

Foreløpig rapport 25.06.23

Kartlegging og karakterisering av eksponering i byggebransjen ved riving og renovering av bygg (ByggX)

21/00109

Torunn K. Ervik, Johanne Østereng Halvorsen, Pål Graff og Nils Petter Skaugset



Sammendrag

Hovedmålet med prosjektet er å kartlegge støv- og kvartseksposeringen for arbeidere som jobber med innvendig riving og renovering av bygg og med fokus på materialer som betong og murstein. Arbeid med og på disse materialene kan frigjøre store mengder støv- og kvartspartikler. Kvartseksposering er spesielt viktig å undersøke på grunn av de negative helseeffektene som er knyttet til denne eksponeringen.

Prosjektet er et internt stipendiatprosjekt finansiert av STAMI. Prosjektet har også mottatt prosjektstøtte fra bransjeprogrammet Inkluderende Arbeidsliv for bygg og anlegg (IABA). Tidsperioden for prosjektet er fra desember 2021-juni 2025. Midlene fra IA programmet ble blant annet brukt til å kjøpe prøvetakingsutstyr til prosjektet. Det bidro til at prøvetaking kunne utføres på kort varsel. Uten midlene fra IA programmet hadde det blitt færre målinger. Det har også vært veldig verdifullt med kontakten inn mot IA bransjeprogrammet for bygg og anlegg.

Prosjektet startet opp i desember 2021 med eksponeringsmålinger på byggeplasser. I løpet av 2022 og starten av 2023 ble det gjort målinger på til sammen 13 byggeplasser, de fleste lokalisert i Oslo og omegn. Det er den respirable fraksjonen av støvet som er mest relevant for kvartseksposeringen knyttet til negative helseutfall, og prosjektet har derfor fokusert på å samle inn respirable luftprøver. Der det har vært mulig er det også samlet torakale og inhalerbare luftprøver (se Figur 2 for en forklaring av støvfraksjonene). Totalt er det samlet 181 respirable prøver, og så langt analysert 152 av disse for kvarts.

De foreløpige resultatene viser at halvparten av prøvene er over nåværende grenseverdi for kvarts ($0,05 \text{ mg/m}^3$) [1]. Ved noen lokasjoner og ved noen typer arbeidsoperasjoner dannes det spesielt høye konsentrasjoner. Felles for disse er at det ofte er tette bygg der det hovedsakelig er jobbet med bare murstein eller betong. Videre er eksponeringen ofte høy hvor pigging er involvert, enten ved riving av hele vegger eller for å komme inn til armeringsjern. Ved de mest støvete lokasjonene rapporterte arbeiderne som oftest at støvmaske ble benyttet under hele arbeidsdagen.

Hvis partiklene ikke fjernes effektivt, kan de minste partiklene spre seg til andre deler av bygget hvor det arbeides med andre oppgaver. Resultatene viser at nær halvparten av arbeiderne som jobber i nærheten av støvete arbeidsoperasjoner eller i andre deler av bygget var eksponert for kvartsnivåer over den nåværende grenseverdien. Det ble observert at disse arbeiderne som oftest ikke brukte støvmaske.

De foreløpige resultatene viser at det kan være utfordringer knyttet til støv- og kvartseksposering i denne bransjen ved innvendig riving og renovering av bygg. Det er viktig at bransjen har fokus på denne problemstillingen fremover i, også i den tidlige fasen av byggeprosjektet. Denne starter gjerne i byggherrens tidlige fase planlegging.

Innhold

	1
1. Bakgrunn og målsetting	1
2. Materialer og metode	1
2.1 Lokasjoner	1
2.2 Personbårne målinger	3
2.3 Direktevisende utstyr	4
2.4 Analysemetoder	4
3. Resultater og diskusjon	6
3.1 Støv og kvartsmålinger	6
3.2 Direktevisende målinger	9
4. Oppsummering	11
5. Videre arbeid	11
Referanser	11

1. Bakgrunn og målsetting

Byggebransjen omfatter 177 000 arbeidstakere hvor nesten 50 % av de ansatte som jobber innen byggevirksomhet angir at de i sitt arbeid eksponeres for støv og eksos eller andre forurensinger i arbeidsatmosfæren [2]. Nærmere 30% av tømrere og bygningsarbeidere oppgir at de kan se eller lukte mineralstøv på arbeidsplassen [3]. Til tross for dette eksisterer det begrenset data som kan si noe om støveksposeringen i denne bransjen.

Det grønne skiftet fører til et større fokus på at bygninger skal rehabiliteres istedenfor å rives og bygge nytt. Dette fører til mer innvendig riving og bearbeiding av eksisterende bygningsmasse som ofte består av betong og murstein. Byggematerialer som murstein og betong kan inneholde opptil 30% av mineralet kvarts. På kort sikt kan eksponering for mineralstøv gi luftveisplager og på lengre sikt lungekreft og KOLS [4, 5]. I 2021 ble grenseverdien på kvarts senket fra 0,1 mg/m³ til 0,05 mg/m³ [1]. Dette gir et ekstra insentiv til å se på hvilke nivåer av kvarts som dannes ved renoveringsarbeid. Det er også lite kunnskap om de kjemiske og fysiske egenskapene til partikler som frigjøres til arbeidsatmosfæren under rivingsarbeid samt bearbeiding av betong og mur.

Størrelsesfordelingen vil påvirke hvor partiklene deponeres i luftveiene ved inhalasjon og dermed påvirke hvilke helseeffekter de kan forårsake. Størrelsesfordelingen kan også ha betydning for hvilke valg av støvreduserende tiltak som kan være aktuelle.

Flere arbeidsoperasjoner (eksempelvis pigging) som utføres ved renoveringsarbeid medfører bruk av vibrerende verktøy. Innen bygge- og anleggsvirksomheter angir 30% arbeidstakerne å være utsatt for vibrasjoner [3].

Hovedmålet med prosjektet er å kartlegge og karakterisere eksponeringen for arbeidere som jobber med innvendig riving og bearbeiding av eksisterende bygg som skal renoveres. Spesifikke mål er å:

1. Kartlegge eksponeringen for arbeidere ved renoveringsprosjekter
2. Karakterisere byggestøv som funksjon av partikkelstørrelse
3. Måle eksponering for vibrasjoner hos arbeidere som jobber med håndholdt verktøy ved riving og renovering.

2. Materialer og metode

2.1 Lokasjoner

I løpet av prøvetakingsperioden januar 2022 - mars 2023 har prosjekter foretatt målinger på 13 byggeplasser hvorav de fleste har vært i Oslo-området. I tillegg ble det gjennomført et forprosjekt i november 2021. Alle byggeprosjekter har vært rehabiliteringsprosjekter bortsett fra forprosjektet hvor hele bygget ble revet. Til sammen har 181 personbårne prøver blitt samlet inn og totalt 85 arbeidere har deltatt i studien. Lokasjon, prøvetakingstidspunkt og byggeår for bygget er oppsummert i Tabell 1. Typiske arbeidsoperasjoner som er studert er riving av mur og betong, kjerneboring, pigging, fresing og rydding av disse materialene, se Figur 1.

Tabell 1: De forskjellige lokasjonene og byggene hvor prøvetaking er utført. Hovedmateriale og hovedoppgavene er nevnt i tabellen.

Lokasjon	Beskrivelse	Hovedmateriale og hovedoppgaver	Prøvetaking	Bygg stod ferdig
1	Riving av sykehjem, Oslo	Rydding, kasting av gips og el-avfall	November 2021	1985
2	Betongrehabilitering garasje, Oslo	Pigging i betong	Februar 2022	1970
3	Totalrehabilitering næringsbygg, Oslo	Pussing av mur, pigging i betong i nærheten	Mars 2022	1926
4	Renovering av næringsbygg, Oslo	Rydding av teglstein, samt noe pigging	Mars og april 2022	1936
5	Totalrenovering skole, Oslo	Rydding av el-avfall, litt pigging i betong, åpent bygg	Mai 2022	1974
6	Rehabilitering garasjeanlegg, Oslo	Fresing og rydding av asfalt og betong	August 2022	1982
7	Rehabilitering kontorbygg, Oslo	Rydding og pigging av teglstein	August 2022	1915
8	Rehabilitering skole, Oslo	Pigging, rydding av leca, teglstein og betong	September 2022 og februar 2023	1898
9	Betongrehabilitering garasje, Oslo	Slissing og pigging betong	Oktober 2022	1978
10	Rehabilitering studentby, Oslo	Kjerneboring i teglstein og betong	Oktober 2022	1951
11	Rehabilitering kommunale boliger, Oslo	Pigging i betong, kasting gips og el-avfall	Oktober og november 2022	1981
12	Rehabilitering kontorbygg, Oslo	Rydde, kaste betong og teglstein	Februar 2023	1970
13*	Rehabilitering skole, Raufoss	Sliping flis og pigging teglstein	Januar og mars 2023	1980

*Resultatene fra prøvetakingen i mars 2023 på lokasjon 13 er ikke med i denne rapporten



Figur 1: Typiske arbeidsoppgaver som er målt på: pigging (a), Rydding av store mengder bygningsavfall (b). FOTO:Torunn Ervik

2.2 Personbårne målinger

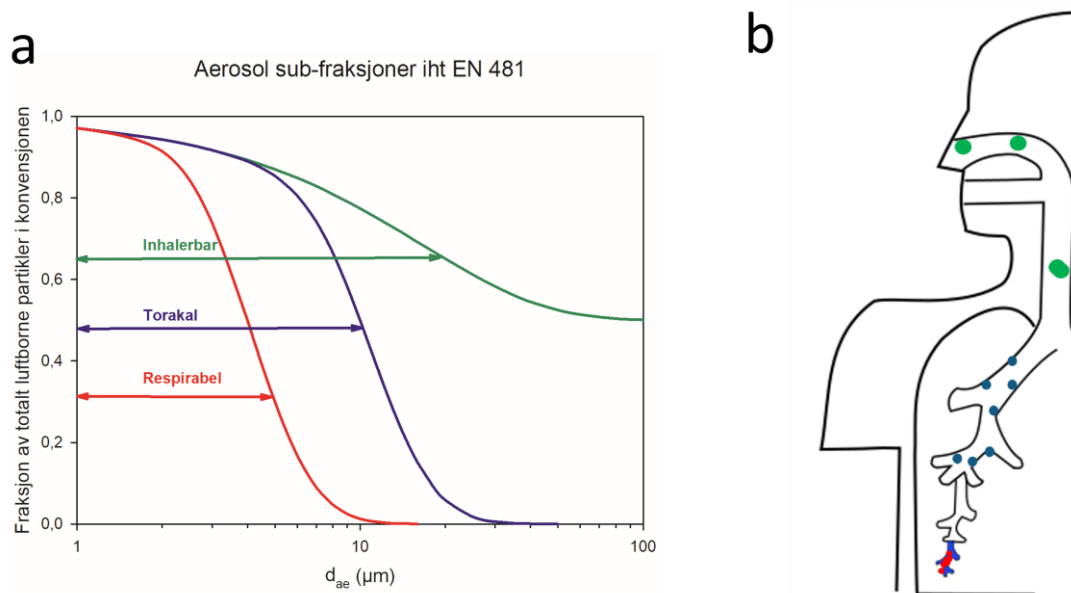
Personbårne målinger ble tatt i løpet av en hel arbeidsdag (full-skiftsprøver) ved å montere prøvetakere med et filter i pustesonen til arbeideren. Prøvetakeren var koblet til en prøvetakingspumpe med en slange. Ved å benytte en luftgjennomstrømningshastighet (flow) gjennom prøvetakeren ble støvet samlet opp på filteret. Ofte ble en ryggsekk benyttet for å bære pumpene.

De tre helserelaterte støvfraksjonene inhalerbar, torakal og respirabel er vist i Figur 2. I den forenklede skissen i Figur 2b vises det hvor langt ned i respirasjonssystemet de tre støvfraksjonene hovedsakelig kan nå. Arbeiderene har, i den grad det var mulig, båret respirable, torakale og inhalerbare prøvetakere i parallell. Hvis det ikke har vært mulig å måle alle tre aerosolfraksjonene er det den respirable fraksjonen som har vært prioritert siden dette er den mest relevante fraksjonen for helseeffekter spesifikt knyttet til kvartseksponering. Det er fordi denne fraksjonen inneholder de minste partiklene og kan pustes ned i den dypeste delen av lungene (alveolene). For å få et mål på variasjonen i eksponeringen for samme person (intravariabilitet) har vi forsøkt å prøveta på samme person tre forskjellige arbeidsdager. Et spørreskjema ble benyttet for å få informasjon om utførte arbeidsoppgaver, verktøy, ulike vernetiltak og verneutstyr og materialer. En kort beskrivelse av de forskjellige prøvetakerne følger:

Den inhalerbare fraksjonen ble samlet opp på 25 mm PVC-filter med porestørrelse 5 μm med IOM prøvetakere (SKC Ltd., Dorset, UK) med en flow på 2,0 L/min. Den inhalerbare fraksjonen samler opp støvpartikler med aerodynamisk diameter definert opp til 100 μm .

Den torakale fraksjonen ble samlet opp på 37 mm PVC-filter med porestørrelse 5 μm med torakale sykklonprøvetakere (GK 2.69, Sensidyne, St.Petersburg, FL, USA) med en flow på 1,6 L/min. Den torakale fraksjonen samler opp støvpartikler med aerodynamisk diameter opp til ca. 30 μm .

Respirabel fraksjon ble samlet opp på 37 mm PVC-filter med porestørrelse 5 μm med respirable sykklonprøvetaker (JSH sykklon, J S Holdings, Hertfordshire, UK) med en flow på 2,2 L/min. Den respirable fraksjonen samler opp støvpartikler med aerodynamisk diameter opp til ca. 10 μm .



Figur 2: helse relaterte fraksjoner (a) og forenklet skisse over hvor i respirasjonssystemet de forskjellige fraksjonene pustes inn (b).

2.3 Direktevisende utstyr

Partikkeltellere logger partikkelantall i arbeidsluften kontinuerlig og brukes til å registrere økning i partikkelantall, som f.eks. forekomst av høye nivåer ved enkelte arbeidsoperasjoner. I dette prosjektet ble en *aerodynamic particle sizer* (APS) instrument brukt (APS, Model 3321, TSI Inc., Shoreview, MN, USA). Dette er en stasjonær partikkelteller som dekker et partikkelstørrelsesområde fra 0,5 μm – 20 μm . Partikkeltelleren ble plassert på et trillebord i nærheten av der arbeidet ble utført.

2.4 Analysemetoder

Gravimetrisk bestemmelse av støv

Massen av støv som ble samlet opp på filterne i de ulike prøvetakerene ble bestemt ved veiing med en mikrovækt (Sartorius MC-5, Göttingen, Tyskland). Bestemmelsen ble utført i et klimakontrollert rom med kontinuerlig registrering av temperatur ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) og relativ luftfuktighet ($40 \pm 2\%$). For å sikre nøyaktige og sammenlignbare veiforhold ble alle filtre akklimatisert i minst 48 timer i det klimakontrollerte rommet. Statisk ladning ble fjernet fra filtre før veiing med en Po210-kilde (Staticmaster®, NRD, LLC, NY, USA).

Kvartsbestemmelser

NIOSH metode 7500 er standarden som benyttes for å kvantifisere mengden kvarts i respirable prøver ved hjelp av røntgendiffraksjon (XRD). Prøvefilteret i prøvetakeren foraskes etter veiing og innsamlet uorganisk støv filtreres til et sølvfilter. Sølvfilteret med støv analyseres med XRD og ved hjelp av et standard referansemateriale (NIST standard reference material 2950a) bestemmes kvartsmengden på filteret. Metoden er semikvantitativ, med +/- 20% usikkerhet i bestemmelsene. NIOSH- metoden er validert for totale støvmasser opp til 2 mg per filter. Bestemmelsesgrensen ble bestemt ($3 \cdot SD$ av blindfiltre) til å være 2 μg på filter.

3. Resultater og diskusjon

I denne rapporten presenteres foreløpige resultater fra prosjektet. Det er fortsatt målinger som ikke er ferdig analysert og dette vil utføres fortløpende i 2023.

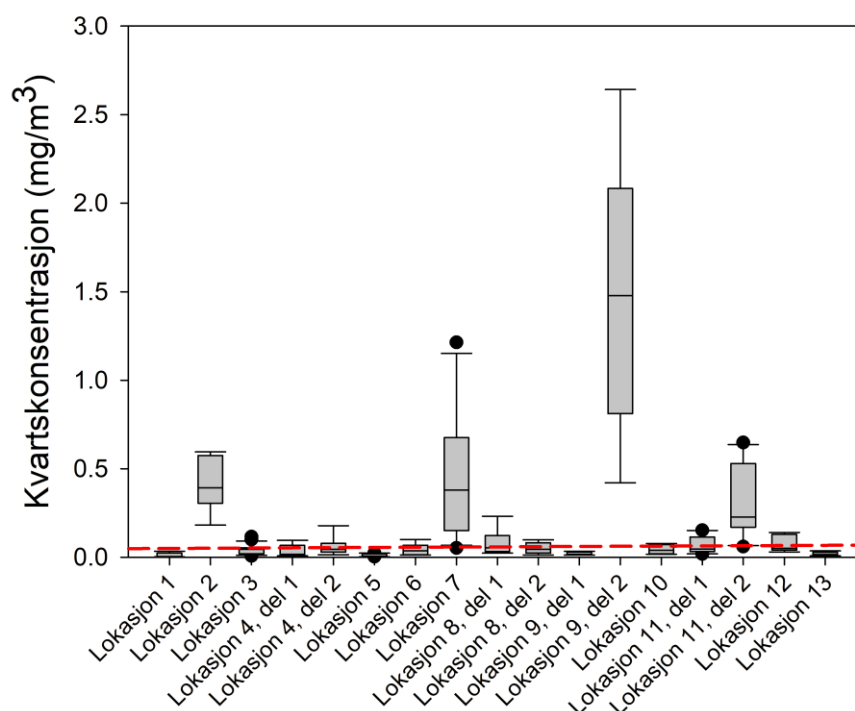
3.1 Støv og kvartsmålinger

Resultatene av respirabelt støv og kvarts for alle analyserte prøver er vist i Tabell 2. Det aritmetiske gjennomsnittet (AM) av alle prøvene viser nivåer av respirabelt støv på 2,8 mg/m³ og kvartsnivåer på 0,19 mg/m³. Dette gjennomsnittet er i stor grad påvirket av noen veldig høye prøver og det geometriske gjennomsnittet (GM) på henholdsvis 1,0 mg/m³ og 0,05 mg/m³ gir et bedre mål på de sentrale tendensene i de analyserte prøvene. Medianen er også vist i Tabell 2 og den viser at 50 % av prøvene analysert for kvarts er over nåværende grenseverdi. Det er imidlertid stor variasjon i både støv- og kvartsnivåer mellom lokasjon og på hver enkelt byggeplass.

Figur 3 viser et bokplott av respirabel kvarts fordelt på lokasjon. De høyeste verdiene ble målt på lokasjon 2, 7, 9 (del 2) og 11 (del 2). Flere av filtrene ved disse lokasjonene hadde støvmasser langt over massen på 2 mg som metoden er validert for. Disse prøvene vil undersøkes nærmere for om mulig verifisere verdiene. Den røde stiplede linjen viser nåværende grenseverdi for respirabel kvarts på 0,05 mg/m³. Lokasjonene med de høyeste kvartsnivåene har til felles at de er relativt tette bygg med begrenset ventilasjon. Ved lokasjonene med de høyeste støv- og kvartsnivåer oppgir arbeiderne at støvmaske ble benyttet hele dagen.

Tabell 2: Oppsummering av alle analyserte respirable prøver.

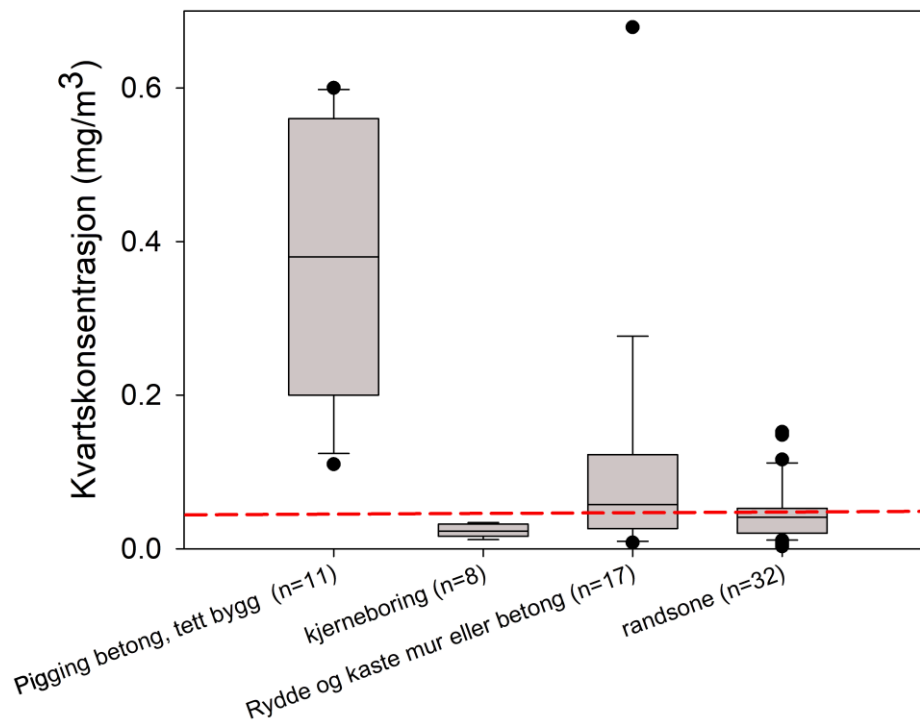
	Respirabelt støv (n=161)	Respirabel kvarts (n=152)
	mg/m³	mg/m³
Nåværende grenseverdi	5 mg/m ³	0,05 mg/m ³
Gjennomsnitt	2,8	0,19
Geometrisk gjennomsnitt	1,0	0,05
Median	0,91	0,05
90 persentilen	5,5	0,56
10 percentilen	0,19	0,01
Minimum	0,03	0,002
Maksimum	29	2,6



Figur 3: Kvartskonsentrasjoner for hver lokasjon. Stiplet linje viser nåværende grenseverdi for respirabel kvarts på 0,05 mg/m³. Boksplottet deler resultatene i kvartiler. Grensen for dataenes øvre fjerdedel (øvre kvartil), grensen for dataenes nedre fjerdedel (nedre kvartil) og medianen utgjør selve boksen. Spredningen fra linjenes minimum og maksimum verdier viser det sentrale området for dataene. Utliggerne som faller utenfor det sentrale området vises som punkter.

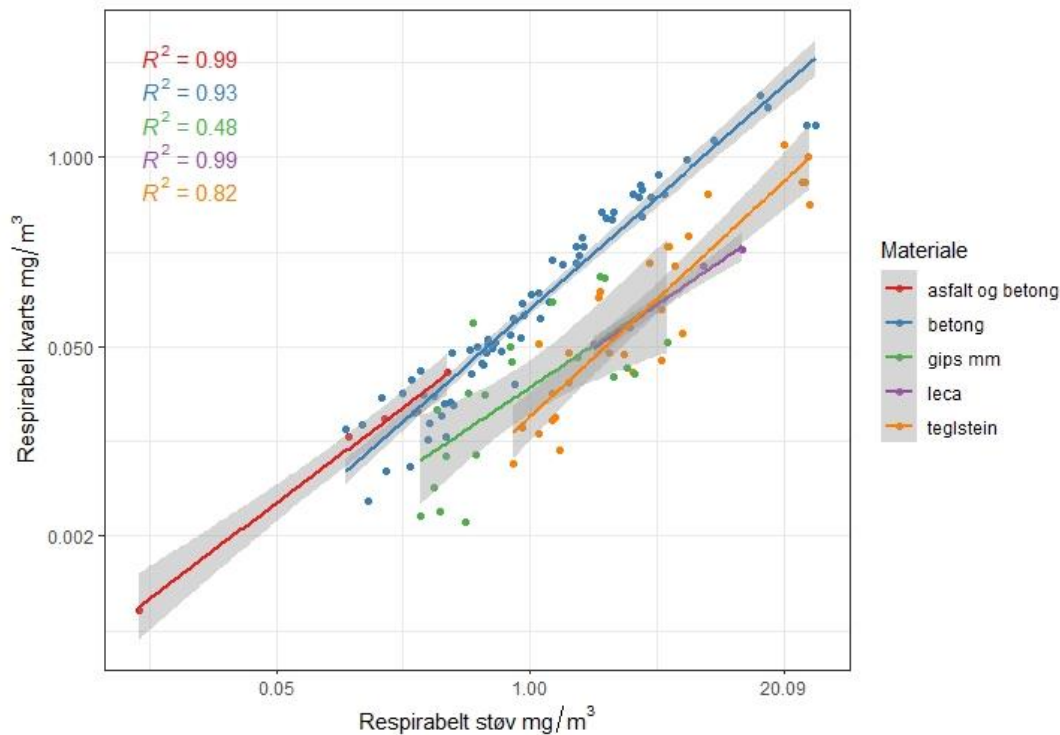
Kvartskonsentrasjoner ved noen spesifikke arbeidsoperasjoner er vist i Figur 4. Her er pigging av betong i tette bygg, kjerneboring, hovedsakelig rydding og randsone vist. En oppsummering av observasjoner knyttet til figur 4 følger:

- Målinger gjort under pigging av betong i tette bygg var alltid over nåværende grenseverdi for respirabel kvarts. Ved pigging i tette bygg oppga arbeiderne at de brukte støvmaske under arbeidsoperasjonen.
- Alle målinger gjort under kjerneboring var under nåværende grenseverdi for respirabel kvarts. Ved kjerneboring ble det brukt vann ved alle målingene vist i Figur 4. Ved kjerneboring med vann oppga arbeiderne at de ikke brukte støvmaske.
- Over halvparten av målingene gjort når rydding og kasting av murstein og betong var hovedoppgaven var over nåværende grenseverdi for kvarts. Ved rydde og kaste operasjonene som er vist i Figur 4 ble støvmaske ofte brukt, men ikke alltid.
- Figuren viser også at nær halvparten av målingene for randsonepersonell er over nåværende grenseverdi for respirabel kvarts. For denne gruppen ble det observert at de som oftest ikke brukte støvmaske under arbeidet.



Figur 4: Kvartskonsentrasjoner for utvalgte arbeidsoperasjoner. Stiplet linje viser nåværende grenseverdi for respirabel kvarts på 0,05 mg/m³.

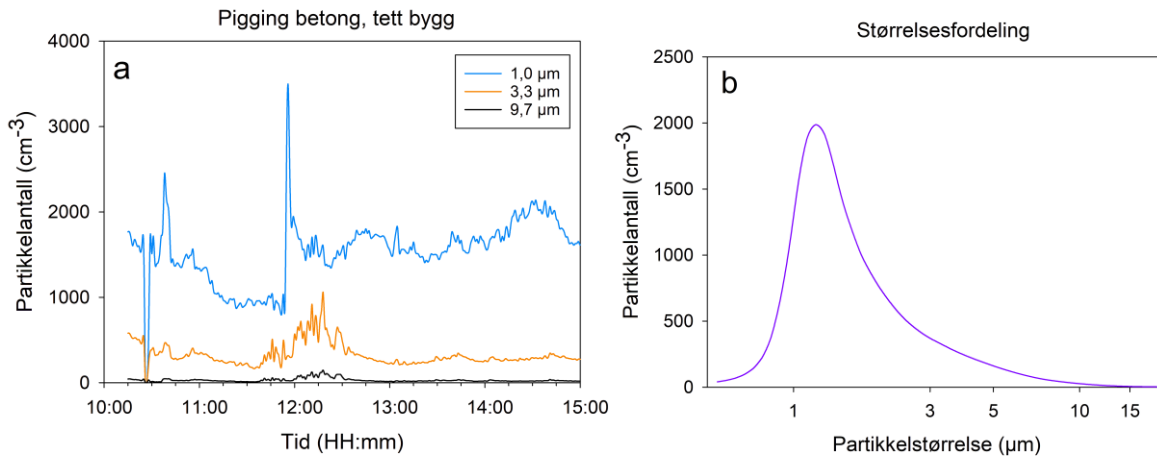
Forholdet mellom respirabel kvarts og respirabelt støv er vist i Figur 5. Det er en god sammenheng ($R^2 = 0,82-0,99$) mellom respirabel kvarts og respirabelt støv for de materialene som inneholder kvarts (betong, asfalt, leca og teglstein). Prosentandel kvarts i støvet fra betong og teglstein inneholdt henholdsvis 10-20% og 1-7 %, avhengig av hvilket arbeid som ble utført. Dette er en lavere andel enn i utgangsmaterialet. En av grunnen til dette er at komponentene som utgjør hydrert sement er mykere enn kvarts og kan lettere brytes til mindre partikler [6]. Arbeidere som jobber maskinelt direkte med materialet vil være eksponert for en høyere andel kvarts enn ved rydding og kasting. I disse tilfellene fortynnes støvet med andre typer støv.



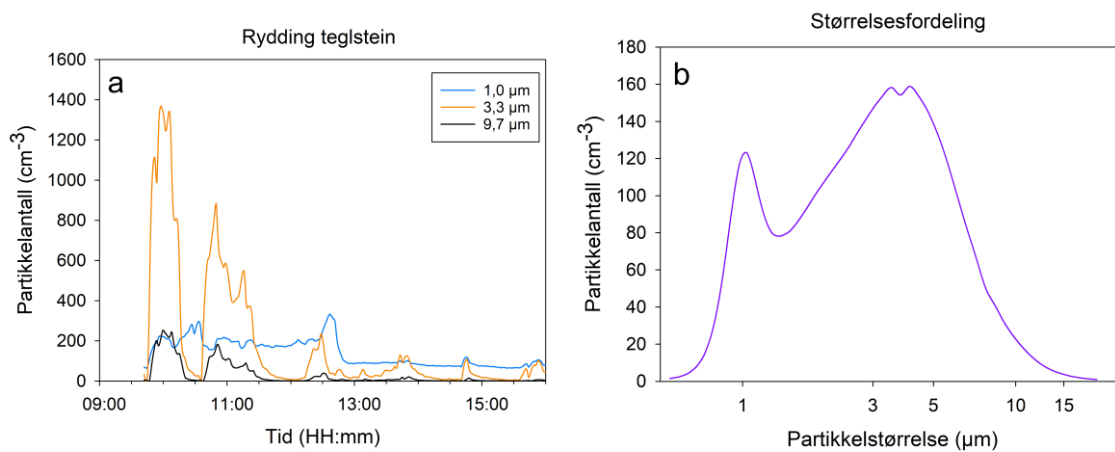
Figur 5: Respirable kvartskonsentrasjoner plottet mot respirable støvkonsentrasjoner, fordelt på materialtype. R^2 viser hvor god den lineære sammenhengen mellom respirabel kvarts og respirabelt støv er.

3.2 Direktevisende målinger

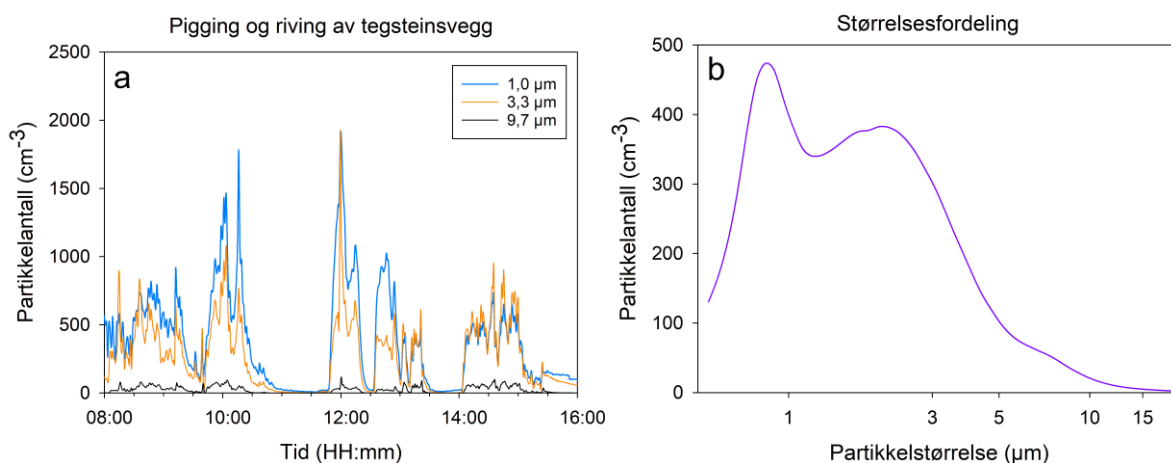
De direktevisende målingene gir informasjon om partikkelstørrelser og om variasjoner i partikkelkonsentrasjoner over tid. Figurene 6a, 7a og 8a viser heldagsmålinger av partikkelkonsentrasjoner som funksjon av tid ved tre forskjellige lokasjoner. Partikkelstørrelsen er gitt som aerodynamisk diameter. De tilhørende partikkelstørrelsesfordelingene er vist i Figur 6b, 7b og 8b. Det kan være en stor forskjell i hvilke partikkelstørrelser som dominerer ved sammenligning av maskinelt arbeid som f.eks. pigging, vist i Figur 6, med manuelt arbeid som f.eks. rydding, vist i Figur 7. Ved pigging i betong dominerer partikler med diameter på rundt $1 \mu\text{m}$, mens ved rydding av teglstein dominerer partikler med diameter på rundt $3 \mu\text{m}$. Både $1 \mu\text{m}$ og $3 \mu\text{m}$ er respirable partikler, dvs. at de kan pustes inn i den nederste delen av luftveiene (lungen). Det er likevel viktig å vite noe om partikkelstørrelsen på grunn av analysemetodene som brukes, men også på grunn av at støvreduserende tiltak kan være avhengig av partikkelstørrelsen. I Figur 7 vises tydelig at konsentrasjonen av større partikler ($> 1 \mu\text{m}$) synker når arbeidsoppgaven er ferdig og dette skyldes sedimentering av partiklene. Partikler på $1 \mu\text{m}$ kan holde seg svevende i luften lenge og har større sjanse for å spre seg til andre deler av bygget hvis de ikke fjernes effektivt. Ved bruk av vann må også støvet fjernes før det tørker opp og kan oppvirvles igjen. Figur 8a viser partikkeltellermålinger under pigging og riving av en teglsteinsvegg. Ved dette tilfellet var det mer ventilasjon og vinduer ble åpnet i arbeidspausene, noe som ser ut til å bidra til at partikkelnivåene synker raskere, også for partikler med diameter $1 \mu\text{m}$. I tillegg tyder partikkelstørrelsesfordelingen vist i Figur 8 på at det fantes en del grovere partikler og dette kan skyldes at piggingen og rivingen av teglstein danner større partikler enn pigging i bare betong.



Figur 6: Pigging i betong i en garasjekjeller. Tidsvariasjon for partikkelstørrelser (a) og partikkelstørrelsesfordelingen (b).



Figur 7: Rydding og kasting av teglstein. Tidsvariasjon for partikkelstørrelser (a) og partikkelstørrelsesfordelingen (b).



Figur 8: Pigging og riving av teglsteinsvegg. Tidsvariasjon for partikkelstørrelser (a) og partikkelstørrelsesfordelingen (b).

4. Oppsummering

De foreløpige resultatene viser at over halvparten av målingene gjort under riving og renovering er over nåværende grenseverdi for respirabel kvarts. Både observasjoner og målingene viser at det i noen bygg blir høye støv- og kvartskonentrasjoner. Disse byggene er ofte tette og har begrenset ventilasjon, både naturlig og kunstig. De mest støvete arbeidsoperasjonene involverer ofte pigging i betong og murstein og påfølgende rydding og kasting av disse materialene. Ved de mest støvete lokasjonene oppga arbeiderene at de brukte støvmaske under hele arbeidsdagen. Ved pigging i betong og murstein oppga arbeiderene at støvmaske ble brukt så lenge arbeidsoperasjonen pågikk. Randsonepersonell som jobber i nærheten til støvete arbeidsoperasjoner eller i andre deler av bygget bruker som oftest ikke støvmaske, men kan være utsatt for nivåer over nåværende grenseverdi. Det er derfor viktig at støvet som dannes under de mest støvgenerende arbeidsoperasjonene fjernes effektivt. Hvis ikke kan de spre seg til andre deler av bygget. Ved tiltak som f.eks. bruk av vann må slammet som dannes fjernes. Inntørket slam på bakken kan oppvirvles igjen og igjen.

5. Videre arbeid

Det videre arbeidet er å ferdigstille analyser av de innsamlede prøvene og deretter å sammenstille resultatene fra hele prosjektet. Samtidig som kartleggingen av generelle støv og kvartsnivåer gjøres, vil støvet fra de innsamlede prøvene karakteriseres ved hjelp av videre XRD tolkning og med elektronmikroskopiske metoder. Både innholdet og størrelsesfordelingen til byggestøvet skal studeres mer i detalj. Materialtypen som bearbeides vil påvirke intervariabilitet og intravariabilitet for de ulike arbeidsoppgavene og må derfor sees i sammenheng med materialprøver av byggematerialer som bearbeides. Alle resultater vil inngå i en rapport i slutten av prosjektperioden i tillegg til tre vitenskapelige publikasjoner.

Referanser

1. *Grunnlag for fastsettelse av grenseverdi for respirabelt krystallinsk silika, Påfølgende revisjon av direktiv 2017/2398/EU*. 2021 Arbeidstilsynet Trondheim
2. Arbeidsmiljøportalen. 2023; Available from: <https://www.arbeidsmiljoportalen.no/bransje/bygg>.
3. *Faktabok om arbeidsmiljø og helse*. STAMI-rapport, 2021. **årgang 22** (nr. 4) Statens arbeidsmiljøinstitutt, Oslo
4. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Arsenic, M., Fibres and Dusts, *SILICA DUST, CRYSTALLINE, IN THE FORM OF QUARTZ OR CRISTOBALITE*. 2012, International Agency for Research on Cancer: Lyon (FR).
5. Brüske, I., et al., *Respirable quartz dust exposure and airway obstruction: a systematic review and meta-analysis*. *Occup Environ Med*, 2014. **71**(8): p. 583-9.
6. Chisholm, J., *Respirable Dust and Respirable Silica Concentrations from Construction Activities*. *Indoor and Built Environment*, 1999. **8**(2): p. 94-106.