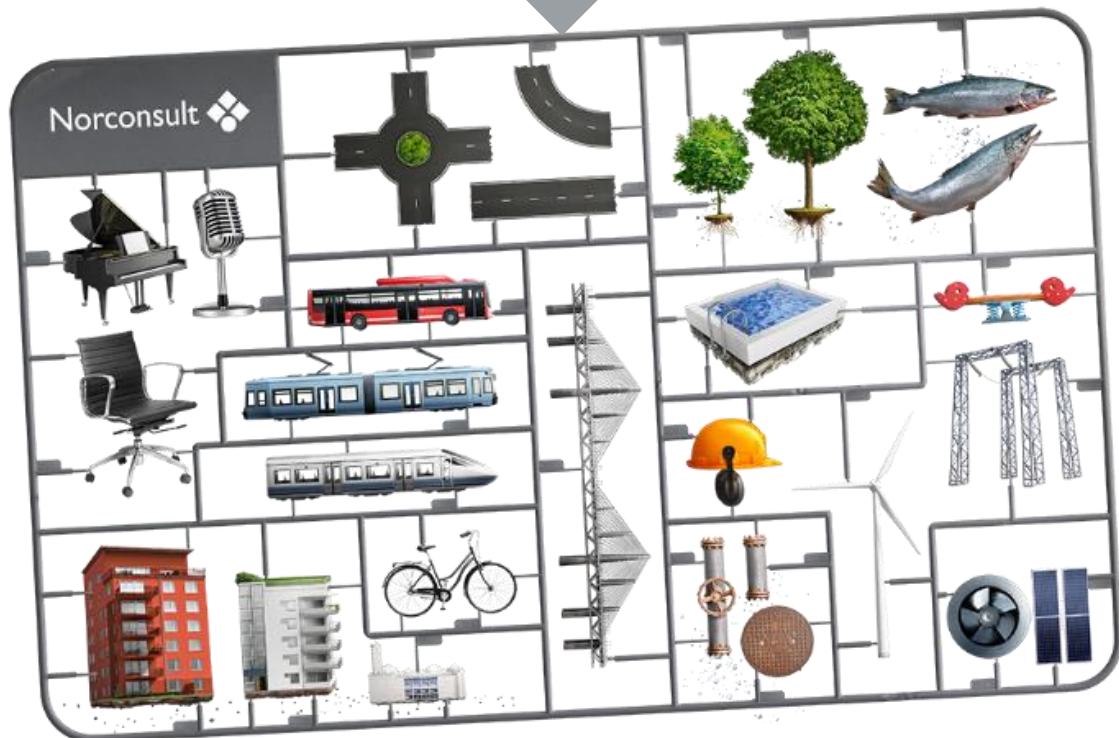


Göteborgs Stad

# Kv Röda Bryggan - Vibrationsutredning

Utredning av komfortstörande vibrationer



Uppdragsnr: 105 24 19 Version: 2  
2018-04-18

**Uppdragsgivare:** Göteborgs Stad  
**Uppdragsgivarens kontaktperson:** Lena Hasselgren  
**Konsult:** Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg  
**Uppdragsledare:** Andreas Sigfridsson  
**Handläggare:** Marcus Andersson

2	2018-04-18	Slutlig version	Marcus Andersson	Andreas Sigfridsson	Andreas Sigfridsson
1	2018-04-12	Konceptrapport	Marcus Andersson	Andreas Sigfridsson	Andreas Sigfridsson
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

## Sammanfattning

Inför planerad nybyggnation av bostäder har Norconsult AB fått uppdrag att utreda risk för komfortvibrationer inom planområdet.

Mätningar har utförts på befintlig grund under 7 dygn i två mätpunkter. Maximala vibrationsnivåer uppmättes i mätpunkt 1 för byggnad närmaste spårväg och uppmättes till 0,18 mm/s vägd RMS i vertikal riktning. De uppmätta vibrationsnivåerna ligger under människas känsletröskel enligt ISO 2631-1.

För planerade byggnader kan egenfrekvenser för byggnad och bjälklag förstärka inkommande vibrationer i grund. Genom att beräkna responspektra för de kraftigaste registreringar kan ett "värsta fall" för när uppmätta vibrationer sammanfaller med egenfrekvenser i byggnad bedömas.

Resultaten visar att risk för vibrationsstörningar inom området "måttlig störning" enligt dokumentet SS 460 48 61 föreligger för de planerade byggnaderna. Endast en registrering i mätpunkt 1 under mätperiodens 7 dygn uppnår i responspektraberäkningarna cirka 1,3 mm/s vägd RMS vilket istället definieras som "Sannolik störning" av dokumentet SS 460 48 61. Då endast en registrering utskiljer sig från övriga registreringar bedöms denna maximala registrering inte vara dimensionerande för planerade byggnader.

Störst risk för både horisontell och vertikal riktning föreligger vid cirka 9 – 11 Hz. För horisontell riktning är det egenfrekvens i grund och stomme som är av intresse och för vertikal riktning är det egenfrekvens i bjälklag som är av intresse.

Egenfrekvens för grund och stomme ligger enligt schablonberäkningar för ett 6-våningshus vid cirka 2,5 Hz. Däremot kan andra ordningens egenmod sammanfalla med störfrekvens vilket kan innebära en risk för komfortstörningar och bör kontrolleras under projektering av byggnad längs spårväg.

Egenfrekvens för bjälklag ligger normalt inom 5 – 10 Hz och för att minimera risk för komfortstörningar krävs styvare bjälklag med egenfrekvens > 12 Hz vilket ställer speciella krav på projektering av byggnaderna.

Förslag på åtgärder:

- Bygga tyng källargrund
- Pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud.
- Styva bjälklag med hög egenfrekvens ( $f_0 > 12$  Hz)
- Underhåll av ojämnheter i vägbana (enligt uppmätta nivåer från fordonstrafik i mätpunkt 2)

Genom att beakta nämnda risker bedöms det möjligt att uppföra planerade byggnader med avseende på horisontella och vertikala vibrationer som uppfyller riktlinjer för komfortnivåer på max 0,4 mm/s vägd RMS.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Uppdrag och bakgrund</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Riktvärden</b>	<b>5</b>
2.1	Trafikverkets riktlinjer	5
2.2	Svensk standard	5
<b>3</b>	<b>Förutsättningar</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Genomförande och metodik</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>7</b>
5.1	Vibrationsmätningar	7
5.2	Mätning på grund	8
5.3	Responsspektraberäkningar	8
5.4	Nordtest metod NT ACOU 082	13
5.5	Sammanställning av resultat	14
<b>6</b>	<b>Kommentarer till resultat</b>	<b>15</b>

### Bilaga

***Mätrapport Göteborg Pustervik 3.7 och 3.8 437-18053 2018-03-26.pdf***

# 1 Uppdrag och bakgrund

Inför planerad nybyggnation av bostäder har Norconsult AB fått i uppdrag att utreda risken för komfortstörande vibrationer från intilliggande spår- och vägtrafik.

## 2 Riktvärden

### 2.1 Trafikverkets riktlinjer

Trafikverkets nya riktlinjer för bl a vibrationer från trafik på väg och järnväg, gällande från och med 2016-01-01 (*Trafikverket 2015a, sid 2*), anger för bostäder och vårdlokaler riktvärdet: **maximal vibrationsnivå, 0,4 mm/s vägd RMS inomhus**. Detta avser vibrationsnivå nattetid (kl 22–06) och får överskridas högst fem gånger per trafikårsmedelnatt. Vibrationsnivån får dock inte överskrida 0,7 mm/s vägd RMS.

### 2.2 Svensk standard

#### Frekvensvägning

Frekvensvägningen för riktvärdet dokumenteras i "SS 460 48 61: Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader" (*Svensk Standard 1992*). Frekvensvägningen viktar vibrationer lägre för frekvenser som understiger 8 Hz, på grund av att människans känslighet för vibrations hastigheten avtar för frekvenser under 8 Hz. Denna frekvensvägda vibrations hastighet kallas ofta för "komfortvärde".

#### Störning

Enligt dokumentet SS 460 48 61 utgör komfortvärdet 0,4 mm/s nedre gränsen för ett amplitudintervall betecknat "måttlig störning". Enligt standarden anses mycket få människor uppleva vibrationer under skiktet "måttlig störning" som störande. Riktvärdet 0,4 mm/s som komfortvärde är ca 30% högre än människors känseltröskel enligt ISO 2631-1.

Enligt dokumentet SS 460 48 61 utgör komfortvärdet 1,0 mm/s gränsen för sannolik störning. Över denna gräns är vibrationerna kännbara och upplevs av många som störande.

Dessa riktvärden kan enligt standarden tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder.

## 3 Förutsättningar

Enligt SGU utgörs området av postglacial lera. Området utgörs enligt SGU av ett djup till berg på 30 - 50 meter.

Huvudsakliga störningskällan förväntas vara spårtrafiken på Järntorgsgatan. Vibrationsmätningar har utförts i två mätpunkter (se **figur 4.1**), med följande avstånd till närmaste spår på Järntorgsgatan:

- MP1 ca 28 m
- MP2 ca 76 m

## 4 Genomförande och metodik

Mätningen utfördes i 3 riktningar för aktuell mätpunkt, x-, y- och z-riktningar, under 7 dygn. Mätssystemet har mätt kontinuerligt med redovisning av toppvärdet per 10 sekunder med analyserbara kurvdata vid registrering över tröskelvärdet 0,2 mm/s.

Mätningen ägde rum under 7 dygn från 2018-03-19 till 2018-03-26, se bilaga 1 för mer information.



Figur 4.1. Placering av mätpunkter inom utredningsområdet enligt bilaga 1.

Från mätresultaten väljs sedan de registreringar i de olika mätpunkterna som har högst amplitud, de jämförs sedan med gällande riktlinjer.

För nya byggnader inom området kommer vibrationsnivåerna att vara starkt kopplade till den nya byggnadens egenskaper. För att bedöma vibrationsrisk väljs den högsta uppmätta registreringen ut och därefter beräknas en maximalt förväntad vibrationsnivå. Detta utförs genom två metoder, dels med beräkningar av responsspektra för byggnaden, dels med Nordtest metod NT ACOU 082. De båda metodernas resultat jämförs därefter med gällande riktlinjer och utmynnar i en riskanalys för de nya byggnaderna inom planerat område.

Analysen har utförts i Matlab med hjälp av Abravibe samt egna skript.

## 5 Resultat

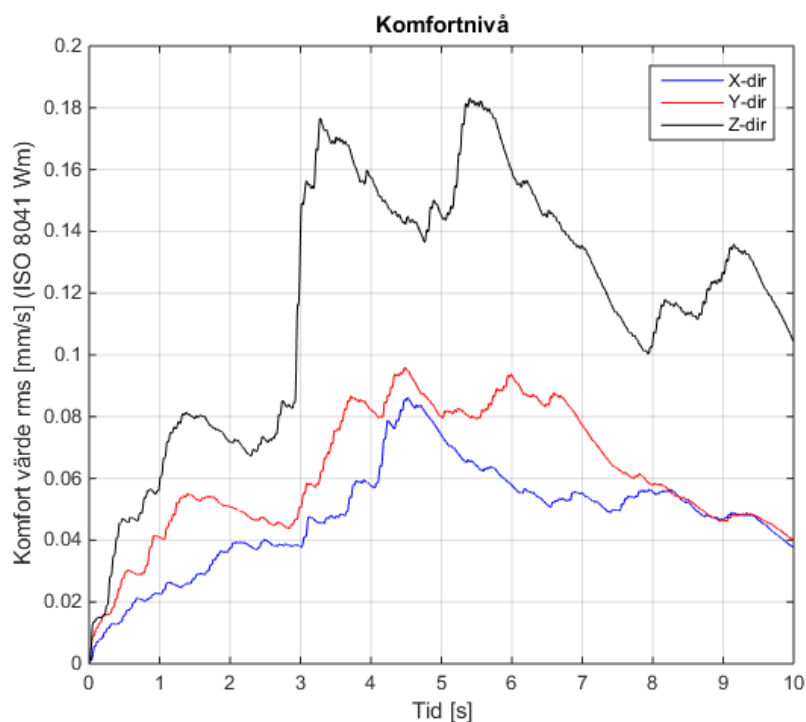
### 5.1 Vibrationsmätningar

Från mätresultaten i bilaga 1 erhålls att uppmätta komfortnivåer från spårtrafik i aktuell mätpunkt är relativt låga och maximal komfortnivå uppmättes i vertikal riktning till 0,18 mm/s vägd RMS. Utvalda registreringar presenteras nedan i **tabell 5.1**.

Tabell 5.1. Maximalt uppmätta komfortnivåer för utvalda registreringar i MP1 och MP2.

Mätpunkt_datum_kl	Horisontellt, tvärs väg (vägd RMS [mm/s])	Horisontellt, längs väg (vägd RMS [mm/s])	Vertikalt (vägd RMS [mm/s])
MP1_1 180322_163949 (spårtrafik)	0,05	0,05	0,12
MP1_2 180323_064406 (spårtrafik)	0,08	0,04	0,09
MP1_3 180323_120108 (spårtrafik)	0,09	0,10	0,18
MP2_1 180322_163946 (spårtrafik)	0,02	0,03	0,09
MP2_2 180323_075528 (spårtrafik)	0,02	0,02	0,07
MP2_3 180323_120107 (spårtrafik)	0,03	0,04	0,11

De högsta komfortnivåerna uppgick till 0,18 mm/s vägd RMS och uppstod från spårtrafik. I figur 5.1 presenteras uppmätta komfortnivå över tid för den registrering i mätpunkt 1 som genererade maximal komfortnivå i källare och uppstår sannolikt från spårtrafik. För mätpunkt 2 är registreringarna mer kortvariga och kan istället uppstått från tung fordonstrafik.



Figur 5.1. Maximalt uppmätta komfortnivåer i MP1\_3 inom planerat område.



## 5.2 Mätning på grund

Mätning har utförts på grund i befintliga byggnader. Inga korrekationer har gjorts för övergång mellan mark och byggnad, utan vibrationsöverföringen antas bli samma för planerade byggnader som för befintlig.

## 5.3 Responsspektraberäkningar

För ett flerplanshus skulle egenfrekvenser i byggnaden kunna ge upphov till högre komfortvärden om egenfrekvens och den exciterande markvibrationens frekvens sammanfaller. Genom att beräkna responsspektra på uppmätta vibrationsdata från de utvalda registreringarna i tabell 5.1 med en antagen förstärkningsfaktor på  $Q=10$  (normal förstärkningsfaktor vid låga frekvenser), skulle ett komfortvärde på 1,3 mm/s vägd RMS kunna erhållas i ett "värsta fall" för MP1 då egenfrekvenser i byggnad sammanfaller med markvibrationens frekvens (vertikalt). För vertikal riktning är det egenfrekvenser i bjälklag som är av intresse och för horisontell riktning är det egenfrekvenser i grund och byggnad som är av intresse.

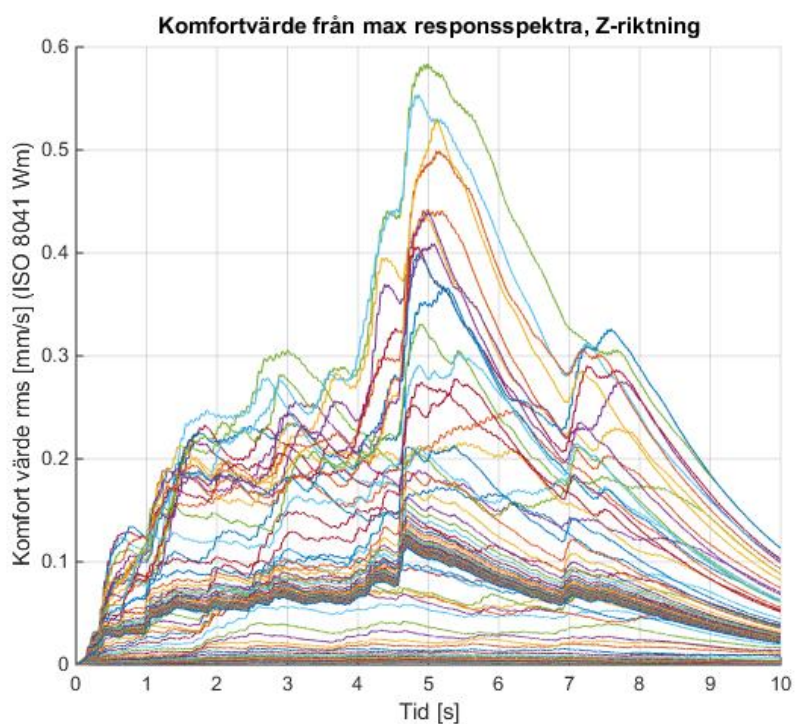
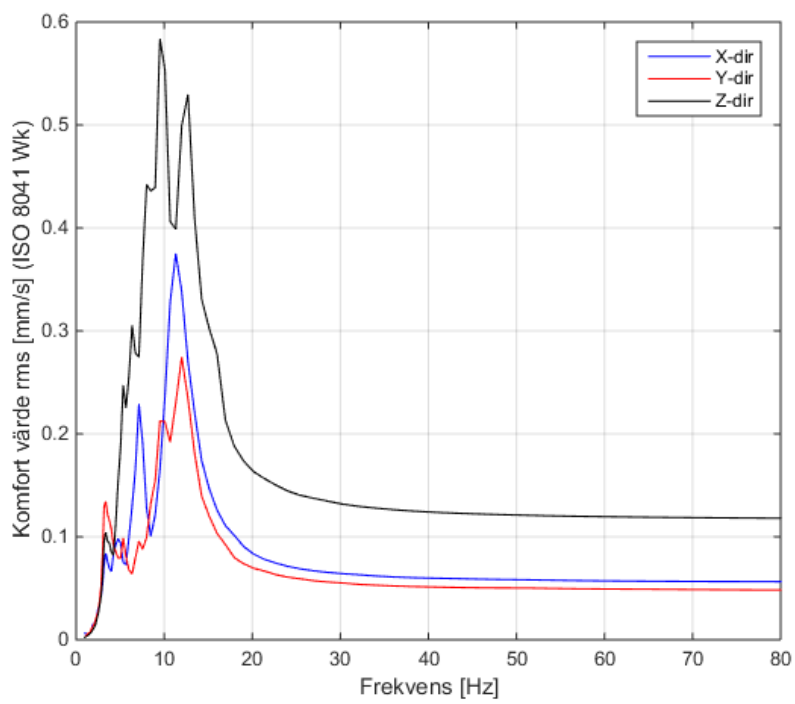
Nedan i **tabell 5.2** redovisas resultaten för de utvalda registreringarna i tabell 5.1. De beräknade vibrationsnivåerna skall ses som ett "worst case", och bedömningar av deras amplituder bör sedan utföras med hänsyn till vibrationskälla, frekvens och risken för att störning sammanfaller med någon byggnadsdel i de planerade byggnaderna inom utredningsområdet.

I tabell 5.2. Maximalt beräknade komfortnivåer från responsspektra för tre utvalda registreringar i MP1 och MP2.

Mätpunkt_datum_kl	Horisontellt, tvärs väg (vägd RMS [mm/s])	Horisontellt, längs väg (vägd RMS [mm/s])	Vertikalt (vägd RMS [mm/s])
MP1_1 180322_163949 (spårtrafik)	0,37 (11 Hz)	0,27 (12 Hz)	0,58 (9,5 Hz)
MP1_2 180323_064406 (spårtrafik)	0,60 (12 Hz)	0,26 (12 Hz)	0,54 (12 Hz)
MP1_3 180323_120108 (spårtrafik)	0,57 (11 Hz)	0,75 (11 Hz)	1,27 (9,5 Hz)
MP2_1 180322_163946 (fordonstrafik)	0,11 (11 Hz)	0,11 (12 Hz)	0,63 (11 Hz)
MP2_2 180323_075528 (fordonstrafik)	0,09 (11 Hz)	0,07 (13 Hz)	0,46 (11 Hz)
MP2_3 180323_120107 (fordonstrafik)	0,14 (9,5 Hz)	0,19 (9,5 Hz)	0,62 (11 Hz)

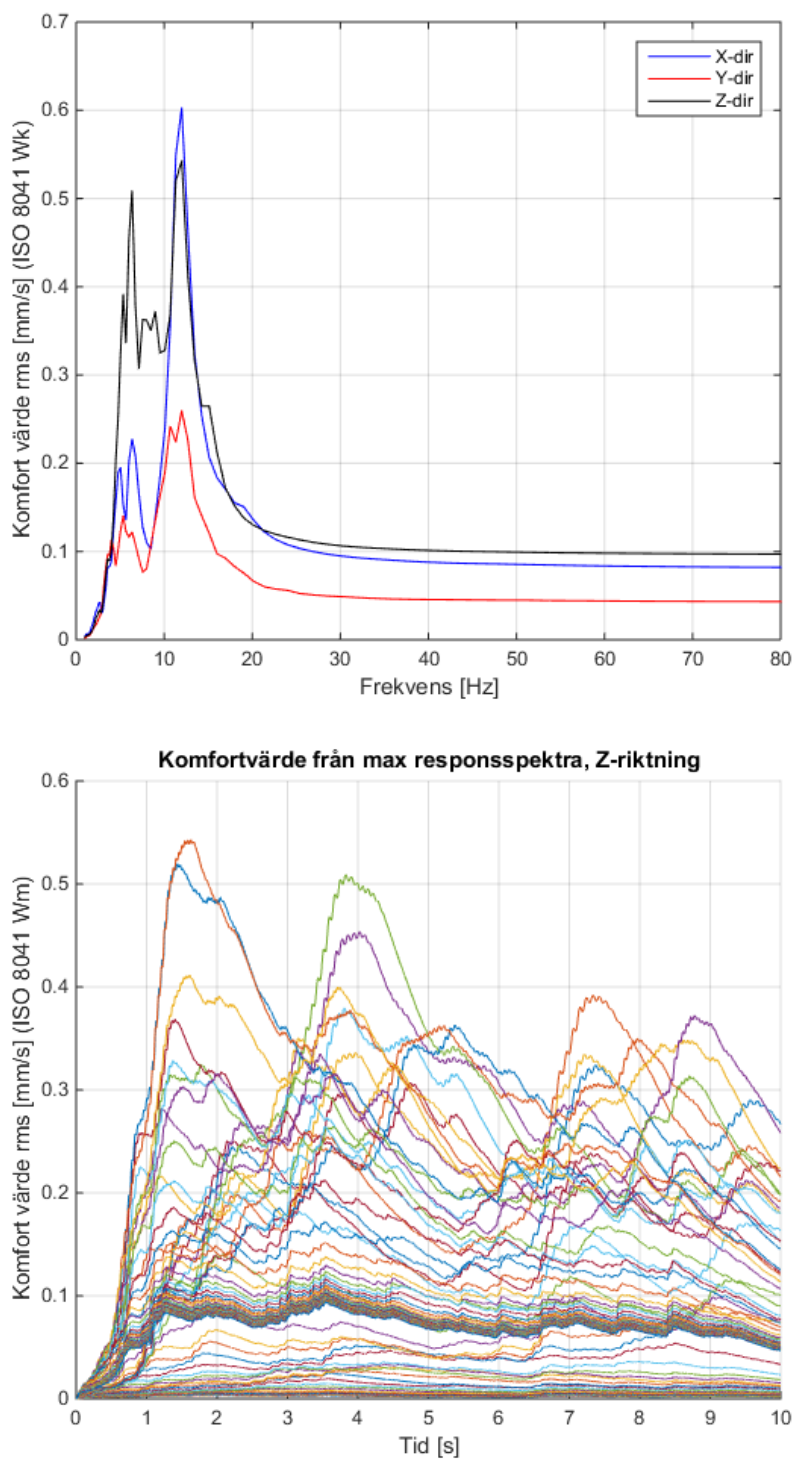


I figur 5.2 – 5.3 presenteras de maximala registreringarna från responspektraberäkningarna i tabell 5.2 för registrering MP1\_1 och erhöles från spårtrafik. Högsta amplituder erhöles i vertikal riktning.



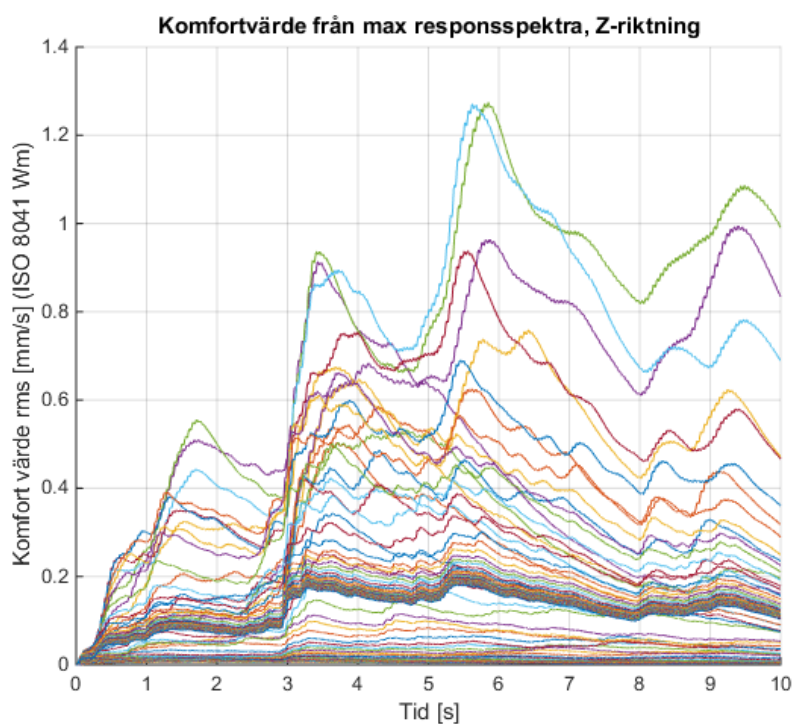
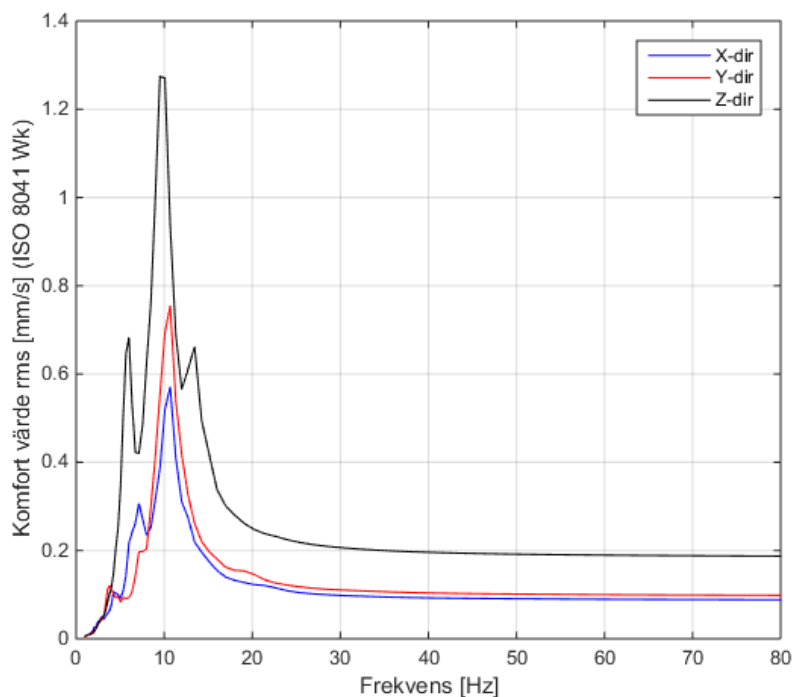
Figur 5.2 och 5.3. Resultat av responspektraberäkningar för MP1\_1 presenteras överst som maximalt komfortvärde för varje frekvens för de olika riktningarna och i tillhörande undre figur som funktion av tid (vertikalt) där varje plottad resultatlinje motsvarar en frekvenslinje.

I figur 5.4 – 5.5 presenteras de maximala registreringarna från responspektraberäkningarna i tabell 5.2 för registrering MP1\_2 och erhöles från spårtrafik. Högsta amplituder erhöles i vertikal riktning.



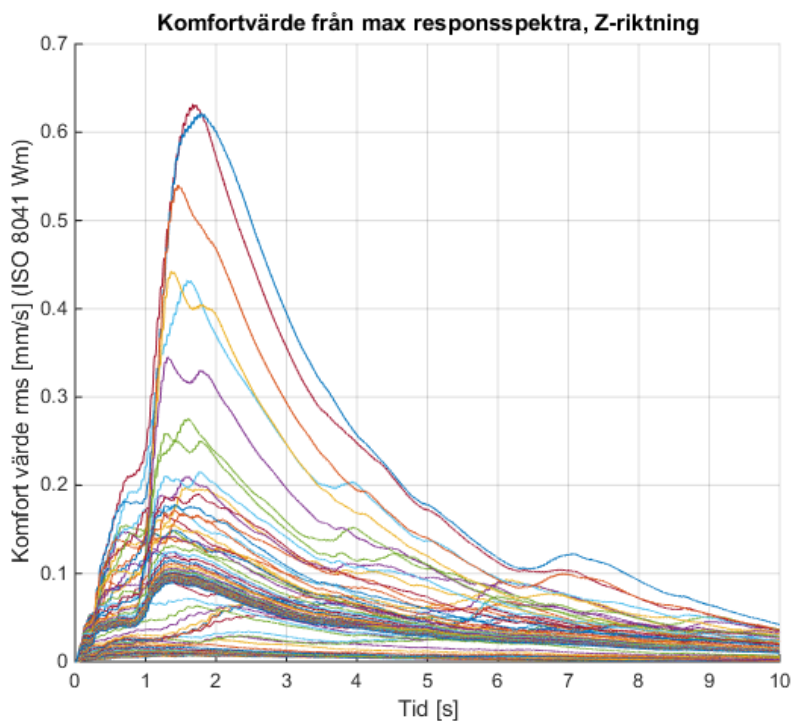
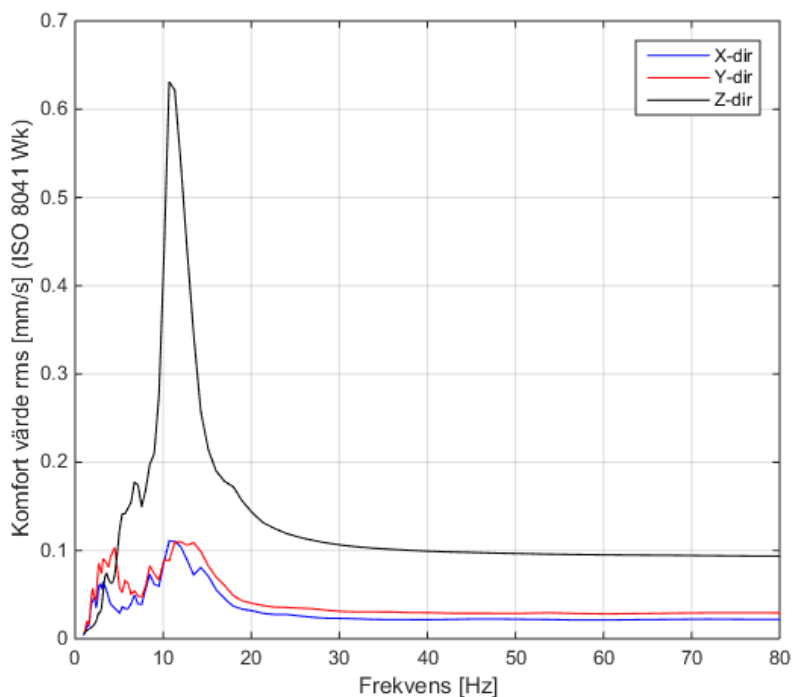
Figur 5.4 och 5.5. Resultat av responspektraberäkningar för MP1\_2 presenteras överst som maximalt komfortvärde för varje frekvens för de olika riktningarna och i tillhörande undre figur som funktion av tid (horisontellt tvärs spår) där varje plottad resultatlinje motsvarar en frekvenslinje.

I figur 5.6 – 5.7 presenteras de maximala registreringarna från responspektraberäkningarna i tabell 5.2 för registrering MP1\_3 och erhöles från spårtrafik. Högsta amplituder erhöles i vertikal riktning.



Figur 5.6 och 5.7. Resultat av responspektraberäkningar för MP1\_3 presenteras överst som maximalt komfortvärde för varje frekvens för de olika riktningarna och i tillhörande undre figur som funktion av tid (horisontellt tvärs spår) där varje plottad resultatlinje motsvarar en frekvenslinje.

I figur 5.8 – 5.9 presenteras de maximala registreringarna från responspektraberäkningarna i tabell 5.2 för registrering MP2\_1 och erhöles sannolikt från fordonstrafik. Högsta amplituder erhöles i vertikal riktning.



Figur 5.8 och 5.9. Resultat av responspektraberäkningar för MP2\_1 presenteras överst som maximalt komfortvärde för varje frekvens för de olika riktningarna och i tillhörande undre figur som funktion av tid (horisontellt tvärs spår) där varje plottad resultatlinje motsvarar en frekvenslinje.

## 5.4 Nordtest metod NT ACOU 082

För uppskattning av vibrationsnivå i vertikal riktning på golv relativt uppmätt vibrationsnivå i vertikal riktning i husgrund finns följande schablonvärden: för uppräkningsfaktorer:

- Envåningshus, eller första våningen i tvåvåningshus, med träbjälklag \*4
- Övre våningen i tvåvåningshus med träbjälklag \*10
- Flervåningshus med betongbjälklag \*2,5

För uppskattning av vibrationsnivå i horisontell riktning på golv/vägg relativt uppmätt vibrationsnivå i vertikal riktning i husgrund finns följande schablonvärden för uppräkningsfaktorer:

- Envåningshus, eller första våningen i tvåvåningshus, med träbjälklag \*1,8
- Övre våningen i tvåvåningshus med träbjälklag \*10
- Flervåningshus med betongbjälklag \*1,1

Bakom dessa schablonvärden döljer sig mätningar med stor spridning i mätresultaten. Starkt påverkande faktorer är hur den aktuella, uppmätta vibrationens frekvensinnehåll "matchar" egenfrekvenser i den aktuella byggnaden. Markvibrationens frekvensinnehåll påverkas av typen av tågtrafik (vikt, hastighet, hjulavstånd, spårkvalitet) samt marktyp. En byggnads egenfrekvenser är beroende av bärande konstruktioners spännvidder, styvhet och vikt.

Maximal vibrationsnivå från spårtrafik i källare har här uppmätts till 0,18 mm/s vägd RMS i vertikal riktning. Schablonvärdena ovan har använts för att beräkna vibrationsnivåer för ett flervåningshus med betongbjälklag, resultaten presenteras i **tabell 5.3**.

Tabell 5.3 Beräknade maximala komfortvärden för byggnad med betongbjälklag baserade på maximalt uppmätta vibrationsnivåer enligt tabell 5.1. Beräkningar utförda enligt Nordtest metod NT ACOU 082.

Registrering	NT ACOU 082 Horisontellt (vägd RMS [mm/s])	NT ACOU 082 Vertikalt (vägd RMS [mm/s])
MP1_1 180322_163949 (spårtrafik)	0,10	0,30
MP1_2 180323_064406 (spårtrafik)	0,13	0,23
MP1_3 180323_120108 (spårtrafik)	0,10	0,45
MP2_1 180322_163946 (fordonstrafik)	0,20	0,23
MP2_2 180323_075528 (fordonstrafik)	0,10	0,18
MP2_3 180323_120107 (fordonstrafik)	0,08	0,27

## 5.5 Sammanställning av resultat

För det maximalt registrerade mätresultatet har sedan de med högst amplitud från de båda utvärderingsmetoderna valts ut och sammanställts i **tabell 5.4**.

Tabell 5.4 Sammanställda resultat från utvärderingar.

Registrering	Responspektra Horisontellt vägd RMS [mm/s]	Responspektra Vertikalt vägd RMS [mm/s]	NT ACOU 082 Horisontellt vägd RMS [mm/s] betongbjälklag	NT ACOU 082 Vertikalt vägd RMS [mm/s] betongbjälklag
MP1_1	0,38	0,58	0,10	0,30
MP1_2	0,60	0,54	0,13	0,23
MP1_3	0,75	1,27	0,10	0,45
MP2_1	0,11	0,63	0,20	0,23
MP2_2	0,09	0,46	0,10	0,18
MP2_3	0,19	0,62	0,08	0,27

För vertikal riktning är det egenfrekvenser i bjälklag som är av intresse och för horisontell riktning är det egenfrekvenser i grund och byggnad som är av intresse.

## 6 Kommentarer till resultat

Uppmätta vibrationsnivåer på grund är relativt låga och maximalt uppmättes 0,18 mm/s vägd RMS för mätpunkt 1 i vertikal riktning. Uppmätta nivåer på grund ligger under den nivå som enligt ISO 2631-1 betecknar människors känseltröskel.

För mätpunkt 1 är det sannolikt spårtrafik som är källan till de uppmätta registreringarna och responsspektraberäkningar visar att maximalt skulle en komfortnivå på 1,3 mm/s vägd RMS kunna genereras. Amplituder enligt denna maximalt registrerade nivå uppstod endast en gång under mätningens 7 dygn och för övriga registreringar genererade responsspektraberäkningarna maximalt cirka 0,6 mm/s vägd RMS (horisontell och vertikal riktning).

För mätpunkt 2 uppmättes maximalt 0,11 mm/s vägd RMS i vertikal riktning och uppstod sannolikt från passerande tunga fordon. Uppmätta nivåer på grund ligger under den nivå som enligt ISO 2631-1 betecknar människors känseltröskel.

Responsspektraberäkningarna visar att i "värsta fall" skulle uppmätta registreringar kunna generera cirka 0,6 mm/s vägd RMS i vertikal riktning för mätpunkt 2.

Med undantag för den maximala registreringen i mätpunkt 1 (en på 7 dygn) visar resultaten från responsspektraberäkningarna att vibrationsnivåer skulle kunna hamna inom det område som betecknar "måttlig störning" enligt dokumentet SS 460 48 61.

### Horisontell riktning

För horisontell riktning kan egenfrekvens i grund och byggnad som är av intresse och kan beräknas överslagsmässigt enligt  $f=46/H$ , där H är höjden på byggnad. För ett 6-våningshus med 18 meters höjd medför det en egenfrekvens på cirka 2,5 Hz. Däremot kan andra ordningens egenmod sammanfalla med störfrekvens vilket kan innebära en risk för komfortstörningar och bör kontrolleras under projektering. Vibrationer i horisontell riktning uppmättes endast i byggnad längs spårväg och för övriga byggnader föreligger därmed mycket liten risk för komfortstörningar i horisontell riktning.

*Liten risk för vibrationsstörningar i horisontell riktning föreligger för byggnad längs spårvägen.*

### Vertikal riktning

För vertikal riktning är det egenfrekvens i bjälklag som är av intresse och vanligtvis dimensioneras bjälklag för att den statiska utböjningen av egenvikt (d) inte ska överstiga  $L/400$ , där L=spännvidden i meter. För överslag finns sambandet mellan bjälklagets lägsta egenfrekvens, och den statiska utböjningen av dess egenvikt:  $f_1=0,5*d^{-0,5}$ . Med  $d < L/400$  erhålls då  $f_1 > 10*L^{-0,5}$ . Normalt ligger egenfrekvens för bjälklag mellan 5 – 10 Hz.

Maximalt beräknade responsspektra ligger inom 9-12 Hz för båda mätpunkter och kräver styva bjälklag för att minimera risk för störningar.

*Risken för vibrationsstörningar i vertikal riktning föreligger för planerade byggnader inom området.*

Förslag på åtgärder:

- Pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud.
- Styva bjälklag med hög egenfrekvens (>12 Hz)
- Underhåll av ojämnheter i vägbana (enligt uppmätta nivåer från fordonstrafik i mätpunkt 2)

Genom att ta hänsyn till ovan nämnda risker är det enligt vår bedömning möjligt att bebygga bostäder på fastigheten med uppfyllnad av riktvärdet för vibrationer max 0,4 mm/s vägd RMS.