

Göteborgs Stad

# Pumpgatan

Vibrationsutredning



Uppdragsnr: 105 17 14 Version: 2  
2017-12-07

**Uppdragsgivare:** Göteborgs Stad  
**Uppdragsgivarens kontaktperson:** Gunnel Jonsson  
**Konsult:** Norconsult AB, Team Akustikon  
**Uppdragsledare:** Andreas Sigfridsson

2	2017-12-07	Uppdatering av sammanfattning	Andreas Sigfridsson	Gunnar Widén	Andreas Sigfridsson
1	2017-11-30	Vibrationsutredning	Andreas Sigfridsson	Gunnar Widén	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 samråd och planering av byggnationer för skola och verksamheter vid Pumpgatan inom stadsdelen Lundbyvassen i Göteborg utförs vibrationsutredning för att bedöma risken för komfortstörningar med avseende på järnvägstrafik på Hamnbanan och Lundbyleden.

Vibrationsmätningarna har utförts i en mätpunkt (3 riktningar) för planerade byggnader närmast Lindholmsallén och resultaten från mätningarna visar att relativt höga vibrationsnivåer erhålls i mark från framför allt fordonstrafik på Lindholmsallén. Maximalt uppmätt komfortnivå i mark uppgick till 0,73 mm/s vägd RMS.

För ett flerplanshus skulle egenfrekvenser i byggnaden kunna ge upphov till högre komfortvärden om egenfrekvens och den exciterande markvibrationens frekvens sammanfaller. Responsspektraberäkningar för när detta inträffar visar på ett värsta fall och resultaten visar följande resultat med avseende på de olika trafiklederna.

### **Lundbyleden**

De högsta uppmätta vibrationsnivåerna uppstår till största del från fordonstrafik men med det relativt stora avståndet till Lundbyleden bedöms inte Lundbyleden vara den orsakande storkällan.

**Risken för komfortstörningar för de planerade byggnaderna från Lundbyleden bedöms som mycket liten.**

### **Hamnbanan**

Relativt låga vibrationsnivåer uppmättes som kunde relateras till tågtrafik på Hamnbanan. Maximal registrering uppmättes till 0,13 mm/s vägd RMS i vertikal riktning. Responsspektra beräkningarna visar att i värsta fall skulle denna vibrationsnivå kunna generera 0,68 mm/s vägd RMS i planerad byggnad.

För att minimera denna risk bör bjälklagens egenfrekvens dimensioneras till över 7,5 Hz.

**Risken för komfortstörningar för de planerade byggnaderna från Hamnbanan bedöms som liten.**

### **Lindholmsallén**

Den maximalt uppmätta registreringen genererade ett komfortvärde på 0,73 mm/s vägd RMS i mark. Responsspektra beräkningarna visar att i värsta fall skulle denna vibrationsnivå kunna generera **2,5 mm/s vägd RMS** i planerad byggnad.

För att minimera denna risk bör bjälklagens egenfrekvens dimensioneras till över 12 Hz, detta kan innebära en större utmaning men anses vara möjligt.

Alternativt säkerställs att vägen inte ge upphov till dessa vibrationsstörningar genom att förändra farthinder och andra eventuella ojämnheter. En slät och jämn väg genererar idealt inga vibrationer.

**Risk för komfortstörningar för de planerade byggnaderna från Lindholmsallén bedöms som mycket stor.**

Riktlinjerna för maximal komfortnivå (0,4 mm/s vägd RMS) avser framför allt bostäder och dessa riktvärden kan enligt standarden tillämpas mindre strikt för kontor än för bostäder. Genom att ta hänsyn till dessa risker bedöms det möjligt att uppföra planerade byggnader inom detaljplaneområdet.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Uppdrag och bakgrund</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Riktvärden</b>	<b>5</b>
<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	Överföring av vibrationer från mark till byggnad	8
5.3	Responsspektraberäkningar	8
5.4	Nordtest metod NT ACOU 082	11
5.5	Avståndskorrigerig	12
5.6	Sammanställning av resultat	12
<b>6</b>	<b>Kommentarer till resultat</b>	<b>13</b>

**Bilaga 1 - Vibrationsutredning Göteborg Lundbyvassen 4.6\_PM 437-17321.U1\_2017-11-10.pdf**

# 1 Uppdrag och bakgrund

Inför samråd och planering av byggnationer för Skola och verksamheter vid Pumpgatan inom stadsdelen Lundbyvassen i Göteborg utförs vibrationsutredning för att bedöma risken för komfortstörningar med avseende på järnvägstrafik på Hamnbanan och Lundbyleden.

## 2 Riktvärden

### 2.1.1.1 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.

### 2.1.1.2 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 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.

## 3 Förutsättningar

Enligt SGU utgörs området av fyllning med underliggande lager av lera – silt. Området utgörs enligt SGU av ett djup till berg på mer än 50 meter.

Vibrationsmätningar har utförts i en mätpunkt (se **figur 4.1**), med följande avstånd till

- Lundbyleden ca 170 m
- Hamnbanan ca 135 m
- Lindholmsallén direkt anslutning. Mät punkt bedöms till cirka 10 - 12 meter från väg och farthinder.

## 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 35 sekunder med analyserbara kurvdata vid registrering över tröskelvärdet 0,2 mm/s.

Mätningen ägde rum under 7 dygn från 2017-11-01 till 2017-11-08, 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 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

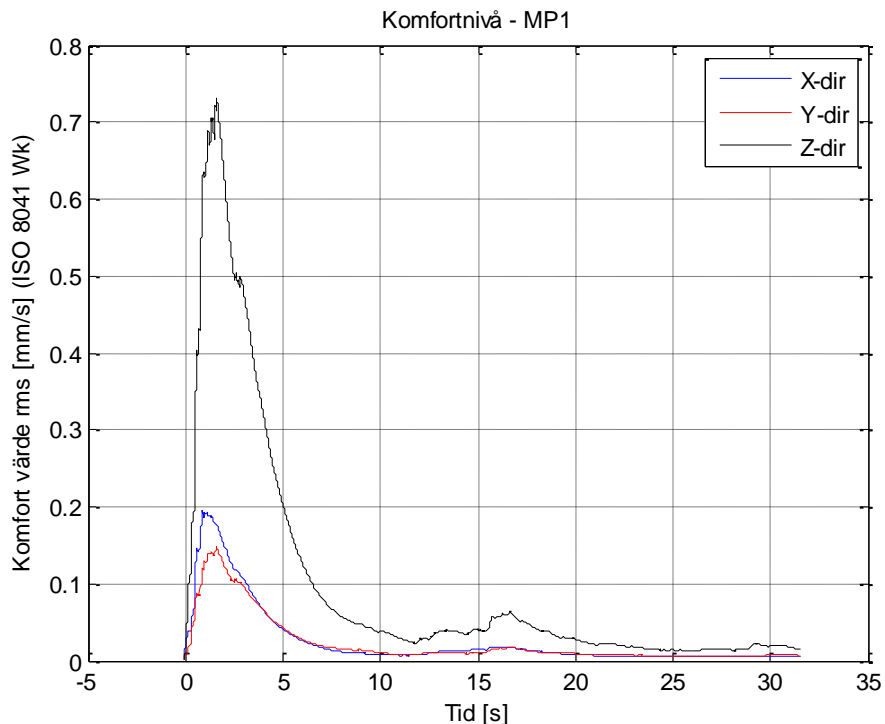
### 5.1 Vibrationsmätningar

Från mätresultaten i bilaga 1 erhålls att uppmätta komfortnivåer från tågtrafik i aktuell mätpunkt är relativt låga och maximal komfortnivå uppmättes i vertikal riktning till 0,23 mm/s vägd RMS. De högsta uppmätta vibrationsnivåerna uppstår annars från fordonstrafik, troligen från Lindholmsallén. De två maximala registreringarna från fordonstrafik har valts ut (*MP1\_1* och *MP1\_3*) och presenteras nedan i **tabell 5.1** tillsammans med den registrering som erhöles från tågtrafik (*MP1\_2*).

Tabell 5.1. Maximalt uppmätta komfortnivåer för tre utvalda registreringar i MP1.

Mätpunkt_datum_kl	Horisontellt, tvärs väg (vägd RMS [mm/s])	Horisontellt, längs väg (vägd RMS [mm/s])	Vertikalt (vägd RMS [mm/s])
MP1_1 171101_130139 (Fordon)	0,19	0,15	0,73
MP1_2 171107_040915 (Tåg)	0,04	0,02	0,13
MP1_3 171108_093808 (Fordon)	0,11	0,10	0,61

De högsta komfortnivåerna uppgick till 0,73 mm/s vägd RMS och uppstod från fordonstrafik. I figur 5.1 presenteras uppmätta komfortnivå över tid för den registrering i mätpunkt 1 som genererade maximal komfortnivå i mark.



Figur 5.1. Maximalt uppmätta komfortnivåer i MP1\_1 inom planerat område.

## 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.

## 5.3 Responsspektraberäkningar

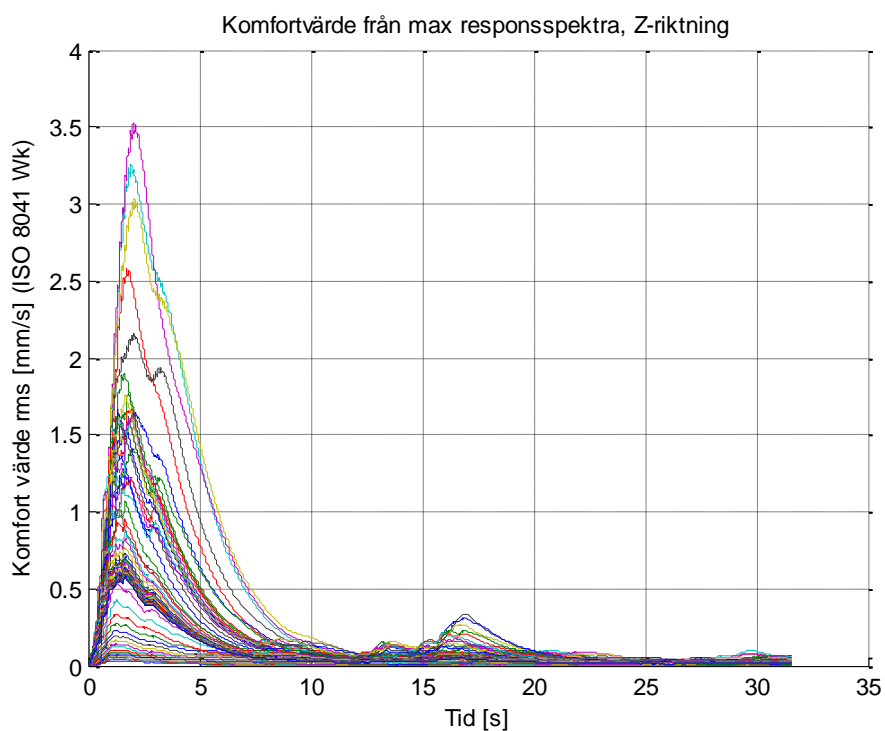
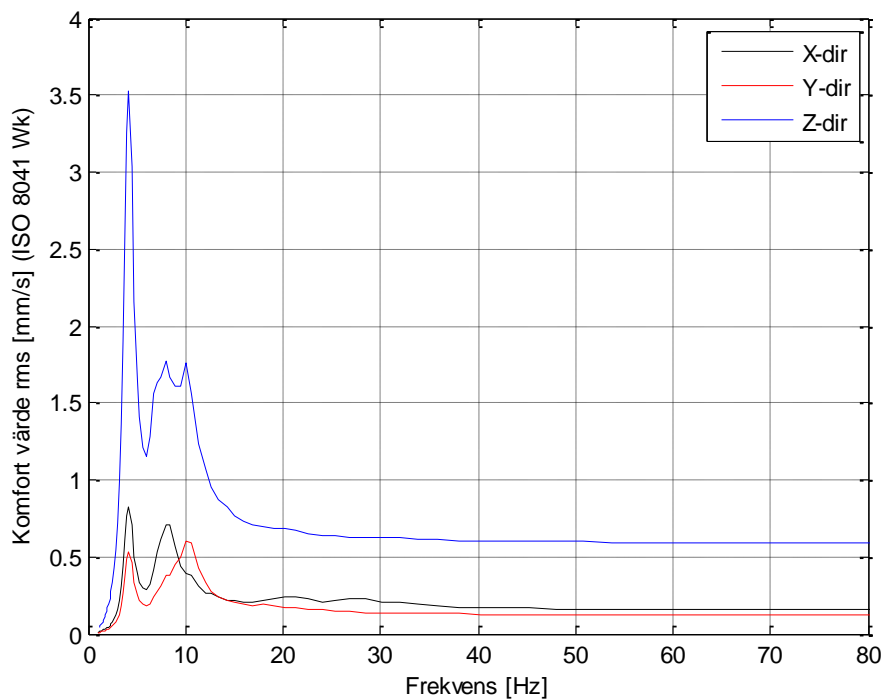
För ett flerplanshus skulle egenfrekvenser i byggnaden kunna ge upphov till högre komfortvärden om egenfrekvens och den exciterande markvibrationens frekvens sammanfaller. Genom att beräkna responsspektra på uppmätta vibrationsdata från de utvalda registreringarna i tabell 5.1 med en antagen förstärkningsfaktor på Q=10 (normal förstärkningsfaktor vid låga frekvenser), skulle ett komfortvärde på 3,5 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.

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.

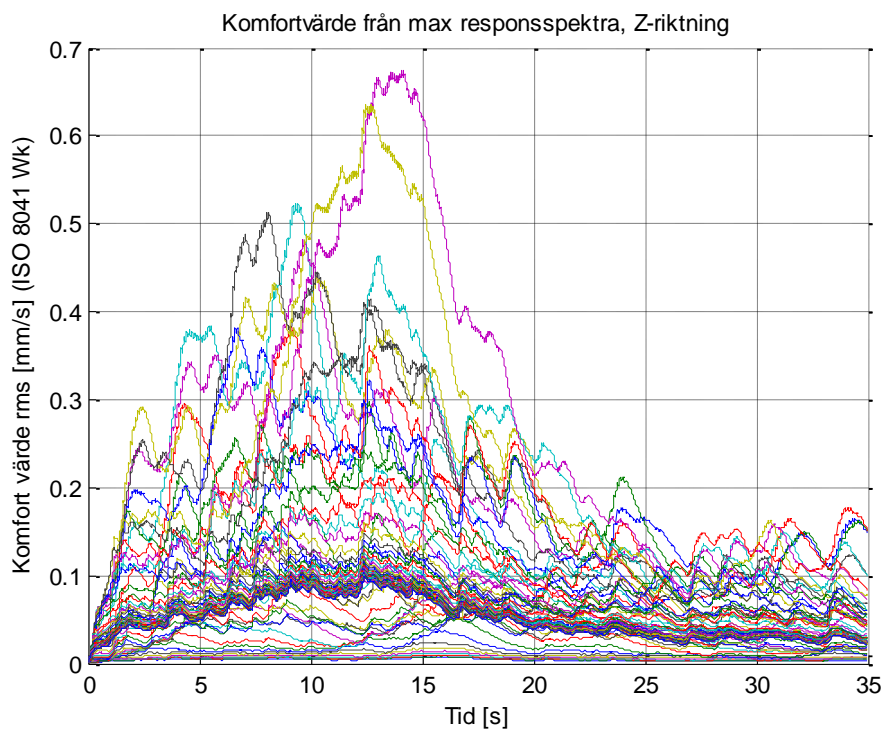
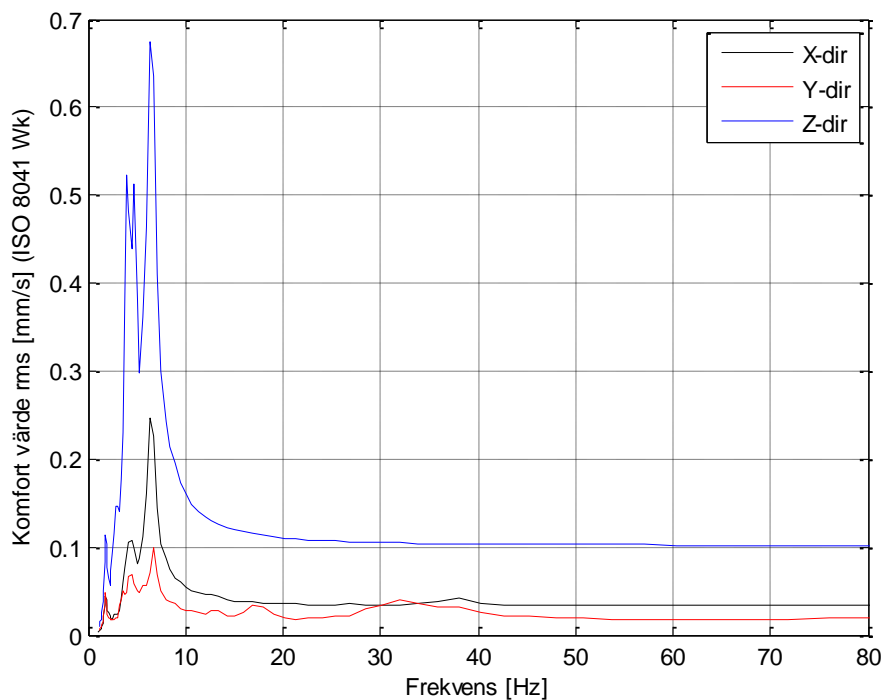
Mätpunkt_datum_kl	Horisontellt, tvärs väg (vägd RMS [mm/s])	Horisontellt, längs väg (vägd RMS [mm/s])	Vertikalt (vägd RMS [mm/s])
MP1_1 171101_130139 (Fordon)	0,82 (4,2 Hz)	0,61 (10 Hz)	3,5 (4,2 Hz)
MP1_2 171107_040915 (Tåg)	0,25 (6,3 Hz)	0,10 (6,7 Hz)	0,68 (6,3 Hz)
MP1_3 171108_093808 (Fordon)	0,52 (3,2 Hz)	0,59 (3,2 Hz)	3,5 (3,2 Hz)

I figur 5.2 – 5.3 presenteras de maximala registreringarna från responspektraberäkningarna i tabell 5.2 för registrering MP1\_1 och erhöles från fordonstrafik. 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 5.2 – 5.3 presenteras de maximala registreringarna från responspektraberäkningarna i tabell 5.2 för registrering MP1\_2 och erhöles från tågtrafik. Högsta amplituder erhålls i vertikal riktning.



Figur 5.4 och 5.5. Resultat av responspektraberäkningar för MP2 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 fordonstrafik i mark har här uppmätts till 0,73 mm/s vägd RMS i vertikal riktning och för tågtrafik 0,13 mm/s vägd RMS. Genom övergång från mark till byggnad har en faktor 0,8 används. Schablonvärdena ovan har sedan 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])
Flervåningshus med betongbjälklag, MP1_1 (fordonstrafik)	0,64	1,46
Flervåningshus med betongbjälklag, MP1_2 (tågtrafik)	0,11	0,26

## 5.5 Avståndskorrigerig

Då mät punkt i förhållande till Lindholmsallén är placerad cirka 10–12 meter från väg och byggnad estimeras till cirka 20 meter kan vi räkna med en avståndsfördubbling till planerade byggnader. För denna typ av vibrationsstörning är det ytvågen (R-våg) som är dominerande och dess amplitud avtar vid avståndsdubbling med:

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

För Lundbyleden och Hamnbanan korrigeras resultaten ej med avseende på avstånd.

## 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 5.4**. Båda metoderna har använt en faktor 0,8 för övergång från mark till byggnad.

För registreringen MP1\_1 och störning från Lindholmsallén har komfortnivåerna korrigerats med en faktor 0,71 med avseend till avstånd enligt **kapitel 5.5**.

Tabell 5.4 Sammanställda resultat från utvärderingar med de båda metoderna korrigerade med avseende på övergång från mark till byggnad. MP1\_1 har korrigerats med avseende på avstånd till planerade byggnader enligt kapitel 5.5.

Registrering	Responsspektra Horisontellt vägd RMS [mm/s]	Responsspektra 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	0,58 (4,2 Hz)	2,5 (4,2 Hz)	0,45	1,03
MP1_2	0,25 (6,3 Hz)	0,68 (6,3 Hz)	0,11	0,26

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

### **Lundbyleden**

De högsta uppmätta vibrationsnivåerna uppstår till största del från fordonstrafik men med det relativt stora avståndet till Lundbyleden bedöms inte Lundbyleden vara den orsakande storkällan.

**Risken för komfortstörningar för de planerade byggnaderna från Lundbyleden bedöms som mycket liten.**

### **Hamnbanan**

Relativt låga vibrationsnivåer uppmättes som kunde relateras till tågtrafik på Hamnbanan. Maximal registrering uppmättes till 0,13 mm/s vägd RMS i vertikal riktning. Responsspektra beräkningarna visar att i värsta fall skulle denna vibrationsnivå kunna generera 0,68 mm/s vägd RMS i planerad byggnad då störfrekvens sammanfaller med bjälklagets egenfrekvens då det handlar om vertikal riktning. Varaktighet på störning över 0,4 mm/s vägd RMS är cirka 10–12 sekunder.

För att minimera denna risk behöver bjälklagets egenfrekvens ligga över 7,5 Hz.

**Risken för komfortstörningar för de planerade byggnaderna från Hamnbanan bedöms som liten.**

### **Lindholmsallén**

De högsta uppmätta vibrationsnivåerna uppstår från fordonstrafik och då planerat område ligger i direkt anslutning till Lindholmsallén bedöms det till största sannolikhet uppstå från denna väg. Sträckan förbi planerat område innehåller ojämnheter i form av exempelvis farthinder som kan orsaka vibrationstörningar.

Den maximalt uppmätta registreringen genererade ett komfortvärde på 0,73 mm/s vägd RMS i mark. Responsspektra beräkningarna visar att i värsta fall skulle denna vibrationsnivå kunna generera 2,5 mm/s vägd RMS i planerad byggnad då störfrekvens sammanfaller med bjälklagets egenfrekvens då det handlar om vertikal riktning. Maximal komfortnivå i horisontell riktning beräknas i värsta fall till 0,58 mm/s vägd RMS och då är det egenfrekvenser i grund och byggnad som är av intresse.

För en 25 meter hög byggnad kan ett grovt överslag av byggnadens egenfrekvens estimeras genom  $48/H$ , där  $H$  är höjden på byggnaden, vilket ger en egenfrekvens på cirka 1,9 Hz

För de maximala registreringarna uppstår de högsta nivåerna i vertikal riktning vid 3,2 och 4,2 Hz men den kraftigaste registreringen generera också höga nivåer över frekvensområdet 8 - 10 Hz.

För att minimera risken för störning föreslås att bjälklag dimensioneras över 5 Hz för att klara de kraftigaste amplituderna vilket inte medför några större utmaningar när egenfrekvens för bjälklag normalt ligger vid 6 – 8 Hz. Utmaningen här är att det för den kraftigaste registreringen även föreligger risk för vibrationsstörningar vid 6–10 Hz vilket medför att lägsta egenfrekvens för bjälklag bör dimensioneras till över 12 Hz.

Alternativt säkerställer man att vägen inte ge upphov till dessa vibrationsstörningar genom att förändra farthinder och andra eventuella ojämnheter. En slät och jämn väg genererar idealt inga vibrationer.

**Risk för komfortstörningar för de planerade byggnaderna från Lindholmsallén bedöms som mycket stor, då framför allt i vertikal riktning.**