

Vibrationsmätning, Rev A

Ballongberget - inventerande vibrationsmätning avseende tågtrafik

Uppdragsgivare: Archus Arkitekter i Stockholm AB

Referens: Liselotte Orest

Uppdragsnummer: 11254

Rapportnummer: 14325-2-1A

Antal sidor + bilagor: 13

Rapportdatum: 2018-01-11

Revidering A: 2019-05-23

Handläggande akustiker




Patrik Andersson

073-347 63 45

patrik.andersson@acad.se

Ansvarig akustiker



Anders Schönbeck

073-349 80 74

anders.schonbeck@acad.se

Innehåll

1	Revidering A.....	3
2	Sammanfattning.....	3
3	Uppdrag	4
4	Bedömningsunderlag.....	4
5	Beskrivning av byggnadsförslag och mätpunkter	5
6	Förutsättningar för de nya byggnaderna	7
7	Riktvärden för vibrationer	8
8	Mätutförande	8
9	Mätresultat och utlåtande.....	9
9.1	Kännbara vibrationer.....	10
9.1.1	Mätning på berg	10
9.1.2	Mätning i lermark	11
9.2	Stomljud	11
9.2.1	Mätning på berg	11
9.2.2	Mätning i lermark	12
10	Riskbedömning och hantering	12
10.1	Kännbara vibrationer.....	12
10.2	Stomljud	13
10.2.1	Principiella åtgärder i byggnaden och grundläggningen	13

1 Revidering A

Reviderade stycken markeras med ett turkost streck i högermarginalen.

Revideringen innefattar:

- Avsnitt 2, 4, 7, 9 och 10 har uppdaterats.

2 Sammanfattning

ACAD har på uppdrag av Archus Arkitekter i Stockholm AB utfört en vibrationsmätning bredvid tågspår i närheten av Solna Station inför nybyggnation av två bostadskvarter och ett hotell (enligt förslag).

Mätningen utfördes som övervakad mätning den 21 december 2017 och som oövervakad mätning mellan den 21 december och den 27 december 2017. Den övervakade mätningen utfördes på berg och på lös mark och den oövervakade mätningen utfördes på den lösa marken (leran eller liknande).

Den övervakade mätningen genomfördes då flera pendeltåg, Arlanda Express-tåg och fjärrtåg passerade mätplatsen. Den oövervakade mätningen pågick i ca en veckas tid och under den perioden passerade även godståg.

Resultaten tyder på att de nya byggnaderna inte får stå på den lösa marken eftersom det medför en stor risk för både kännbara vibrationer och stomljud. Byggnaderna måste alltså vara grundlagda till berget och stommen måste vara tung.

Kännbara vibrationer

För att hantera de kännbara vibrationerna behöver byggnaderna antingen stå på plintar eller pålar till berget. I det senare fallet, d.v.s. med pålar, krävs att ingen lös mark mellan byggnaderna och spåren är i kontakt med pålarna och stommen (inkl. bottenplattan). Alternativt används sneda pålar för att hindra att de horisontella vibrationerna sätter byggnaderna i rörelse; utformningen är viktig och behöver dimensioneras tillsammans med K så att åtgärden blir tillräcklig. Det finns ett par andra åtgärder som också skulle kunna vara möjliga: Den första åtgärden handlar om förstyvning av marken mellan byggnaderna och spåren med hjälp av kalkcementpelare. Den andra åtgärden skulle innebära en spontvägg i marken mellan byggnaderna och spåren marken. Spontväggen ska vara dimensionerad för att hindra vibrationerna från att nå byggnaden. Rätt utförda och dimensionerade bedöms de grovt beskrivna åtgärderna kunna uppfylla de normalt ställda kraven för kännbara vibrationer i bostäder, d.v.s. 14,4 mm/s² vägd acceleration eller 0,4 mm/s vägd hastighet.

Stomljud

Med åtgärder beskrivna för kännbara vibrationer bedöms stomljudet via den lösa marken kunna hanteras. Ett undantag kan vara om åtgärden med sneda pålar används. Framförallt horisontella vibrationer från marken kan föras in i dessa och transmitteras uppåt i byggnaden. Avklingningen av böjvågor i det hörbara området

sker relativt effektivt i stommen men beroende på stommens utformning kan det komma att finnas en begränsning i från vilket våningsplan det får finnas bostäder. Det kan direkt konstateras att på bottenplattan får det inte finnas bostäder.

Kvar att hantera är stomljudet via berget till stommen. Eftersom det dominerande frekvensinnehållet i störningarna är relativt lågt, 50-63 Hz, bedöms en uppställning på fjädrande material vara en riskabel åtgärd. Hur effektiv åtgärden behöver vara beror på vilka krav som ska komma att gälla. Det gängse kravet har hittills varit maximalt 30 dB(A) SLOW i bostäderna från stomljud. I Stockholms stads Hjälpreda för Buller och vibrationer från 2017-06-01 föreslås en höjning av kraven till 35 dB(A) maximalnivå mätt med tidskonstant FAST. Vidare står det att om rummet utsätts för både luft- och stomburet buller gäller att den totala ljudnivån inte får överstiga maximalnivån för luftljud. Bedömningen och ställningstagandet gör förvaltningen i planbeskrivningen. Mail från Solna Stads förvaltning ger ställningstagandet att kravet 35 dB(A) FAST gäller för stomljud i projektet.

Stommen behöver dimensioneras för att reducera stomljudet till den första bostadsvåningen med åtminstone 15 dB.

3 Uppdrag

ACAD har på uppdrag av Archus Arkitekter i Stockholm AB utfört en vibrationsmätning intill tågspår i närheten av Solna Station inför nybyggnation av två bostadskvarter och ett hotell (enligt förslag) nära tågspåren. Området ligger utmed Kolonnvägen, järnvägen samt i närheten av Hagalunds Verkstadsbangård.

Mätningen utfördes mellan den 21 december 2017 och den 27 december 2017 i på mark.

4 Bedömningsunderlag

Följande underlag har använts:

- ACAD:s bullerutredning Rev D, daterad 2017-03-27.
- Planbeskrivning från Solna Stad. "Detaljplan för Kv Ballongberget m.fl.", upprättad maj 2016. BND/2015:99 (SBN/2014:991).
- Mail från Solna Stad med förtydligandet att kravet 35 dB(A) FAST gäller för stomljud i projektet.

5 Beskrivning av byggnadsförslag och mätpunkter

En vy över byggnadernas positioner presenteras i Figur 1 nedan.



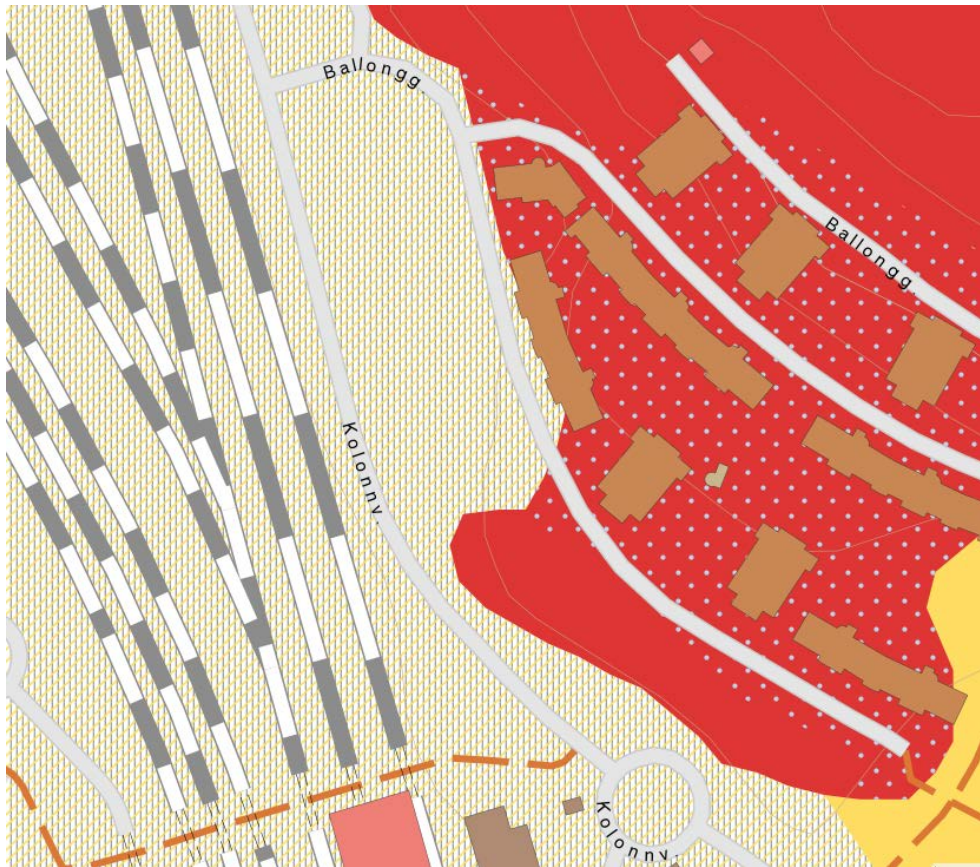
Figur 1: Ur ACAD:s trafikbulerutredning, ritningsnr. Ak-14325-1-01E.

Mätpunkterna markeras i rött i Figur 2 nedan. Mätpunkt 1 är på berg och mätpunkt 2 är i den lösa marken intill parkeringen.



Figur 2: Översiktspå bild på området. Källa: Google Maps.

En kartläggning från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) visar att marken består av postglacial lera och urberg, se Figur 3.



Figur 3: Skrafferat område består av postglacial lera. Det rödmarkerade jordlagret är urberg. Källa: SGU:s kartvisare över jordarter.

Det antas att kommande byggnader står på berg och det är en viktig förutsättning för rekommendationerna i kapitel 8. Visar det sig vara på annat vis kan rekommendationerna behöva revideras.

6 Förutsättningar för de nya byggnaderna

Både nya bostadskvarter och hotell planeras i området Ballongberget.

Rekommendationer i kapitel 8 bygger på följande förutsättningar:

- Stommen ska vara tung, d.v.s. av prefabricerad eller platsgjuten betong.
- Byggnaderna grundläggs med pålar till berg alternativt ställs på plintar på berg.

7 Riktvärden för vibrationer

I Solna Stads planbeskrivning presenteras att Banverkets och Naturvårdsverkets riktlinjer för vibrationer för bl.a. permanentboende vid järnvägen ska beaktas i den fortsatta planprocessen.

I Svensk Standard SS 460 48 61 anges riktvärden för bedömning av komfort i byggnader. Riktvärdena bör tillämpas vid nyetablering och vid nybebyggelse, samt tillämpas mer strikt för bostäder nattetid. Riktvärdena kan vidare användas som målsättning för långsiktig förbättring av vibrationsförhållandena i befintliga miljöer.

Riktvärden för bedömning av komfort i byggnader		
Komfortgrad	Vägd hastighet [mm/s]	Vägd acceleration [mm/s ²]
Måttlig störning	0,4–1,0	14,4–36,0
Sannolik störning	>1,0	>36,0

Tabell 1: Riktvärden enligt SS 460 48 61.

Enligt den bedömning som gjorts i samband med framtagningen av angivna riktvärden anses mycket få människor uppleva vibrationer under skiktet ”måttlig störning” som störande. Vibrationer i skiktet ”måttlig störning” ger i vissa fall anledning till klagomål. I skiktet ”sannolik störning” är vibrationer kännbara och upplevs av många som störande.

Om det frekvensvägda värdet domineras av en frekvens, kan det vägda värdet ersättas av RMS-värdet för den aktuella frekvensen och direkt jämföras med respektive skikt. RMS-värdet är det maximala effektivvärdet med tidsvägning S av den vägda accelerations- eller hastighetsnivån.

Stockholms stad har gett ett förslag till ändring från 30 dB(A) SLOW till 35 dB(A) FAST. Solna Stad gör bedömningen och ställningstagandet att 35 dB(A) FAST gäller som stomljuds krav i projektet.

8 Mätutförande

Mätningar utfördes som övervakad mätning kl 09:53–12:05 den 21 december 2017 och som oövervakad mätning den 21-27 december 2017.

Vibrationer mättes på två platser. En mätposition var i lös mark och en mätposition var på berg. Utrustningen bestod av en triaxiell geofon och en accelerometer. Geofonen stod på spett i lös mark och accelerometern stod på berg.



Figur 4: [Vänster]: Accelerometer på berg i mät punkt 1. [Höger]: Geofon på spett i lermark i mät punkt 2.

Geofonen användes för den övervakade mätningen och accelerometern för den övervakade mätningen.

Mätningarna utfördes av Patrik Andersson, Peter Blom och Alexander Henriksson med följande utrustning. Utrustningen kalibreras enligt rekommendationer från SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Instrumentlista			
Instrument	Fabrikat	Typnr	Serienr
PULSE Input Module	Brüel & Kjær	3041	2621371
PULSE Front End	Brüel & Kjær	3560 CE15	2622368
Kalibrator, accelerometer	Brüel & Kjær	4294	02619617
Accelerometer, triaxial	Brüel & Kjær	4524B	36077
INFRA Master	Sigicom	4100	U14-00749
INFRA Master	Sigicom	4100	U14-01196
Geofon, triaxial	Sigicom	V12	V:V12V-5310 L:V12L-5311 T:V12T-5312

Tabell 2: Lista med instrument som användes.

9 Mätresultat och utlåtande

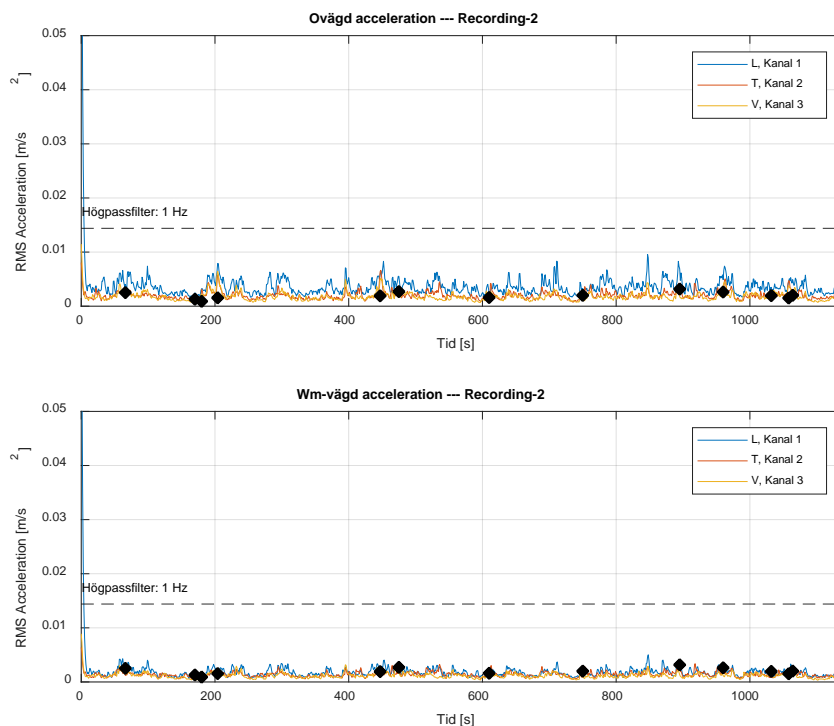
Under den övervakade mätningen passerade flera pendeltåg, Arlanda Express-tåg och fjärrtåg mätplatsen. Under den övervakade mätningen passerade dessutom godståg.

9.1 Kännbara vibrationer

I detta stycke dras slutsatser om mätresultatet av kännbara vibrationer.

9.1.1 Mätning på berg

Ingen risk för kännbara vibrationer finns för nya byggnader som ställs på plintar på berg eller pålas på berg. I Figur 5 presenteras mätkurvor för acceleration på berg då 13 olika tåg passerade mätplatsen.



Figur 5: Övägd och vägd acceleration på berg vid 13 olika tågpassager.

9.1.2 Mätning i lermark

Mätningarna tyder på hög risk för kännbara vibrationer i byggnader som står på lermark. Frekvensinnehållet är generellt dominerat kring 40 Hz, och i något fall kring 15 Hz.

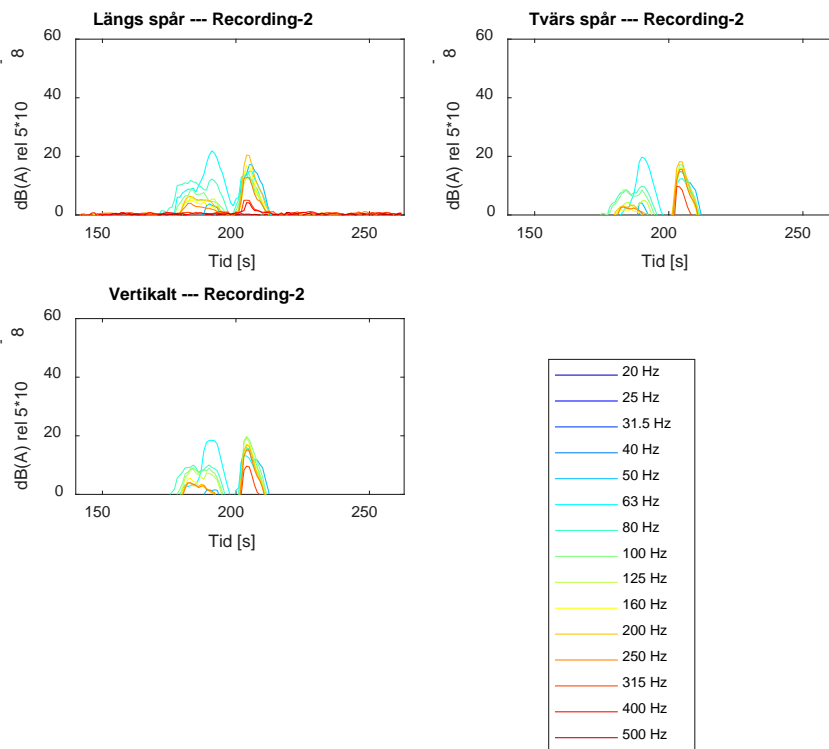
9.2 Stomljud

I detta stycke redovisas stomljuds nivåer från mätning på berg och i lermark.

9.2.1 Mätning på berg

Den första och andra toppen i kurvorna i Figur 6 motsvaras av en passage av ett Arlanda Express-tåg respektive ett Intercity-tåg. Arlanda Express-tåget exciterar främst frekvenser som ligger kring 63 Hz-tersbandet medan det andra tåget är mer bredbandigt. Den högsta stomljuds nivån för Intercity-tåget är 25 dB(A) SLOW, vilket i det här fallet motsvarar 28 dB(A) FAST.

Det förväntas att uppmätta stomljuds nivåer höjs med ca 15 dB(A) i färdig byggnad på botten våningen.



Figur 6: Stomljud för recording 2 på berg vid passage av ett Arlanda Express-tåg och ett Intercity-tåg.

9.2.2 Mätning i lermark

Ett urval av de högsta uppmätta stomljudsnivåerna i lös mark ges nedan i Tabell 3.

Passage	Riktig tid	Tågtyp	Ljudtrycksnivå [dB(A)]
1	11:09:15 2017-12-21	Arlanda Express	45
2	11:24:07 2017-12-21	Pendeltåg	44
3	11:36:04 2017-12-21	Arlanda Express	47
4	11:44:36 2017-12-21	Pendeltåg	45
5	11:54:46 2017-12-21	Pendeltåg	44
6	12:05:15 2017-12-21	Arlanda Express	45

Tabell 3: Sammanställning av ett urval av tågpassager. Urvalet gjordes baserat på de tåg som alstrade de högsta stomljudsnivåerna.

10 Riskbedömning och hantering

Här ges en bedömning av riskerna och behovet av åtgärder från utförda mätningar. Gällande stomljudet förs ett resonemang baserat hur ofta höga nivåer alstras och förhållandet till luftljudskravet.

10.1 Kännbara vibrationer

För att hantera de kännbara vibrationerna behöver byggnaderna antingen stå på plintar eller pålar till berget. I det senare fallet, d.v.s. med pålar, krävs att ingen lös mark mellan byggnaderna och spåren är i kontakt med pålarna och stommen (inklusive bottenplatta). Alternativt används sneda pålar för att hindra att de horisontella vibrationerna sätter byggnaderna i rörelse; utformningen är viktig och behöver dimensioneras tillsammans med K så att åtgärden blir tillräcklig. Det finns ett par andra åtgärder som också skulle kunna vara möjliga: Den första åtgärden handlar om förstyvning av marken mellan byggnaderna och spåren med hjälp av kalkcementpelare. Den andra åtgärden skulle innebära en spontvägg i marken mellan byggnaderna och spåren marken. Spontväggen ska vara dimensionerad för att hindra vibrationerna från att nå byggnaden. Rätt utförda och dimensionerade bedöms de grovt beskrivna åtgärderna kunna uppfylla de ställda kraven för vibrationer, d.v.s. 0,3 mm/s vägd hastighet för bostäder och förskola samt 0,4 mm/s vägd hastighet för kontor och lokaler.

10.2 Stomljud

Den bevakade mätningen på lös mark (lera m.m.) visar på en korrelation mellan stomljuds nivåer och nivåer för kännbara vibrationer.

Den bevakade mätningen på lera visar på stomljuds nivåer på ca 45 dB(A). I ett av de fallen med högst hastighetsnivåer, enligt INFRA, uppmättes en stomljuds nivå på ca 52 dB(A), dvs en höjning med 7 dB(A).

I både lermarken och på berget påvisas ungefär samma frekvensinnehåll för stomljud som för kännbara vibrationer. Därför är det ett rimligt antagande att den högsta uppmätta nivån på berg också kan höjas med 7 dB(A) för att motsvara den högsta passagen under den obevakade mätningen i lera. Den resulterande hastighetsnivån rel. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s kan då bli 32 dB(A) SLOW eller 35 dB(A) FAST på berget.

Det förväntas att uppmätta stomljuds nivåer höjs med ca 15 dB(A) i färdig byggnad på bottenvåningen.

Det ska påpekas att den höga trafikbelastningen på spåren gör att förekomsten av tåg som väntas generera höga stomljuds nivåer är stor.

10.2.1 Principiella åtgärder i byggnaden och grundläggningen

Med åtgärder beskrivna för kännbara vibrationer bedöms stomljudet via den lösa marken kunna hanteras. Ett undantag kan vara om åtgärden med sneda pålar används. Framförallt horisontella vibrationer från marken kan föras in i dessa och transmitteras uppåt i byggnaden. Avklingningen av böjvågor i det hörbara området sker relativt effektivt i stommen men beroende på stommens utformning kan det komma att finnas en begränsning i från vilket våningsplan det får finnas bostäder. Det kan direkt konstateras att på bottenplattan får det inte finnas bostäder.

Kvar att hantera är stomljudet via berget till stommen. Eftersom det dominerande frekvensinnehållet i störningarna är relativt lågt, 50-63 Hz, bedöms en uppställning på fjädrande material vara en riskabel åtgärd. Hur effektiv åtgärden behöver vara beror på vilka krav som ska komma att gälla. Det gängse kravet har hittills varit maximalt 30 dB(A) SLOW i bostäderna från stomljud. I Stockholms stads Hjälpreda för Buller och vibrationer från 2017-06-01 föreslås en höjning av kraven till 35 dB(A) maximalnivå mätt med tidskonstant FAST. Vidare står det att om rummet utsätts för både luft- och stomburet buller gäller att den totala ljudnivån inte får överstiga maximalnivån för luftljud. Samma bedömning och ställningstagande gör Solna Stad.

Då kravet på maximalt 35 dB(A) FAST gäller för stomljud behöver stommen dimensioneras för att reducera stomljudet till den första bostadsvåningen med åtminstone 15 dB.