

Kartleggingsrapport

Mekaniske vibrasjoner ved bruk av trykkluftbor og risiko for
Hånd Arm Vibrasjons Syndrom (HAVS)

1



Prosjektgruppe:

Thomas Clemm, Mesta

Bente Ulvestad, Mesta / STAMI

Margun Dahle, Mesta

Hans Olav Løen, Bosch Car Service / Mesta Verksted AS

Jan Marvin Athammer, Norsk Arbeidsmandsforbund

Yrkeshygieniske målinger av mekaniske vibrasjoner er utført av Thomas Clemm, Mesta. Yrkeshygieniske målinger av støy er utført av Siri Hetland, Proactima, i samarbeid med Thomas Clemm, Mesta.

Prosjektet har mottatt prosjektmidler fra RVO-Fond

Bergen, 5.mars 2014

Innhold:	Side:
1. Sammendrag	3
2. Introduksjon	6
3. Eksponeringsmålinger av fjellsikringsjobber	7
3.1 Innledning	7
3.2 Fysisk arbeidsmiljø	7
3.3 Utstyr til boring	8
3.4 Kartlegging av eksponeringstid	11
3.5 Metode	12
3.6 Presentasjon av måleresultater og risikovurdering	14
3.6.1 Standardboring ved Sjøkrigsskolevegen i Bergen	15
3.6.2 Boring med taujekk ved Sjøkrigsskolevegen i Bergen	17
3.6.3 Boring med taujekk på Trengereid	18
3.6.4 Boring med knemater fra korg, på Loftås, Osterøy	21
3.6.5 Boring med knemater i Leirvikvegen, Bergen	23
3.6.6 Boring med knemater på Vindenes, Sotra	25
3.7 Diskusjon og oppsummering	26
4. Sammenliknende vibrasjonsmålinger av forskjellig fjellboringsutstyr	29
4.1 Innledning	29
4.2 Boring med slipte og uslipte skjær på borstangen	29
4.3 Vibrasjonsmålinger av borhammere og håndjekk (kjettingtalje) med kort og langt håndtak	31
4.4 Vibrasjonsmålinger av borhammer med vibrasjonsdempet håndtak	34
4.5 Diskusjon og oppsummering	38
5. Mekaniske vibrasjoner og arbeidsteknikk	40
5.1 Innledning	40
5.2 Arbeidsteknikk ved standardboring (vertikalboring)	40
5.3 Arbeidsteknikk ved boring med knemater	44
5.4 Arbeidsteknikk ved boring med hjelp av håndjekk	49
5.5 Konklusjon	49
6. Dempeeffekt av vibrasjonsdempende hansker	50
6.1 Innledning	50
6.2 Vibrasjonsdempende hansker ved boring med knemater	50
6.3 Vibrasjonsdempende hansker ved boring med hjelp av håndjekk	55
6.4 Diskusjon og oppsummering	56
7. Støykartlegging av trykkluftbor	58
8. Avsluttende diskusjon	61



Løse steinblokker over en tilkomstvei til et boligområde i Drammen er nettopp sikret.

1. Sammendrag

Fjellsikring er en viktig oppgave i et kupert land som Norge, der veier og bebyggelse ofte ligger utsatt til for ras og steinsprang. Fjellsikrere setter bolter for å sikre løst fjell, monterer is-nett for å sikre mot nedfall av is og fanggjerder for å beskytte mot ras. Arbeidet sikrer bebyggelse og infrastruktur.

Fjellsikrere arbeider mye med delvis håndholdte trykkluftbor med høye vibrasjonsnivåer. I denne kartleggingen undersøkes vibrasjonsnivået ved standardboring, knematerboring og boring med håndjekk under utførelse av fjellsikringsoppgaver. Kartleggingen tar også for seg virkningen arbeidsteknikk, boreutstyr og vibrasjonsdempende hansker har på vibrasjonsnivået.

1.1 Sammendrag av eksponeringsmålinger:

Tiltaks- og grenseverdier for vibrasjonseksponering er gitt i kapittel 3 i forskrift til

Arbeidsmiljøloven: "Forskrift om Tiltaks- og grenseverdier" (best.nr 704). Vibrasjoner måles som akselerasjonsverdier med benevnelsen m/s^2 . For daglig eksponering er tiltaksverdi $2,5m/s^2$ og grenseverdi er $5m/s^2$. Vibrasjonsnivået skal ikke overskride $5m/s^2$ i gjennomsnitt, i løpet av en 8-timers arbeidsdag.

Målingene viser at vibrasjonsnivået er høyt og det varierer mye. Ved alle former for manuell boring under fjellsikringsarbeid er det sannsynlig at tiltaksverdi overskrides. Ofte overskrides også grenseverdi. Dette betyr at tiltak for reduksjon av mekaniske vibrasjoner alltid må implementeres.

Standardboring kan gi relativt lave vibrasjonsnivåer hvis vektlodd og riktig arbeidsteknikk benyttes. Boring uten vektlodd bør ikke tillates uten fabrikkmontert vibrasjonsdempet håndtak. Uten vektlodd og med vanlige håndtak kan grenseverdi overskrides på mindre enn ett minutt.

Boring med håndjekk gir relativt høye vibrasjonsnivåer avhengig av fjellet det bores i. Grenseverdi inntreffer ofte etter halvannen times boring. Ved god arbeidsteknikk kan tiden til grenseverdi inntreffer dobles. Hvis en arbeidsdag består hovedsakelig av boring vil det være nødvendig med flere operatører eller at det benyttes annet vibrasjonsfritt utstyr. På en normal arbeidsdag der det bores med håndjekk, vil det som hovedregel være tilstrekkelig å fordele boringen på to arbeidstakere, forutsatt at fjellet ikke er dårlig.

Avhengig av arbeidsteknikk og fjellet det bores i, gir boring med knemater høyt vibrasjonsnivå. Målinger viser at grenseverdi ofte inntreffer etter en halvtimes boring. Rett arbeidsteknikk er viktig. Hvis forholdene er slik at hendene hele tiden må være i kontakt med borhammeren under boring må det benyttes annet vibrasjonsfritt utstyr.

Det forekommer at borstenger setter seg fast. I vanskelig fjell kan det skje relativt ofte.

Vibrasjonsnivået er svært høyt når arbeidstakerne forsøker å løsne borstenger som har satt seg fast. Grenseverdi kan overskrides i løpet av 3 – 4 minutter i slike situasjoner.

Støynivået er høyt ved trykkluftboring. Støymålinger viser at det er nødvendig med ørepropper i tillegg til øreklokker ved mye boring. Støy kan bidra til forverring av Hånd-Arm Vibrasjons Syndrom (HAVS).

1.2 Sammendrag av sammenliknende målinger på fjellboringsutstyr

Det var ingen forskjell i vibrasjonsnivå ved boring med slipte borstenger kontra uslipte borstenger. Imidlertid økte fremdriftshastigheten med rundt 20 % med slipte borstenger.

Håndjekk med langt håndtak har vesentlig lavere vibrasjonsnivå (30 % lavere), sammenliknet med håndjekk med kort håndtak.

Sammenlikning av borhammerne Atlas Copco RH572E (med vibrasjonsdempet håndtak) og Montabert T21 viser at førstnevnte har 50 % lavere vibrasjonsnivå ved standardboring (vertikalboring).

1.3 Sammendrag av målinger på arbeidsteknikk

Arbeidsteknikker som minsket tiden operatøren hadde kontakt med hendene på borhammeren reduserte vibrasjonseksposeringen vesentlig. Ved standardboring (vertikalboring) ble vibrasjonsnivået redusert med over 60 %. Ved knematerboring ble vibrasjonsnivået redusert med over 40 %. Ved arbeid med håndjekk er det viktig å variere med hvilken hånd som betjener jekken. Ved å fordele arbeidstiden likt på hver hånd kan tillatt eksponeringstid doubles.

1.4 Sammendrag test av vibrasjonsdempende hansker

Tre ulike typer vibrasjonsdempende hansker ble testet opp mot vanlig arbeidshanske ved boring med knemater og med håndjekk. I snitt var dempeeffekten med vibrasjonsdempende hansker på rundt 10 % ved boring med knemater. Ved bruk av håndjekk var det ingen effekt.

Vibrasjonsdempende hansker har ingen vesentlig dempeeffekt på mekaniske vibrasjoner. Andre vibrasjonsreducerende tiltak bør prioriteres.

1.5 Sammendrag av tiltak

Det mest effektive tiltaket er å redusere eller unngå arbeid med håndholdt trykkluftbor (standardbor, knematerbor eller bor med håndjekk). En risikovurdering av vibrasjonseksponering i forkant av en jobb må inngå som en del av beslutningsgrunnlaget for hva slags utstyr man benytter, og hvor stor bemanningen skal være. Tiltak som listes opp i § 14-8 og § 14-9 i "Forskrift om Utførelse av arbeid" (best.nr.703) må vurderes. Arbeidsteknikk har stor betydning på vibrasjonsnivået ved bruk av håndholdt utstyr. Tilstrekkelig opplæring og vedlikehold av gode arbeidsteknikker er derfor viktig.

2. Introduksjon

Eksponering mot mekaniske vibrasjoner overført via vibrerende håndverktøy kan føre til Hånd Arm Vibrasjons Syndrom (HAVS) som er kategorisert som yrkessykdom. HAVS fører til anfall av hvite fingre, smerter og nedsatt førlighet i hendene. Skadene kan bli irreversible og føre til nedsatt evne til å mestre både arbeidsoppgaver og andre dagligdagse aktiviteter.

Spørreskjema angående forekomst av hvite fingre og nedsatt håndfunksjon, utfylt av fjellsikrere i Mesta, kan tyde på at HAVS er mer utbredt i denne arbeidstakergruppen enn ellers i bransjen. Utvidete helseundersøkelser er igangsatt for å undersøke dette nærmere.

Denne rapporten er delt i fire kapitler. Kapitlene kan leses hver for seg, men som en innføring i fagområdet er det en fordel å lese kapitlene 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, og 3.6 før man går videre til et enkeltstående kapittel.

3. Eksponeringsmålinger av fjellsikringsjobber

3.1 Innledning

Det er en rekke faktorer som gjør at vibrasjonsnivået varierer mye ved fjellsikringsarbeid. Mange arbeidstakere og ulikt utstyr har vært involvert i forbindelse med kartleggingen. Eksponeringsmålingene er gjort for å gjøre det lettere å forutsi forventet vibrasjonseksponering før en arbeidsoppgave påbegynnes, slik at det blir lettere å gjøre en risikovurdering.

3.2 Fysisk arbeidsmiljø

3.2.1 Omgivelsene

Arbeidet foregår ute og i variert terreng. Det kan være loddrette, glatte fjellvegger eller skrånende terreng med løse steiner og vegetasjon. Arbeidet pågår også når det er kaldt og/eller vått, noe som kan gi ekstra utfordringer fordi terrenget blir sølete og glatt og vanskeligere å ferdes i. Kaldt arbeidsmiljø er en faktor som kan forverre symptomer på HAVS.

Omgivelsene er ofte avgjørende for hva slags utstyr som kan benyttes. Arbeidet kan foregå utenfor rekkevidde for en kranbil. Da kan eneste måten være å arbeide fra tau med håndholdte trykkluftbor. Det å arbeide fra tau er fysisk krevende, særlig for armene. Trykkluftbor som benyttes til fjellsikring (ofte omtalt som fjellbor eller bare borhammer) har en egenvekt på rundt 20 kilo. Selv om borene heises opp i tau, så må de løftes manuelt inn på borstengene.

3.2.2 Fjellets beskaffenhet

Hardheten på fjellet har mye å si for fremdriftshastigheten og kan påvirke vibrasjonsnivået. Fjell med sprekker og løs masser kan føre til at borstangen setter seg fast. Å få løs en borstang er en arbeidsoperasjon som kan føre til svært høye vibrasjonsnivåer. Det kan være vanskelig å vite på forhånd hvor vanskelig fjellet er å bore i. Av og til kan forholdene endre seg fra borehull til borehull.

3.2.3 Andre eksponeringer

I tillegg til vibrasjonseksponering og belastninger på muskel og skjelettsystemet, er støynivået svært høyt under boring. Målinger viser høy eksponering for støy, også ved bruk av hørselsvern. Det produseres mye støv under boring som kan utgjøre en risiko for luftveiene. Steinsprut kan utgjøre en risiko for øyne.

3.3 Utstyr til boring

Herunder forklares grunnleggende utstyr som benyttes til boring og som er en faktor i forhold til vibrasjonsnivå. De ulike trykkluftborene har forskjellige spesifikasjoner og har oppgitt forskjellig vibrasjonsnivå fra produsent. I praksis viser det seg at det er liten sammenheng mellom oppgitt vibrasjonsnivå og det vibrasjonsnivået som blir målt i felt. Oversikten er et utvalg av viktig utstyr, ikke en komplett oversikt over alt som finnes.

Alle trykkluftborene drives av trykkluft aggregat. Lufttrykket justeres manuelt på bakgrunn av lengden på luftslangen som benyttes og type borhammer. Lufttrykket kan ha innvirkning på vibrasjonsnivået.

Borstengene som benyttes til fjellsikring har en utgangstørrelse fra 20 mm i diameter og oppover. Største diameter registrert under kartleggingen, som har vært benyttet til håndholdt boring er på 64 mm i diameter. Fjellsikrerne forteller at vibrasjonseksponeringen øker med diameteren på borstangen.

3.3.1 Utstyr til standardboring (vertikalboring)

Atlas Copco RH571-5L :	Borhammer
Atlas Copco RH572E:	Borhammer med vibrasjonsdempet håndtak
Atlas Copco RH658:	Borhammer
Montabert T21:	Borhammer
Vektlodd:	Lodd som henges på håndtak til standardbor. Vekten av loddet hjelper å drive borstangen ned i fjellet.

Boregit/boretårn : Bor montert i stativ på hjul. Boret drives inn i fjellet ved hjelp av luftdrevet sylinder. En boregit gir ingen vibrasjonseksposering for operatøren.

3.3.2 Utstyr til boring fra tau

Samme type borhammere som benyttes til standardboring (se over) benyttes til boring fra tau, med påmontert håndjekk (taujekk eller kjettingvinsj). Boregit kan også benyttes i tau, men kan være mer tidkrevende å sikre og håndtere på grunn av størrelse og vekt.

Håndjekk: Jekk som benyttes til å jekke boret inn i fjellet ved hjelp av håndkraft. Det finnes håndjekk med tau (taujekk) og med kjetting (kjettingvinsj).

Pallemater: Luftsylinder som kan benyttes i stedet for håndjekk. Pallemateren er vibrasjonsfri. Arbeidstakere som har benyttet denne forteller at den er effektiv. Det ser imidlertid ut som at denne ikke lenger finnes på markedet.

3.3.3 Utstyr til boring med knemater

Atlas Copco BBC 16: Bor som er montert på luftdrevne sylinder/kolonne. Sylinderen har gripeføtter i bunn som settes på bakken eller på støtteplanke på gulvet i en korg (kranbil). Boret drives inn i fjellet ved hjelp av trykket fra sylinderen.

Atlas Copco BBC 34: Tyngre og kraftigere bor, ellers samme som over.

3.3.4 Annet utstyr

Fjernstyrt bor-aggregat og borerigg:

Det finnes forskjellige varianter av bor-aggregat, bl.a. mindre selvgående, beltedrevne aggregat med kort rekkevidde og kranbiler med rekkevidde på mer enn førti meter. Dette er utstyr som er avhengig av at arbeidsområdet er lett tilgjengelig fra bakkenivå.

Retrekker (også omtalt som "uttrekker" eller "bordunker"):

Luftdrevet verktøy som benyttes til å trekke løs borstenger som står fast i fjellet.



Borhammer med taujekk (rødt håndtak)



Standardbor med vektlodd



Boregit



Knemater

3.4 Kartlegging av eksponeringstid

Tiden hendene er i kontakt med det vibrerende verktøyet er en helt avgjørende faktor for eksponeringsnivået. Denne tiden betegnes som eksponeringstiden. Ved fjellsikring varierer eksponeringstiden mye fra dag til dag, og fra uke til uke. Det blir ikke benyttet vibrerende verktøy hver arbeidsdag.

Tidtaking viser at ved boring av et hull er boret som regel i drift ca. 85 % av tiden fra hullet er påbegynt til hullet er boret ferdig.

Ved hjelp av registreringsskjema ble eksponeringstiden over en lengre tidsperiode kartlagt. To fjellsikrere leverte ukentlige registreringsskjema i til sammen 26 uker for å gi oss et anslag på den totale eksponeringstiden fjellsikrere utsettes for. Dette ga følgende tall:

Det ble utført boring på 45 av 104 arbeidsdager som var omfattet av tidsregistreringen.

På dagene det ble boret, så boret den enkelte arbeidstakeren i snitt 82 minutter (driftstid på boret).

Det varierte fra 19 minutter på dagen med minst boring til 198 minutter på dagen med mest boring.

Gjennomsnittlig driftstid per hull var 32 minutter.

Driftstid på mellom 10 og 40 minutter per hull er mest vanlig. Det kan variere fra 5 minutter til flere timer per hull. Driftstid var imidlertid sjelden mer enn 60 minutter.

3.5 Metode

3.5.1 Måleutstyr

Vibrasjonsmåler av typen Larson Davis HVM100 er benyttet til målingene. To ulike akselerometre er benyttet. Sen021f og Sen026. Vibrasjonsmåler og akselerometre ble kalibrert av Larson Davis den 20.01.2012 og påfølgende år av Norsonic AS den 27.02.2013.

Akselerometeret Sen021f ble montert på en T-adapter, mellom pekefinger og langfinger. Det ble laget hull i arbeidshansken for å få adapteren på plass. Adapteren ble presset mot håndtaket på borhammeren (eller håndtaket på håndjekken) når operatøren grep rundt håndtaket.

Akselerometeret Sen026 ble montert i en hanskeadapter. Adapteren ble tapet fast i håndflaten til operatøren, og hansken ble så trukket utenpå. Adapteren blir presset mot håndtaket på borhammeren (eller håndtaket på håndjekken) når operatøren griper rundt håndtaket.

Vibrasjonsmåler av typen Svantek 106 i kombinasjon med akselerometer SV105A (hanskeadapter) ble benyttet under kontrollerte målinger. Utstyret ble kalibrert av Svantek 23.05.2013. Målingene med dette utstyret ble ikke gjort under ordinære arbeidsoppdrag, men under målesesjoner der arbeidstakere ble instruert i forbindelse med boringen for testing av arbeidsteknikk og utstyr.

3.5.2 Plassering av akselerometre

Det er to årsaker til valget om å feste akselerometrene til arbeidstakers hånd, i stedet for direkte på verktøyets håndtak. Den ene årsaken er at akselerometeret ville blitt svært eksponert for skader under de røffe fysiske forhold som råder ved fjellsikringsarbeid. Hovedårsaken er at måleresultatene ville blitt misvisende, på grunn av at arbeidstakers hånd i praksis ikke er i kontakt med det vibrerende verktøyet hele tiden og kan ofte være i kontakt med andre vibrerende flater på verktøyet. Ikke bare håndtaket. Varigheten på kontakt mellom arbeidstakers hender og borhammeren avhenger av flere forhold. Det avhenger av type verktøy og tilbehør

som benyttes, det avhenger av terrenget og fjellet det bores i, og det avhenger også av operatørens individuelle arbeidsteknikk.

Mekaniske vibrasjoner måles i tre akser (retninger): X, Y og Z – aksene. Alle akselerometrene som har vært brukt i målingene er av typen “tri-akselerometer” der alle tre aksene måles simultant og apparatet kalkulerer sumverdier av de tre aksene tilsammen. Begge måleapparatene var innstilt med veiefiltre i henhold til ISO 5349-2:2001. På bildet nede til høyre kan man se retningene på X og Z – aksene som er ført på sensoren. Y-aksen ligger vinkelrett på fingerretningen.



Hanskeadapter med SEN026 tri-akselerometer



T-adapter med SEN21F tri-akselerometer med markering av akse-retning. Plassering er mellom peke- og langfinger.

2.5.3 Kalkulasjon

Til eksponeringsmålingene var måleutstyret innstilt på å gi gjennomsnittsberegninger av vibrasjonsnivå per sekund og per minutt. Såpass korte beregningsintervaller ble valgt for å kunne få frem de store variasjonene i vibrasjonsnivå som oppstår ved fjellboring. En vibrasjonskalkulator (HAVcalcVersionB) fra Operc (Off-highway Plant and Equipment Research Center) ble benyttet til å estimere vibrasjonsnivå for en hel måleperiode. For å estimere tidspunkt for når tiltaksverdi og grenseverdi inntreffer ble måleperioden duplisert en til flere ganger i kalkulatoren der det var nødvendig. Vi lar altså måleperioden representere det gjennomsnittlige vibrasjonsnivået for arbeidsoppgavene, også utover måleperiodens varighet.

Varigheten på måleseriene varierte fra 10 til 25 minutter. Variasjonene i vibrasjonsnivå som fremgår av måleserien presentert i punkt 3.6.5 på side 23 viser viktigheten av lange nok måleserier og at man observerer hva som skjer underveis i måleprosessen. Hvis man plukker ut

5-minutters sekvensen med høyest vibrasjonsnivå og sammenlikner med 5-minutters sekvensen med lavest vibrasjonsnivå, så blir vibrasjonsnivået omtrent fem ganger så høyt i den sekvensen med høyest nivå. Feilmarginen kan altså bli svært stor hvis måletiden blir for kort.

For de fleste kartleggingene er eksponeringen målt gjennom en hel arbeidssyklus. En naturlig arbeidssyklus ved fjellsikringsarbeid er hele prosessen med boring av ett hull og innsetting av bolt. I tilfeller der arbeidssyklusen har hatt en varighet på mindre enn ca. 15 minutter, er det målt en ekstra arbeidssyklus. Dette er gjort for å ha større kontroll på feilkilder, som for eksempel variasjoner i fjellet.

Alle rådata fra måleapparatene og kopier av utførte kalkulasjoner i vibrasjonskalkulator er lagret og tilgjengelig for gjennomsyn. Rådata er ikke presentert i kartleggingsrapporten fordi datamengdene er svært store.

3.6 Presentasjon av måleresultater og risikovurderinger

Mekaniske vibrasjoner oppgis vanligvis i m/s^2 . I "Forskrift om Tiltaks og – grenseverdier" fremkommer tiltaksverdi $2,5 m/s^2$ og grenseverdi $5 m/s^2$. Dette gjelder for den enkelte arbeidsdag à 8 timer. Det er for eksempel ikke anledning til å overskride grenseverdi selv om man eksponeres bare en arbeidsdag i løpet av en uke. Beregningen som ligger til grunn er eksponentiell. Dette medfører at en dobling i vibrasjonsnivå medfører en reduksjon i tillatt arbeidstid (eksponeringstid) til en fjerdedel. Her er noen eksempler:

Vibrasjonsnivå: $5 m/s^2$ fører til at grenseverdi inntreffer etter: 8 timer

Vibrasjonsnivå: $10 m/s^2$ fører til at grenseverdi inntreffer etter: 2 timer

Vibrasjonsnivå: $20 m/s^2$ fører til at grenseverdi inntreffer etter 30 minutter

Dette medfører at relativt små endringer i vibrasjonsnivå (m/s^2) kan gi vesentlige utslag i forhold til hvor lang tid det tar til grenseverdi inntreffer.

Tiltaksverdier og grenseverdier som fremkommer i forskriftene er basert på studier av risikoen for utvikling av HAVS (Hånd-Arm Vibrasjons Syndrom) hos arbeidstakere som arbeider med vibrerende verktøy.

3.6.1 Standardboring ved Sjøkrigsskolevegen i Bergen, 23.05.13

Beskrivelse av arbeidsoperasjon:

Standardboring omtales også som vertikalboring. Da benyttes borets egenvekt samt et ekstra vektlodd som henges på håndtaket, til å skyve boret inn i fjellet. Boringen ble utført med et Atlas Copco RH658 standardbor på toppen av en skjæring bak en boligtomt. Vektlodd ble ikke benyttet til denne jobben. Boret ble presset inn i fjellet ved at arbeidstakeren holdt begge hender på håndtaket på borhammeren og presset ned ved hjelp av egen kroppsvekt. Arbeidslaget bestod av tre arbeidstakere.

Måleresultat:

	HØYRE HÅND:
Gjennomsnittsverdi:	58,2 m/s ²
Tid til grenseverdi:	4 minutter
Tid til tiltaksverdi:	1 minutt
Høyeste minuttverdi:	93,5 m/s ²
Måleperiode:	14 minutter

Risikovurdering:

Eksponeringstid i løpet av arbeidsdagen er vesentlig lenger enn 4 minutter som er tiden det tar til grenseverdi inntreffer ved dette vibrasjonsnivået. Risikoen for å pådra seg HAVS er stor hvis det bores mye med så høyt vibrasjonsnivå. Akutt-effektene på helsen ved så høyt vibrasjonsnivå på enkeltdager er usikker, men man bør være føre var og helt unngå så høye vibrasjonsnivåer.

Tiltak:

- *Vektlodd må alltid benyttes ved standardboring. Måling av standardboring med vektlodd (se kap. 5.2.2 på side 41) viste et vibrasjonsnivå på rundt 10 m/s^2 (avhengig av arbeidsteknikk). Ved vanskelig fjell eller ved vinkler som avviker mye fra vertikalplanet er det vanskelig å benytte vektlodd. Da må det benyttes boregeit eller borhammer med vibrasjonsdempet håndtak.
- *Optimal arbeidsteknikk for å unngå for mye berøring med vibrerende deler på maskinen er viktig.
- *Boring må fordeles jevnt blant arbeidstakerne på arbeidslaget.
- *Fotløkke. Under kartleggingen festet arbeidstakeren et tau til håndtaket på boret og laget en løkke som han tredde foten inn på. Han kunne på den måten avlaste hendene ved å legge noe av kroppsvekten i fotløkken. Dette reduserte vibrasjonsnivået med ca. 30 %. Denne provisoriske metoden er imidlertid ikke nok til å få vibrasjonsnivået ned på et tilfredsstillende nivå.



Standardboring (venstre bilde) og boring med håndjekk (høyre bilde), Sjøkrigsskolevegen.

3.6.2 Boring med håndjekk ved sjøkrigsskolevegen i Bergen, 23.05.2012

Beskrivelse av arbeidsoperasjon:

Håndjekk benyttes i fjellvegger og skråninger der fjellsikrerne må klatre eller sikres i tau. Det benyttes klatreutstyr og operatøren er sikret med doble tau som er festet på toppen av skjæringen. Boret henges opp i eget tau. På borhammeren er det festet en håndjekk som betjenes ved hjelp av en spake. En bolt festes i fjellet og fungerer som anker for tauet i håndjekken. Arbeidstakeren benytter spaken til å jekke inn tauet og på den måten drive boret inn i fjellet. Spaken holdes i hånden mesteparten av tiden boret er i drift. Første borstang er 80 cm lang. Når det bores dypere hull byttes det til lengre borstang for hver 80 cm det blir boret.

Denne jobben ble utført i en skjæring på fem meters høyde bak en boligtomt. Fjellet ble beskrevet som normalt og relativt lett å bore i. Arbeidslaget bestod av tre menn.

Måleresultat:

	HØYRE HÅND:
Gjennomsnittsverdi:	11,9 m/s ²
Tid til grenseverdi:	85 minutter
Tid til tiltaksverdi:	19 minutter
Høyeste minuttverdi:	30,4 m/s ²
Måleperiode:	16 minutter

Risikovurdering:

Vibrasjonsnivået på denne arbeidsoppgaven er høyt, men håndterbart og innenfor grenseverdi forutsatt at den enkelte arbeidstaker ikke eksponeres for mer enn 85 minutter driftstid. Til denne jobben var det tre arbeidstakere, slik at ved å dele på boringen var det anledning til å ha driftstid på boret på tilsammen 255 minutter. Imidlertid vil tiltaksverdi overskrides etter 19 minutter. Tiltak for reduksjon av vibrasjonsnivået må derfor vurderes.

Tiltak:

- *Boringen må fordeles likt på arbeidstakerne på stedet
- *Arbeidsteknikk: Arbeidstakerne bør bytte hånd (til håndjekk) mellom hvert hull de borer. Dette vil gi en vesentlig reduksjon i vibrasjonseksposeringen.
- *Er det forventet mer enn 4,25 timers driftstid på boret, bør bemanningen økes med flere arbeidstakere.
- *Det bør alltid vurderes om det er praktisk og hensiktsmessig å benytte vibrasjonsfritt utstyr, som f.eks. boregeit.

3.6.3 Boring med håndjekk på Trengereid, 01.06.2012

Beskrivelse av arbeidsoperasjon:

Se beskrivelse av håndjekk i punkt 3.6.1 (Sjøkrigsskolevegen 23.05.2012). Sikringsarbeidet ble utført av to arbeidstakere i bratt skrånende terreng ca. 40 meter over skinnegangen på Bergensbanen. Tilkomsten til arbeidsstedet var fra en bilvei som lå i samme høyde. På grunn av det bratte terrenget ble det benyttet langsgående (horisontalt) sikringstau som arbeidstakerne klipset seg inn på ved hjelp av karabinkroker.

Det ble boret med borstang som hadde diameter på 51 mm. Dette er stor diameter sammenliknet med 32 mm som er mer vanlig. Fjellet ble beskrevet som vanskelig av arbeidstakerne, på grunn av mye "slepper" i fjellet. Slepper er dyptliggende sprekker (ofte ikke synlig på overflaten) som inneholder forvitret fjell (løs masser). Når borstangen drives inn i en sleppe er det risiko for at borstangen kan sette seg fast.

Når borstangen setter seg fast, kan den løsnes ved å trekke den ut ved hjelp av håndtaket på borhammeren eller ved hjelp av en luftdreven uttrekker. Denne situasjonen medfører svært høye vibrasjonsnivåer. En bornøkkel (kraftig skiftenøkkel) kan benyttes til å vri løs borstangen. Et lodd som hektes inn på borstangen kan brukes til å slå boret ut. Loddet trekkes med full kraft langs borstangen til det slår mot nakken på borstangen. De to sistnevnte verktøyene gir ingen vibrasjonseksposering, men er ikke alltid tilstrekkelig til å løsne borstengene.

I denne sikringsjobben satte borstangen seg fast. Alle ovennevnte metoder bortsett fra uttrekker ble benyttet for å løsne borstangen. Arbeidstakerne opplevde arbeidet som fysisk krevende på grunn av høyt vibrasjonsnivå og høy fysisk belastning for øvrig. Den høye fysiske belastningen oppstår fordi borhammeren som har en egenvekt på ca. 20 kg må løftes og "rugges" manuelt når stangen trekkes ut. Loddet som benyttes har en egenvekt på ca. ti kilo. Det brukes mye manuell kraft for å slå løs borstangen ved hjelp av loddet.

Måleresultat:

	HØYRE HÅND:
Gjennomsnittsverdi:	18,5 m/s ²
Tid til grenseverdi:	35 minutter
Tid til tiltaksverdi:	9 minutter
Høyeste minuttverdi:	30,9 m/s ²
Måleperiode:	17 minutter

Risikovurdering:

Vibrasjonsnivået var høyt ved denne arbeidsoperasjonen, og ble opplevd som høyt av arbeidstakerne. Årsaken er sannsynligvis at det var vanskelig fjell med mye slepper, og at en grovkalibret borstang (stor bor diameter) ble benyttet. Risikoen for at grenseverdi overskrides er stor ved denne type arbeidsoperasjoner.

Tiltak:

* Boring med så stor bor diameter bør gjøres ved hjelp av borerigg eller boregeit.

Boregeiten ville fjernet vibrasjonseksposeringen helt. På det aktuelle arbeidsstedet var det ikke mulig komme til med kran. Da kan det benyttes helikoptertransport. Selve forflytningen av boregeiten i skråningen kan med litt trening gjøres ved hjelp av to mann og en taumoped (bensindrevet eller elektrisk løftevinsj).

* Hvis ikke annet utstyr kan benyttes må bemanningen økes under slike forhold.



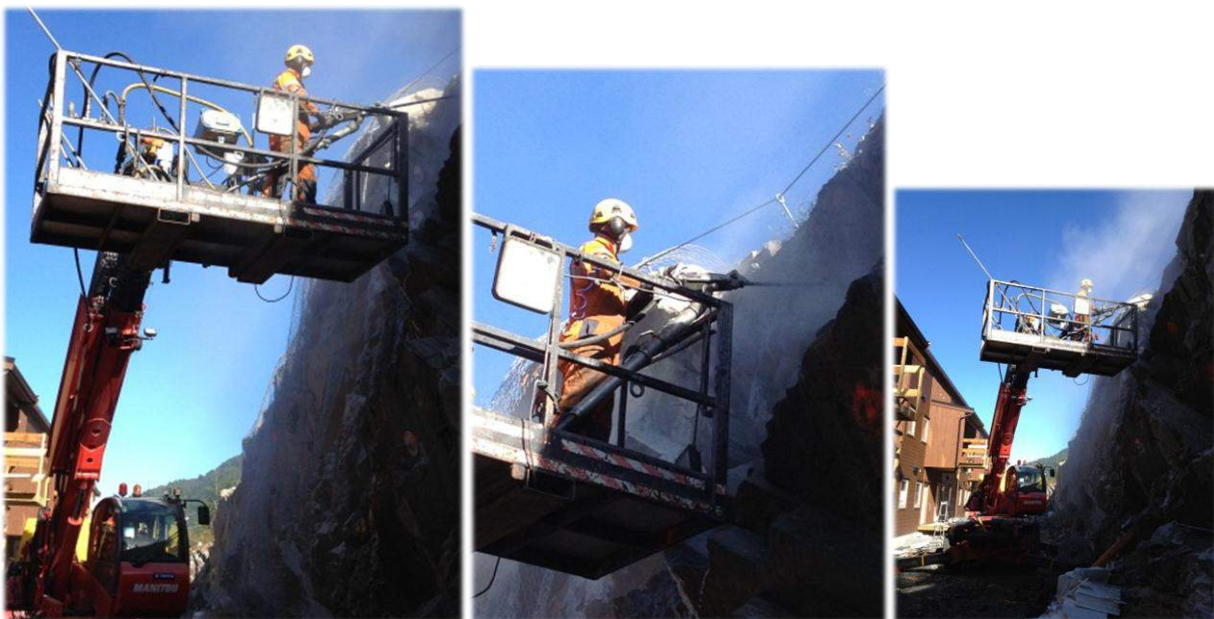
Boring ved hjelp av håndjekkjekk på Trengereid

3.6.4 Boring med knemater på Loftås, Osterøy, 27.08.2012

Beskrivelse av arbeidsoperasjon:

Sikringsarbeidet ble utført i en ti meter høy loddrett skjæring bak et nytt boligkompleks. Det ble boret hull til bolter for montering av is-nett til sikring mot is-nedfall. Det ble boret med knemater fra korg (kranbil). Gripeføttene på knemateren var støttet mot en bjelke i bunnen av korgen. Den første fordypningen i borepunktet bores med håndkraft. Det betyr at operatøren driver borstangen inn i fjellet ved å presse på håndtaket på borhammeren. Dette tar som regel i underkant av et halvt minutt. Ved hjelp av lufttrykket i sylindren på knemateren drives borstangen videre inn i fjellet. Operatøren holdt hendene på borhammeren.

Årsaken til at operatøren ønsket å ha hendene i kontakt med borhammeren var for å kjenne gjennom vibrasjonene hvordan borhammeren oppførte seg. Dette gir mulighet til å stoppe borhammeren før den setter seg fast. Dette kan ofte merkes på vibrasjonene. Hvis boret setter seg fast kan hele borhammeren og sylindren begynne å rotere hvis ikke borhammeren skrues av. Plasseringen av operatørens hender når det bores med knemater varierer. Det finnes ulike arbeidsteknikker som har store konsekvenser for vibrasjonseksposeringen (se kapittel 5.3 på side 44).



Boring med knemater fra korg på Loftås, Osterøy.

I denne kartleggingen ble det gjort målinger først på høyre hånd, deretter på venstre hånd. Knemateren var av typen Atlas Copco BBC16, bor diameteren var 34 mm og fjellet ble betegnet av fjellsikrerne som normalt hardt. Tre arbeidstakere inkludert kranfører utførte sikringsjobben.

Måleresultat:

	HØYRE HÅND:	VENSTRE HÅND:
Gjennomsnittsverdi:	19,5 m/s ²	18,2 m/s ²
Tid til grenseverdi:	32 minutter	36 minutter
Tid til tiltaksverdi:	8 minutter	9 minutter
Høyeste minuttverdi:	29,4 m/s ²	32,4 m/s ²
Måleperiode:	10 minutter	16 minutter

Risikovurdering:

Denne sikringsjobben medførte høyt vibrasjonsnivå. Risikoen for å overskride grenseverdi er stor ved denne type arbeidsoperasjon (knematerboring).

Tiltak:

- *Borhammer fastmontert til korg vil fjerne vibrasjonseksposering under boring.
- *Borerigg med fjernstyring vil også fjerne vibrasjonseksposering forbundet med boringen

Ett av de to ovenstående tiltak vil være mest effektivt. Hvis ikke mulig å gjennomføre er følgende tiltak viktige:

- *Tilstrekkelig antall arbeidstakere slik at den enkelte arbeidstakers vibrasjonseksposering er innenfor grenseverdi.
- * Optimal arbeidsteknikk for å unngå for mye berøring med vibrerende deler på borhammer/knemater

3.6.5 Boring med knemater i Leirvikvegen, Bergen, 08.10.2012

Beskrivelse av arbeidsoperasjon:

Sikringsarbeidet ble utført i en lav skjæring rett ved en tilkomstvei til et boligområde. Se for øvrig generell beskrivelse av arbeid med knemater i punkt 3.6.4. Arbeidet ble utført fra bakkenivå. Det ble benyttet Atlas Copco BBC16W (knemater) til arbeidet. To fjellsikrere utførte sikringsjobben. Fjellet var vanskelig å bore i på grunn av mye slepper som førte til at borstangen ofte satte seg fast. Bornøkkel og lodd ble benyttet i forsøk på å løsne borstengene. Enkelte borstenger måtte kappes med vinkelkutter og ble stående igjen i fjellet fordi det ikke var mulig å få dem løs. På grunn av de vanskelige forholdene ble det hentet inn borerigg for å fullføre sikringsarbeidet.

	Vibration magnitudo in m/s ²
1.minutt med boring. Gjennomsnitt m/s ²	41,8
2.minutt	18,5
3.minutt	70,9
4.minutt	76,7
5.minutt	42,4
6.minutt	49,7
7.minutt	45,7
8.minutt	54,6
9.minutt	44,0
10.minutt	2,6
11.minutt	11,8
12.minutt	25,5
13.minutt	12,6
14.minutt	10,3
15.minutt	7,6
16.minutt	25,9
17.minutt	21,5
18.minutt	15,2
19.minutt	34,0
20.minutt	17,1

Tabellen over er klippet ut fra vibrasjonskalkulatoren som viser det gjennomsnittlige vibrasjonsnivået for hvert av de 20 første minuttene. Her går det tydelig frem av tabellen hvor mye nivået kan variere fra minutt til minutt. I minutt 3 og 4 i tabellen ser vi svært høye vibrasjonsnivåer. På dette tidspunktet hadde borstangen satt seg fast, og operatøren forsøkte å få borstangen løs ved å trekke i borhammeren.

Måleresultat:

	HØYRE HÅND:
Gjennomsnittsverdi:	36,3 m/s ²
Tid til grenseverdi:	9 minutter
Tid til tiltaksverdi:	2 minutter
Høyeste minuttverdi:	76,7 m/s ²
Måleperiode:	25 minutter

Risikovurdering:

Denne sikringsjobben ga svært høy vibrasjonseksposering. Tid til grenseverdi inntreffer er estimert på bakgrunn av gjennomsnittlig vibrasjonsnivå på 36,3 m/s². Det er verdt å merke seg at måleverdiene viser et vibrasjonsnivå på 76,7 m/s² for ett av måleminuttene. Dette nivået ble målt da arbeidstakeren jobbet med å løsne en borstang som hadde satt seg fast.

Situasjoner der borstenger setter seg fast i fjellet medfører svært høy vibrasjonseksposering. Bare de få minuttene det tar å løsne staget gir stor risiko for at grenseverdi inntreffer. Helserisiko forbundet med så høye, men kortvarige eksponeringer er ikke kjent.

Tiltak:

* Ved så vanskelig fjell, bør det bare benyttes boregeit eller borerigg.

*Når borstangen setter seg fast i fjellet må det benyttes luftdreven uttrekker for å løsne borstangen.

På denne fjellsikringsjobben ble det fraktet inn en borerigg som ble benyttet til å fullføre sikringsarbeidet.

3.6.6 Boring med knemater på Vindenes, Sotra, 18.03.2013

Beskrivelse av arbeidsoperasjon:

Sikringsarbeidet ble utført i en lav skjæring rett ved en tilkomstvei til et boligområde. Se for øvrig generell beskrivelse av arbeid med knemater i punkt 6.4.1. Det ble både benyttet knemater på bakkenivå, og det ble arbeidet fra tau med håndjekk. Måleresultatene er fra boringen med knemater. Atlas Copco BBC16 ble benyttet. Arbeidet ble utført av et arbeidslag bestående av tre arbeidstakere.

Måleresultat:

	HØYRE HÅND:
Gjennomsnittsverdi:	19 m/s ²
Tid til grenseverdi:	33 minutter
Tid til tiltaksverdi:	8 minutter
Høyeste minuttverdi:	28,9 m/s ²
Måleperiode:	22 minutter

Risikovurdering:

Denne sikringsjobben medførte høyt vibrasjonsnivå. Risikoen for å overskride grenseverdi er stor ved denne type arbeidsoperasjon (knematerboring).

Tiltak:

*Bruk av borerigg eller boregeit vil fjerne vibrasjonseksposeringen ved boring.

Hvis slikt utstyr ikke kan benyttes er følgende tiltak viktige:

*Optimal arbeidsteknikk

*Vurdere økt bemanning på arbeidslaget

3.7 Oppsummering

3.7.1 Oppsummering av eksponeringsmålinger

Oversikt over måleresultater:

Kartlagte arbeidsoppgaver:	Vibrasjonsnivå:	Grenseverdi inntreffer etter (antall minutter):	Tiltaksverdi inntreffer etter (antall minutter):
Standardboring (23.05.12):	58,2 m/s ² .	4 minutter	1 minutt
Boring m/håndjekk (23.05.12):	11,9 m/s ² .	85 minutter	21 minutter
Boring m/håndjekk (01.06.13):	18,5 m/s ² .	35 minutter	9 minutter
Boring m/knemater (27.08.12):	19,5 m/s ²	32 minutter	8 minutter
Boring m/knemater (10.08.12):	36,3 m/s ²	9 minutter	2 minutter
Boring m/knemater (18.03.13):	19,0 m/s ²	33 minutter	8 minutter

På bakgrunn av målingene kan vi se at det er stor variasjon på vibrasjonsnivået ved fjellsikringsarbeid. Det er tydelig at fjellets varierende struktur har stor innvirkning. Arbeidsteknikk har også stor innflytelse. Til tross for veldig varierende vibrasjonsnivå så er det funnet en tendens i vibrasjonsverdiene knyttet til de ulike arbeidsoperasjonene.

Ved boring med knemater kan det se ut som at vibrasjonsnivået ligger typisk på rundt 20 m/s². Imidlertid kan vanskelig fjell øke eksponeringen til over 30 m/s². Potensialet til å redusere vibrasjonsnivået vesentlig ved hjelp av arbeidsteknikk er tilstede.

Ved vertikalboring (standardboring) uten vektlodd kan vibrasjonsnivået overstige 50 m/s², med vektlodd ligger det på ca. 20 m/s² og med optimal arbeidsteknikk kan vibrasjonsnivået reduseres vesentlig.

Ved boring med håndjekk ser det ut som vibrasjonsnivået ligger rundt 12 m/s² og vanskelig fjell kan øke eksponeringen til ca. 20 m/s². Arbeidsteknikk kan også her spille en vesentlig rolle i å redusere vibrasjonsnivået.

2.7.2 Oppsummering av tiltak

Krav i forbindelse med arbeid som kan medføre mekaniske vibrasjoner er regulert i § 14 i Arbeidstilsynets "*Forskrift om Utførelse av arbeid*" (best.nr.703). Der gis det en beskrivelse av arbeidsgivers og arbeidstakers plikter i forbindelse med eksponering mot mekaniske vibrasjoner som bør gjennomgås av arbeidstakere og ledere.

Det mest effektive tiltaket for å redusere vibrasjonseksponeringen er å benytte seg av utstyr der arbeidstakerne ikke behøver å være i kontakt med mekaniske vibrasjoner. Det kan være utstyr som fjernstyrt krandrill, korg med boreguide, boregeit eller borerigg. Så langt det er praktisk og økonomisk forsvarlig, bør alltid slike tiltak prioriteres.

Hvis arbeidet må utføres med knemater, håndjekk eller med standardbor, så er optimal arbeidsteknikk viktig for å redusere vibrasjonsnivået. Som hovedregel handler det om å redusere kontakten mellom hender/fingre og vibrerende flater til et minimum. Noe kontakt nå og da er ikke til å unngå fordi arbeidstakerne til en viss grad må styre borhammeren når det bores med knemater og være i stand til å reagere raskt hvis de for eksempel merker at borstangen er på vei inn i en sleppe i fjellet. Når det benyttes håndjekk må hånden benyttes til å operere jekken. En effektiv måte å redusere vibrasjonseksponeringen på, er å veksle mellom bruk av høyre og venstre hånd. Arbeidstakeren kan for eksempel veksle mellom hvert hull. Arbeidsteknikker bør utarbeides i samråd med arbeidstakerne. Det bør være et hyppig tema på lagsmøter og er svært viktig å ha fokus på i forbindelse med opplæring av nyansatte.

Det er viktig å sikre at bemanningen på et arbeidslag står i forhold til vibrasjonsnivået som er forventet på det aktuelle arbeidsstedet. Det er vanskelig på forhånd å anslå hva vibrasjonseksponeringen kommer til å bli. Men man kan til en viss grad forutsi eksponeringen ved å se på hvor mange og hvor dype hull som skal bores, hva slags utstyr det skal bores med og hva slags terreng og fjell det bores i.

I fjellsikring kan ofte relativt kortvarige, men høye vibrasjonsnivåer forekomme. Dette skjer når det bores i dårlig fjell som inneholder mye slepper. Kartleggingen viser at under slike forhold kan vibrasjonsnivåene bli så høye at grenseverdi overskrides etter 3 – 4 minutter. Det finnes ikke sikker kunnskap om hvor skadelige slike kortvarige høye eksponeringer er, men det er sannsynlig at statisk eksponering som foregår over tid er mer skadelig for kroppen. For eksempel er det sannsynlig at en vibrasjonseksponering på 5 m/s^2 i åtte sammenhengende timer er mer belastende enn en vibrasjonseksponering på 60 m/s^2 i tre minutter, til tross for at begge eksponeringene gir samme totaleksponering ifølge utregningsformelen som benyttes i henhold til ISO 5349-2.

Både statisk, langvarig eksponering og kortvarig høy eksponering bør imidlertid reduseres så mye som mulig. Fjellsikrere er eksponert for begge deler.

Ved fjellsikringsarbeid vil i mange tilfeller de mest effektive tiltakene for å redusere arbeidstakernes eksponering for mekaniske vibrasjoner, også være de mest kostbare. Ofte vil tyngre utstyr og/eller en oppbemanning av arbeidslag være beste løsning. I en bransje med små marginer ville det vært en fordel at også byggherren gjør en risikovurdering der eksponering mot mekaniske vibrasjoner inngår. På bakgrunn av en slik risikovurdering kan byggherren for eksempel stille krav om hva slags utstyr og bemanning som må benyttes til en konkret jobb. Dette ville sikret sunne og like konkurransevilkår mellom aktørene, med større sikkerhet for at arbeidstakernes helse ivaretas. En nødvendig konsekvens, ville blitt at en del fjellsikringsjobber ville blitt mer kostbare å få utført for byggherren.



Bildet er fra arbeid med Mont Blanc tunnelen mellom Frankrike og Italia i perioden 1957 – 1965. Utstyret som benyttes til boring er stort sett det samme som i dag.

4. Sammenliknende vibrasjonsmålinger av forskjellig fjellboringsutstyr

4.1 Innledning

Vi ønsket å undersøke hvor stor påvirkning valg av utstyr har på vibrasjonsnivået. Det finnes mange ulike typer borhammere og mye forskjellig tilbehør som kan ha påvirkning på vibrasjonsnivået. På bakgrunn av innspill fra fjellsikrere er enkelte forhold og utstyrselementer blitt gjenstand for nærmere kartlegging. Det er varierende forhold i felt, noe som gjør det vanskelig å gjøre sammenlignbare målinger. Derfor ble arbeidsoperasjonene satt opp og utført på en slik måte at målingene har så få feilkilder som mulig.

4.2 Boring med slipte og uslipte skjær på borstangen

Skjæret på enden av borstangen blir uskarpt etter en tids bruk. Det finnes slipeutstyr beregnet for sliping av borstenger. I dette forsøket sammenlignet vi vibrasjonsnivå og tidsbruk ved bruk av slipt og uslipt skjær på borstangen.

4.2.1 Metode

Tid og sted:

09.01.2014, Kongleveien, Drammen. Det ble boret i en skjæring ved siden av en tilkomstvei til et boligområde. Det ble valgt et parti av fjellet som ble vurdert som enkelt og forutsigbart å bore i slik at målingene ville gi mest mulig sammenlignbare resultater.

Boreutstyr:

Atlas Copco RH658L standardbor med vektlodd og 80 cm serie 12 borstang (36 mm diameter).

Måleutstyr:

Svantek 106 med to stk. Svantek 105A akselerometre med hanskeadaptere (en for høyre og en for venstre hånd). Dette apparatet måler vibrasjoner på begge hender simultant.

Innstillinger og plassering av akselerometre:

Se kapittel 3.5

Fremgangsmåte:

Det ble boret fire hull à 80 cm med uslipt skjær på borstang. Det ble gjort 1 minutt vibrasjonsmåling per hull, og det ble gjort tidsmåling av den totale boretiden for hvert hull.

Deretter ble det boret tre hull i umiddelbar nærhet til de første hullene, men denne gang med nyslipt skjær på borstangen. De samme målingene ble utført.

På hvert hull ble vibrasjonsmålingen startet 15-20 sekunder etter at boringen var igangsatt, for å få mest mulig sammenlignbare resultater. Årsaken er at vibrasjonsnivået kan variere mye fra hull til hull ved igangsetting. Dette har å gjøre med at borstangen ofte glipper, eller hopper ut av posisjon før hullet er blitt dypt nok til at borstangen roterer stabilt i hullet. Hvis vibrasjonsmålingen blir igangsatt umiddelbart, ville det kreve langt flere og lengre måleserier for å oppnå sammenlignbare resultater. Alle hull ble boret av samme operatør.

4.2.2 MåleresultaterStandardboring med uslipte skjær på borstang:

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSNIVÅ HØYRE HÅND:	VIBRASJONSNIVÅ VENSTRE HÅND:	TIDSBRUK:
1	25,9 m/s ²	29,2 m/s ²	2:20 (min:sek)
2	23,1 m/s ²	30,5 m/s ²	1:58 (min:sek)
3	24,1 m/s ²	25,9 m/s ²	2:01 (min:sek)
4	30,3 m/s ²	28,2 m/s ²	2:24 (min:sek)
Gjennomsnitt:	25,9 m/s ²	28,5 m/s ²	2:11 (min:sek)

Standardboring med slipte skjær på borstang:

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSNIVÅ HØYRE HÅND	VIBRASJONSNIVÅ VENSTRE HÅND	TIDSBRUK
1	27,6 m/s ²	28,0 m/s ²	1:58 (min:sek)
2	29,4 m/s ²	24,9 m/s ²	1:43 (min:sek)
3	28,7 m/s ²	27,4 m/s ²	1:48 (min:sek)
Gjennomsnitt:	28,6 m/s ²	26,8 m/s ²	1:48 (min:sek)

Gjennomsnittlig vibrasjonsnivå (høyre og venstre summert) med uslipt borstang: 27,7 m/s²

Gjennomsnittlig vibrasjonsnivå (høyre og venstre summert) med slipt borstang: 27,2 m/s²

4.2.3 Oppsummering

Forskjellen i vibrasjonsnivå mellom slipt og uslipt borstang er liten. Tidsmålingene indikerer imidlertid at boreprosessen går omkring 20 % raskere med slipt borstang. Til tross for at vibrasjonsnivået er likt, så betyr raskere fremdrift på boringen at den totale vibrasjonseksposeringen i løpet av en arbeidsdag kan bli mindre fordi eksponeringstiden blir redusert.

4.3 Vibrasjonsmålinger av borhammere og håndjekk (kjettingtalje) med kort og langt håndtak

Disse borhammerne er mye brukt til fjellboring, både til standardboring (vertikalboring) og til boring med håndjekk. Borhammerne har en ganske ulik karakteristikk, så det kan tenkes at det krever litt tilvenning å bli vant med å håndtere en type borhammer på best mulig måte. Atlas Copco RH658 har en tregere slagfrekvens enn Montabert T21, men slaglengden er lengre (slaglengde er ikke oppgitt i spesifikasjonene hos Montabert, men i følge fjellsikrerne er forskjellen betydelig og merkbar).

Atlas Copco har oppgitt et lavere vibrasjonsnivå (fra fabrikk) enn Montabert. Det er imidlertid ikke klarlagt om de to maskinene er testet under like forhold på sine respektive fabrikker.

Ved en inkurie ble det byttet til kjettingtalje (håndjekk med kjetting) med et lengre håndtak etter en pause i målingene. Da dette fikk stor innflytelse på vibrasjonsnivået ble denne sammenhengen kartlagt nærmere. Håndtakene hadde en lengde på henholdsvis 30 og 50 centimeter.

4.3.1 Metode

Tid og sted:

10.01.2014, Verningen ved Larvik. Det ble boret i en stor stein (tre meter i diameter) som ble vurdert til å bestå av jevnt og forutsigbart fjell.

Boreutstyr:

Atlas Copco RH658 borhammer med 80 cm, 160 cm og 240 cm serie 11 borstang (32 mm diameter).

Montabert T21 borhammer med 80 cm, 160 cm og 240 cm serie 11 borstang (32 mm diameter).

Håndjekk med 30 cm håndtak.

Håndjekk med 50 cm håndtak.

Spesifikasjoner på borhammerne:

Borhammer (type)	Montabert T21	Atlas Copco RH658L
Vekt	21 kg	24 kg
Luftforbruk	45 liter/sekund	58 liter/sekund
Omdreiningar	280 rpm	215 rpm
Slaghastighet	3000 slag/minutt	2040 slag/minutt
Slaglengde	Ikke oppgitt	59 mm
Vibrasjonsnivå*	34,9 m/s ²	21,2 m/s ²
Støynivå*	126 dB	116 dB(A)

*Det er usikkert om spesifikasjonene for støy og vibrasjoner er sammenlignbare fordi det ikke har lyktes å få klarhet i om borhammerne er testet under like forhold.

Måleutstyr:

Svantek 106 med 2 stk. Svantek 105A akselerometre med hanskeadaptere (en for høyre og en for venstre hånd). Dette apparatet måler vibrasjoner på begge hender simultant.

Innstillinger og plassering av akselerometre:

Ved bruk av håndjekk (taujeck/kjettingtalje) er det hovedsakelig bare en hånd av gangen som er eksponert for vibrasjoner. Måleresultatene gjelder for høyre hånd, som betjente håndtaket. Se for øvrig kapittel 3.5 (Metode).

Fremgangsmåte:

Det ble boret 240 cm dype hull. For å nå denne dybden behøves tre borstenger (80 cm, 160 cm og 240 cm). For hver stang ble det utført en vibrasjonsmåling av to minutters varighet. For hver av de to borhammerne ble det boret to hull, ett ved hjelp av kjettingtalje med kort håndtak (30 cm), og ett ved hjelp av kjettingtalje med langt håndtak (50 cm). Hullene ble boret tett ved siden av hverandre for å unngå eventuelle forskjeller i fjellets beskaffenhet. Målinger utført på forskjellige arbeidstakere sammenliknes normalt ikke. I ett tilfelle ble dette gjort i løpet av måleserien. Se pkt. 4.5 for diskusjon om hvordan dette kan ha virket inn på resultatene.

4.3.2 MåleresultaterBoring ved hjelp av håndjekk med kort håndtak (30 cm)

Måling nummer:	Montabert T21	Atlas Copco RH658L
1-2 (80 cm borstang)	24,6 m/s ²	21,7 m/s ²
3-4 (160 cm borstang)	19,9 m/s ²	20,8 m/s ²
5-6 (240 cm borstang)	19,2 m/s ²	21,5 m/s ²
Gjennomsnitt:	21,2 m/s ²	21,3 m/s ²

I tabellen over ser vi at det i denne situasjonen, i praksis ikke er noen forskjell i vibrasjonsnivå mellom de to borhammerne.

Boring ved hjelp av håndjekk med langt håndtak (50 cm)

Måling nummer:	Montabert T21	Atlas Copco RH658L
7-8 (80 cm borstang)	17,8 m/s ²	13,6 m/s ²
9-10 (160 cm borstang)	19,9 m/s ²	14,7 m/s ²
11-12 (240 cm borstang)	18,5 m/s ²	13,2 m/s ²
Gjennomsnitt:	18,7 m/s ²	13,8 m/s ²

I tabellen over ser vi at vibrasjonsnivået fra Montabert T21 ikke blir redusert like mye som på Atlas Copco, etter overgang til langt håndtak. Dette har sannsynligvis å gjøre med at det var en annen operatør (med ulik arbeidsteknikk) som overtok boringen da vi byttet til Montabert. Se diskusjon i pkt. 4.5 under.

4.4 Vibrasjonsmålinger av borhammer med vibrasjonsdempet håndtak

Under noen forhold er det ikke mulig å bruke vektlodd under standardboring. Dette gjelder ved boring i fjell som er av en slik beskaffenhet at borstangen lett setter seg fast. Da må operatøren holde igjen og trekke til seg borhammeren stadig vekk i løpet av boringen. Det kan beskrives som en slags pumpeteknikk. Når det bores i skrå vinkler som avviker mye fra vertikalplanet, da kan heller ikke vektloddet benyttes. Uten vektlodd så øker vibrasjonsnivået svært mye. Vi ønsket å teste om standardbor med innebygget vibrasjonsdemping i håndtak kan være et effektivt tiltak under slike forhold. Tre standardbor med innebygget vibrasjonsdemping i håndtak ble vurdert som aktuelle. Atlas Copco RH572E, Doosan DCT23JV, og Doosan DCT17JV. Forhandler klarte ikke å få tak i Doosan borhammerne innen målingene måtte foretas. Vi sammenliknet derfor Atlas Copco RH 572E (vibrasjonsdempet) med Montabert T21 (ingen demping) under boring uten vektlodd med skrå borevinkel, og med rett borevinkel og "pumpeteknikk".

Spesifikasjoner:

Borhammer (type)	Montabert T21	Atlas Copco RH 572E	Doosan DCT23 JV	Doosan DCT17 JV
Vekt	21 kg	23 kg	23 kg	17 kg
Luftforbruk	45 liter/sek	37 liter/sek	80 liter/sek	47 liter/sek
Omdreiningar	280 rpm	170 rpm	130 rpm	170 rpm
Slaghastighet	3000 slag/min	2040 slag/min	2100 slag/min	2040 slag/min
Slaglengde	Ikke oppgitt	60 mm	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt
Vibrasjonsnivå*	34,9 m/s ²	9,7 m/s ²	6,7 m/s ²	6,1 m/s ²
Støynivå*	126 dB	113 dB(A)**	117 dB(A)	115 dB(A)

*Det er usikkert om spesifikasjonene for støy og vibrasjoner er sammenlignbare fordi det ikke har lyktes å få klarhet i om borhammerne er testet under like forhold.

4.4.1 MetodeTid og sted:

17.02.2014, Verningen ved Larvik. Det ble boret ned i en stor stein som bestod av jevnt og forutsigbart fjell.

Boreutstyr:

Atlas Copco RH 572E borhammer (vibrasjonsdempet håndtak) med 80 cm serie 12 borstang (36 mm diameter).

Montabert T21 borhammer med 80 cm serie 12 borstang (36 mm diameter).

Måleutstyr:

Svantek 106 med 2 stk. Svantek 105A akselerometre med hanskeadaptere (en for høyre og en for venstre hånd). Dette apparatet måler vibrasjoner på begge hender simultant.

Innstillinger og plassering av akselerometre:

Se kapittel 3.5



Vibrasjonsdempet håndtak med fjærbelastning på Atlas Copco RH 572 E

Fremgangsmåte:

Standardboring (vertikalboring) uten vektlodd. Det ble boret ti hull med 80 cm borstang. For hvert hull ble det gjort en 40 sekunders vibrasjonsmåling. Tre hull med Atlas Copco og to hull med Montabert med skrå borevinkel (ca. 30 grader fra vertikalplanet). Deretter ble det boret nye hull med hvert av borene ved bruk av "pumpeteknikk".

4.4.2 Måleresultater

Montabert T21, standardboring med skrå vinkel uten vektlodd:

Måling nummer:	Høyre hånd:	Venstre hånd:
1	30,1 m/s ²	27,3 m/s ²
2	32,1 m/s ²	26,9 m/s ²
Gjennomsnitt:	31,1 m/s ²	27,1 m/s ²

Atlas Copco RH 572E, standardboring med skrå vinkel uten vektlodd:

Måling nummer:	Høyre hånd:	Venstre hånd:
3	10,8 m/s ²	14,0 m/s ²
4	12,8 m/s ²	10,4 m/s ²
5	13,6 m/s ²	12,4 m/s ²
Gjennomsnitt:	12,4 m/s ²	12,3 m/s ²

I tabellen over ser vi at borhammeren fra Atlas Copco med vibrasjonsdemping, har gjennomsnittlige vibrasjonsnivåer på 12,4 m/s² og 12,3 m/s². Dette er under halvparten av de gjennomsnittlige vibrasjonsnivåene på Montabert, som ligger på 31,1 m/s² og 27,1 m/s². Montabert borer ca. 10 % dypere inn i fjellet enn Atlas Copco på samme tid.

Montabert T21, standardboring med rett vinkel og "pumpeteknikk" uten vektlodd

Måling nummer:	Høyre hånd:	Venstre hånd:
6	32,8 m/s ²	25,4 m/s ²
7	37,8 m/s ²	27,8 m/s ²
Gjennomsnitt:	35,3 m/s ²	26,6 m/s ²

Atlas Copco RH 572E, standardboring med rett vinkel og "pumpeteknikk" uten vektlodd

Måling nummer:	Høyre hånd:	Venstre hånd:
8	13,8 m/s ²	14,3 m/s ²
9	12,1 m/s ²	13,6 m/s ²
10	14,5 m/s ²	14,2 m/s ²
Gjennomsnitt:	13,5 m/s ²	14,0 m/s ²

I tabellene over ser vi at borhammeren fra Atlas Copco med vibrasjonsdemping, har gjennomsnittlige vibrasjonsnivåer på 13,5 m/s² (høyre hånd) og 14 m/s² (venstre hånd). Dette er rundt halvparten av de gjennomsnittlige vibrasjonsnivåene på Montabert, som ligger på 35,3 m/s² og 26,6 m/s². Også på denne målingen borer Montabert ca. 10 % dypere inn i fjellet enn Atlas Copco på samme tid. Operatøren beskrev Atlas Copco boret som mye lettere og bedre å arbeide med.

4.5 Diskusjon og oppsummering

Ved bruk av kjettingtalje med langt håndtak sammen med Atlas Copco, så reduseres vibrasjonsnivået fra 21,3 m/s² til 13,8 m/s². Det er en reduksjon på 35 %. Hvis man ser på dette som en tenkt arbeidssituasjon, så betyr dette at tillatt eksponeringstid kan økes fra 26 minutter til 63 minutter. Hvis operatøren har en arbeidsteknikk som gjør at han bytter hånd som betjener håndtaket mellom hvert hull blir tillatt eksponeringstid doblet til 126 minutter. Dette er en vesentlig forbedring.

På Montabert så oppnås en reduksjon på 12 %. Årsaken til at reduksjonen ikke er på nivå med Atlas Copco er usikker. En sannsynlig årsak er at det ble benyttet en annen operatør til de tre siste målingene med Montabert. Da kan arbeidsteknikken ha bidratt til at vibrasjonsnivået ble høyere enn det hadde blitt med den andre operatøren. Sannsynligvis er årsaken ulik bruk av armkraft hos operatøren. En retest av Montabert T21 den 17.02.2014 viste reduksjon i vibrasjonsnivå på 50 % ved overgang til håndjekk med langt håndtak. Dette støtter opp om at årsaken til redusert effekt ved første måling var ulik arbeidsteknikk. Målinger av hvilken effekt forskjellig kraftbruk hos operatørene har på vibrasjonsnivået er ikke testet ut i denne kartleggingen.

Måleresultatene viser at langt håndtak på taujekk eller kjettingtalje er viktig for å holde vibrasjonsnivået nede. Korte håndtak bør unngås helt. Taujekk og kjettingtalje er bygget opp etter samme prinsipp, slik at prinsippet blir det samme. Det er ikke gjort direkte sammenlikninger av disse systemene. Men enkeltmålinger tyder på at vibrasjonsnivået ved bruk av taujekk (alle taujekker har langt håndtak) ligger på samme nivå som ved bruk av kjettingtalje med langt håndtak.

Man skal være oppmerksom på at håndjekker kan ha forskjellig utveksling (forskjellig "trekkkraft"). Dette kan påvirke vibrasjonsnivået, men er ikke blitt gjenstand for testing i denne kartleggingen.

Ved valg av borhammer er det viktig å være klar over at det er flere momenter en vibrasjonsnivået som spiller inn i forhold til hvor håndterbar og ergonomisk en borhammer oppleves. Ved arbeid i tau er det vanlig å henge opp borhammeren i et eget tau. De fleste fjellsikrerne opplever Montabert hammeren som lettere å arbeide med fordi opphengs punktet ligger midt på hammeren, i likevekts punktet. Dette gjør hammeren lettere å manøvrere enn en borhammer der tauet må festes ved håndtaket. I forhold til valg av utstyr er det derfor viktig å gjøre dette i tett dialog med operatørene.

Borhammeren fra Atlas Copco med vibrasjonsdemping i håndtak viste seg å være tilnærmet like rask som borhammeren fra Montabert ved standardboring. Vibrasjonsnivået ble effektivt redusert. I noen tilfeller med over 60 %. Måleverdiene indikerer at tillatt eksponeringstid øker fra i underkant av ett kvarter til over en time med Atlas Copco. Operatøren ga uttrykk for at til tross for at boret hadde marginalt lavere fremdriftshastighet (ca. 10 %), så ville arbeidet gå raskere over tid, fordi boret var såpass mye lettere å arbeide med.

5. Mekaniske vibrasjoner og arbeidsteknikk

5.1 Innledning

Fjellsikrere har gitt uttrykk for at arbeidsteknikk er viktig for å unngå for mye vibrasjonseksposering. Under eksponeringskartleggingene er det blitt observert forskjellig arbeidsteknikk hos fjellsikrerne. Det var ikke mulig å se noen sammenheng mellom erfaring og valg av arbeidsteknikk. Det kan virke som at den enkelte fjellsikrer tilegner seg sine egne arbeidsteknikker og vaner. Vi ønsket derfor å undersøke hvor stor innvirkning arbeidsteknikk kan ha på vibrasjonsnivået.

40

5.2 Arbeidsteknikk ved standardboring (vertikalboring)

Standardboring omtales også som vertikalboring. Ved standardboring benyttes borets egenvekt samt et ekstra vektlodd som henges på håndtaket, til å skyve boret inn i fjellet.

5.2.1 Metode

Tid og sted:

09.01.2014, Kongleveien, Drammen. Det ble boret i en skjæring ved siden av en tilkomstvei til et boligområde. Det ble valgt et parti av fjellet som ble vurdert som enkelt og forutsigbart å bore i, slik at målingene ville gi mest mulig sammenlignbare resultater.

Boreutstyr:

Atlas Copco RH658L standardbor med vektlodd og 80 cm serie 12 borstang (36 mm).

Måleutstyr:

Svantek 106 med to stk. Svantek 105A akselerometre med hanskeadaptere (en for høyre og en for venstre hånd). Dette apparatet måler vibrasjoner på begge hender simultant.

Innstillinger og plassering av akselerometre:

Det ble gjort vibrasjonsmålinger på begge hender simultant. Se for øvrig kapittel 3.5

Fremgangsmåte:

Operatøren ble bedt om å bore tre hull med den arbeidsteknikken han bruker til vanlig. Deretter ble det boret tre hull i umiddelbar nærhet til de første hullene, men denne gang fikk operatøren beskjed om å bore med så lite kontakt mellom hendene og boret som mulig. For hvert hull ble det gjort en vibrasjonsmåling av 1 minutts varighet. Målingen ble startet 15-20 sekunder etter at boringen var igangsatt, for å få mest mulig sammenlignbare resultater. Årsaken er at vibrasjonsnivået kan variere mye fra hull til hull ved igangsetting. Dette har å gjøre med at borstangen ofte glipper, eller hopper ut av posisjon før hullet er blitt dypt nok til at borstangen roterer stabilt i hullet. Hvis vibrasjonsmålingen blir igangsatt umiddelbart vil det kreve langt flere og lengre måleserier for å oppnå sammenlignbare resultater. Boretid for hvert hull ble målt. Samme operatør boret alle hull.

5.2.2 MåleresultaterStandardboring med ordinær (selvvalgt) arbeidsteknikk:

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSNIVÅ HØYRE HÅND	VIBRASJONSNIVÅ VENSTRE HÅND	TIDSBRUK
1	27,6 m/s ²	28,0 m/s ²	1:58 (min:sek)
2	29,4 m/s ²	24,9 m/s ²	1:43 (min:sek)
3	28,7 m/s ²	27,4 m/s ²	1:48 (min:sek)
Gjennomsnitt:	28,6 m/s ²	26,8 m/s ²	1:48 (min:sek)

Standardboring med endret arbeidsteknikk:

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSNIVÅ HØYRE HÅND	VIBRASJONSNIVÅ VENSTRE HÅND	TIDSBRUK
4	26,8 m/s ²	18,5 m/s ²	2:13 (min:sek)
5	20,8 m/s ²	12,1 m/s ²	2:14 (min:sek)
6	10,7 m/s ²	11,1 m/s ²	2:14 (min:sek)
Gjennomsnitt:*	19,4 m/s ²	13,9 m/s ²	2:14 (min:sek)

*Det blir misvisende å fokusere på ovenstående gjennomsnitt fordi operatøren er midt i en læreprosess.

Gjennomsnittsverdier etter at operatøren har lært seg teknikken vil sannsynligvis være i underkant av verdiene i måling nr.3 (uthevet i grønt).



Vibrasjonsmåling av standardboring. Forundersøkelser i Kongsberg 07.05.2013

5.2.3 Diskusjon og oppsummering

Operatørens foretrukne arbeidsteknikk var å la begge hender/fingre hvile på håndtakene. Det fremgår i tabellene at vibrasjonsnivået var svært høyt. Mange operatører benytter denne arbeidsteknikken ved standardboring.

Operatøren endret arbeidsteknikk for hvert hull i sin bestrebelse etter å ha så lite kontakt med boret som mulig. Dette gjenspeiles i de målte vibrasjonsnivåene som fremgår i tabellene på side 41. Operatøren hadde rask progresjon og oppnådde vesentlig nedgang i vibrasjonseksponering (mer enn 60 % nedgang).

I praksis oppnådde operatøren denne reduksjonen ved å slippe håndtakene på boret straks det stod stabilt i fjellet. Han holdt hendene like ved håndtaket slik at han raskt kunne utføre korrigeringer hvis nødvendig. Hvis det var nødvendig å holde fast over flere sekunder av gangen forsøkte han å holde på loddet i stedet for på håndtakene. Dette fungerte bra.

Eksempel på effekt av endret arbeidsteknikk:

	VIBRASJONSNIVÅ	GRENSEVERDI INNTREFFER VED:	TILTAKSVERDI INNTREFFER VED:
Vibrasjonsnivå ved "vanlig" arbeidsteknikk	28,6 m/s ²	15 minutter	4 minutter
Vibrasjonsnivå ved Endret arbeidsteknikk	10,7 m/s ²	1 time og 45 minutter (105 minutter)	26 minutter

I tabellen over er det tatt utgangspunkt i forskjellen mellom gjennomsnittlig vibrasjonsnivå på høyre hånd ved vanlig arbeidsteknikk (28,6 m/s²) og lavest oppnådd nivå ved siste borehull (10,7m/s²). Utslag i tillatt eksponeringstid blir svært store.

Fjellsikrere opplyser om at ved dårlig fjell der det er stor sjanse for at borstangen setter seg fast, er det vanlig å bore uten vektlodd på borhammeren. Dette gjøres fordi operatøren må holde igjen boret for å unngå at borstangen setter seg fast . Vektloddet vil da ikke være hensiktsmessig.

Det ble simulert en slik arbeidssituasjon og gjort målinger. Det viste seg at ved denne type forhold er det ikke mulig å redusere vibrasjonsnivået ved hjelp av arbeidsteknikk. Det vil da i praksis være vanskelig å unngå å overskride grenseverdi fordi vibrasjonseksponeringen blir svært høy. Det samme gjelder når borevinkelen blir så skrå (avviker fra vertikalplanet) at vektloddet ikke kan benyttes.

I slike situasjoner bør annet utstyr tas i bruk. For eksempel bor med innebygget vibrasjonsdemping i håndtak, eller boregeit.

5.3 Arbeidsteknikk ved boring med knemater

Knematerboring utføres med bor som er montert på en luftdrevne sylinder. Sylindren har gripeføtter i bunn som settes på bakken eller på støtteplanke på gulvet i en korg (kranbil). I tillegg til måling av effekt av endret arbeidsteknikk, så ble effekt av endret borevinkel og effekt av endret lufttrykk undersøkt.



5.3.1 Metode

Tid og sted:

08.01.2014, Svelvikveien v/Svelvik. Det ble boret i en skjæring ved siden av bilvei. Det ble valgt et parti av fjellet som ble vurdert som enkelt og forutsigbart å bore i, slik at målingene ville gi mest mulig sammenlignbare resultater.

Boreutstyr:

Atlas Copco BBC16W Knemater og 160 cm serie 11 borstang (32 mm diameter).

Måleutstyr:

Svantek 106 med to stk. Svantek 105A akselerometre med hanskeadaptere (en for høyre og en for venstre hånd). Dette apparatet måler vibrasjoner på begge hender simultant.

Innstillinger og plassering av akselerometre:

Det ble gjort vibrasjonsmålinger på begge hender simultant. Se for øvrig kapittel 3.5

Fremgangsmåte:

Hull 1 – 3: Operatøren ble bedt om å bore tre hull med den arbeidsteknikken han vanligvis benytter seg av.

Hull 4 – 6: Deretter ble det boret tre hull i umiddelbar nærhet til de første hullene, men denne gang fikk operatøren beskjed om å bore med så lite kontakt mellom hendene og borhammeren som mulig.

Hull 7 – 9: Vinkelen på borstangen ble her endret fra horisontal, til ca. 20-30 grader opp fra horisontalplanet.

Hull 10-12: Trykkluften fra aggregatet ble økt fra 6,5 bar (standard i henhold til spesifikasjoner for denne borhammeren) til 7,5 bar.

For hvert hull ble det gjort en vibrasjonsmåling av to minutters varighet.

Målingen startet 15-20 sekunder etter at boringen var igangsatt, for å få mest mulig sammenlignbare resultater. Årsaken er at vibrasjonsnivået kan variere svært mye fra hull til hull ved igangsetting. Dette har å gjøre med at borstangen ofte glipper, eller hopper ut av posisjon før hullet er blitt dypt nok til at borstangen roterer stabilt i hullet. Hvis vibrasjonsmålingen blir igangsatt umiddelbart vil det kreve langt flere og lengre måleserier for å oppnå sammenlignbare resultater. Det var samme operatør som boret alle hull.

5.3.2 Måleresultater:Knematerboring med "vanlig" arbeidsteknikk:

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSnivå HØYRE HÅND	VIBRASJONSnivå VENSTRE HÅND
1	16,8 m/s ²	3,4 m/s ²
2	21,3 m/s ²	7,1 m/s ²
3	19,2 m/s ²	4,4 m/s ²
Gjennomsnitt:	19,1 m/s ²	5,0 m/s ²

46

Knematerboring med endret arbeidsteknikk:

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSnivå HØYRE HÅND	VIBRASJONSnivå VENSTRE HÅND
4	11,0 m/s ²	8,9 m/s ²
5	13,5 m/s ²	4,5 m/s ²
6	9,1 m/s ²	3,5 m/s ²
Gjennomsnitt:	11,2 m/s ²	5,6 m/s ²

I tabellen over kommer det frem en reduksjon i vibrasjonsnivå på over 40 %.

Knematerboring og endret borevinkel (den endrede arbeidsteknikken opprettholdes):

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSnivå HØYRE HÅND	VIBRASJONSnivå VENSTRE HÅND
7	7,9 m/s ²	6,2 m/s ²
8	11 m/s ²	7,5 m/s ²
9	6,8 m/s ²	6,1 m/s ²
Gjennomsnitt:	8,6 m/s ²	6,6 m/s ²

Knematerboring: Trykkluft opp fra 6,5 bar til 7,5 bar (ellers samme betingelser som side 45):

MÅLING NUMMER:	VIBRASJONSNIVÅ HØYRE HÅND	VIBRASJONSNIVÅ VENSTRE HÅND
10	9,7 m/s ²	8,6 m/s ²
11	6,5 m/s ²	6,2 m/s ²
12	8,8 m/s ²	6,6 m/s ²
Gjennomsnitt:	8,3 m/s ²	7,1 m/s ²

5.3.3 Diskusjon og oppsummering

Tabellene på side 45 viser at vibrasjonsnivået er mye høyere på høyre hånd. Dette er på grunn av at operatøren hvilte høyre hånd på borhammeren. Det ble observert at en del operatører også hviler begge hendene på borhammeren. Når operatøren endrer arbeidsteknikk, tar han i perioder hendene helt vekk fra borhammeren. På tabellene vises en stor reduksjon i vibrasjonseksponering for høyre hånd når operatøren endrer arbeidsteknikk. Det er også en svak økning for venstre hånd, men dette er ikke et problem. Det viktigste er at den høyeste eksponeringen blir redusert. I tabellen under vises hvor store konsekvenser endringen i arbeidsteknikk fikk for tillatt eksponeringstid:

Sammenlikning optimal og ikke-optimal arbeidsteknikk:

SAMMENLIKNING MÅLING 1-3 (SNITT) OG 4-6 (SNITT)	VIBRASJONSNIVÅ	GRENSEVERDI INNTREFFER VED:	TILTAKSVERDI INNTREFFER VED:
Vibrasjonsnivå ved vanlig arbeidsteknikk	19,1 m/s ²	33 minutter	8 minutter
Vibrasjonsnivå ved endret arbeidsteknikk	11,2 m/s ²	1 time og 36 minutter (96 minutter)	24 minutter

Endring i borevinkel fører til at boreretningen blir mer lik skyveretningen til sylindren på knemateren. Dette betyr mindre behov for manuelle korrigeringer av boret, og i teorien skal da vibrasjonsnivået reduseres. Av tabellen nederst på side 45 fremgår det at vibrasjonsnivået ble noe redusert.

Når det bores hull til stag som skal festes med gysemasse, må hullet ligge horisontalt for at gysmassen skal holdes på plass til den stivner. Når det bores hull til stag som festes med lim, skal hullet ha vinkel for at vann skal renne ut og ikke bli værende i hullet og tære på stålet i staget. Ved boring av slike hull er det lettere å finne en bedre vinkel som reduserer vibrasjonsnivået når det bores med knemater.

Økning i lufttrykket fra aggregatet fra 6,5 bar til 7,5 bar endrer ikke vibrasjonsnivået. Dette ble testet ut fordi operatøren opplevde det som lettere å jobbe med litt høyere lufttrykk.

Det ble gjort noen målinger med fullt lufttrykk, men på grunn av software feil på instrumentet kan ikke disse målingene benyttes. Den subjektive opplevelsen hos operatøren var imidlertid at vibrasjonsnivået ble høyere. Støynivået ble også oppfattet som høyere.

Det bør gjøres flere målinger for å få sikrere svar på hvilken effekt lufttrykks nivået har på vibrasjonseksposeringen.

Ved ujevnt, dårlig fjell der det er stor sjanse for at borstangen setter seg fast, er det vanskeligere å unngå vibrasjonseksposering fordi slike arbeidsforhold krever flere korrigeringer og manuell styring av boret.

5.4 Arbeidsteknikk ved boring med hjelp av håndjekk

Håndjekk benyttes i fjellvegger og skråninger der operatørene må klatre og sikres tau. Operatørene benytter klatreutstyr og er sikret med doble tau som er festet på toppen av fjellveggen eller skråningen. Boret heises også opp i tau. På borhammeren festes en tauvinsj som betjenes ved hjelp av en spake. En bolt monteres i fjellet, som benyttes som feste til tauet i håndjekken. Arbeidstakeren benytter spaken til å jekke inn tauet og på den måten drive boret inn i fjellet. Spaken holdes i hånden mesteparten av tiden boret er i drift. Første borstang er 80 cm lang. Når det bores dypere hull så byttes det til lengre borstang for hver 80 cm det er blitt boret.

Viktigste arbeidsteknikken ved arbeid med håndjekk er å veksle på hvilken hånd som betjener håndjekken. Da kan man arbeide dobbelt så lenge før grenseverdi inntreffer, sammenliknet med om man brukte samme hånden hele tiden.

Målinger på arbeidsteknikk ved boring ved hjelp av håndjekk ble ikke gjort som en del av denne kartleggingen. Det er mulig at ulik kraftbruk når operatøren trekker i håndjekken kan påvirke vibrasjonsnivået. Dette kunne det vært interessant å undersøke nærmere.

5.5 Konklusjon

Arbeidsteknikk har mye å si for vibrasjonseksposeringen. Teknikker som reduserte tiden operatøren hadde kontakt mellom hendene og borhammeren var svært effektive i å redusere vibrasjonseksposeringen. Ved vertikalboring (standardboring) ble vibrasjonsnivået redusert med over 60 %. Ved knematerboring ble vibrasjonsnivået redusert med over 40 %. Arbeidsteknikkene er svært enkle å ta i bruk og gir raskt en vesentlig reduksjon i vibrasjonsnivå. Største utfordring med disse teknikkene er ved boring i dårlig og uforutsigbart fjell. Nærmere beskrivelse av arbeidsteknikker er gitt i oppsummeringen under de ulike arbeidsoperasjonene beskrevet i dette kapittelet.

6. Dempeeffekt av vibrasjonsdempende hansker

6.1 Innledning

Et av hjelpemidlene som tilbys som verneutstyr for å dempe vibrasjonseksposeringen er vibrasjonsdempende hansker. Effekten av slike hansker er imidlertid omdiskutert.

Målsetningen for denne kartleggingen har vært å undersøke dempeeffekten ved bruk av vibrasjonsdempende hansker ved boring med knemater og med taujekk. Dette er arbeidsoperasjoner som utføres hyppig blant fjellsikringsarbeidere.

6.2 Vibrasjonsdempede hansker ved boring med knemater

6.2.1 Metode


Tid og sted: 07.05.13, Kongsberg

Hansker testet:

1. Alminnelig arbeidshanske uten demping
2. Tegera Pro 9180
3. Ansell (prototype - videreutvikling av Ansell Vibraguard)
4. Vibrastop S10-vib



Boreverktøy:

Borhammer (type)	Atlas Copco BBC 16W	
Vekt	28,5 kg	
Luftforbruk	69 liter/sekund	
Slaghastighet	2340 slag/minutt	
Slaglengde	55 mm	
Vibrasjonsnivå	16,6 m/s ² (ISO 5349-2)	
Støynivå	122 dB(A) Lw (ISO 15744)	

51

Måleutstyr:

Larson Davis HVM 100 med 3-akse akselerometer SEN 026 i hanskeadapter. Apparatet har innebygget vekting av frekvenser i henhold til ISO 5349-2.

Fremgangsmåte:

Det ble boret med knemater fra korg inn i en loddrett fjellvegg. Arbeidstakeren betegnet fjellet som hardt men homogent og uten sprekker på stedet der målingene ble utført. Måletaker overvåket måleprosedyren stående ved siden av arbeidstaker.



Arbeidsstedet som ble benyttet til kartleggingen

Hanskeadapteren ble festet til hånden med tynt Velcro bånd. Hanske ble så trukket utenpå. Akselerometeret ble plassert slik at X-aksen lå parallelt med håndbaken i fingerretning, Y-aksen parallelt med håndbaken på tvers av fingerretning og Z-aksen 90 grader på håndflaten.



Plassering av akselerometer med hanskeadapter i operatørens hånd

Pneumatiske borhammere har lang slaglengde. Det er i slagretningen de klart høyeste vibrasjonsnivåene oppstår. Den aksen som fanger opp slagretningen kan variere med håndgrepet til operatør. Håndgrepet kan variere i løpet av en kort arbeidssyklus.

Vibrasjonsnivået i slagretningen blir fanget opp av både X og Z-aksen. I de utførte målingene ble de høyeste vibrasjonsnivåene registrert i X-aksen. Z-aksen lå typisk på mellom 60 % og 70 % av X-aksen. Y-aksen lå på rundt 30 % av nivået i X-aksen. Alle måleresultatene i denne kartleggingen er snittverdier mellom X, Y og Z-aksen kalkulert i henhold til ISO 5349-2.

Det ble målt ett minutt boring med vanlig arbeidshanske. Arbeidstakeren stanset boret og skiftet til vibrasjonsdempende hanske og det ble så målt ett minutt boring med vibrasjonsdempende hanske. På dette tidspunkt må det byttes til en lengre borstang fordi stangen er boret helt inn i fjellet. Den nye borstangen har mindre diameter for å passe inn i hullet. Prosedyren ble utført tre ganger for hver hanske.

For hver vibrasjonsdempende hanske som ble testet ble det gjennomført seks ett-minutts målinger vekselvis med vanlig arbeidshanske og med vibrasjonsdempende hanske. Årsaken til at det ble valgt hanskebytte etter ett minutt var for å minimere påvirkningen av endret hardhet og konsistens i fjellet under målingene, samt at dimensjonen på borstangen ble den samme i de enkelte sammenligningstestene.

Det ble valgt å benytte samme arbeidstaker som operatør til alle målingene for å minimere effekten av ulik arbeidsteknikk mellom forskjellige operatører. Arbeidsteknikk kan ha svært stor innvirkning på graden av vibrasjonseksposering. Arbeidstaker hvilte håndbaken mot håndtaket for å styre og kontrollere boret under boringen. Dette er en relativt vanlig brukt arbeidsteknikk. Operatøren ble bedt om ikke å fjerne hånden fra boret så lenge boret var i drift, for å få mest mulig like forhold under målingene.

6.2.2 Måleresultater

HANSKE:	Sammenliknende måling nr. 1-2:	Sammenliknende måling nr. 3-4:	Sammenliknende måling nr.5-6:
Ordinær arbeidshanske	1: 22,1 m/s ²	3: 23,3 m/s ²	5: 22,3 m/s ²
Tegera Pro 9180	2: 19,3 m/s ²	4: 19,1 m/s ²	6: 19,8 m/s ²

Snitt ordinær arbeidshanske: 22,6 m/s²

Snitt Tegera vibration control: 19,4 m/s²

Reduksjon: 14 %

HANSKE:	Sammenliknende måling nr. 7-8:	Sammenliknende måling nr. 9-10:	Sammenliknende måling nr. 11-12:
Ordinær Arbeidshanske	7: 21,1 m/s ²	9: 22,9 m/s ²	11: 18,9 m/s ²
Ansell (prototype bygget på "vibraguard")	8: 19,4 m/s ²	10: 21,9 m/s ²	12: 18,3 m/s ²

Snitt ordinær arbeidshanske: 21 m/s²

Snitt Ansell : 19,9 m/s²

Reduksjon: 5 %

HANSKE:	Sammenliknende måling nr. 13-14:	Sammenliknende måling nr. 15-16:	Sammenliknende måling nr. 17-18:
Ordinær arbeidshanske	13: 20,5 m/s ²	15: 24,0 m/s ²	17: 19,4*m/s ²
Vibrastop S10-vib	14: 20,0 m/s ²	16: 19,3 m/s ²	18: 18,2 m/s ²

*Nr.17: Boringen opphørte etter 40 sekunder. Siste 20 sekunder i målerapporten ble derfor fjernet for å få riktig gjennomsnitt.

Snitt ordinær arbeidshanske: 21,3 m/s²

Snitt Vibrastop S10-vib: 19,2 m/s²

Reduksjon: 10 %

Snitt alle målinger med ordinære arbeidshansker: 21,6 m/s²

Snitt alle målinger med vibrasjonsdempende hansker: 19,5 m/s²


Reduksjon: 10 %

6.3 Vibrasjonsdempende hansker ved boring med hjelp av håndjekk

6.3.1 Metode

Vibrasjonsdempende hanske som ble benyttet var: Tegera Pro 9180

Borhammer som ble benyttet var:

Borhammer (type)	Atlas Copco RH658L	
Vekt	24 kg	
Luftforbruk	58 liter/sekund	
Omdreiningar	215 rpm	
Slaghastighet	2040 slag/minutt	
Slaglengde	59 mm	
Vibrasjonsnivå	21,2 m/s ²	
Støynivå	116 dB(A)	

Måleutstyr:

Larson Davis HVM 100 med 3-akse akselerometer SEN 026 i hanskeadapter. Apparatet har innebygget vekting av frekvenser i henhold til ISO 5349-2.

Fremgangsmåte:

Borhammeren ble koblet til en håndjekk (kjettingtalje) med kort håndtak (30 cm). Den ble festet slik at operatøren skjøv håndtaket ut fra kroppen for å jekke borstangen inn i fjellet. For nærmere beskrivelse av arbeidsprosedyre, se kapittel 3.5.

Det ble boret med 160 cm, serie 11 borstang (32 mm diameter). Det ble først boret tre hull med 160 cm borstang og det ble foretatt to ett minutters vibrasjonsmålinger per hull. Deretter fikk operatøren på seg vibrasjonsdempende hansker og boret tre nye hull med samme måleintervaller. Hullene ble boret tett ved siden av hverandre. For nærmere beskrivelse for feste av akselerometer og hanskeadapter, se side 51.

6.3.2 Måleresultater

Måling nummer	Vibrasjonsnivå med vanlig arb. hanske
1	26,8 m/s ²
2	29,0 m/s ²
3	22,9 m/s ²
4	27,6 m/s ²
5	23,3 m/s ²
6	27,1 m/s ²
Gjennomsnitt	26,1 m/s²

Måling nummer	Vibrasjonsnivå med vibrasjonshanske
7	23,4 m/s ²
8	26,1 m/s ²
9	23,9 m/s ²
10	27,9 m/s ²
11	24,6 m/s ²
12	27,7 m/s ²
Gjennomsnitt	25,6 m/s²

Tabellene over viser en reduksjon i vibrasjonsnivå på 0,5 m/s² når det benyttes vibrasjonsdempende hansker. Denne forskjellen er så liten at den ikke er signifikant. Ingen dempeeffekt kan påvises.

6.4 Diskusjon og oppsummering

Måleresultatene viste en liten, men konsistent sammenheng mellom bruk av vibrasjonsdempende hansker og redusert vibrasjonseksposering ved knematerboring. Ved boring med håndjekk har vibrasjonsdempende hansker ingen påviselig effekt.

Alle ni sammenlikninger viser lavere eksponeringsnivå ved bruk av vibrasjonsdempende hansker sammenliknet med vanlige arbeidshansker når det bores med knemater. Hvis man ser på samtlige 18 målinger under ett, er syv av de ni laveste nivåene målt ved bruk av vibrasjonsdempende hansker.

Under målingene av knematerboring ble operatøren bedt om å hvile håndbaken lett mot håndtaket på borhammeren. Sannsynligvis ble vibrasjonseksposeringen noe redusert fordi hanskene isolerer toppene av utslagene i vibrasjonene.

Ved bruk av håndjekk griper operatøren rundt håndtaket slik at hele hånden i større grad vil bevege seg i takt med vibrasjonene. Dempematerialet i hansken har i denne situasjonen ikke evne til å ta opp de store bevegelsesutslagene i borhammeren.

Det er viktig for arbeidstakerne hvordan hanskene oppleves i bruk, også ved utføring av andre arbeidsoppgaver enn boring. Ergonomisk sett hadde de tre vibrasjonsdempende hanskene ulike egenskaper. Alle de vibrasjonsdempende hanskene er tykkere enn vanlige arbeidshansker og kan oppleves som noe klumpete. Dette vil i mange sammenhenger være en vanesak. Riktig friksjon i gripeflaten og fingertupp kontroll er viktig for at hansken skal fungere godt i bruk. I kaldt vær er det viktig at hanskene isolerer godt mot fukt og kulde.

Resultatene fra denne kartleggingen er ikke direkte overførbare til andre typer verktøy. Trykkluftbor vibrerer med meget store utslag sammenliknet med andre vibrerende verktøy. Det bør gjøres egne vibrasjonsmålinger for den enkelte type verktøy for å få finne ut om vibrasjonsdempende hansker har effekt på det aktuelle verktøyet.

Kartleggingen viser at vibrasjonsdempende hansker har en dempeeffekt på rundt 10 % ved boring med knemater. Gjennomsnittlig vibrasjonseksposering ved knematerboring var $21,6 \text{ m/s}^2$. Dette ble redusert til $19,5 \text{ m/s}^2$ med vibrasjonsdempende hansker. Det innebærer at grenseverdi inntreffer etter 32 minutter i stedet for etter 26 minutter (uten hansker). Denne forskjellen vil ha liten praktisk betydning. Det er også usikkert om denne dempegraden er overførbare til en reell arbeidssituasjon. Dette vil kunne variere avhengig av arbeidsteknikk og fysiske arbeidsforhold. Vibrasjonsdempende hansker kan derfor ikke vurderes som et viktig tiltak for å dempe vibrasjonseksposering ved bruk av trykkluftbor.

Noen operatører opplever at vibrasjonsdempende hansker isolerer godt og er behagelig å bruke. Den enkelte operatør bør få anledning til å vurdere hva slags hansker de ønsker å benytte i arbeidet.

7. Støykartlegging av trykkluftbor

7.1 Innledning

Studier viser en sammenheng mellom støy og vibrasjonsskader. Støynivået er en faktor som kan påvirke risikoen for utvikling av hånd-arm vibrasjonssyndrom ved eksponering for mekaniske vibrasjoner. Årsakssammenhengen er ikke kjent. På grunn av denne sammenhengen har vi utført en støykartlegging. Støynivået fra trykkluftbor er så høyt at det er viktig å få målt det reelle støynivået ved å måle på innsiden av hørselsvernet. På denne måten reduseres usikkerheten ved å skulle basere seg på forhåndsberegnete dempeverdier for hørselsvern.

7.2 Metode

Det ble benyttet støymåler av typen Svantek SV102 med SV25S mikrofon som måler støynivået i øregangen, innenfor øreklokken. Støymåleren har to kanaler slik at støynivået måles samtidig med mikrofon utenfor øreklokken.

Arbeidsoperasjonen som ble målt var boring med fjellbor av typen Atlas Copco RH658L med kjettingvinsj. Arbeidstakeren benyttet nye Peltor Optime III hørselsvern til hjelm.



Svantek SV102 støymåler



SV25S mikrofon som kan plasseres inni øreklokken

7.3 Måleresultater

Måletid, min	L _{EX} utenfor hørselsvern dB(A)	L _{EX} innenfor hørselsvern dB(A)	Beregnet dempeverdi, dB (A)
7:40	114	91	23
4:03	116	91	25
2:44	117	92	25
2:54	117	95	22
2:52	116	94	22
3:01	117	95	22
2:52	116	94	22

Gjennomsnittlig støynivå målt utenfor hørselsvern er 116 dB(A). Gjennomsnittlig støynivå målt innenfor hørselsvern er 93 dB(A). Det gir en gjennomsnittlig dempegrad på 23 dB(A).

7.4 Diskusjon og oppsummering

Ved beregning av dempegrad er det vanlig å bruke NIOSH-metoden (NIOSH= National Institute of Occupational Safety and Health, USA). Metodens formel tar utgangspunkt i laboratoriemålte dempeverdier (SNR-verdi). For hørselsvernet Peltor Optime III er SNR-verdi oppgitt til 34 dB(A). Beregnet dempeverdi etter NIOSH-metoden blir 13 dB(A).

I kartleggingen ble dempeverdi i hørselsvernet målt til 23 dB(A). Det er omtrent midt i mellom laboratoriemålt dempeverdi oppgitt av produsent (34 dB(A), og beregnet dempeverdi etter NIOSH-metoden 13dB(A). Avviket mellom reelt støynivå (målt støynivå) og laboratoriemålt eller beregnet støynivå er stort. Dette viser at støymåling på innsiden av hørselsvernet er hensiktsmessig for å fastslå støyeksponeringen som en arbeidstaker utsettes for.

Grenseverdi på 85 dB(A) (gjennomsnitt over en 8-timers arbeidsdag) er gitt i "Forskrift om tiltaks og grenseverdier" (best.nr.704). Gjennomsnittlig støynivå ved boring er på 93 dB(A). Ved dette støynivået kan man oppholde seg i 75 minutter på arbeidsplassen inntil grenseverdi er nådd. Dersom det skal arbeides lengre enn 75 minutter med boring vil det være nødvendig med ørepropper i tillegg til øreklokker (dobbelt hørselsvern). Ørepropper har en beregnet dempeeffekt på 5 dB(A). Ved dobbelt hørselsvern vil støynivået bli redusert til 88 dB(A). Ved et slikt støynivå kan man oppholde seg i fire timer på arbeidsplassen før grenseverdi overskrides.

Støynivået ved trykkluftboring er meget høyt. Vanlig hørselsvern vil ved mange arbeidsoperasjoner ikke gi tilstrekkelig beskyttelse. Da vil det være nødvendig med dobbelt hørselsvern.

Støy er en faktor som kan øke risiko for HAVS. Det er ikke kjent hva som er årsakssammenhengen eller ved hvilket støynivå risikoen inntreffer. På bakgrunn av et generelt høyt støynivå ved trykkluftboring er støy en relevant risikofaktor i forbindelse med HAVS.



Kunnskap om hvordan man verner seg mot helsefarlige eksponeringer i arbeidsmiljøet er blitt mye bedre siden dette bildet ble tatt i 1960.

8. Avsluttende diskusjon

Oppsummering av de ulike temaene i rapporten finnes på slutten av hvert kapittel. Rapporten viser at eksponering for mekaniske vibrasjoner ved bruk av trykkluftbor er meget høyt. I noen tilfeller kan grenseverdi inntreffe etter få minutter. Arbeidsteknikk er viktig for å redusere vibrasjonseksponeringen.

Riktig utstyr, som standard bor med fabrikkmontert vibrasjonsdempet håndtak eller håndjekk med riktig lengde på håndtak er også av stor betydning.

Arbeidstakernes helse og sikkerhet henger blant annet sammen med arbeidsteknikk og utstyr. For at arbeidstakerne skal være i stand til å ta de rette valgene er det viktig at de får tilstrekkelig opplæring. Her ligger et stort ansvar på arbeidsgiver. Krav om opplæring fremgår av § 14-3 i "Forskrift om Utførelse av arbeid". Det bør vurderes om mer spesifikke krav til opplæring skal gjøres gjeldende fra myndighetsnivå. Det faglige innholdet i en slik opplæring bør gjøres i samarbeid med bransjen.

Arbeidsteknikk alene er ikke nok til å sikre arbeidstakernes helse. Håndholdt utstyr (standardbor, knematerbor og bor med håndjekk) egner seg ikke til en rekke arbeidsoppgaver som det benyttes til i dag hvis man skal holde seg innenfor tillatt grenseverdi for vibrasjoner. Ofte vil det imidlertid være billigst å benytte håndholdt utstyr fordi man slipper å benytte kostbart utstyr som kranbiler, borerigger og boregeiter. For å unngå at entreprenører og/eller byggherre velger løsninger som ikke tilfredsstillers forskriften, bør det vurderes om det skal innføres mer konkrete reguleringer om hva slags utstyr som kan tillates. Dette vil gjøre det lettere for arbeidstaker, entreprenør og byggherre å velge de beste løsningene samtidig som man opprettholder sunn konkurranse om jobber som legges ut på anbud.

9. Litteratur og aktuelt regelverk

1. Forskrift om tiltaks og grenseverdier, best.nr.704 (www.arbeidstilsynet.no)
2. Forskrift om utførelse av arbeid, best.nr.703 (www.arbeidstilsynet.no)
3. NS-EN ISO 5349-1 Mekaniske vibrasjoner. Måling og bedømmelse av hvordan mekaniske vibrasjoner virker inn på mennesker. Del 1: Generelle krav
4. NS-EN ISO 5349-2 Mekaniske vibrasjoner. Måling og bedømmelse av hvordan mekaniske vibrasjoner virker inn på mennesker. Del 2: Praktisk veiledning for måling på arbeidsplassen
5. Risikovurdering av mekaniske vibrasjoner, Ulf Skogen, 2007