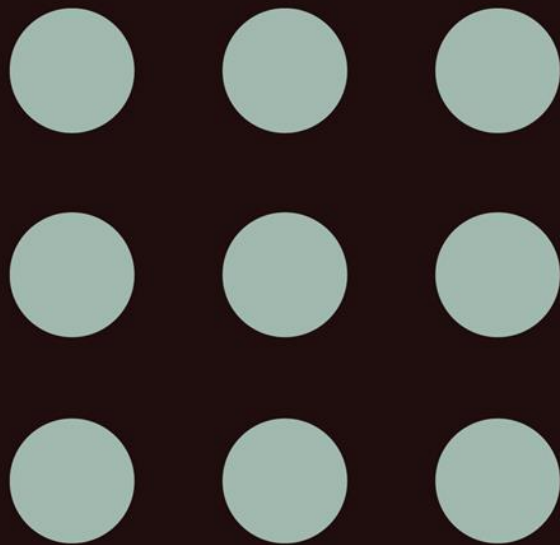




BREKKE ⋮ STRAND

NAS høstmøte 25-26. oktober 2019

Akustisk rådgivers ansvar og oppgaver vedrørende vibrasjoner

Arild Brekke, Brekke & Strand akustikk as

Disposisjon

- Godkjenningsordning for akustisk rådgiver. Byggteknisk forskrift (TEK17)
- Grenseverdier for vibrasjoner i bygninger
- Anbefalte resonansfrekvenser for dekker og gulvkonstruksjoner
- Vibrasjoner fra jernbane og T-bane. Beregninger og tiltak
- Strukturstøy fra jernbane og T-bane. Beregninger og tiltak

Kapittel 13 Sentral godkjenning for ansvarsrett

§ 13-5. Godkjenningsområder for sentral godkjenning av foretak

o. Lydforhold og vibrasjoner

Fagområdet omfatter planlegging og prosjektering av byggverk for å sikre brukernes behov for beskyttelse mot støy og vibrasjoner. Oppgaven omfatter kartlegging av lyd- og vibrasjonskilder i og utenfor byggverket, samt planlegge og prosjektere byggverk og nødvendige tiltak.

IV Lyd og vibrasjoner

TEK 17: § 13-6. Lyd og vibrasjoner

(3) Vibrasjonsforhold skal være tilfredsstillende for personer som oppholder seg i byggverk og på uteoppholdsareal avsatt for rekreasjon og lek.

Fra veiledningen:

Aktuelle vibrasjonskilder kan blant annet være veitrafikk, skinnegående trafikk, flytrafikk og industri, samt vibrasjoner fra aktiviteter og bygningstekniske installasjoner i bygninger.

Erfaringer viser at vibrasjonsforhold i boliger ligger på tilfredsstillende nivå, dersom en legger til grunn de anbefalte grenseverdiene i vibrasjonsklasse C i [NS 8176:2017](#). 

NS 8176 gir målemetode og grenseverdier for vibrasjoner fra samferdsel i boliger

	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Statistisk maksimalverdi av veid hastighet, $v_{w,95}$ (mm/s)	0,1	0,2	0,3	0,6

↑
Berørte personer vil kun unntaksvis
merke vibrasjoner

I informativt vedlegg:

Kontorer: $v_{w,95} = 0,4 - 0,5$ mm/s

Museer, sykehus, kirker, konsertlokaler: $v_{w,95} = 0,1 - 0,2$ mm/s

Vibrasjonskriterier for andre vibrasjoner enn fra samferdsel



Norsk Standard NS-ISO 2631-2

2. utgave september 2003

Mekaniske vibrasjoner og støt
Bedømmelse av hvordan
helkroppsvibrasjoner virker inn på
mennesker
Del 2: Vibrasjoner i bygninger (1 Hz to 80 Hz)
(ISO 2631-2:2003)

Foreword

Guidance values above which adverse comments due to building vibration could occur are not included any more since their possible range is too widespread to be reproduced in an International Standard.

Man vet ikke nok til å kunne
sette grenseverdi



ISO 10137 gir anbefalte vibrasjonsgrenser i ulike arealer

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
10137

**Bases for design of structures —
Serviceability of buildings and walkways
against vibrations**



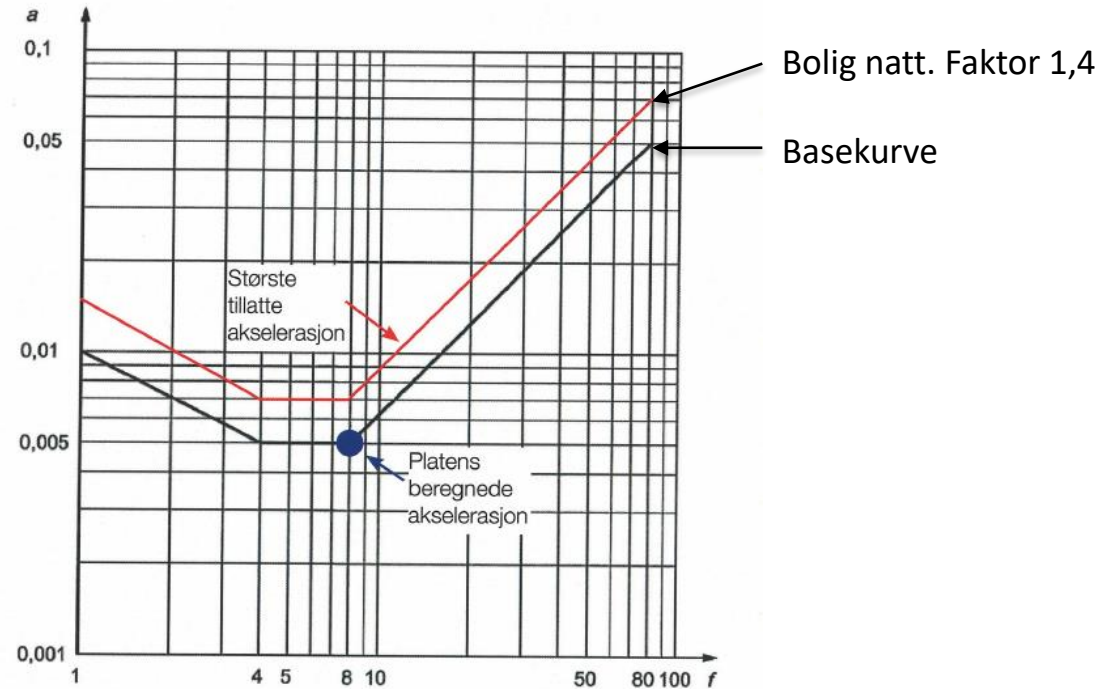
**DIMENSJONERING
AV BYGNINGER
UTSATT FOR STØT
OG VIBRASJONER**

Morten Gjestvang, MG Engineering
Bjørn Arve Lund, Reinertsen Engineering AS
Oystein Loset, Drtechn.Olav Olsen AS

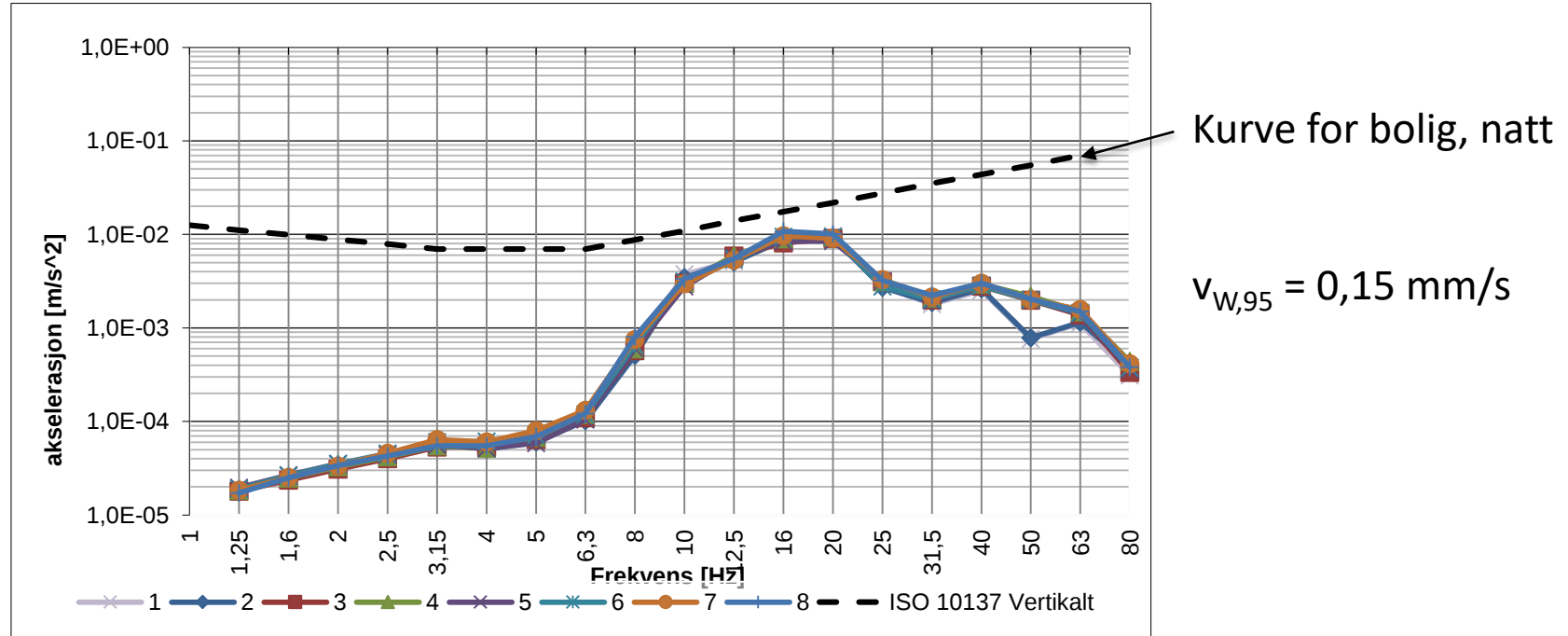
Revidert av:
Simon Grøterud, Drtechn.Olav Olsen AS
Oystein Loset, Drtechn.Olav Olsen AS
Versjon 2, november 2017

Place	Time	Multiplying factors to base
		Continuous vibration and intermittent vibration ^b
Critical working areas (e.g. some hospital operating-theatres, some precision laboratories, etc.)	Day	1
	Night	1
Residential (e.g. flats, homes, hospitals)	Day	2 to 4 ^d
	Night	1,4
Quiet office, open plan	Day	2
	Night	2
General office (e.g. schools, offices)	Day	4
	Night	4
Workshops ^h	Day	8
	Night	8

Eksempel i RIF håndboken. Vertikale vibrasjoner på dekke



Vibrasjoner på gulv i bolig fra løping på tredemøller i treningssenter – beboere klager



RIF-anvisningen – Anbefalt krav til laveste egenfrekvens i dekker

Konstruksjonsdel i type bygning	Laveste egenfrekvens
Bolig	5.5 Hz
Kontorer	4 Hz
Arealer med sport og danseaktiviteter	9 Hz
Laboratorier og verksteder med følsomt utstyr	10 Hz
Publikumstribuner Arealer med stående forsamlinger eller faste seter.	7.5Hz
Konsertarena	9 Hz

Byggdetaljblad 722.528: Resonansfrekvens trebjelkelag minst 15 Hz

Trebjelkelag, Anbefaling i byggdetaljblad 522.351

- $\Delta < 1,3 \text{ mm}$
 - $f > 10 \text{ Hz}$
 - $f/(\Delta^{0,44}) > 18,7$
- Alle de tre kravene
må tilfredsstilles

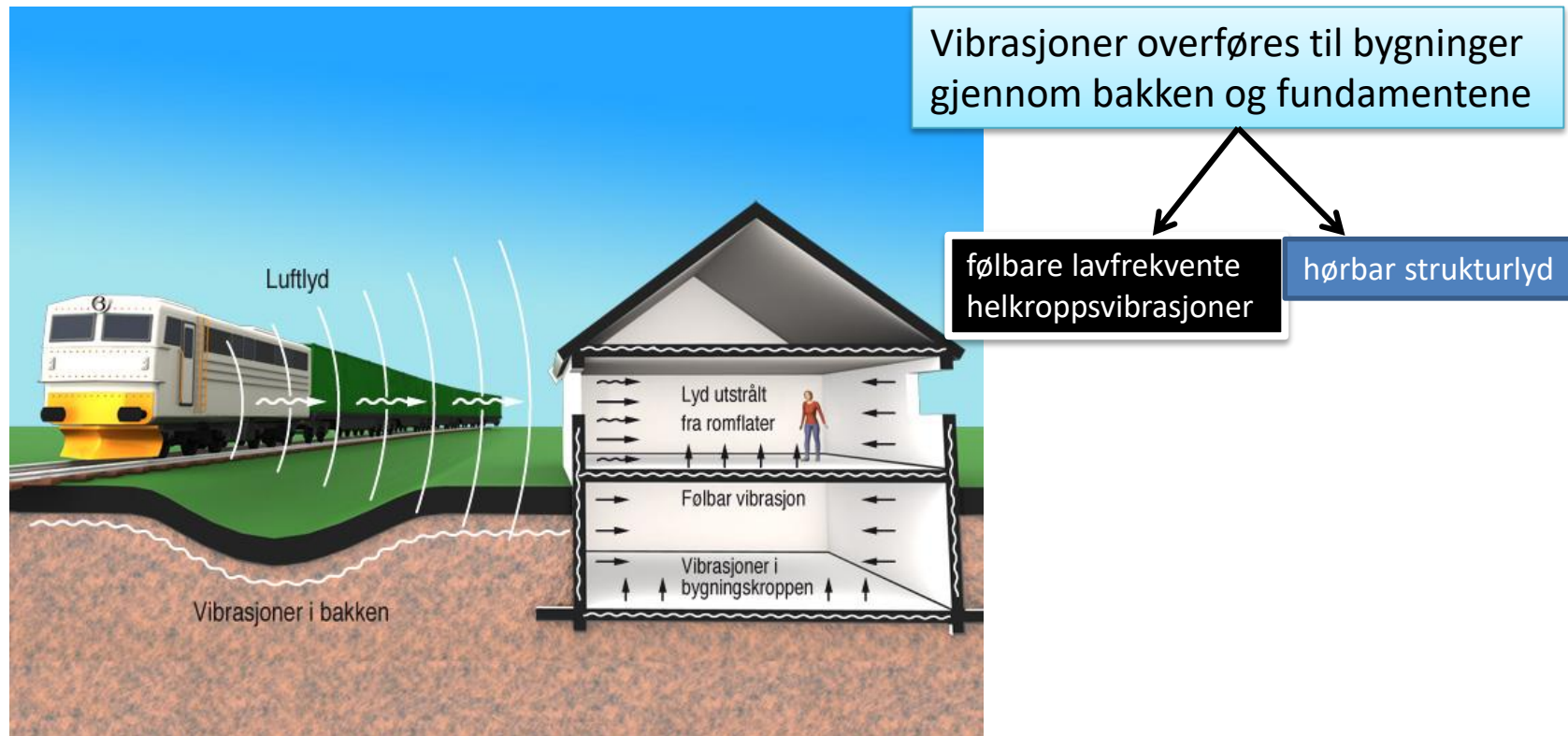
hvor:

- Δ er beregnet nedbøyning under 1 kN punktlast (mm)
- f er beregnet egenfrekvens (Hz)

Eksempel:

Resonansfrekvens 15 Hz krever maks nedbøyning 0,6 mm

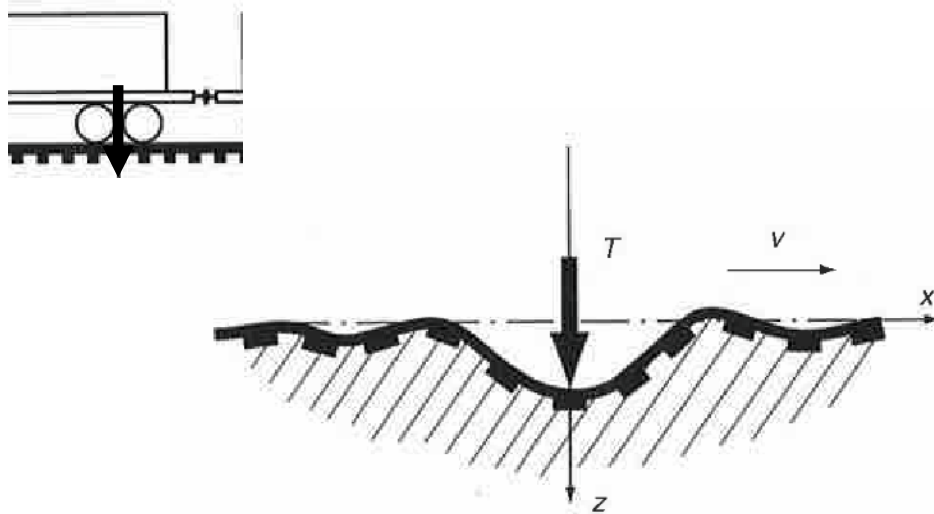
Vibrasjoner og strukturlyd fra bane



Hvordan vibrasjoner fra bane oppstår

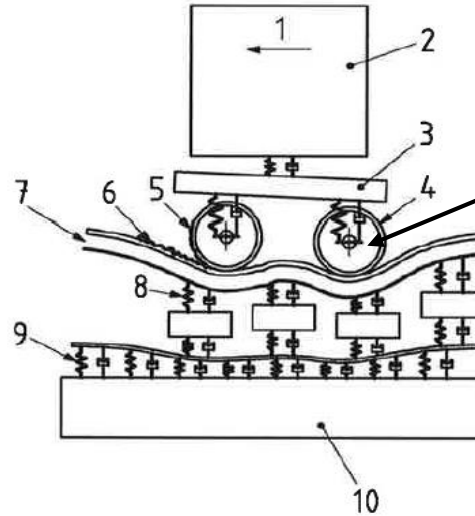
Mekanisme 1: Kvasistatisk eksitasjon

Deformasjon under boggene forplantes med togets hastighet



Mekanisme 2: Dynamiske krefter

Resonansfrekvenser i boggi, hjuloppheng, sporsystem



Uavfjæret masse:

Hjul, aksling og evt motor

Sporets resonansfrekvens:

Uavfjæret masse på total
stivhet av skinneinnfesting,
ballast og underbygning

Key

- 1 train speed, v
- 2 part of carriage mass, m_C
- 3 part of bogie mass, m_B
- 4 unsprung mass, m_W
- 5 wheel roughness

- 6 rail roughness
- 7 rail impedance
- 8 typical model of rail support
- 9 typical model of formation/tunnel
- 10 ground impedance

Empirisk beregningsmetode for vibrasjoner fra jernbane

Vi beregner vibrasjoner fra bane etter følgende formel:

$$v = v_T f_G f_D f_S f_B$$

v_T = Vibrasjonsverdi målt på bakken, avstand 15 meter

f_G = Korreksjon for grunnforhold

f_D = Korreksjon for avstand til hus

f_S = Korreksjon for hastighet

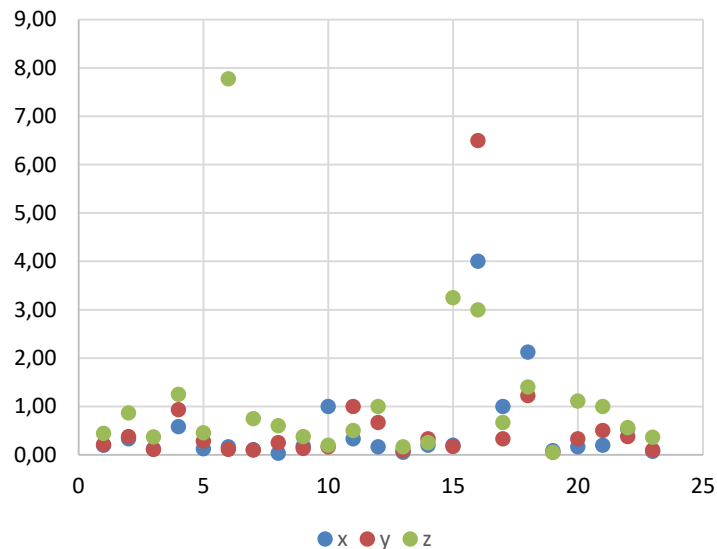
f_B = Korreksjon for forsterking av vibrasjoner i huset

Svært stor variasjon mellom ulike boliger

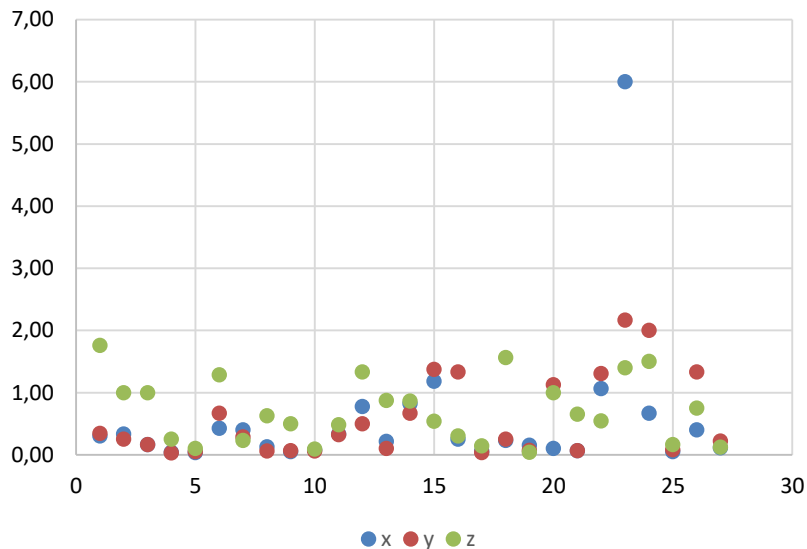


Målt forsterkning fra bakke til gulv i boliger ved T-banen i Oslo

Forsterkning til gulv 1 etg



Forsterkning til gulv 2.etg



Formulering i reguleringsbestemmelser vedr vibrasjoner fra ny bane

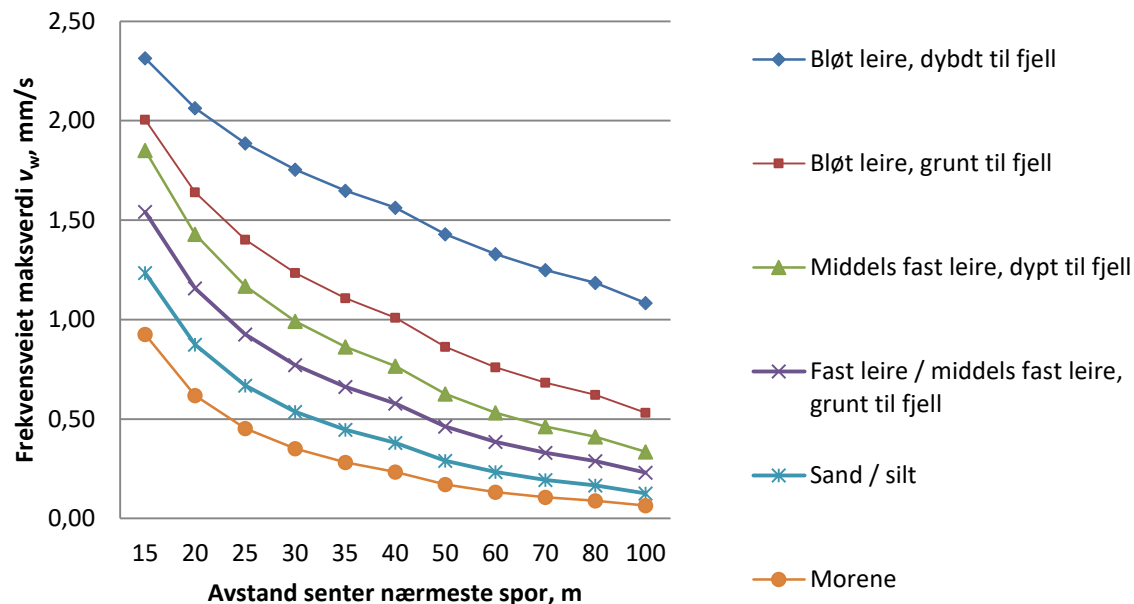
Bærum kommune

Reguleringsbestemmelse dobbeltspor Skøyen – Asker og Kolsåsbanen

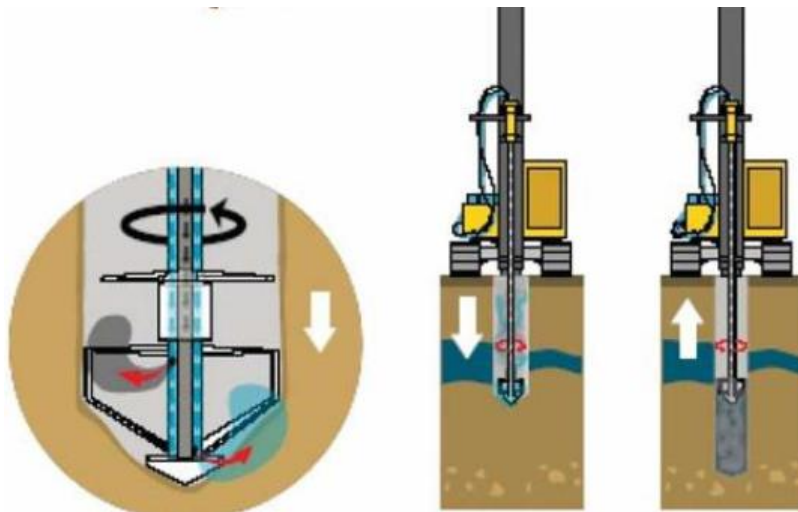
Grenseverdien for vibrasjoner settes til $v_{w,95} = 0.3-0,6$ mm/s. Den laveste grenseverdien legges til grunn som en målsetning.

Vibrasjoner beregnet for ulike typer grunnforhold

Vibrasjoner i boliger fra flytog 200 km/t



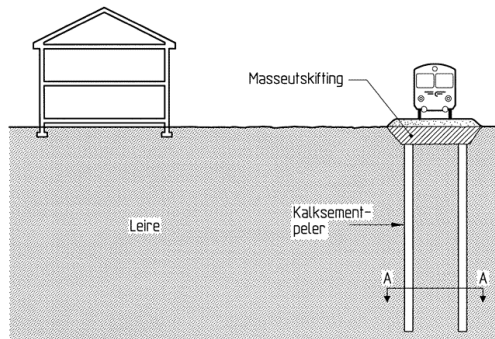
Tiltak i leire: Kalkcementpeler



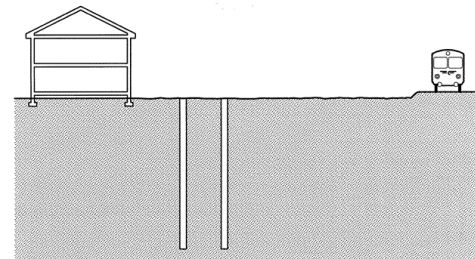
Tiltak mot vibrasjoner. Bane og bolig på leire

Fra byggdetaljblad 520.535

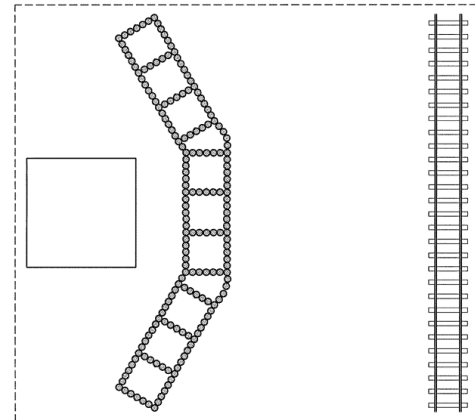
Kalkcementpeler under spor



Kalkcementpeler som skjerm

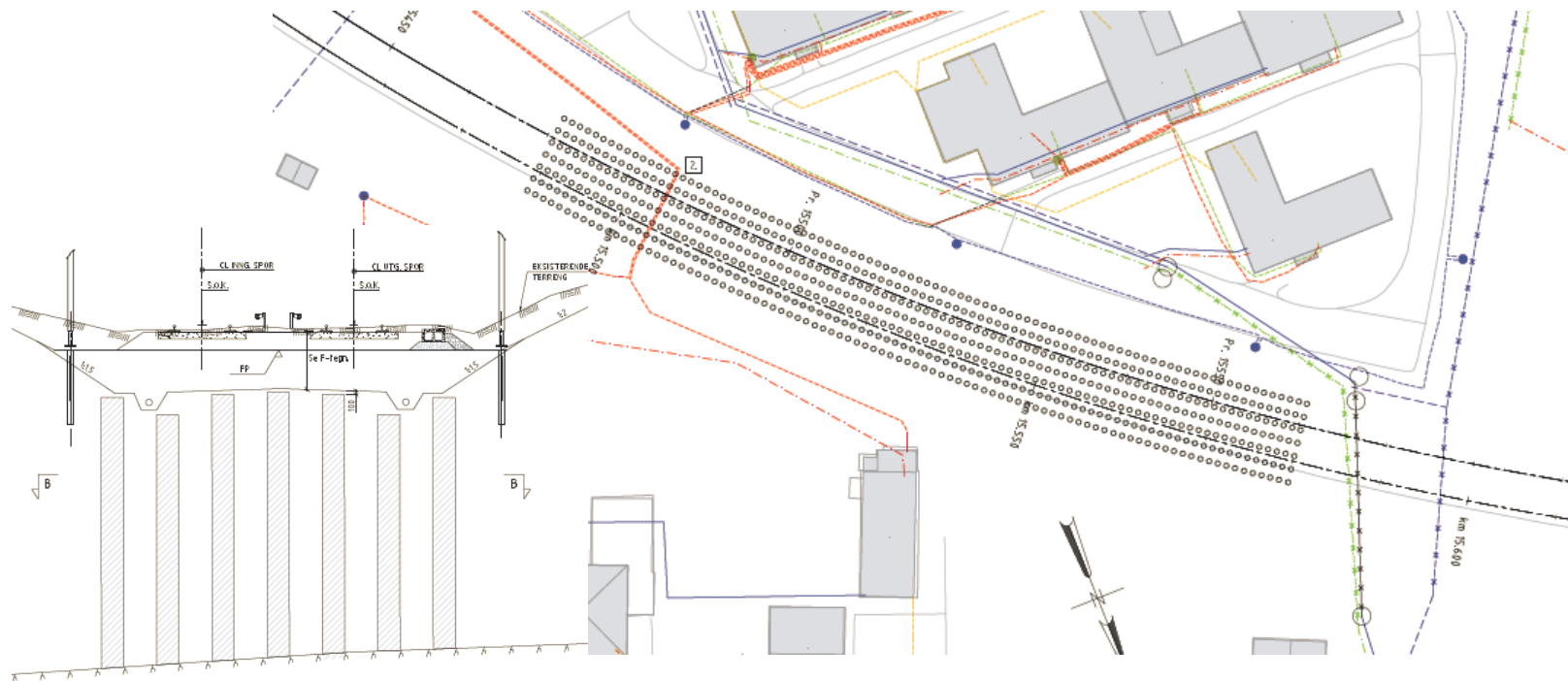


Snitt



Plan

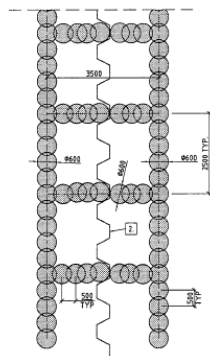
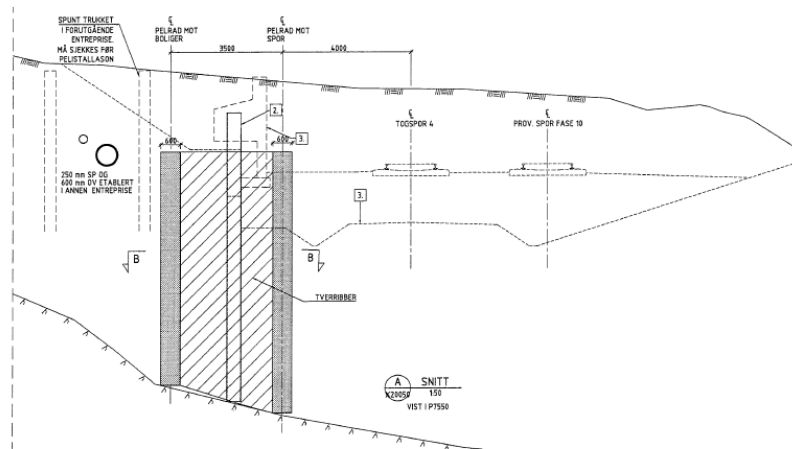
Kalkcementpeler under spor på Kolsåsbanen



KC-peling på Kolsåsbanen

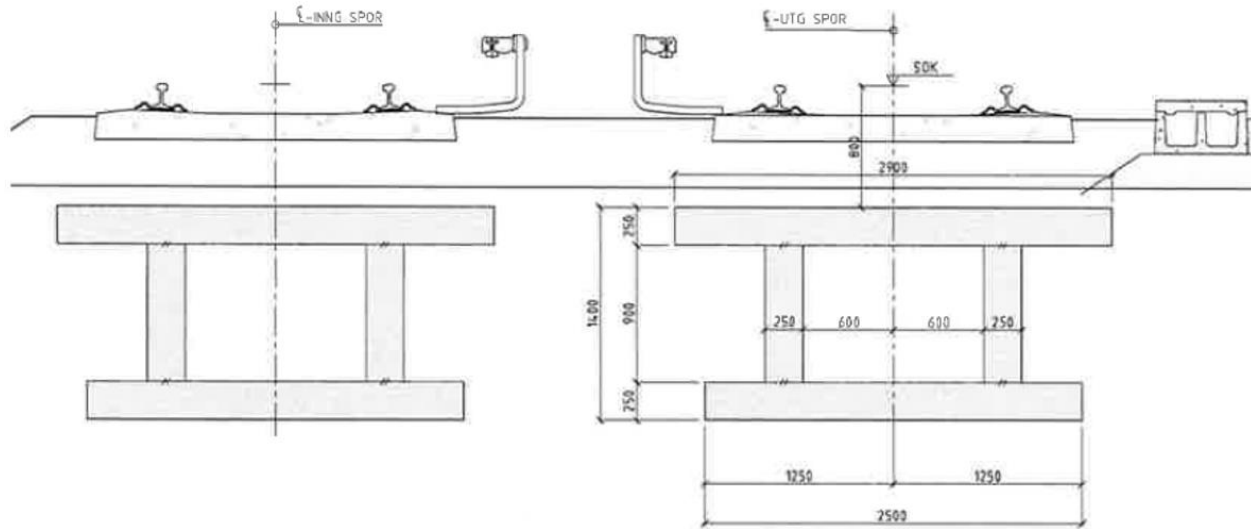


Kalkcementpeler som skjerm - Lysaker

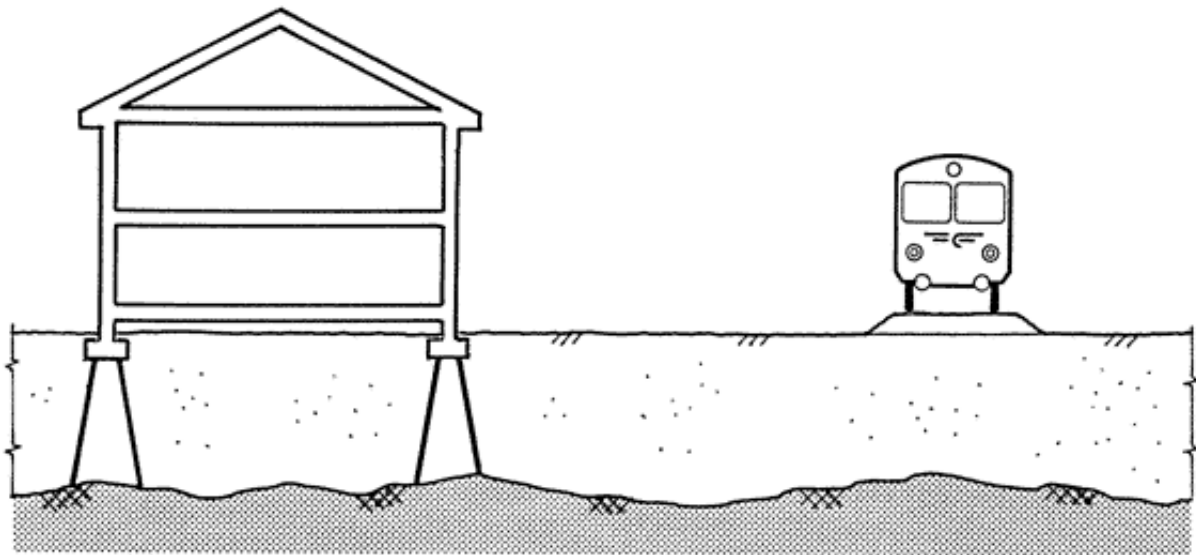


Betongbjelker under sporene - Kolsåsbanen

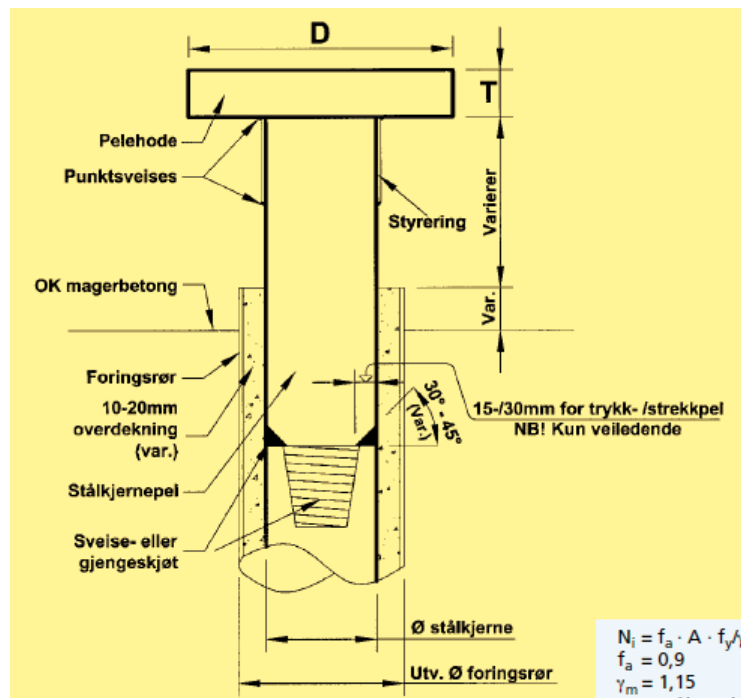
Tiltaket ble brukt fordi høyspentledninger kom i veien for KC - riggen



Peling av bygning



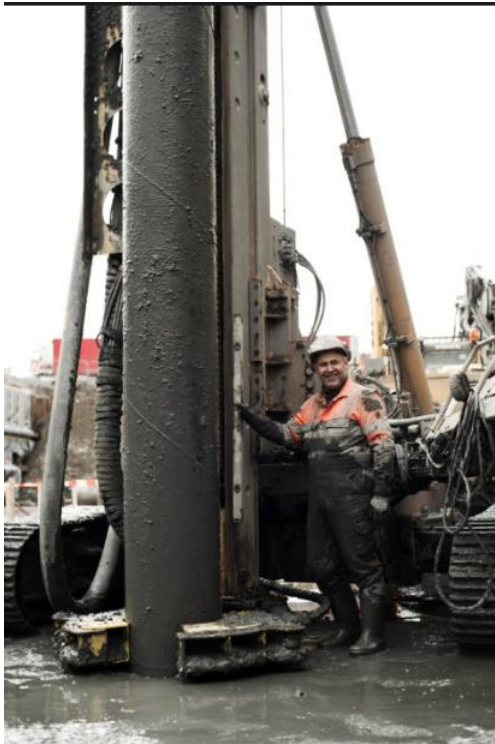
Peling av bygning til fjell - stålkjernepeler



Stålrør bores ned. Stålkjerne tres oppi.
Hulrom mellom stålkjerne og stålrør støpes ut.
Typisk diameter 150 mm

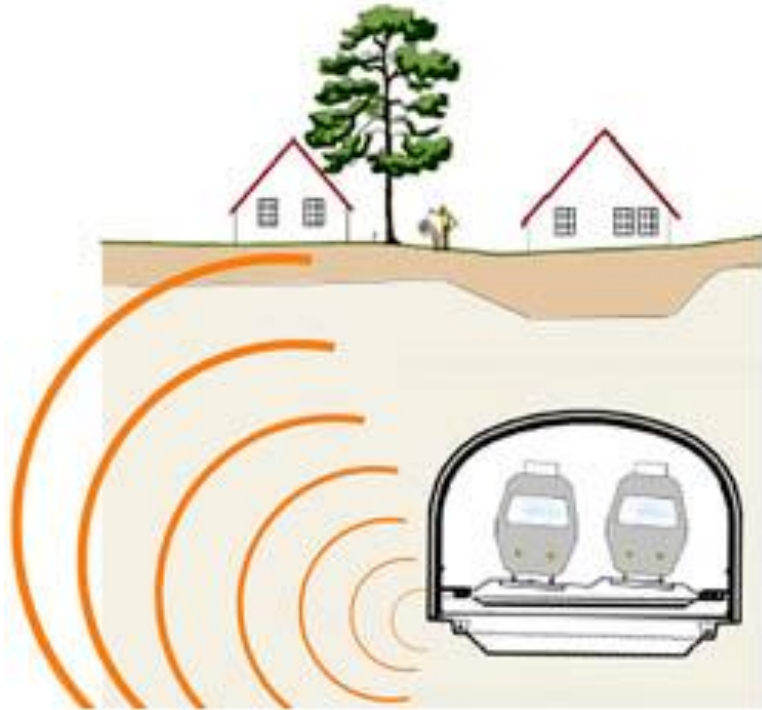


Peling av bygning til fjell – stålrørspeler – best mot vibrasjoner



Kraftige stålrør som fylles med betong.
Typisk diameter 0,6 meter.

Strukturstøy



NS 8175:

Strukturstøy fra tunneler og kulverter:

$$L_{p,AF,max} = 32 \text{ dB}$$

Vår anbefaling dagstrekninger:

$$L_{p,AF,max} = 37 \text{ dB}$$

Beregningsmetode for strukturstøy fra tog i fjelltunnel

BEREGNING AV STRUKTURLYDNIVÅ FRA FJELLTUNNEL

T-bane

Bane: Lørenbanen

Adresse: -

Inngangsverdier

Avstand spor - fundament	13 meter
Type fjell	Leirskifer
Type tunnel	Ny, eksponert fjell
Skinne	S49
Mellomleggs plate	50 <u>kN/mm</u>
Dimensjonerende togtype	MX3000
Hastighet	70 km/t
Tykkelse <u>løsmasser</u> under fundament	0 m
Type bygning/etasjeskiller:	Boligblokk
Antall etasjer fra bolig til kjeller	1

Beregnete verdier

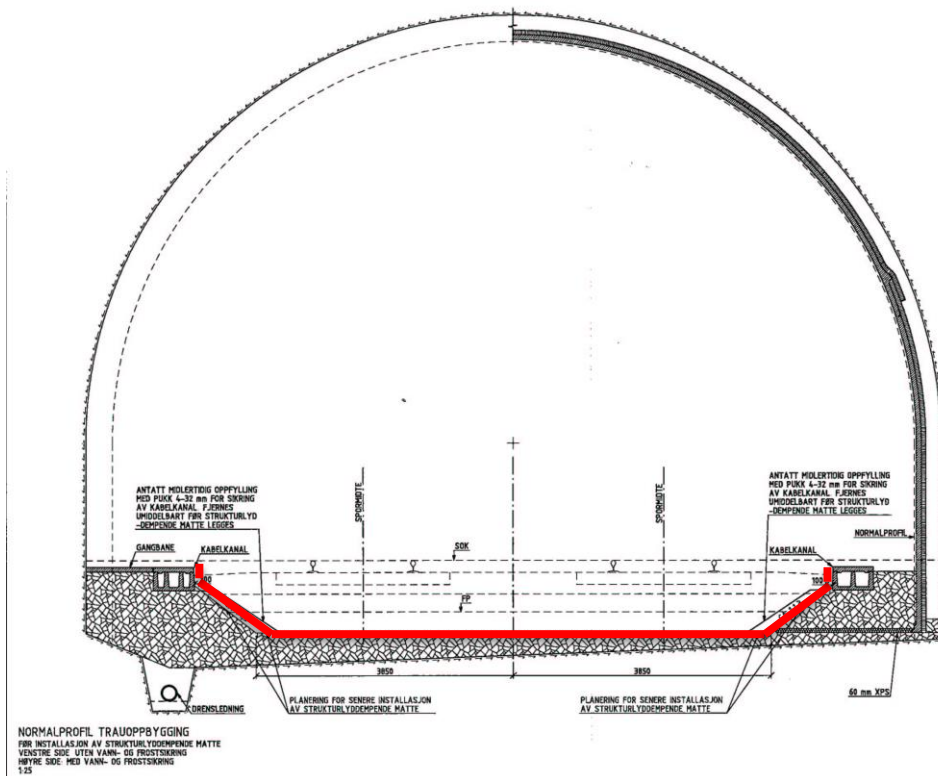
Utgangsverdi	47 <u>dB</u> A
Korreksjon for <u>fjelltype</u>	0
Korreksjon for type tunnel	-2
Korreksjon for spor	-2
Korreksjon for togtype	2
Korreksjon for hastighet	0
Korreksjon for sporveksler	0
Korreksjon for <u>løsmasser</u>	0
Korreksjon for hustype	0
Korreksjon for antall etasjer	-3

Beregnet strukturstøynivå: 42

Sikkerhetsfaktor 3

Dimensjonerende strukturstøynivå **45 dBA**

Ballastmatter for reduksjon av strukturstøy



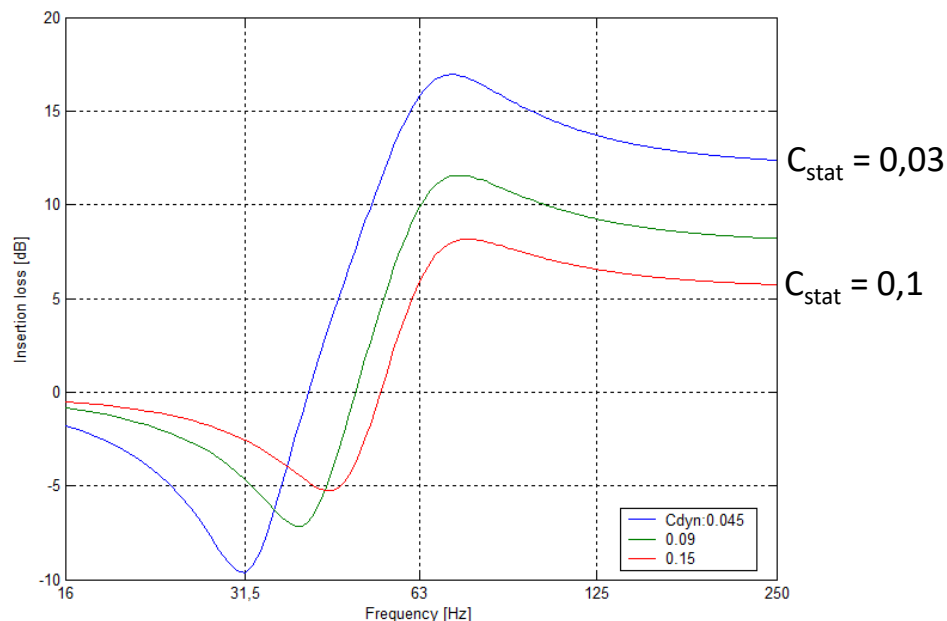
Reduksjon av strukturstøy med ballastmatter – krav til stivhet fra Bane Nor

Tabell 10: Krav til statisk stivhet for ballastmatter

Aksellast (kN)	Hastighet (km/h)	C_{STAT} (N/mm ³)
≤ 160	$v \leq 120$	$\geq 0,02$
160 - 250	$v \leq 120$	$\geq 0,03$
	$120 < v \leq 200$	$\geq 0,03$
	$v \geq 200$	$\geq 0,10$

Dobbeltspor Skøyen – Asker:

To typer: $C_{stat} = 0,01$ og $C_{stat} = 0,02$



Svillematter



Rail pad (mellomleggsplate)

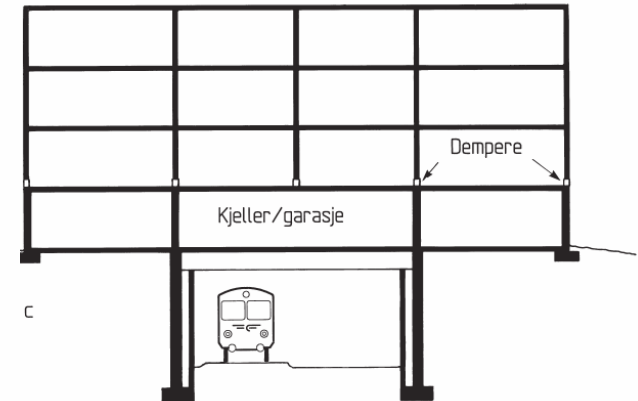
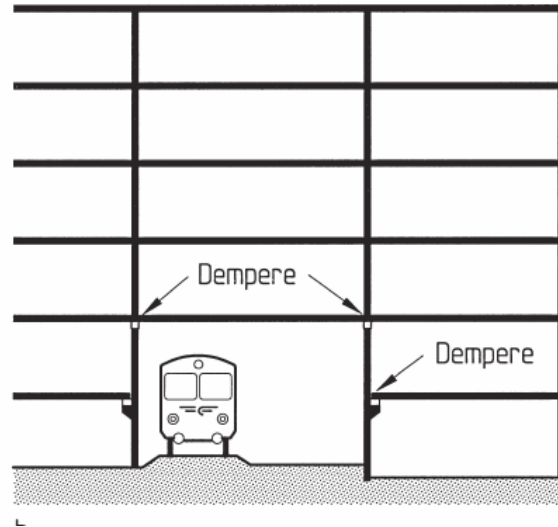
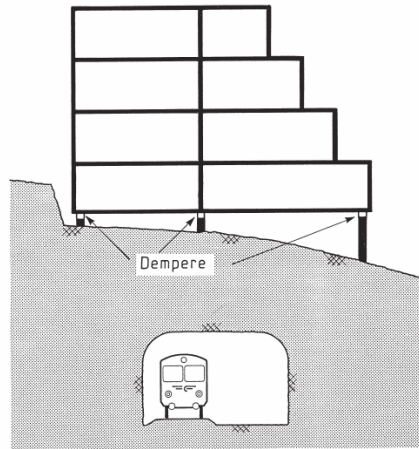
Uheldig resonansfrekvens:
Sville mot rail pad/svillematte

Svillematte

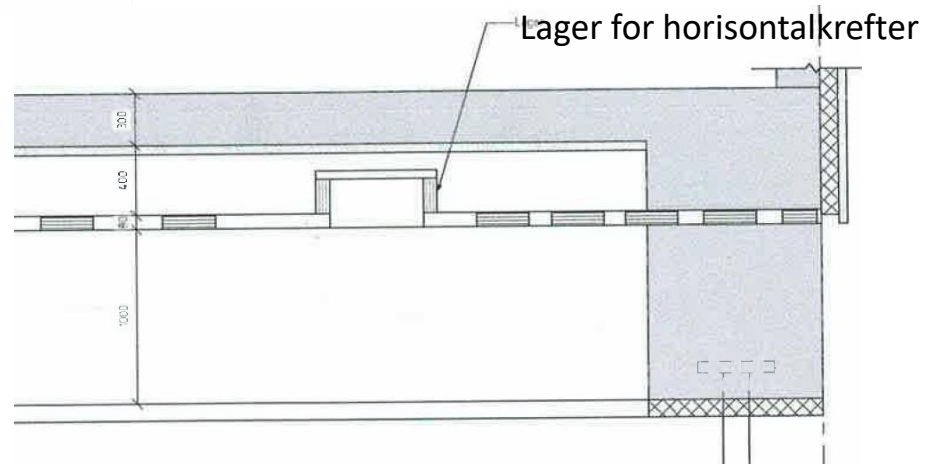
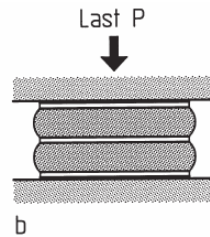
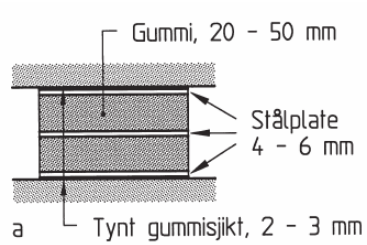
Tiltak med vibrasjonsisolerende lagre

Fra byggdetaljblad 520.535.

Må vanligvis gjøre tiltak i sporet i tillegg



Vibrasjonsisolering av bygninger – lagre

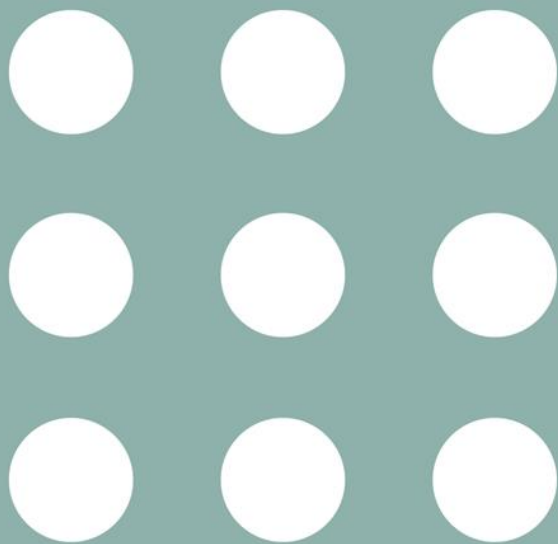


Veggskive på lagre



Lager for horisontalkrefter





BREKKE  STRAND