

# RAPPORT

## Nybygg på Dokken

### Vibrasjoner fra Bybanen til laboratorier

Kunde: Asplan Viak AS v/ Johannes Aicher

#### Sammendrag

Det er beregnet vibrasjoner fra Bybanen til Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet sine laboratorier.

Det er faste løsmasser av samme type i hele det aktuelle området, med ulik dybde. Vibrasjoner fra Bybanen er beregnet med kildemålinger vi tidligere har foretatt. Vibrasjonsgrensene for instrumenter og utstyr er definert i vibrasjonsklasser kalt VC-klasser. Ut fra opplysninger vi har fått om utstyr på laboratoriene, og våre erfaringer fra Livsvitenskapbygget i Oslo, er det definert VC-klasser for ulikt utstyr.

På grunnlag av beregnede vibrasjoner og vibrasjonsgrenser for VC-klassene er det beregnet hvilken avstand det må være fra Bybanen til utstyret for at vibrasjonsgrensene skal tilfredsstilles. Beregningene viser at elektronmikroskoper bør plasseres minst 75 meter fra banen. Andre typer instrumenter som optiske mikroskoper og konfokalmikroskoper, som kan stå på dekkene, bør plasseres minst 20 – 30 meter fra banen. Beregnede avstander anses å kunne ligge på sikker side. Man vil få sikrere vibrasjonsberegninger hvis det gjøres målinger av vibrasjonsoverføring fra eksisterende Bybane og av vibrasjonsoverføring i løsmassene ved Dokken.

---

Oppdragsnr:	88066-00
Rapportnr:	AKU - 01
Revisjon:	1
Revisjonsdato:	25. mai 2021
Oppdragsansvarlig:	Arild Brekke
Utarbeidet av:	Arild Brekke
Kontrollert av:	Jorge Torres

---

Rev.	Utarbeidet		Kontrollert		Kommentar
	Nr:	Navn:	Dato (Egenkontroll)	Navn	
0	AB	16/4 - 2021	JT	16/4-2021	Dokument opprettet
1	AB	25/5-2021	JT	25/5-2021	Om vibrasjonsmålinger og tiltak

IT arkiv: Aku 01 210525 Dokken. Vibrasjoner fra Bybanen til laboratorier. Rev 1

## Innhold:

1	Orientering .....	3
2	Grenseverdier for vibrasjoner .....	3
3	Grunnforhold .....	5
4	Vibrasjoner fra Bybanen .....	5
5	Krav til avstander fra Bybanen for ulike typer utstyr .....	6
6	Vibrasjoner fra andre kilder .....	7
6.1	Vegtrafikk .....	7
6.2	Havnevirksomhet .....	7
6.3	Anleggsarbeider .....	7

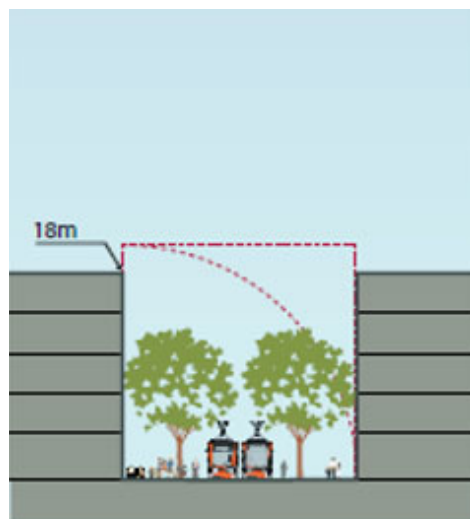
## 1 Orientering

Området Dokken i Bergen, som i dag er et havneområde, skal bygges ut med boliger og næringsarealer som vist i prinsipp-tegning i Figur 1.



Figur 1 Utbygget Dokken. Prinsipp-tegning.

Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet ønsker å samlokaliseres på området. Flere plasser er under vurdering. En av plasseringene ligger mot en mulig fremtidig trase for Bergen Bybane. Figur 2 viser et alternativ der Bybanen ligger nært bygningene.



Figur 2 Alternativ med plassering inntil Bybanen

De nye bygningene vil inneholde laboratorier med vibrasjonsfølsomt utstyr. Rapporten gir en vurdering av om vibrasjoner fra Bybanen kan gi problemer med vibrasjoner i laboratoriene, og hvor stor avstand det må være fra Bybanen for at vibrasjonsgrenser skal tilfredsstilles.

## 2 Grenseverdier for vibrasjoner

De mest vanlige kriteriene for vibrasjoner for vibrasjonsfølsomt utstyr er de såkalte VC-klassene. I fig 3 er vist VC-klasser fra en RIF-anvisning «Dimensjonering av bygninger utsatt for vibrasjoner». VC-klassene er definert i ISO/TS 10811-2, og refereres til i de fleste referanser og prosjekter om vibrasjoner til følsomt utstyr.

Bruksareal	Maks. nivå (1) mikrometer/ sek/rms	Bruksbeskrivelse
Verksted (ISO)	800	Vibrasjoner er tydelige/følbare. Egnert for verksteder eller andre ikke-sensitive områder.
Kontor (ISO)	400	Vibrasjoner er følbare. Egnert for kontorer/ikke-sensitive områder.
Oppholdsrom (ISO)	200	Vibrasjoner er knapt følbare. Egnert for de fleste områder hvor mennesker oppholder seg og sover. Kan antagelig også brukes i rom med PC-utstyr, forsøksutstyr, og mikroskop med lav styrke (20X)
Sovearealer/ikke sensitive labarealer (ISO)	100	Vibrasjoner er ikke følbare. Egnert for soveareal hvor det er særs viktig at vibrasjoner ikke forekommer.  Egnert for de fleste områder med mikroskop med styrke opp til 100x og annet utstyr som har lav følsomhet for vibrasjoner.
VC-A	50	Kan brukes i områder med optiske mikroskop med styrke opp til 400X, mikrovekter, optiske vektorer, projiserende oppretingsinstrumenter o.l
VC-B	25	En egnert standard for optiske mikroskop med styrke opp til 1000X, kontrollutstyr og litografisk utstyr (inkl. steppers).
VC-C	12.5	En god standard for de aller fleste kontrollutstyr og for det meste av litografisk utstyr.
VC-D	6	Egnert for områder med svært følsomt utstyr; elektronmikroskop (TEM og SEM), og E-bjelke systemer som arbeider tett opp mot kapasitetsgrensen.
VC-E	3	Vanskelig å oppnå i de fleste tilfeller. Antas å måtte oppfylles i de mest sensitive og krevende systemer; long path systemer, laserbaserte systemer, små radioaktive systemer og andre systemer som krever ekstrem dynamisk stabilitet.

Figur 3 VC- klasser for vibrasjonsfølsomt utstyr.

Det er i tabellen også vist kriterier for vibrasjoner med tanke på menneskers følbarehet etter ISO. Man ser at VC-klassene ligger langt lavere enn vibrasjoner som er følbare for mennesker.

For kontroll mot VC-krav måles vibrasjonshastighet i 1/3 oktav frekvensbånd, og det kontrolleres mot en frekvenskurve for aktuell VC-klasse, som ikke er tatt med her. I det laveste frekvensområdet, under 8 Hz, tolereres noe høyere vibrasjoner enn angitt i Figur 3 for de respektive vibrasjonsklassene.

Etter gjennomgang av aktuelt utstyr som skal inn i laboratoriene, og på bakgrunn av våre erfaringer fra det nye Livsvitenskapbygget i Oslo, anbefaler vi vibrasjonsgrenser på fundamenter eller dekker som gitt i Tabell 1. Det er også angitt typiske løsninger for fundamenter og dekker for at de respektive vibrasjonsklassene skal tilfredsstilles.

**Tabell 1 Vibrasjonsgrenser for ulike typer utstyr, og typiske løsninger for fundamentering og dekker med tanke på vibrasjoner fra resten av bygningen**

Type utstyr	Klasse	Grenseverdi mm/s	Typiske løsninger for fundamenter og dekker
Elektronmikroskop TEM	VC-E	0,003	Kjeller. Avfuget fundament, pelet til, eller på fjell.
Elektronmikroskop SEM	VC-D	0,006	Kjeller: Avfuget fundamentplate. Plan 1: Avfuget fundament til kjellernivå.
Spektroskopi	VC-C	0,0125	Kjeller: På bunnplate. Plan 1 og høyere: Massiv stiv plate med kort spenn
Optiske mikroskoper LC-MSMS*	VC-B	0,025	Frittstående dekke. Resonansfrekvens minst 10 Hz.
Konfokalmikroskoper Vekter* GC-MS* HPGe- og NAL detektorer* Mikrotomer*	VC-A	0,050	Frittstående dekke. Dekketype og spenn vurderes i det enkelte tilfelle.

\*Utstyr som står i dagens laboratorier. Anslått vibrasjonsklasse

For de generelle etasjene i Livsvitenskapbygget, med konfokalmikroskoper og andre typer utstyr med moderat krav til vibrasjoner, er vibrasjonsgrensen satt til VC-A. Det ble ansett som kostnadmessig mest riktig å benytte god vibrasjonsisolering på kritisk utstyr, i stedet for å dimensjonere hele bygningen for vibrasjonsklasse VC-B.

### 3 Grunnforhold

Norconsult har foretatt grunnboringer for Bergen kommune i utbyggingsområdet. Det er 2 - 24 meter løsmasser til fjell. Løsmassene består i hele området i hovedsak av steinfylling med grus, sand, silt, stedvis med et fast lag av antatt morene over fjell. Vi karakteriserer dette som faste masser.

### 4 Vibrasjoner fra Bybanen

Brekke & Strand var rådgivere for støy og vibrasjoner for byggetrinn 1 av Bybanen som underkonsulent for Norconsult. Leverandøren av løsningene for sporfundamenter og skinneinnfesting finansierte målinger av vibrasjoner på 12 steder langs banen. Det ble målt etter ISO 3095, som innebar vibrasjonsmålinger i avstand 7,5 meter fra senter spor. Det ble gjort målinger på en rettstrekning i Kaigaten og i en kurve i Agnes Movinckels gate. Vi har benyttet dataene for disse målingene, og beregnet vibrasjoner i ulike avstander fra sporet.

Vibrasjonsvurderingene er for å gi innspill til vurdering av ulike utbyggingsalternativer. Løsmassene er av samme type i hele området, det er dybdene til fjell som varierer. For så faste masser som dette regner vi ikke med at det vil være vesentlige forskjeller mellom steder med ulike dybder til fjell. Vi har beregnet vibrasjoner ved ulike avstander fra Bybanen, og resultatene vil gjelde for alle utbyggingsalternativer.

## 5 Krav til avstander fra Bybanen for ulike typer utstyr

Nødvendig avstand fra spor til bygning for de ulike typer instrumenter vil avhenge grensen i aktuell VC - klasse. Vi har beregnet nødvendig avstand under forutsetning av at bygningen har løsninger for fundamenter og dekker som angitt i Tabell 1.

**Tabell 2 Nødvendig avstand til Bybanen for ulike typer utstyr. Det er forutsatt byggetekniske tiltak som beskrevet i tabell A**

Type utstyr	Klasse	Avstand til Bybanen m	Kommentarer
Elektronmikroskop TEM	VC-E	75	Det er forutsatt mer omfattende tiltak i fundamentet for TEM enn for SEM. Nødvendig avstand blir derfor like.
Elektronmikroskop SEM	VC-D	75	
Spektroskopi	VC-C	45	
Optiske mikroskoper LC-MSMS*	VC-B	30	Forsterkningen av vibrasjoner fra terreng til dekkene er en betydelig usikkerhet. Det er på grunn av faste grunnforhold relativt høyfrekvente vibrasjoner, slik at det kan bli lavere på dekkene enn ute. Det er her forutsatt like vibrasjoner, som kan innebære en sikkerhet.
Konfokalmikroskoper	VC-A	20	
Vekter*			
GC-MS*			
HPGe- og NAL detektorer*			
Mikrotomer*			

\*Utstyr som står i dagens laboratorier. Anslått vibrasjonsklasse

De beregnede avstandene er under forutsetning av homogene, faste masser. Inhomogeniteter i massene og krappe variasjoner i fjellformasjonene kan gi større vibrasjonsdemping. Bygninger mellom bane og aktuell bygning vil også redusere vibrasjonene. Vi anser derfor at de angitte avstandene kan ligge på sikker side i beregningene, det gjelder særlig de største avstandene. Det må imidlertid uansett gjøres målinger av vibrasjonsoverføring hvis det blir aktuelt å bygge i nærheten av banen.

Man vil få sikrere vibrasjonsberegninger hvis det gjøres målinger av vibrasjonsoverføring fra eksisterende Bybane og av vibrasjonsoverføring i løsmassene ved Dokken. Det gjøres ved at det først måles vibrasjoner fra Bybanen på en strekning som har mest mulig like grunnforhold som ved Dokken. Det måles vibrasjoner ved ulike avstander, opp til i så stor avstand som man får målbare vibrasjoner. På samme sted gjøres også vibrasjonsmålinger der en shaker eller et tungt lodd eksiterer bakken ved siden av sporet. Deretter gjøres tilsvarende målinger med eksitasjon med samme shaker eller lodd på stedet der Bybanen er tenkt å gå ved Dokken. Disse målingene er «kalibrert» på grunnlag av de første målingene. Med disse målingene får vi betydelig bedre muligheter for å stipulere vibrasjonene fra fremtidig bybane.

I beregningene og vurderingene er det lagt til grunn tilsvarende løsninger og tiltak på vibrasjonsfølsomt utstyr som på Livsvitenskapbygget. For Bybanen er det forutsatt standardløsningen for bygate, som er banefundament (betongplate) på isolasjonssjikt.

Hvis det skal gjøres tiltak på Bybanen, er trolig det beste tiltaket å pele banefundamentet til fjell. Banefundamentet må da avfuges fra resten av veglegemet, som kan gi setningsforskjeller. Evt må da hele bredden med bane og veg stå på betongplate som peles til fjell.

## 6 Vibrasjoner fra andre kilder

### 6.1 Vegtrafikk

Vår erfaring med så faste løsmasser som her, er at det bli lite vibrasjoner fra vegtrafikk. Vibrasjonsnivåene vil være lavere enn fra Bybanen. Unntaket er hvis det er store hull i vegbanen som ikke er utbedret, eller spesielle situasjoner med svært tunge kjøretøyer.

### 6.2 Havnevirksomhet

Containerhavner kan i utgangspunktet gi opphav til vibrasjoner som kan forplantes til laboratoriebygninger med vibrasjonsfølsomt utstyr, hvis det er for kort avstand. Landing av containere kan gi støttaktige vibrasjoner, men dette vil i hovedsak være ved uhell. Vår erfaring er at førere av heisekraner eller containertrucker er flinke til å håndtere containere uten at det oppstår unødig støy og vibrasjoner.

Når det gjelder propeller på båter, oppstår det noe vibrasjoner på kaifrontene, men det er normalt lave nivåer, som ikke forventes å gi problemer i laboratoriebygninger som grenser til kaiområdet. Et unntak er når store båter snur, slik at propellvannet står rett inn mot kaifronten.

Våre erfaringer er fra prosjekter som Operaen i Oslo og konserthuset i Stavanger som ligger ut mot havneområder. Det er en annen situasjon med laboratoriebygninger som ligger noe lenger unna, og med strengere vibrasjonsgrenser. Det bør derfor gjøres undersøkelser med målinger hvis det kan bli aktuelt at laboratoriebygningene plasser inntil havneområdet.

### 6.3 Anleggsarbeider

Etablering av byggetomter med anleggsvirksomhet som spunting, fjerning av masser, boring, sprengning og pigging gir betydelige vibrasjoner som vil forplantes til nabobygningene. Det kan gi forstyrrende vibrasjoner i laboratorier, i perioden mens grunnarbeidene pågår. Dette har vært et viktig tema i forbindelse med grunnarbeidene for Livsvitenskapbygget i Oslo. Det må velges metoder som gir minst mulig vibrasjoner, og settes grenseverdier, og avtales tider med entreprenørene. Men det må allikevel forventes at mye av byggearbeidene på Dokkenområdet vil gi problemer for elektronmikroskop og annet vibrasjonsfølsomt utstyr.