

Stena Bygg AB

Vibrationsutredning Fågelsten 1:108

Vibrationsutredning

Uppdragsnr: 108 22 13 Version: 1 Datum: 2022-05-09



Uppdragsgivare: Stena Bygg AB
Uppdragsgivarens kontaktperson: Anna Canestedt
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Andreas Sigfridsson

1	2022-05-09	Vibrationsutredning	Andreas Sigfridsson	Marcus Andersson	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 ny detaljplan, Fågelsten 1:108, har Norconsult AB, Team Akustik, fått i uppdrag att utreda risken för komfortstörande markvibrationer inom planområdet.

Vibrationsmätningar har utförts i två mätpunkter inom planområdet och utfördes under 7 dygn från 2022-03-22 till 2022-03-29 och resultaten visar på relativt låga komfortnivåer i mark. Maximalt uppmättes i mark 0,23 mm/s vägd RMS i vertikal riktning för mätpunkt 1. De uppmätta komfortnivåerna överskrider ej gränsen 0,4 mm/s vägd RMS, vilket betecknar gränsen för "Måttlig störning" enligt svensk standard.

För ett flerplanshus skulle egenfrekvenser i byggnaden kunna ge upphov till högre komfortvärden om egenfrekvens och den exciterande markvibrationens frekvens sammanfaller. Vid beräkning av responspektra på uppmätta vibrationsdata med en antagen förstärkningsfaktor på $Q=10$ (normal förstärkningsfaktor vid låga frekvenser), visar resultaten för vertikal riktning att risk för komfortstörningar inom planområdets nordvästra del (MP 1) föreligger.

I samtliga responspektraberäkningar har en faktor 0,8 använts för övergång från mark till byggnad. Denna faktor är svår att med säkerhet fastställa beroende på olika byggnaders grundläggning och tyngd. Exempelvis kan en lättare byggnad i trä med grundläggning genom platta på mark medföra en högre övergångsfaktor än en tyngre byggnad i betong med t ex källare eller pålad grundläggning.

Risk för störning beräknas uppstå inom frekvensområdet 6–13 Hz, men dessa är mer kortvariga och ett utrymme inom byggnaden kan endast matcha vid en frekvens. Vilket medför att flest registreringar medför risk vid egenfrekvenser i bjälklag på 6–7 Hz men högst respons beräknades vid cirka 10 Hz.

Erfarenhetsmässigt har mätningar visat att för markvibrationer från fordonstrafik till stora tunga byggnader är övergångsfaktor från mark till byggnad betydligt lägre, vilket schablonmässigt skulle kunna medföra en halvering av redovisade resultat från responspektraberäkningar inom detta frekvensområde. Genom att bygga tunga källargrund alternativ pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud kan övergångsfaktorn reduceras ytterligare.

Möjliga principiella åtgärder för att minimera risk för komfortstörningar:

- Pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud.
- Bjälklagskonstruktioner dimensioneras med egenfrekvens > 12 Hz.
- Byggnad uppförs med tung stomme.
- Bygga tung källargrund

Genom dimensionering av nybyggnader enligt en eller flera av dessa principer, är det enligt vår bedömning realistiskt att bebygga bostäder inom planområdet med avseende på gällande riktvärden.

Risk för komfortstörningar för de planerade byggnaderna närmast Spårhagavägen inom planområdet föreligger men anses som liten om ovan nämnda risker beaktas.

Innehåll

1	Uppdrag och bakgrund	5
2	Riktvärden	5
2.1	Komfortvibrationer	5
2.1.1	<i>Svensk standard</i>	5
2.1.2	<i>Trafikverkets riktlinjer</i>	5
3	Förutsättningar	6
3.1	Underlag	6
3.2	Utredningsområde	6
3.3	Strukturplan	7
3.4	Geoteknik	8
4	Genomförande och metodik	9
5	Resultat - Komfortvibrationer	10
5.1	Mätningar	10
5.2	Överföring av vibrationer från mark till byggnad	11
5.3	Avståndskorrigerering	11
5.4	Responsspektraberäkningar	11
5.5	Nordtest metod NT ACOU 082	13
5.6	Sammanställning av resultat	14
6	Kommentarer till resultat	15
6.1	Vertikal riktning	15
6.2	Horisontell riktning	15
6.3	Riskområde	15
6.4	Principiella åtgärder	16

Bilaga 1 - Mät rapport_Möln dal Fågelsten 1.108_2022-04-22.pdf

1 Uppdrag och bakgrund

Inför ny detaljplan, Fågelsten 1:108, har Norconsult AB, Team Akustik, fått i uppdrag att utreda risk för komfortstörande markvibrationer inom planområdet.

Mätresultaten analyseras och förväntade vibrationsnivåer beräknas för planerade byggnader och utmynnar i en riskanalys för planområdet.

2 Riktvärden

2.1 Komfortvibrationer

2.1.1 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 vibrationshastigheten avtar för frekvenser under 8 Hz. Denna frekvensvägda vibrationshastighet 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 känslighetsgränslinje 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. Riktvärdena bör tillämpas mer strikt för bostäder nattetid.

2.1.2 Trafikverkets riktlinjer

Trafikverkets riktlinjer (TDOK 2014:1021) för bl a vibrationer från trafik på väg och järnväg, 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.

3 Förutsättningar

3.1 Underlag

- PM Geoteknik/Markmiljö, 2022-02-09. (Dokument nr: 924-PM-01, AWER Geoteknik)
- Skiss Sitplan (Rstudio for architecture, 2021-12-23)

3.2 Utredningsområde

Aktuellt planområde presenteras i figur 3.1.



Figur 3.1. Aktuellt planområde för vibrationsutredning (Källa: Lantmäteriet).

3.3 Strukturplan

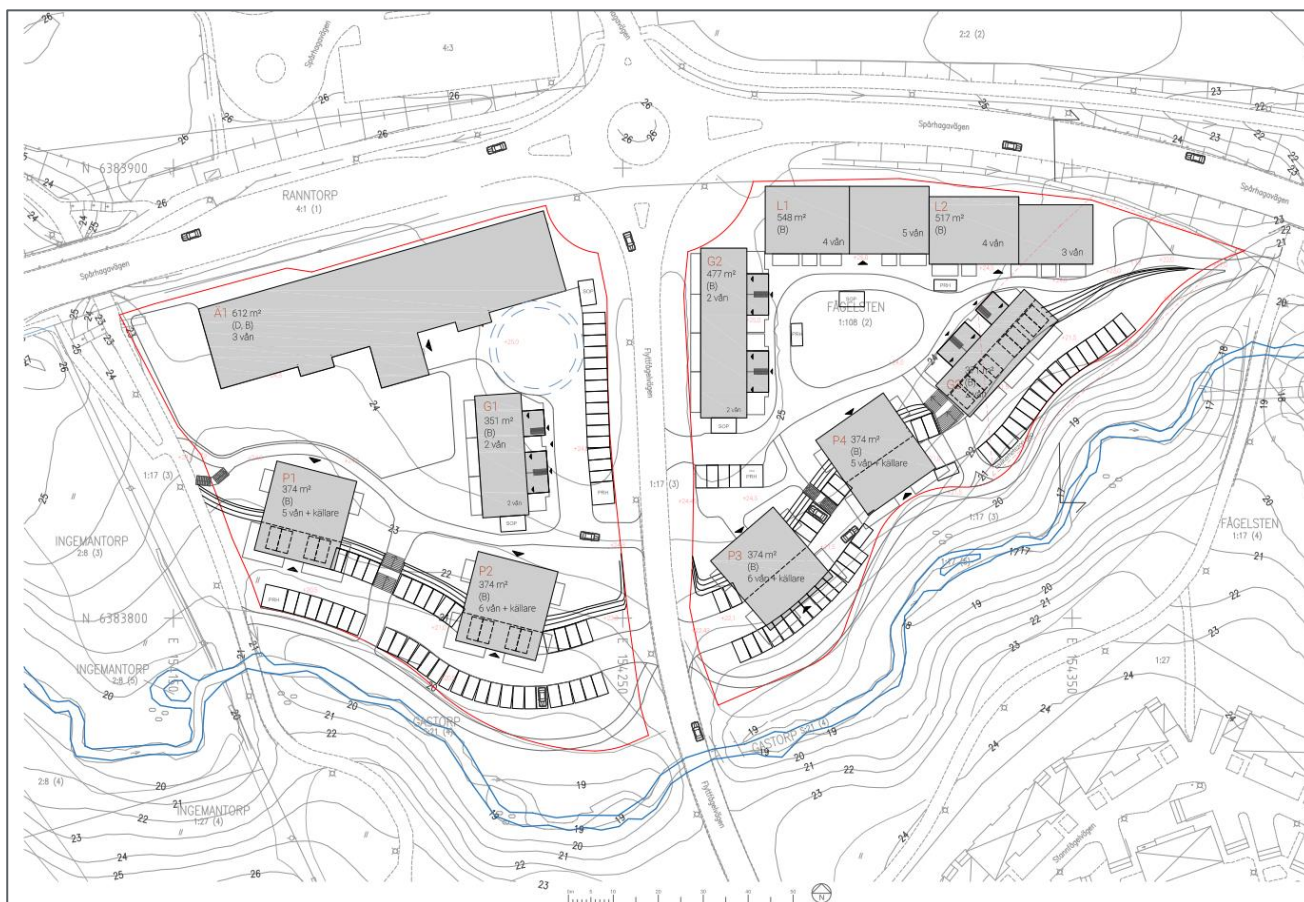
Strukturplan för aktuellt planområde 2021-12-23 presenteras i **figur 3.2** och nedan följer en förteckning av respektive byggnads planerat ändamål.

Ä1: Äldreboende

P1-4: Bostadshus. Punkthus, 5 eller 6 våningar.

G1-3: Bostadshus. Låga hus i två våningar, lägenhet uppe och nere så inte radhus.

L1 och 2: Bostadshus.



Figur 3.2. Skiss Sitplan.

3.4 Geoteknik

Området består enligt SGU av postglacial finlera med jorddjup på 3–5 meter, dock ökar det till 5-10 meter i nordvästra delen av området mot Spårhagavägen.

Från den geotekniska utredningen kan följande utläsas om de geotekniska förhållandena:

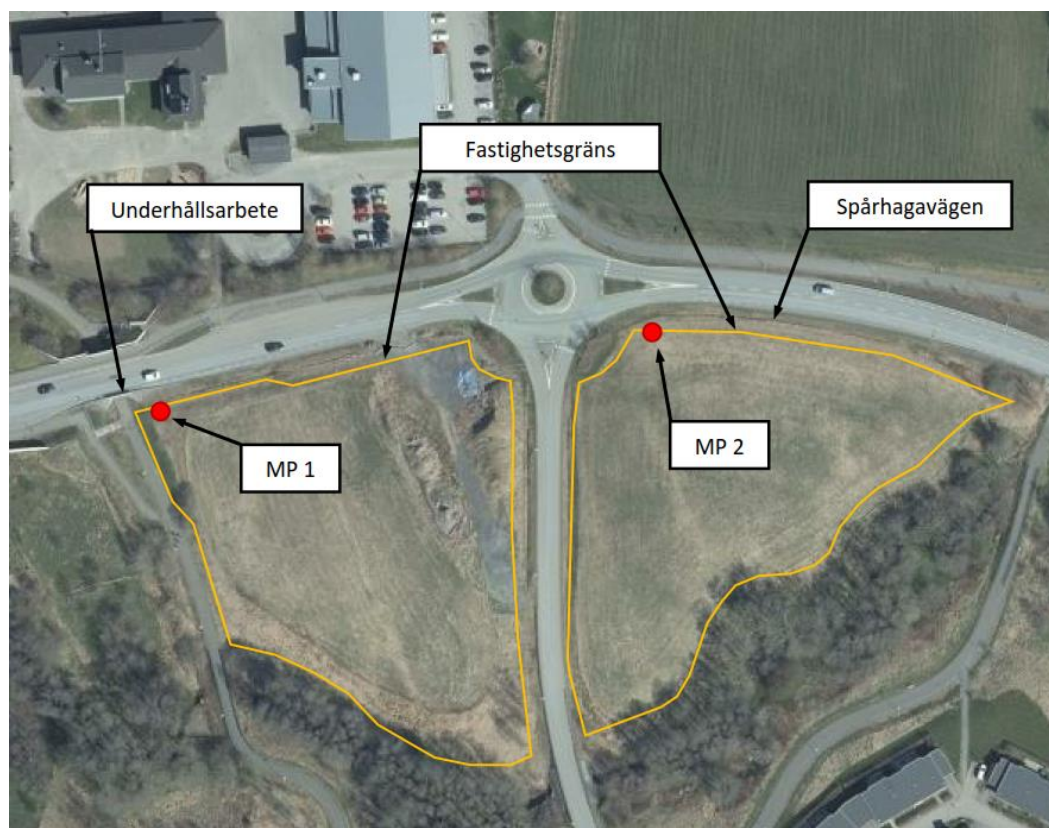
Marken består av ett topplager av torrskorpelera, lokalt med inslag av silt och/eller sand ned till mellan 2 – 3 m under markytan. Under torrskorpan är det registrerat siltig lera i mycket varierande mäktighet över området. I den östra delen av området är detta lerlager registrerat till mellan 7–10 m djup under markytan. I väst är lerlagret registrerat i tunna skikt på mellan 1–2 m närmast Råsjöbäcken. Norrut på området mot Spårhagavägen visar sonderingar på lermäktigheter större än 10 m under markytan. Siltig lera i prover upptagna vid bäcken i det östra området uppvisar en medel sensitivitet och en hållfasthet generellt mellan 20–30 kPa.

Den siltiga leran underlagras av en antaget något blockig morän eller sand. Stora block har påträffats i Råsjöbäckens dalgång. Det finns risk för falska bergstopp på grund av att jorden visar lokal blockighet. Bergytan är påvisad i en punkt vid Spårhagavägen med inborring 3 m i berg och i en punkt nere vid bäcken med 1 m inborring i berg. Generellt följer bergytan terrängen i djup om mellan 5 och 10 m, men varierar lokalt till större djup än detta.

För tekniska egenskaper av jordmaterialet hänvisas det till 654-MUR-01.

4 Genomförande och metodik

Mätningen utfördes i 3 riktningar för de båda mätpunkterna som presenteras i **figur 4.1** (MP 1 och MP 2), tvärs-, vertikalt och i längsgående riktningar sett till Spårhagavägen. Mätpunkter är utvalda med avseende på risk för komfortstörande vibrationer. Mätssystemet har mätt kontinuerligt med sparad tidsdata per 15 sekunder för händelser med vibrationsnivå över viss triggernivå. Mätningen ägde rum under 7 dygn från 2022-03-22 till 2022-03-29, se bilaga 1 för mer information.



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

MP1, placerades på ett avstånd från mätpunkt till Spårhagavägen ca 7 m.

MP2, placerades på ett avstånd från mätpunkt till Spårhagavägen ca 9 m.

Från mätresultaten väljs sedan de registreringar i de olika mätpunkterna som har högst amplitud, de jämförs sedan med ovan redovisade riktvärden

För nya byggnader inom området kommer vibrationsnivåerna att vara starkt beroende av den nya byggnadens egenskaper. För att bedöma vibrationsrisk väljs den högsta uppmätta registreringen från trafik ut och därefter beräknas en maximalt förväntad vibrationsnivå. Detta utförs genom två metoder, dels med beräkningar av responspektra 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.

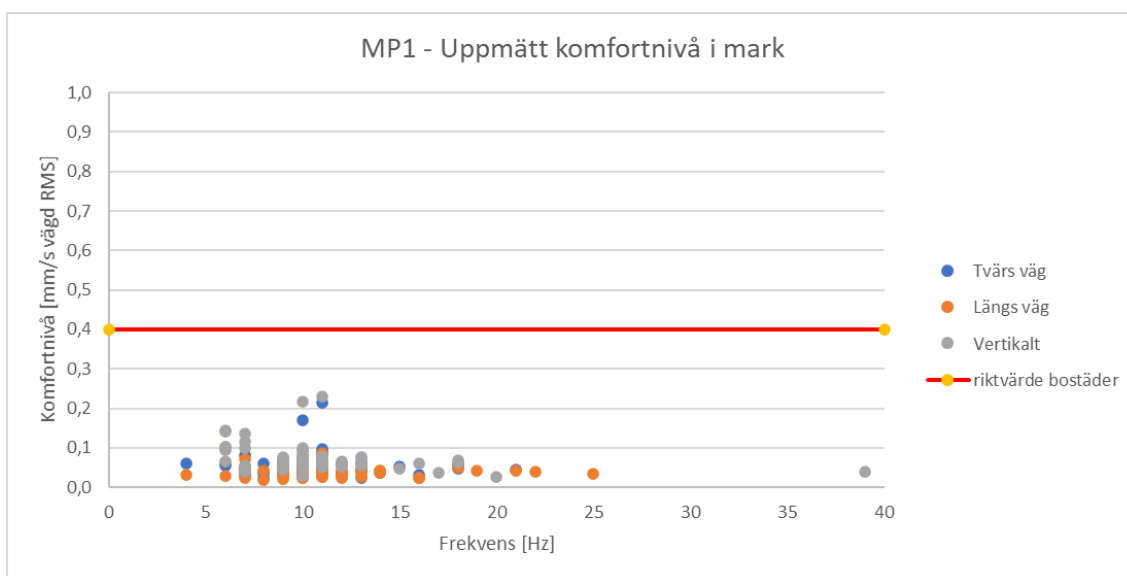
Analys har utförts i Matlab med hjälp av Abravibe samt egna skript.

5 Resultat - Komfortvibrationer

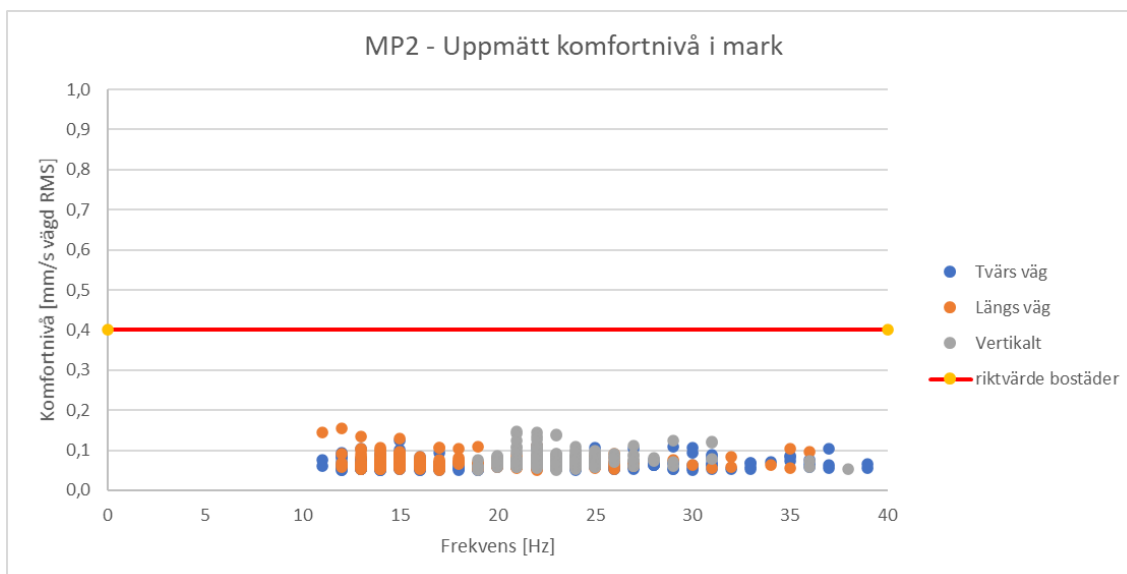
5.1 Mätningar

Från mätresultaten i bilaga 1 erhålls att den högsta uppmätta komfortnivån uppstår i MP1.

I **figur 5.1 - 5.2** presenteras uppmätta komfortnivåer i mark för respektive mätpunkt. Resultaten redovisas mot dominant frekvenskomponent (acceleration) för respektive registrering och har begränsats upp till 40 Hz för MP1 – MP2.



Figur 5.1. Uppmätta komfortnivåer i mark för mätpunkt 1.



Figur 5.2. Uppmätta komfortnivåer i mark för mätpunkt 2.

5.2 Överföring av vibrationer från mark till byggnad

På sockeln av en byggnad är vibrationerna lägre än vad de skulle ha varit i marken i samma läge utan byggnad. Med källargrund är husgrundens motstånd mot vibrationer större än för grund utan källare. Det finns i den allmänt använda Nordtest metod NT ACOU 082 schablonvärden för att uppskatta vibration i husgrund relativt vibration i mark utan husgrund:

- Husgrund utan källare, vibration i vertikal riktning 0,8
- Husgrund med källare, vibration i vertikal riktning 0,4

I denna utredning används **faktorn 0,8** för övergång från mark till grund på byggnad. Denna faktor är starkt beroende av byggnadens grundläggning, tyngd etc.

För fordonstrafik (kan också ses som mer av en punktexcitering) och stora tunga byggnader har betydligt lägre övergångsfaktor från mark till byggnad uppmätta i andra uppdrag och ofta omkring 0,2 – 0,4 beroende på grundläggning etc. Dessa störningar inträffar ofta runt 8-10 Hz och är mer kortvariga, ca 2-4 sekunder.

5.3 Avståndskorrigerig

Placering av mätpunkt 1 i förhållande till Spårhagavägen är cirka 7 meter. För denna typ av vibrationsstörning är det normalt ytvågen (R-våg) som är dominerande och dess amplitud avtar vid avståndsdubbling med:

- $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,71$

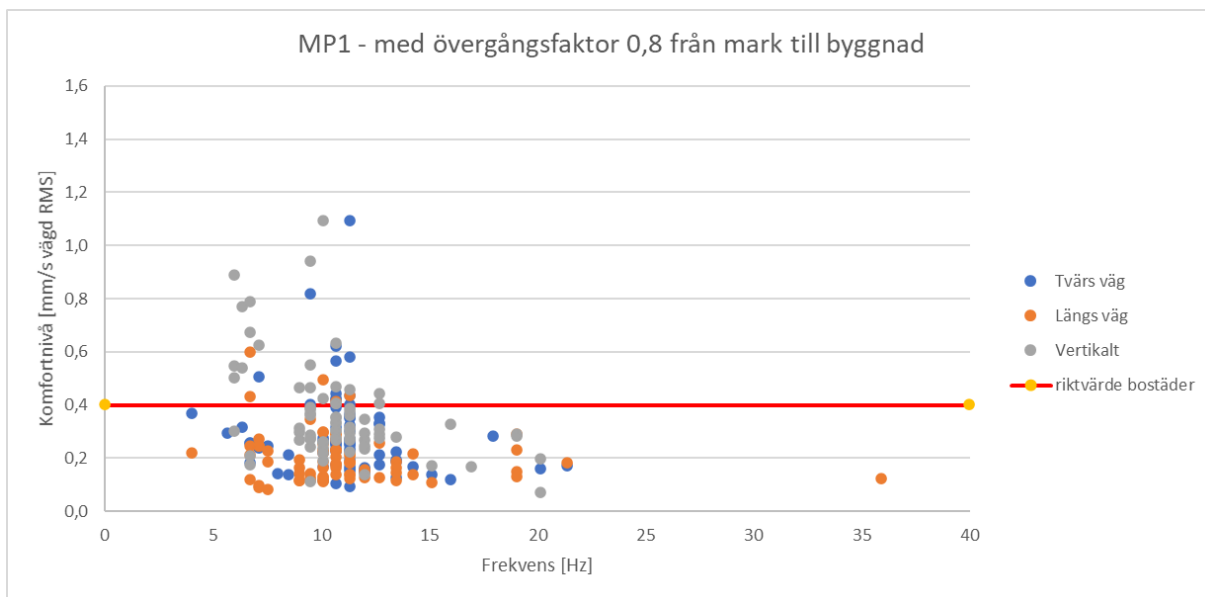
Vilket skulle medföra vid 8 gånger större avstånd, dvs cirka 56 meter skulle korrekturen uppgå till cirka 0,35.

5.4 Responsspektraberäkningar

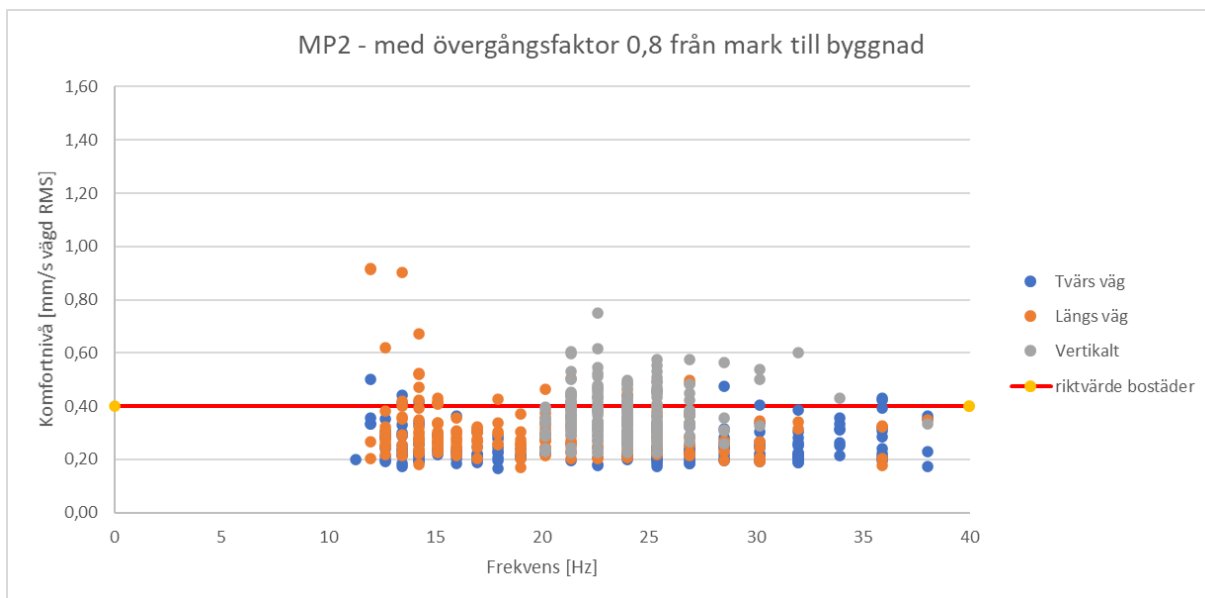
För ett flerplanshus skulle egenfrekvenser i byggnaden kunna ge upphov till högre komfortvärden om egenfrekvens och den exciterande markvibrationens frekvens sammanfaller. Vid beräkning av responsspektra på uppmätta vibrationsdata med en antagen förstärkningsfaktor på $Q=10$ (normal förstärkningsfaktor vid låga frekvenser), skulle ett komfortvärde på **1,1 mm/s vägd RMS** kunna erhållas i ett "värsta fall" för MP1 då egenfrekvenser i byggnad sammanfaller med markvibrationens frekvens (vertikalt). Resultaten är korrigerade med en faktor 0,8 för övergång från mark till byggnad. 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.

För samtliga registreringar i mark över tröskelnivå har responsspektra beräknats och maximal komfortnivå (som inträffar vid viss frekvens) från dessa beräkningar presenteras nedan i **figur 5.3 – 5.4** för de olika mätpunkterna. Data har filtrerats för 1 - 40 Hz då syfte med denna analysmetod är att utreda risker vid de lägsta egenfrekvenserna för byggnadskomponenter.

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.



Figur 5.3 Högsta komfortnivå från responsspektraberäkningar ($Q=10$) och vid vilken frekvens den uppträder för registreringar där tröskelvärdet i mark överskridits, mätpunkt 1. Resultat vid högre frekvenser än 40 Hz har filterats bort.



Figur 5.4 Högsta komfortnivå från responsspektraberäkningar ($Q=10$) och vid vilken frekvens den uppträder för registreringar där tröskelvärdet i mark överskridits, mätpunkt 2. Resultat vid högre frekvenser än 40 Hz har filterats bort.

5.5 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 trafik (vikt, hastighet, hjulavstånd, spårkvalitet) samt marktyp. En byggnads egenfrekvenser är beroende av bärande konstruktioners spännvidder, styvhet och vikt.

Maximalt uppmätta vibrationsnivåer i mark för respektive mätpunkt (vertikal riktning) har använts som ingångsdata. För övergång från mark till byggnad har en faktor 0,8 används. Schablonvärdena ovan har sedan använts för att beräkna vibrationsnivåer för ett flervåningshus med betong- respektive träbjälklag, resultaten presenteras i **tabell 5.1**.

Tabell 5.1 Beräknade maximala komfortvärden för byggnad med betong- respektive träbjälklag baserade på maximalt uppmätta vibrationsnivåer i vertikal riktning enligt tabell 5.2. Beräkningar utförda enligt Nordtest metod NT ACOU 082.

Registrering	NT ACOU 082 Horisontellt (vägd RMS [mm/s]) Betong / Trä	NT ACOU 082 Vertikalt (vägd RMS [mm/s]) Betong / Trä
MP1	0,20 / 1,8	0,46 / 1,8
MP2	0,13 / 1,2	0,30 / 1,2

5.6 Sammanställning av resultat

För det maximalt registrerade mätresultatet har sedan de med högst amplitud från de båda utvärderingsmetoderna valts ut och sammanställts i **tabell 5.2** och **tabell 5.3**, för vertikal respektive horisontell riktning. Enstaka avvikande registreringar för MP2 och MP3 har redigerats bort. Båda metoderna har använt en faktor 0,8 för övergång från mark till byggnad, vilket enligt Nordtest metod NT ACOU 082 motsvarar husgrund utan källare. Dvs beroende på grundläggning kan denna övergång från mark till byggnad möjligen reduceras ytterligare, framför allt med avseende på fordonstrafik.

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.

Tabell 5.2 Sammanställda resultat med högsta nivåer i vertikal riktning från uppmätt komfortnivå i mark och utvärderingar med de båda responsmetoderna är korrigerade med avseende på övergång från mark till byggnad.

Mätpunkt	Komfortnivå i mark Vertikalt vägd RMS [mm/s]	Responspektra Vertikalt vägd RMS [mm/s]	NT ACOU 082 Vertikalt vägd RMS [mm/s] (Betong / Trä)
MP1	0,23 (11 Hz)	1,1 (10 Hz)	0,46 / 1,8
MP2	0,15 (21 Hz)	0,75 (22 Hz)	0,30 / 1,2

Tabell 5.3 Sammanställda resultat med högsta nivåer i horisontell riktning från uppmätt komfortnivå i mark och utvärderingar med de båda responsmetoderna är korrigerade med avseende på övergång från mark till byggnad.

Mätpunkt	Komfortnivå i mark Horisontellt vägd RMS [mm/s]	Responspektra Horisontellt vägd RMS [mm/s]	NT ACOU 082 Horisontellt vägd RMS [mm/s] (Betong / Trä)
MP1	0,22 (11 Hz)	1,1 (11 Hz)	0,20 / 1,8
MP2	0,15 (12 Hz)	0,92 (12 Hz)	0,13 / 1,2

6 Kommentarer till resultat

I samtliga responspektraberäkningar har en faktor 0,8 använts för övergång från mark till byggnad. Denna faktor är svår att med säkerhet fastställa beroende på olika byggnaders grundläggning och tyngd.

6.1 Vertikal riktning

Uppmätta nivåer är generellt låga i mark och komfortnivåer i mark överskrider ej gränsen 0,4 mm/s vägd RMS, vilket betecknar gränsen för "Måttlig störning" enligt svensk standard. Maximalt uppgick komfortnivåer i mark för vertikal riktning till 0,23 respektive 0,15 mm/s vägd RMS för MP1 respektive MP2.

Beräkningar av responspektra ($Q=10$) och "värsta fall" visar att maximalt skulle komfortnivåer kunna uppgå till **1,1 mm/s vägd RMS** för mät punkt 1. De maximala vibrationsnivåerna uppstår inom frekvensområdet 6-13 Hz och för vertikal riktning är det egenfrekvens i bjälklag som är av intresse. Normalt ligger egenfrekvens för bjälklag inom frekvensområdet 5 – 10 Hz.

Över cirka 20 Hz (vilket är fallet för de maximala registreringarna i mät punkt 2) är beräkningar av responspektra med $Q=10$ mer osäkert, erfarenhetsmässigt och egna studier med FE-beräkningar visar att normalt erhålls inte denna förstärkning högre upp i frekvensområdet utan framför allt är det upp till cirka 15-20 Hz som denna analys är aktuell.

Risk för vibrationsstörningar bedöms därmed föreligga i området kring mät punkt 1, men kräver då någon typ av förstärkning av de planerade byggnader för respektive frekvensområde. Risken avser framför allt ett flervåningshus grundlagd genom platta på mark och av lättare stomme med träbjälklag. För en större tyngre byggnad i betong kan beräknade nivåer komma att reduceras. Grundläggning med källare eller pålning till lager med lägre vibrationshastighet medför ytterligare förbättrad situation.

6.2 Horisontell riktning

För horisontell riktning uppgår responspektraberäkningar till cirka 1,1 mm/s vägd RMS vid 11 Hz respektive 0,92 mm/s vägd RMS vid 12 Hz för de båda mätpunkterna. Överslagsmässigt kan egenfrekvens i horisontell riktning för byggnad beräknas genom $48/H$ där H motsvarar byggnadshöjd i meter.

För en 3-våningsbyggnad på cirka 9-10 meter skulle medföra en egenfrekvens på cirka 5 Hz. Resultaten från responspektraberäkningarna visar på att risk föreligger över 10 Hz. Erfarenhetsmässigt är det normalt vertikal riktning som medför klagomål eller störningar från tung trafik.

Vår bedömning är att det är mycket låg risk för vibrationsstörningar i horisontell riktning.

6.3 Riskområde

Baserat på resultat från responspektraberäkningar och avståndskorrigerad utifrån att "värsta fallet" vid 1,1 mm/s vägd RMS ska efterleva riktvärdet 0,4 mm/s vägd RMS krävs att avståndet ökas med en faktor 8. Detta medför ett teoretiskt riskområde enligt markering i **figur 6.1** med förutsättning att vibrationsalstring sker i närheten av viadukt.

Det är möjligt att en motsvarande risk från östra sidan och viadukt i den delen som man bör beakta likvärdigt. Enligt SGU är det dock mindre djup till berg i detta område men osäkert och vi kan här är enligt SGU jordjupen också lägre.



Figur 6.1. Riskområde med förutsättning att vibrationsalstring sker i närheten av mätpunkt 1 och uppmätta vibrationsnivåer i denna mätpunkt.

6.4 Principiella åtgärder

Genom att beakta en eller flera av dessa alternativ för åtgärder bedöms det möjligt att bebygga området även i närheten av MP 1. Främst är det av vikt att inte egenfrekvenser i bjälklag medför en förstärkt respons från tung trafik längs Spårhagavägen.

- Pålning för "låsning" av grunden i lager med lägre vibrationsamplitud.
- Bjälklagskonstruktioner dimensioneras med egenfrekvens > 12 Hz.
- Byggnad uppförs med tung stomme.
- Bygga tung källargrund