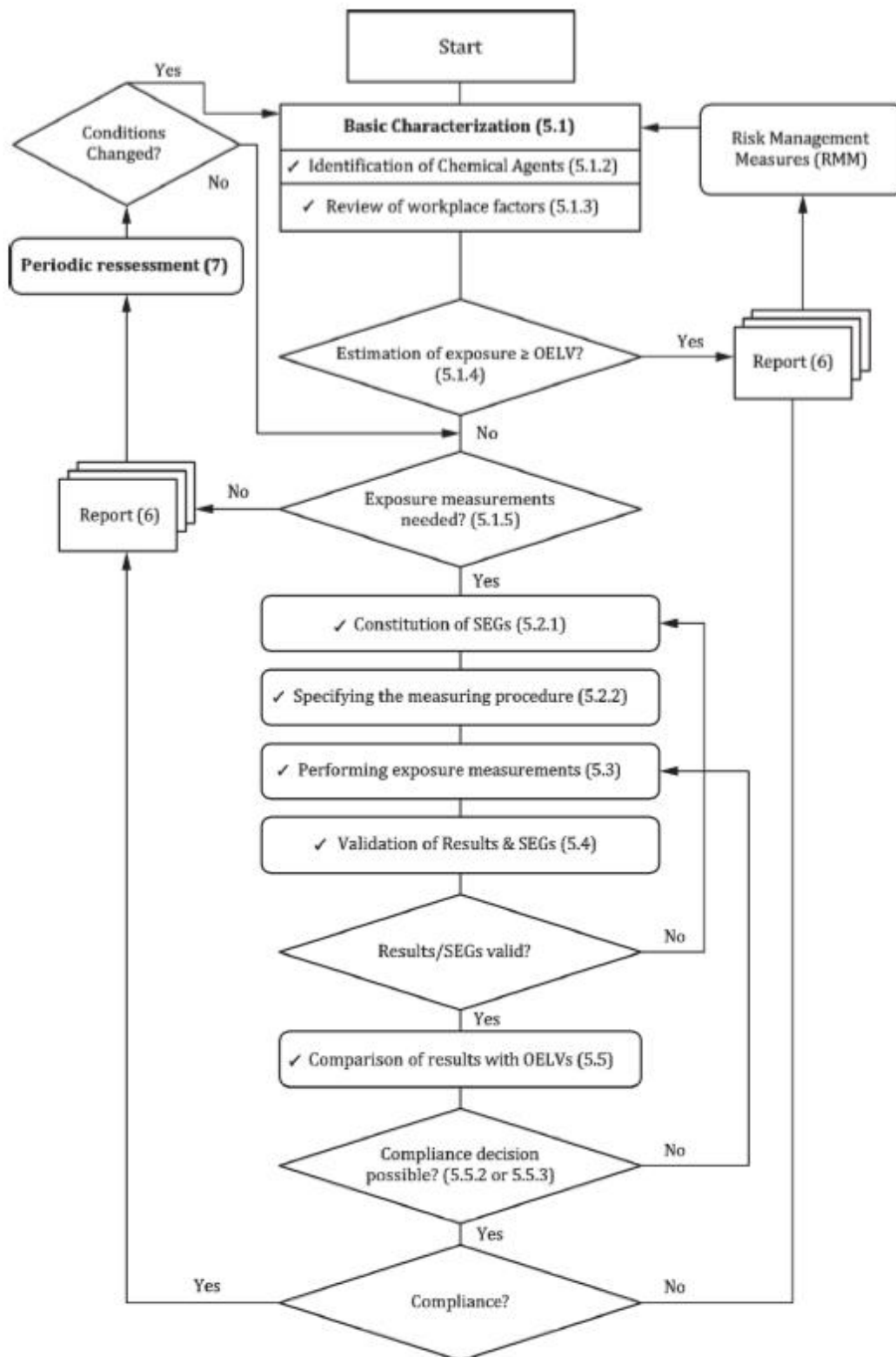
Vedlegg 1 viser en skisse av patologi-avdelingen som ligger i bygningen til Førde sentralt sykehus (FSS), 2.etg.



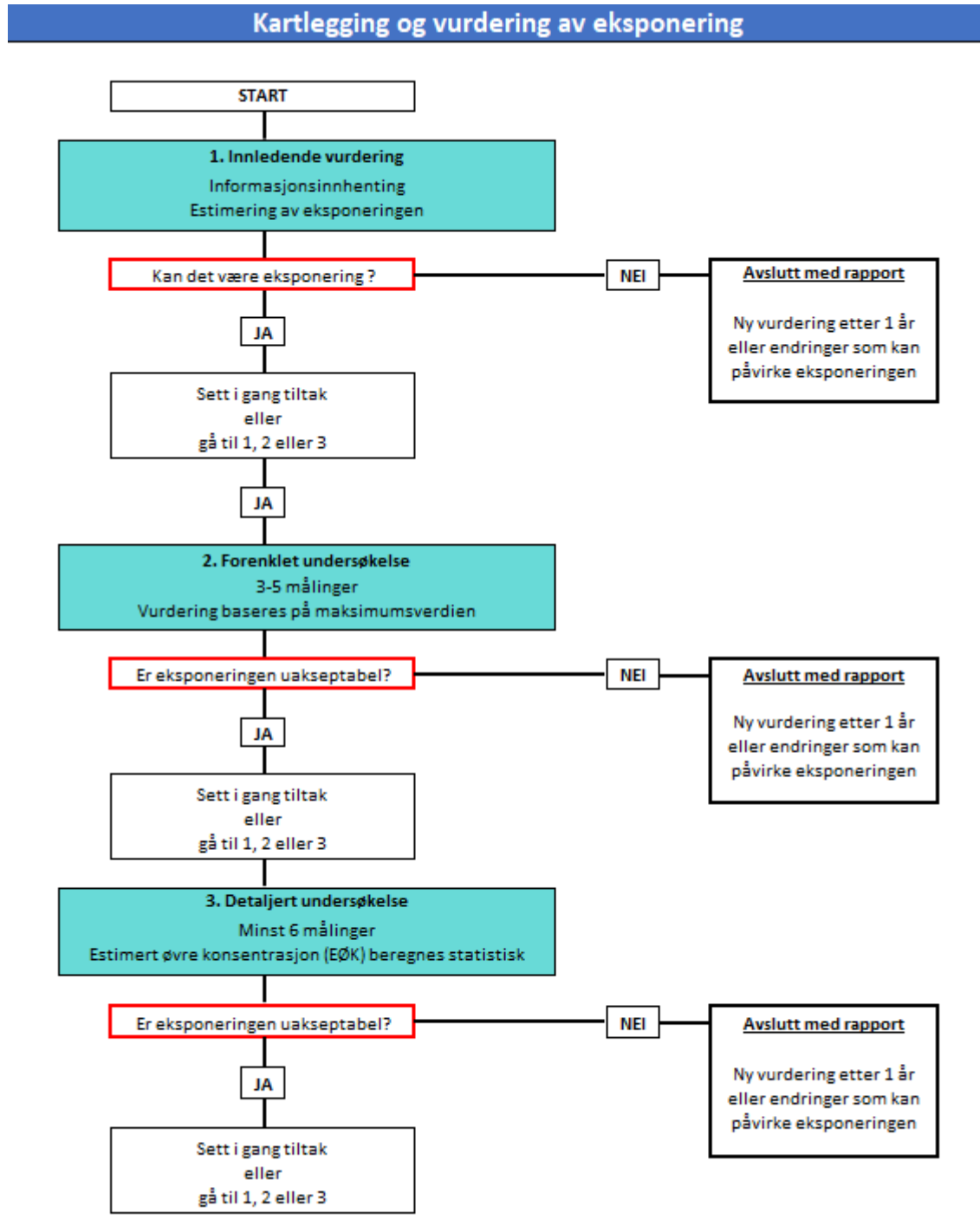
Vedlegg 2. Målingsresultater for personlige målinger

Prøve nr.	Dato	Yrkesgruppe	Prøvetid (min)	Formaldehyd Ppm.
1	09.04	bioingeniør 3	340	0,009
2	13.04	bioingeniør 1	370	0,006
3	12.04	preparant	390	0,015
4	12.04	patolog 1	375	0,022
5	12.04	bioingeniør 3	435	0,015
6	13.04	patolog 2	365	0,013
7	09.04	bioingeniør 4	415	0,006
8	14.04	preparant	412	0,025
9	14.04	patolog 1	395	0,019
10	16.04	bioingeniør 2	195	<0,007
11	16.04	bioingeniør 1	310	0,011
12	16.04	bioingeniør 5	400	0,004
13	19.04	bioingeniør 4	422	< 0,003
14	27.04	Bioingeniør 5	370	0,003
15	19.04	patolog 2	412	0,020
16	21.04	bioingeniør 3	387	0,008
17	19.04	sekretær	415	0,003
18	21.04	sekretær	405	0,003
19	27.04	bioingeniør 2	410	<0,003
20	27.04	patolog 2	405	0,016

Vedlegg 3. Flytskjema for vurderingsprosedyre av yrkeseksponering fra EN 689



Vedlegg 4. Flytskjema for kartlegging og vurdering av eksponering. Flytskjema er tatt fra Arbeidstilsynet ([Arbeidstilsynet, 2020a](#))



Vedlegg 5. Logg for målingsplan, daglige arbeidsoppgaver under målingsperiode

Må- ling nr.	Deltaker/yrkes- gruppe	Prøvedato prøvetid	Arbeidsoppgaver/arbeids- plass	Kommentar
1	A1: bioingeniør 1			
2	A2: bioingeniør 1			
3	B1: preparant			
4	B2: preparant			
5	C1: patolog1			
6	C2: patolog 1			
7	D1: patolog 2			
8	D2: patolog 2			
9	D3: patolog 2			
10	E1: bioingeniør 3			
11	E2: bioingeniør 3			
12	F1: bioingeniør 3			
13	F2: bioingeniør 3			
14	F3: bioingeniør 3			
15	G1: bioingeniør 4			
16	G2: bioingeniør 4			
17	H1: Sekretær			
18	H2: Sekretær			
19	I1: bioingeniør 5			
20	I2: bioingeniør 5			