TRAFIKVERKET

Underlagsrapport till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplan

Mälarbanan Huvudsta - Duvbo

Solna, Sundbybergs och Stockholms kommun, Stockholms län

Underlagsrapport Vibrationer och stomljud

TRV 2015/87751 2020-01-15

Dokumenttitel: Mälarbanan Huvudsta - Duvbo. Underlagsrapport Vibrationer och stomljud
Publiceringsdatum: 2020-01-15
Ärendenummer: TRV 2015/87751
Utgivare: Trafikverket
Projektchef: T.f. Tommy Hansen, Trafikverket
Kontaktperson: Jenny Bergh, Trafikverket
Ansvarig konsult: Erik Olsson, WSP Sverige AB
Kartmaterial: ©Lantmäteriet, Geodatasamverkan

Distributör: Trafikverket, Projekt Mälarbanan, 172 90 Sundbyberg
Telefon: 0771-921 921

Innehåll

1 Bakgrund och syfte 4
2 Allmänt om vibrationer och stomljud 6
3 Bedömningsgrunder och metodik 8
3.1 Riktvärden 8
3.2 Metodik 8
4 Resultat 19
4.1 Nuläge 19
4.2 Utbyggd anläggning 19
5 Resultatdiskussion och avvägningar 21
6 Möjliga åtgärder 21
7 Referenser 23

1 Bakgrund och syfte

Mälarbanan utgör en viktig del av Mälardalens järnvägsnät och fungerar som en länk mellan bland annat Stockholm, Västerås och Örebro. På sträckan Stockholm C – Bålsta trafikeras banan av pendel-, regional-, fjärr- och godståg. Det stora antalet tåg och tågtyper med olika hastigheter och stopp på stationerna leder till kapacitetsproblem och därmed störningar i tågtrafiken med förseningar som följd.

Utbyggnaden mellan Tomteboda – Kallhäll innebär att kapaciteten på banan ökar och att pendeltågstrafiken kan separeras från övrig tågtrafik, vilket bland annat skapar förutsättningar för en ökad turtäthet och minskade störningar i tågtrafiken.

Projekt Mälarbanan omfattar en utbyggnad i två etapper från två till fyra spår mellan Tomteboda och Kallhäll. Den första etappen omfattar sträckan Barkarby – Kallhäll och den andra etappen omfattar sträckan Tomteboda – Barkarby. Nu aktuell järnvägsplan behandlar sträckan Huvudsta – Duvbo som ingår i den andra etappen.

Utbyggnaden sträcker sig från Huvudsta i Solna till Duvbo i Sundbyberg, en sträcka på cirka 3,6 kilometer. Befintligt spårområde breddas med två nya spår och en ny spåranslutning för godståg byggs mellan Huvudsta och Tomteboda bangård.

Figur 1. Sträckning Mälarbanan Huvudsta-Duvbo.

I Huvudsta byggs spåren i ytläge (markspår) fram till korsningen Nybodagatan/Ankdammsgatan. Från Nybodagatan/Ankdammsgatan fram till Frösundaleden fortsätter järnvägsanläggningen i den så kallade Huvudstatunneln. Tunneln är cirka 500 meter lång och förlagd i ytläge (intunnling). Huvudstatunneln är uppbyggd av två separata tunnelrör med två spår i varje.

Mellan Frösundaleden och broarna vid Ekensbergsvägen, en sträcka på 600 meter, förläggs den nya järnvägsanläggningen strax under omgivande marknivå, ett så kallat tråg.

På sträckan genom centrala Sundbyberg är den nya järnvägsanläggningen placerad under marknivå (överdäckning), den så kallade Sundbybergstunneln. Tunneln är cirka 1,4 kilometer lång och är likhet med Huvudstatunneln uppbyggd av två separata tunnelrör med två spår i varje. I västra änden av Sundbyberg övergår tunneln från en överdäckning till en 300 meter lång intunnling. Utmed resterande delar av sträckan är spåren förlagda i ytläge (markspår).

På sträckan kommer det att finnas två stationer. Sundbybergs nya regional- och pendeltågsstation anläggs i tråget och delvis i Sundbybergstunneln och får två plattformsanslutningar. I Sundbybergs centrum byggs en plattformsanslutning med en stationsentré. I Solna Business Park byggs en plattformsanslutning med stationsentré Solna Business Park och stationsentré Lilla Alby.

I direkt anslutning till Huvudstagatans bro anläggs en ny pendeltågsstation, Huvudsta station, med entré mot Huvudstagatan. Huvudstagatans bro byggs om och anpassas till den nya stationen.

Utbyggnaden på sträckan Huvudsta-Duvbo, med bland annat en intunnling i Solna och en överdäckning i Sundbyberg, skapar möjligheter för kommunernas stadsutveckling.

Under hela byggskedet måste dagens trafikering på Mälarbanan upprätthållas. För att klara detta kommer tågen under en del av byggskedet att trafikera en tillfällig järnvägsanläggning med en tillfällig stationslösning i ytläge. När den finns på plats kan bygget av den nya utbyggda anläggningen påbörjas, vilket bedöms ta cirka 8 år.

Denna underlagsrapport Vibrationer och stomljud utgör underlag till miljökonsekvensbeskrivningen tillhörande järnvägsplanen för Mälarbanan sträckan Huvudsta – Duvbo. Syftet med detta underlag är att utreda och redogöra för vilka vibrations– och stomljudsnivåer som kan uppkomma och vilka möjliga åtgärder som kan bli aktuella för att klara riktvärden vid en utbyggd järnvägsanläggning.

2 Allmänt om vibrationer och stomljud

Vibrationer som stör boendemiljön kan orsakas av byggverksamhet, maskiner och under vissa omständigheter av trafik, till exempel tåg. Vibrationer kan kännas men inte höras. De kan även ge upphov till märkbara rörelser som resulterar i klirrande glas och skakande bildskärmar. De vibrationer i byggnader som orsakar störning för människor kallas komfortvibrationer. Komfortvibrationer alstras i det här fallet av järnvägstrafiken och fortplantas via marken till byggnader. Komfortvibrationer är i de allra flesta fall inte skadliga för byggnader eftersom byggnader normalt sett tål högre nivåer än de som avses med komfortnivåer.

Snabba vibrationsförlopp såsom sprängning och spontning kan orsaka skador på byggnader (skadedrivande vibrationer).

Vibrationsstörning är bland annat beroende av markens beskaffenhet, geologi, avstånd till järnvägen samt byggnadernas konstruktion och byggnadsmaterial. Om järnvägen eller närliggande hus ligger på berggrund eller annan fast mark uppstår vanligen inga vibrationsstörningar i fastigheterna. Består däremot jorden av lösa leror med hög vattenkvot är vibrationsstörning, speciellt från godstågstrafik, vanligt förekommande.

De mekanismer som inverkar på vibrationernas alstring är främst:

- Fordonets hastighet – högre hastighet leder till större vibrationskrafter.
- Fordonets fjädring – en styvare fjädring leder normalt till större vibrationskrafter.
- Den ofjädrade massan för fordonet – en större massa som ligger under fordonets fjädring leder till större vibrationskrafter.
- Ytjämnhet – jämnare hjul och/eller räl leder till lägre vibrationskrafter.
- Banans uppbyggnad – en tyngre/styvare banuppbyggnad leder oftast till lägre vibrationsnivåer.

Storleken på vibrationer från tågtrafik påverkas av bland annat följande faktorer:

- Markförhållanden – mest vibrationskänsliga jordarter är finkorniga jordarter med hög vattenkvot, exempelvis silt och lösa leror.
- Fastigheter som är grundlagda med platta på fasta jordar eller med pålar minskar risken för vibrationsstörning.
- Avstånd – generellt gäller att en fördubbling av avståndet ger en halvering av vibrationsamplituden.
- Banstandard – en jämn bana minskar risken för vibrationer.
- Tågtyp och hastighet – ökad hastighet och tyngre tåg ger högre vibrationsnivåer.

Enheten för vibrationer är millimeter per sekund (mm/s). Känseltröskeln, det vill säga den nivå där människan kan känna vibrationer, är cirka 0,1-0,3 mm/s (RMS) i frekvensområdet 10-100 Hz (avser komfortvägd vibrationsnivå). Känseltröskeln är den enda säkra undre gränsen om störande vibrationer skall undvikas. Vibrationer kan leda till att människor drabbas av sömnsvårigheter, insomningsproblem, koncentrationsproblem eller allmän trötthet.

Stomljud skapas när vibrationer fortplantas i en byggnad och strålar ut som ljud från väggar, tak och golv. Vibrationer från tågtrafik fortplantas via marken till husgrunden och vidare upp i byggnaden och ger upphov till ett lågfrekvent mullrande ljud. Även dunkande ljud kan uppkomma när exempelvis tåg passerar över växlar. Enheten för stomljud är den samma som för luftburet ljud, decibel (dB). Både stomljud och luftburet ljud kan förekomma i byggnader nära trafik från spårburna fordon som färdas ovan jord. Risken för stomljud från tågtrafik är störst då både spår och byggnader är grundlagda på berg.

Allt oönskat ljud kallas för buller. Upplevelsen av buller är subjektiv och människor upplever buller på olika sätt. Buller kan orsaka stressreaktioner, trötthet, irritation, blodtrycksförändringar samt sömnstörningar.

Stomljud och komfortstörande vibrationer förekommer mycket sällan samtidigt. Risken för komfortvibrationer är störst då spår och byggnader är grundlagda på mjuk mark med inslag av till exempel lera och gyttja medan risken för stomljud är störst då spår och hus ligger på berg och hårt packade jordar med övervägande grus och sten. Frekvensinnehållet för komfortstörande vibrationer är lågt, ca 2-20 Hz. Frekvensinnehållet för stomljud är högre, ca 30-500 Hz.

3 Bedömningsgrunder och metodik

3.1 Riktvärden

Utbyggnaden av Mälarbanan sträckan Huvudsta-Duvbo kategoriseras av Trafikverket som *väsentlig ombyggnad* och bedöms därför enligt *Åtgärder vid nybyggnad väsentlig ombyggnad av infrastruktur* i Trafikverkets riktlinje TDOK 2014:1021. I Tabell 1 redogörs för de riktvärden som är gällande för vibrationer hämtade i riktlinjen.

Tabell 1. Riktvärden för vibrationer vid nybyggnad och väsentlig ombyggnad av infrastruktur, utdrag ur TDOK 2014:1021.

Lokaltyp eller områdestyp	Maximal vibrationsnivå, mm/s vägd RMS inomhus[2]
Bostäder[1]	0,4 mm/s
Vårdlokaler[3]	0,4 mm/s

[1]Riktvärden inomhus omfattar bostadsrum i permanentbostad och fritidsbostad
[2] Avser vibrationsnivå nattetid (22-06) och får överskridas högst fem gånger per trafikårsmedelnatt. Vibrationsnivån får dock inte överskrida 0,7 mm/s vägd RMS
[3] Avser utrymme för sömn och vila, eller utrymme med krav på tystnad

Trafikverket har inga nationella riktvärden gällande stomljud utan tillämpar projektspecifika krav. Riktvärden för stomljud i detta projekt följer slutsatserna i *Stomljud – beskrivning och genomgång av riktvärden för spår- och vägburen trafik,* referens 8, som redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Riktvärden för stomburet ljud enligt rapport *Stomljud – beskrivning och genomgång av riktvärden för spår- och vägburen trafik, referens 8.*

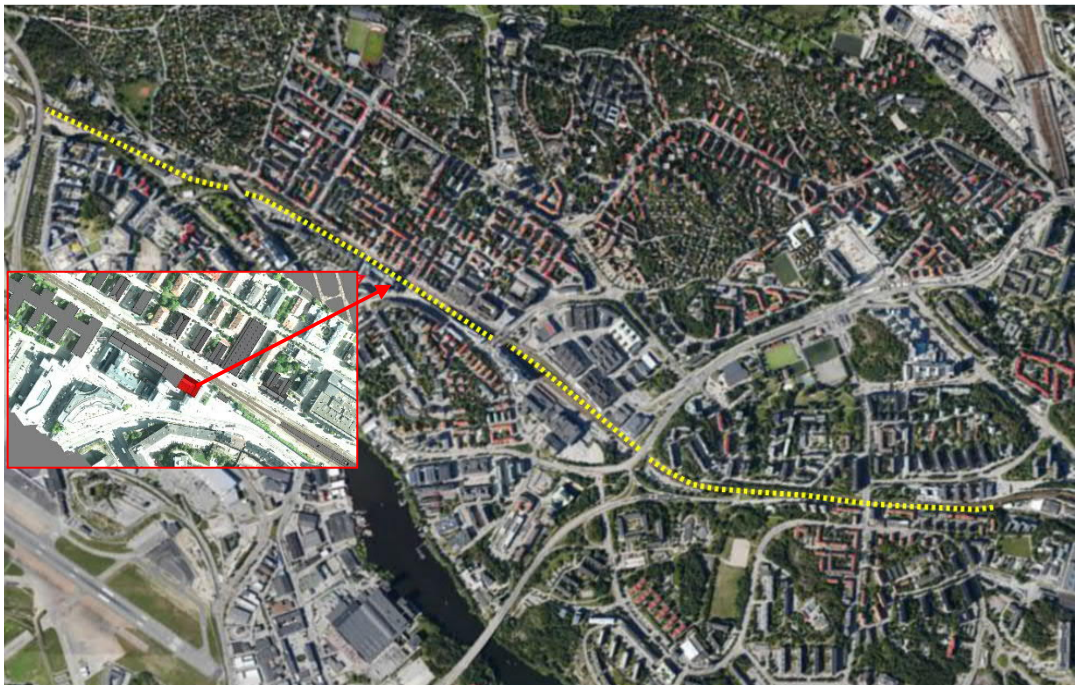
	Ekvivalent ljudnivå dBA		Maximal ljudnivå dBA med tidsvägning Fast
Bostadsrum	30		35

Riktvärden för stomljud anges ibland med tidsvägning Slow. Maximal ljudnivå på 35 dBA med tidsvägning Fast motsvaras för stomljud från tåg av maximalnivå 33 dBA med tidsvägning Slow.

3.2 Metodik

Komfortvibrationer och stomljud har utretts för såväl nuläget som utbyggd anläggning (år 2040). Nollalternativet år 2040 motsvarar nuläget eftersom trafikeringen år 2040 inte kan inrymmas på järnvägen utan kapacitetshöjande åtgärder och har således inte studerats.

För att utreda och bedöma nuläget har det genomförts mätningar av såväl komfortvibrationer som stomljud. Mätningarna genomfördes under 2016 vid kv. Plåten i Sundbyberg, se referens 1 och referens 5 samt Figur 2.



Figur 2. Befintlig sträckning genom Sundbyberg och Solna. Mätningar av vibrationer och stomljud genomfördes under 2016 i Kv. Plåten 1.

Det finns ingen officiellt vedertagen beräkningsmetodik för bedömning av påverkan av komfortvibrationer och stomljud. För att bedöma risken för komfortvibrationer som alstras av den utbyggda järnvägsanläggningen har det genomförts studier av husens grundläggning, markens jordlagersammansättning samt avståndet mellan spåranläggning och byggnad. Den kombination av parametrar som är mest ogynnsam för uppkomst av komfortvibrationer är lätta byggnadskroppar med trästomme, långa bjälklagsspännvidder, grundläggning med platta på mark där marken består av lera, gyttja, gammal sjöbotten eller dylikt och ett kort avstånd mellan spåranläggning och byggnad.

Osäkerheter vid bedömning av komfortvibrationer utgörs av okunskap om mark, byggnadens grundläggning och byggnadsdelars eventuella resonanser.

Beräkning av stomljud görs genom att ta hänsyn till vibrationsnivån som överförs till marken via spårgrundläggningen (källstyrka), geometrisk avståndsdämpning från spår till mottagare, inre förluster i marken mellan källa och mottagare samt grundläggning och byggnadsstomme för husen.

Vibrationsnivån som via marken når byggnadsstommen omvandlas till stomljud genom kända fysikaliska samband mellan en vibrerande yta och ljudtrycket intill ytan. För att beräkna stomljudnivån i ett bostadsrum har en schablon för bostadsrum använts:

Längd * bredd * höjd ansätts till 5 * 4 * 2,5 meter, efterklangstid ansätts till 0,5 sekunder.

Inventering av byggnadsgrundläggning och geotekniska förutsättningar har gjorts inom ramen för projektet. Resultatet från inventeringarna används vid bedömning av komfortvibrationer och beräkning av stomljud.

Osäkerheter vid beräkning av stomljudsnivå utgörs av spårförhållande, bergets sammansättning, koppling mellan berg och byggnads samt rummets egenskaper.

Tågdata

Den färdiga anläggningen kommer precis som anläggningen i nuläget att trafikeras med godståg, regional/pendeltåg samt fjärrtåg. Detaljerna framgår av Tabell 3 nedan. Beräkningsmodellens buller- och vibrationskällor (tågtyper, antal tåg per dygn, tåghastighet) är hämtade från *Anläggningsspecifika krav järnväg (AKJ), Mälarbanan Huvudsta – Duvbo, TRV 2014/6375, version 1.* Tåglängderna gäller för bullerberäkningar.

Den största tillåtna axellasten på sträckan kommer att öka från 22,5 ton idag till 25 ton för den utbyggda anläggningen. Även den största tillåtna vikten per meter kommer att öka, från 6,5 ton/meter till 8 ton/meter.

Tabell 3. Tabell som visar trafikering i nuläget och för den utbyggda anläggningen

År	Tågtyp	Antal/dygn	Största tillåtna hastighet	Tåglängd
2010	Godståg	10	90 km/h	650 m
2010	Fjärrtåg	50	90 km/h	240 m
2010	Regional/pendeltåg	160	90 km/h	215 m
2040	Godståg	10	90 km/h	650 m
2040	Fjärrtåg	114	110 km/h fram till km 5+100 105 km/h fram till 5+600 115 km/h fram till km 7+600 160 km/h från km 7+600	240 m
2040	Regional/pendeltåg	264	Som för fjärrtåg ovan	215 m

Komfortvibrationer

Trafik på dagens spåranläggning ger inte upphov komfortstörande vibrationer över riktvärdet för befintlig anläggning.

Komfortvibrationsnivåerna som uppmättes i Kv Plåten understeg riktvärdet för väsentlig ombyggnad. De högsta uppmätta nivåerna var 0,3 mm/s, se referens 1.

För att identifiera platser där komfortvibrationer över riktvärdet skulle kunna befaras för den nya anläggningen studerades de geotekniska förhållandena längs den planerade bansträckningen tillsammans med geotekniker och jämfördes med de geotekniska förhållanden som råder vid Kv Plåten.

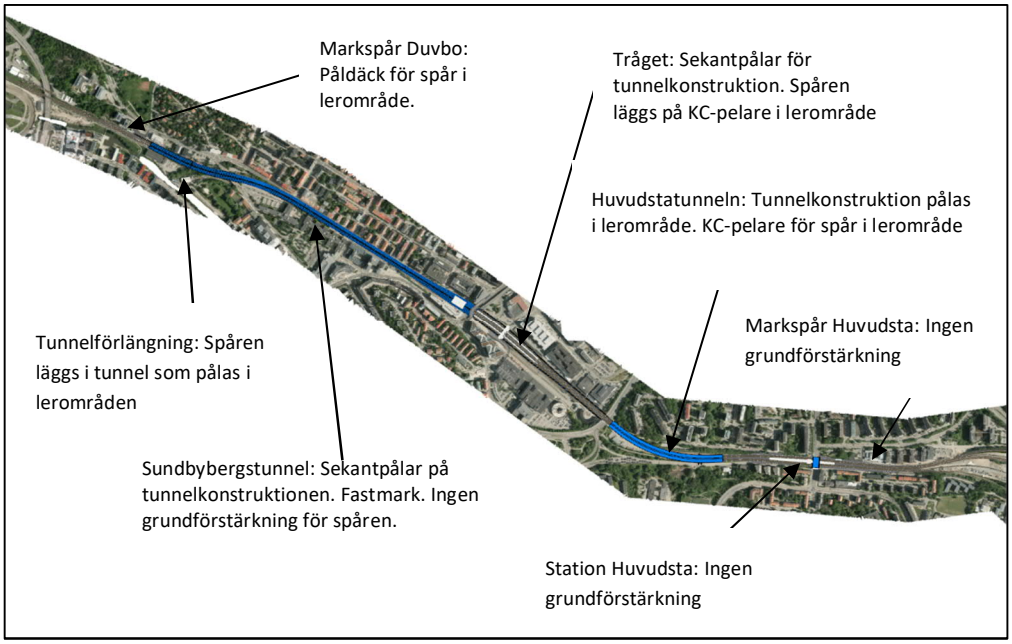
Inga sträckor kunde identifieras där det bedömdes föreligga risk för att den nya anläggningen kommer att orsaka komfortvibrationer över riktvärdet, se Figur 4 till Figur 9.

Underlag vid bedömning av komfortvibrationer

Information från fastighetsinventering, grundläggning av spåranläggning, samordningsmodell och jordartsprofiler har använts som underlag till bedömning av komfortvibrationer, referens 9-15.

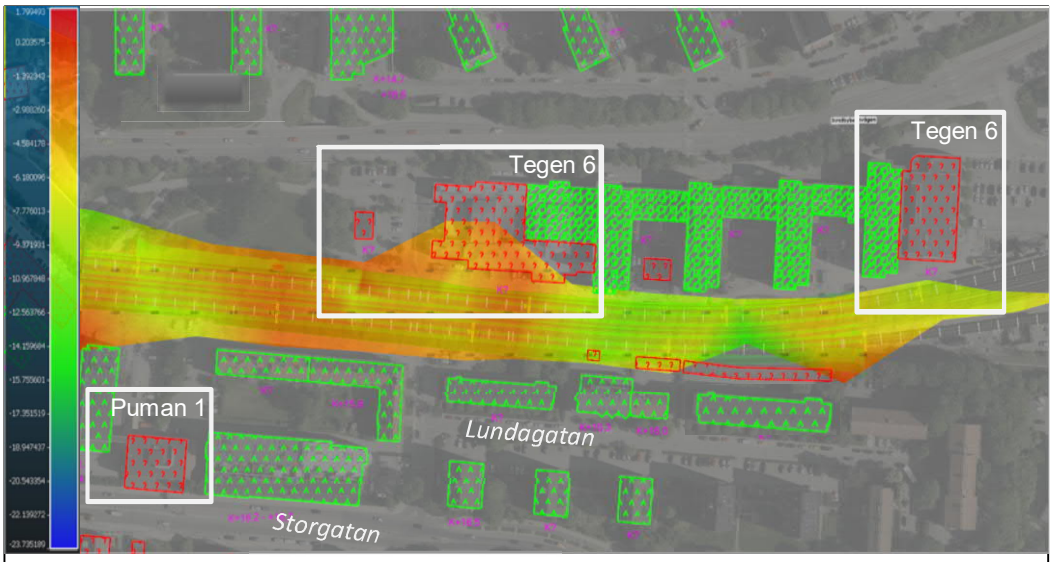
Hus där information om grundläggning är okänd eller saknas i samordningsmodellen har studerats noggrannare och ytterligare information har tagits fram. Kombinationen av byggnadernas grundläggning, markförhållanden och planerad grundläggning av den

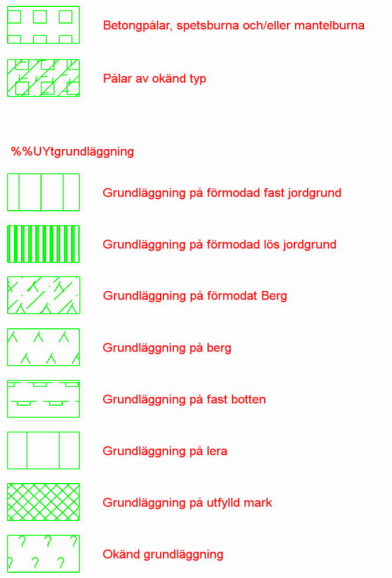
färdiga spåranläggningen, Figur 3, har legat till grund för bedömningen av risk för komfortvibrationer.



Figur 3. Planerad grundläggning av spår i driftskedet.

Grundläggning av befintliga byggnader för delsträckan N1 4+330 – 4+820 (Solna) visas i Figur 4. Planerad grundläggning av markspår i Huvudsta är viss bankfyllning, i övrigt ingen grundförstärkning. Byggnader inom spårets närområde är grundlagda på berg eller inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer. Ingen del av sträckan kan identifieras där det bedöms föreligga risk för att den nya anläggningen kommer att orsaka komfortvibrationer över riktvärdet.



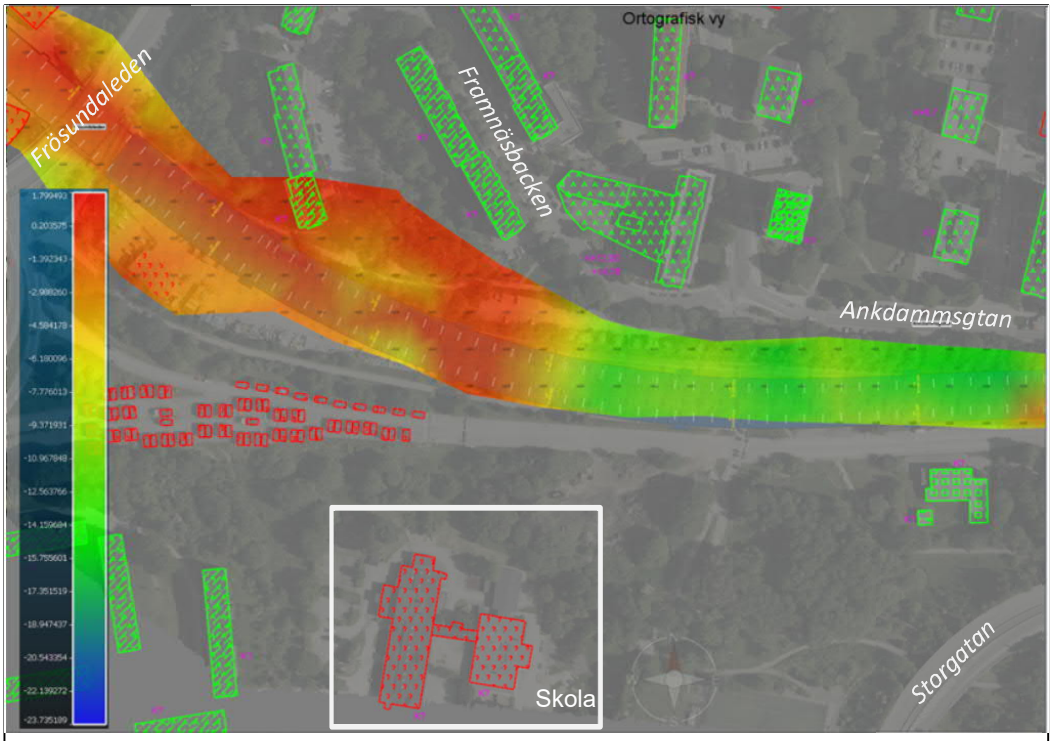


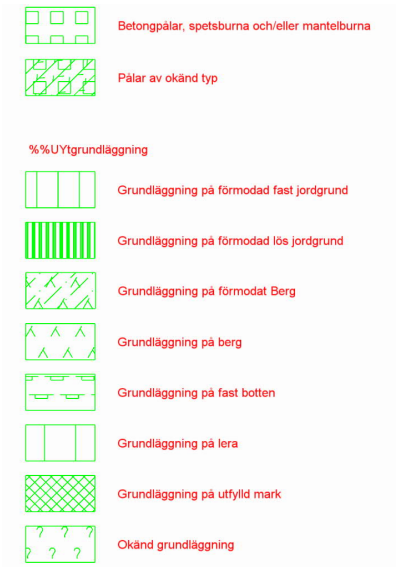
Byggnader i spårets närområde är grundlagda på berg eller pålar.

Byggnader med okänd grundläggning är markerade i figuren och inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer.

Figur 4. Grundläggning av befintliga byggnader och avstånd till berggrund för sträckan N1 4+330 – 4+820 (Solna). För bergrundsytan under spårområde indikerar röd färg hög berggrundsnivå och grön/blå färg låg berggrundsnivå. Hus med känd grundläggning i samordningsmodellen är grönmarkerade, hus med okänd grundläggning är rödmarkerade.

Grundläggning av befintliga byggnader för delsträckan N1 4+850 – 5+550 (Solna) visas i Figur 5. Planerad grundläggning av markspår i Huvudstatunneln innebär att tunnelkonstruktion pålas i lerområde och spåren grundläggs på KC-pelare i lerområde. Byggnader inom spårets närområde är grundlagda på berg, förmodat berg eller pålar alternativt inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer. Ingen del av sträckan kan identifieras där det bedöms föreligga risk för att den nya anläggningen kommer att orsaka komfortvibrationer över riktvärdet.



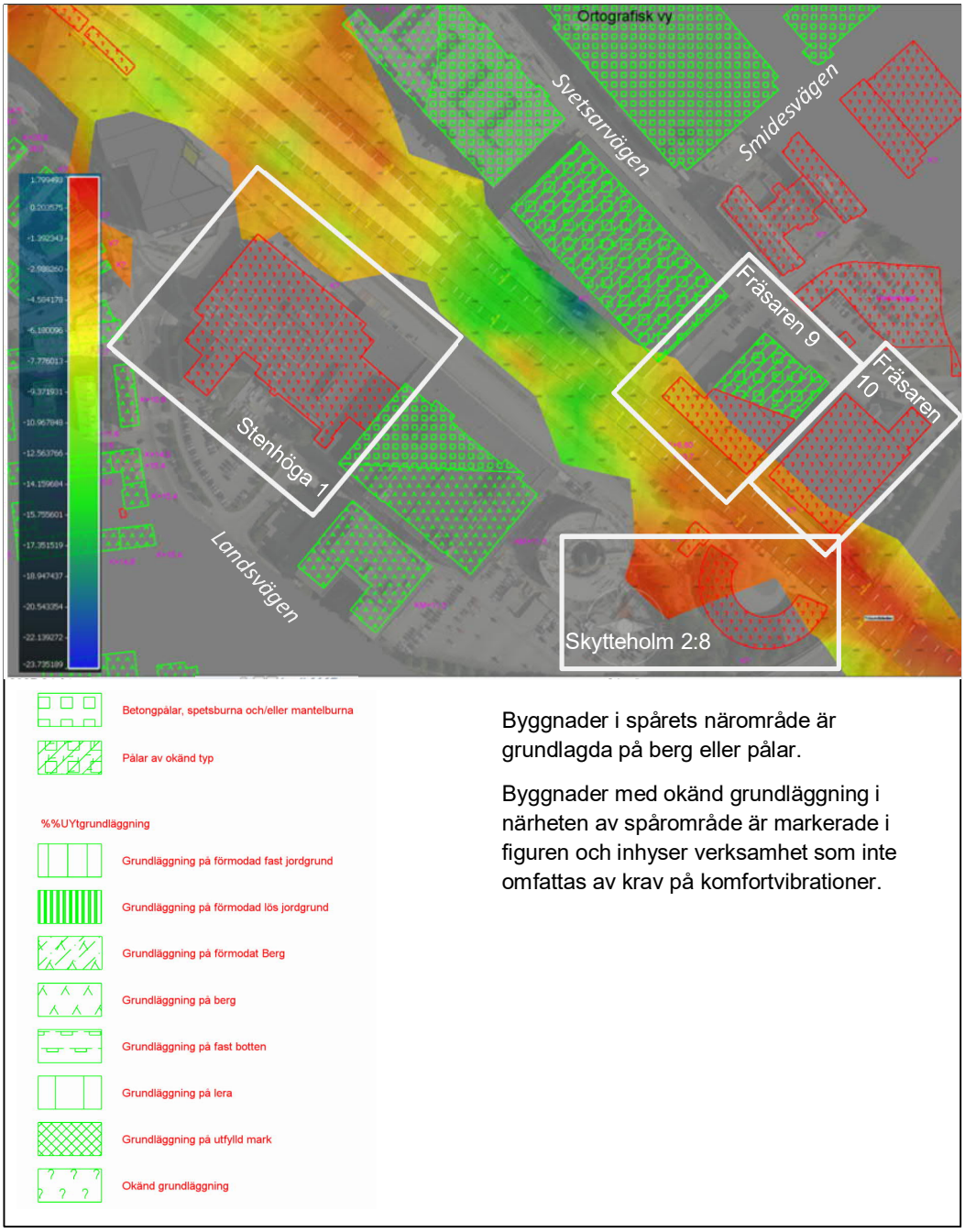


Byggnader i spårets närområde är grundlagda på berg, förmodat berg eller pålar.

Byggnad med okänd grundläggning är markerad i figuren och inhyser skolverksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer.

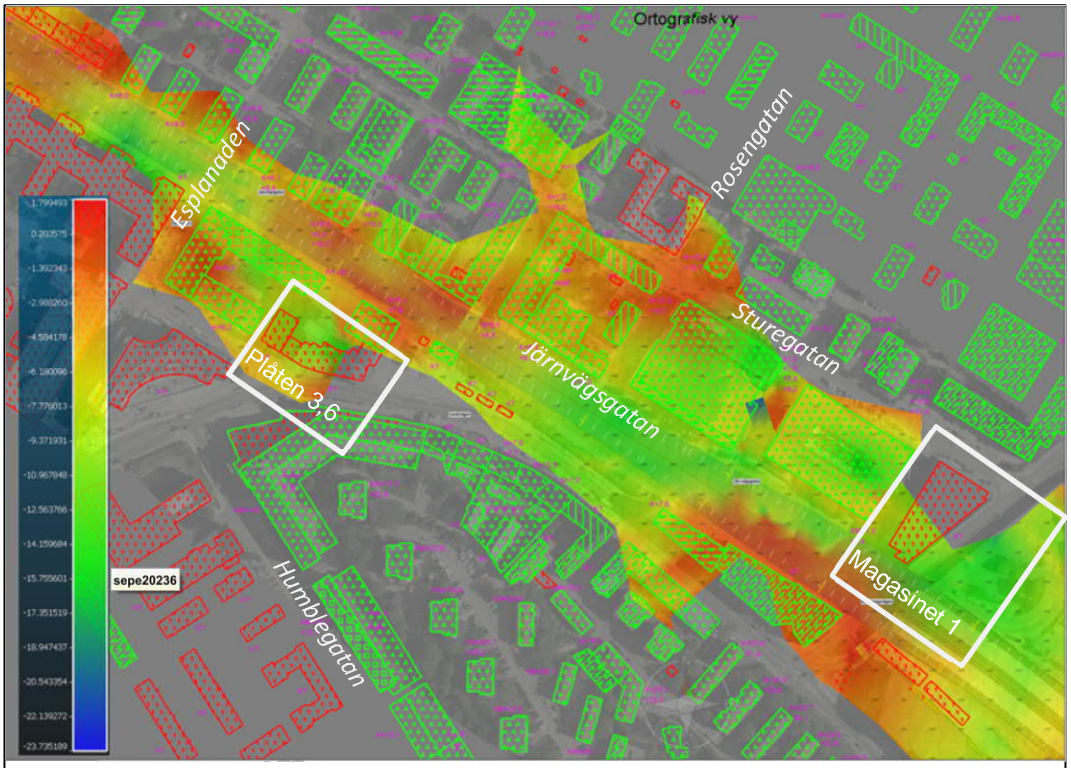
Figur 5. Grundläggning av befintliga byggnader och avstånd till berggrund för sträckan N1 4+850 – 5+550 (Solna). För bergrundsytan under spårområde indikerar röd färg hög berggrundsnivå och grön/blå färg låg berggrundsnivå. Hus med känd grundläggning i samordningsmodellen är grönmarkerade, hus med okänd grundläggning är rödmarkerade.

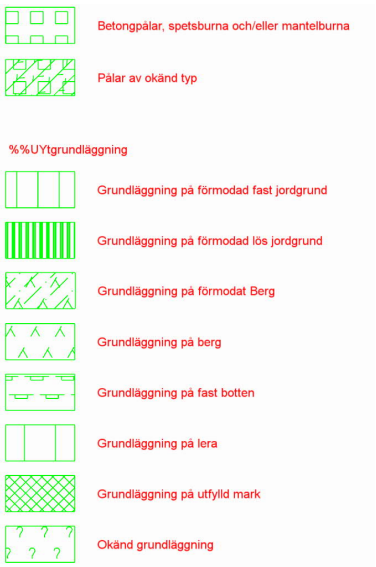
Grundläggning av befintliga byggnader för delsträckan N1 5+600 – 6+000 (Solna Business Park) visas i Figur 6. Planerad grundläggning i tråget är att tunnelkonstruktion anläggs med sekantpålar och spåren grundläggs med påldäck alternativt KC-pelare (referens 15). Byggnader inom spårets närområde är grundlagda på berg, eller pålar alternativt inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer. Ingen del av sträckan kan identifieras där det bedöms föreligga risk för att den nya anläggningen kommer att orsaka komfortvibrationer över riktvärdet.



Figur 6. Grundläggning av befintliga byggnader och avstånd till berggrund för sträckan N1 5+600 – 6+000 (Solna Business Park). För bergrundsytan under spårområde indikerar röd färg hög berggrundsnivå och grön/blå färg låg berggrundsnivå. Hus med känd grundläggning i samordningsmodellen är grönmarkerade, hus med okänd grundläggning är rödmarkerade.

Grundläggning av befintliga byggnader för delsträckan N1 6+250 – 6+810 (Sundbybergs centrum) visas i Figur 7. För Sundbybergstunneln planeras tunnelkonstruktionen anläggas på sekantpålar och spåren går på fast mark. Byggnader i spårets närområde är grundlagda på berg, förmodat fast berg, fast botten, eller förmodad fast jordgrund alternativt inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer. Ingen del av sträckan kan identifieras där det bedöms föreligga risk för att den nya anläggningen kommer att orsaka komfortvibrationer över riktvärdet.





Byggnader i spårets närområde är grundlagda på berg, förmodat fast berg, fast botten, eller förmodad fast jordgrund.

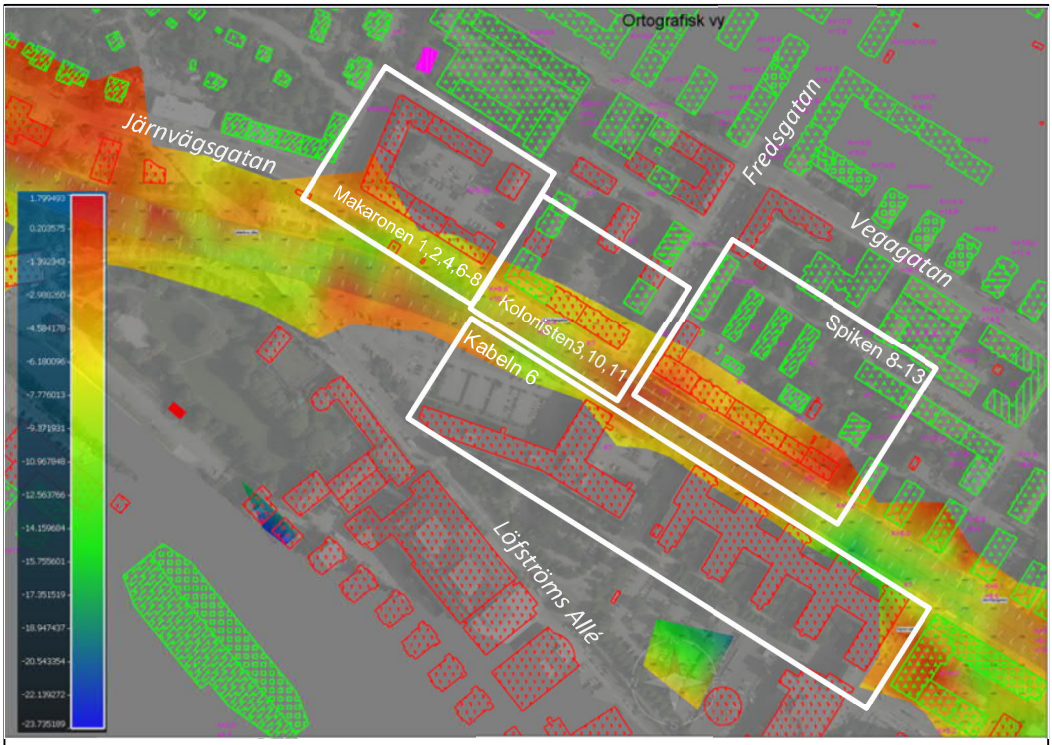
Byggnader med okänd grundläggning i närheten av spårområde är markerade i figuren.

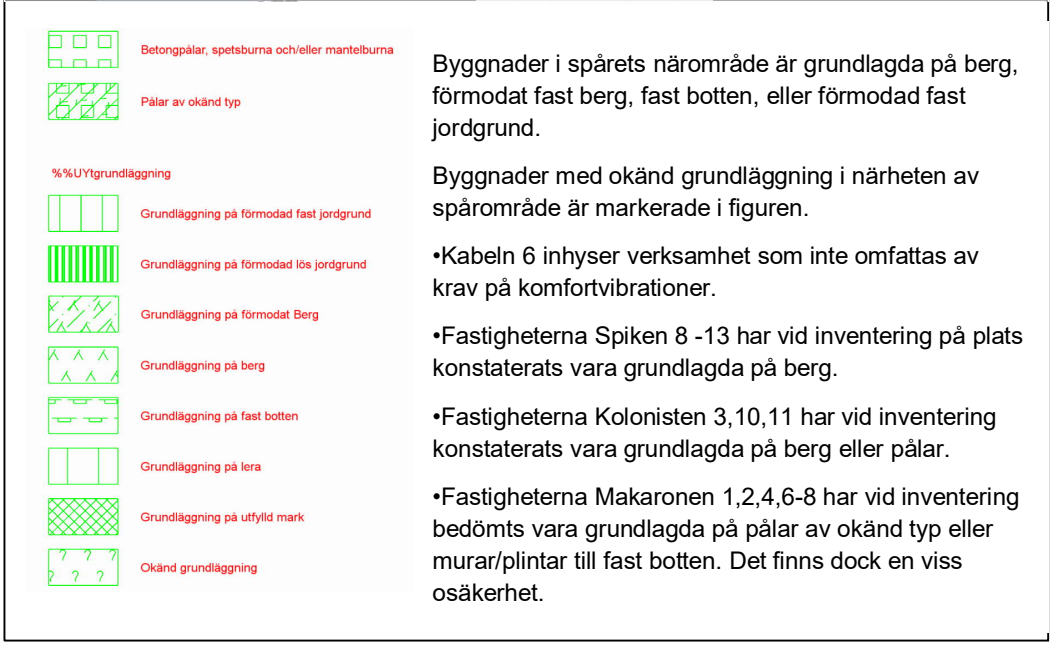
• Magasinet 1 inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer.

• Byggnaderna i fastigheterna Plåten 3 och 6 har vid inventering på plats konstaterats vara grundlagda på berg.

Figur 7. Grundläggning av befintliga byggnader och avstånd till berggrund för sträckan N1 6+250 – 6+810 (Sundbybergs centrum). För bergrundsytan under spårområde indikerar röd färg hög berggrundsnivå och grön/blå färg låg berggrundsnivå. Hus med känd grundläggning i samordningsmodellen är grönmarkerade, hus med okänd grundläggning är rödmarkerade.

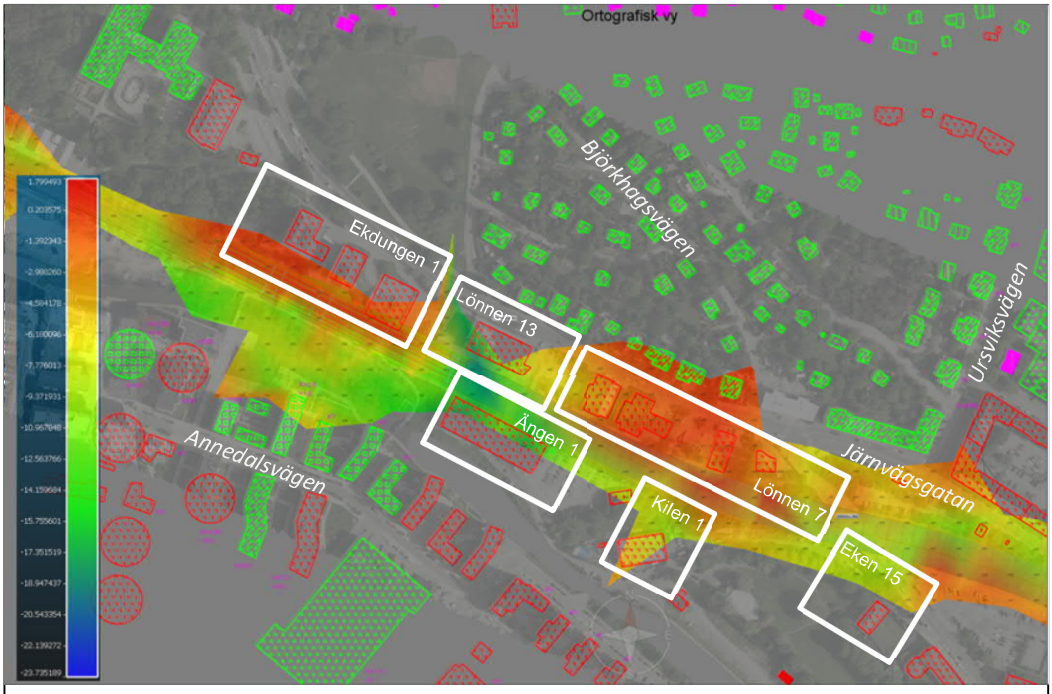
Grundläggning av befintliga byggnader för delsträckan N1 6+700 – 7+250 (Sundbyberg) visas i Figur 8. Byggnader i spårets närområde är grundlagda på berg, förmodat fast berg, fast botten, eller förmodad fast jordgrund alternativt inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer. Det finns vissa osäkerheter kring grundläggningen av byggnaderna på fastigheterna Makaronen 1,2,4,6-8, dock är planerad grundläggning för Sundbybergstunneln att tunnelkonstruktionen anläggas på sekantpålar och spåren går på fast mark. Ingen del av sträckan kan identifieras där det bedöms föreligga risk för att den nya anläggningen kommer att orsaka komfortvibrationer över riktvärdet.

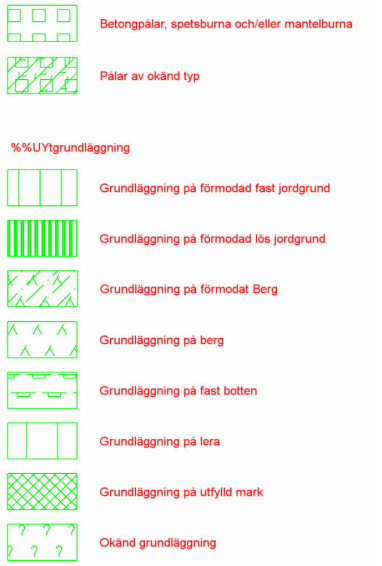




Figur 8. Grundläggning av befintliga byggnader och avstånd till berggrund för sträckan N1 6+700 – 7+250 (Sundbyberg). För bergrundsytan under spårområde indikerar röd färg hög berggrundsnivå och grön/blå färg låg berggrundsnivå. Hus med känd grundläggning i samordningsmodellen är grönmarkerade, hus med okänd grundläggning är rödmarkerade.

Grundläggning av befintliga byggnader för delsträckan N1 7+300 – 7+900 (Duvbo/Annedal) visas i Figur 9. Byggnader i spårets närområde är grundlagda på pålar, eller förmodat fast berg alternativt inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer. Det finns vissa osäkerheter kring grundläggningen av byggnaderna på Ekdungen 1, dock är planerad grundläggning för tunnelförlängningen att spåren pålas i lerområde till ca 7+725. Markspår i Duvbo från 7+725 till 7+900 föreslås urgrävning av lera mot bergkrossmaterial ned till fast botten samt bankpålning. Ingen del av sträckan kan identifieras där det bedöms föreligga risk för att den nya anläggningen kommer att orsaka komfortvibrationer över riktvärdet.





Byggnader i spårets närområde är grundlagda på pålar eller förmodat fast berg.

Byggnader med okänd grundläggning i närheten av spårområde är markerade i figuren.

Eken 15, Kilen 1, Ängen 1, Lönnen 7 och 13 inhyser verksamhet som inte omfattas av krav på komfortvibrationer.

Ekdungen 1 är troligtvis berggrundlagt.

Figur 9. Grundläggning av befintliga byggnader och avstånd till berggrund för sträckan N1 7+300 – 7+900 (Duvbo/Annedal). För bergrundsytan under spårområde indikerar röd färg hög berggrundsnivå och grön/blå färg låg berggrundsnivå. Hus med känd grundläggning i samordningsmodellen är grönmarkerade, hus med okänd grundläggning är rödmarkerade.

Förenklad stomljudsberäkning

Genom att studera mätdata från järnvägens nuvarande trafikering, samt empiriska data från andra ljudmätningar från tåg, har en förenklad stomljudsmodell tagits fram.

Modellen består av en semi-empirisk metod som utvecklades av Ungar och Bender, referens 2, kompletterad och justerad med mätningar av källstyrka från befintlig godstågstrafik samt anpassning för att gälla Mälarbanans förutsättningar.

Följande parametrar (från tåg till rum) ingår i beräkningsmodellen:

- Källstyrka från godståg i form av vibrationshastighet nära ballastspår.
    - Källspektra för persontåg förutsätts ge 3-5 dB lägre värden än godståg, förutsatt liknande skick på hjulen.
    - Ökning av källstyrkan med 6 dB per hastighetsdubblering under 100 km/h och 4 dB per hastighetsdubblering över 100 km/h.
    - Modellen förutsätter normalt spårunderhåll och att kraftigt hjulslitage (s.k. hjulplattor) inte förekommer.
    - Osäkerheten angående ytojämnheten i räl bedöms till en onoggrannhet på ±5 dB. För enstaka godstågspassager med hjulplatta bedöms 10 dB högre ljudnivåer kunna förekomma

- Dämpning av vibrationsamplituden på grund av avstånd från källan

- Frekvensberoende dämpning på grund av inre förluster i berget/marken. Stomljudsberäkningar förutsätter berg utan sprickor.
    - Stomljudsnivån bedöms kunna minska med 10 dB om vibrationsöverföringen i berg passerar en sprickzon.

- Frekvensberoende dämpning på grund av byggnadens grundläggning.
    - Osäkerhet i beräknade värden i byggnad beroende på koppling mellan mark och byggnad och byggnadsresonanser bedöms till ±5dB.

- Kända rumsakustiska samband mellan vibrationshastighet i byggnadselement och ljudtrycksnivå i rum.
    - Osäkerheter för rummets rumsakustiska egenskaper bedöms vara ±5dB.

Följande funktioner har används för beräkningar till respektive byggnad.

$$y_{berg} = -11{,}34 * \ln(x) + 82{,}25 \text{ [dBA]}$$

$$y_{mark} = -13{,}09 * \ln(x) + 71.51 \text{ [dBA]}$$

där

y = maximal ljudnivå i dBA re 20 µPa med tidsvägning Fast i lägsta våningsplan för byggnad grundlagd direkt på berg respektive mark.

x = avstånd i meter mellan byggnad och spår

4 Resultat

4.1 Nuläge

Resultatet från mätningarna vid kvarteret Plåten i Sundbyberg (Figur 2) visade på låga komfortvibrationsnivåer, som mest 0,3 mm/s, trots byggnadens närhet till spåranläggningen, se referens 1. Därmed förutsätts boende i nuläget inte vara utsatta för komfortvibrationer som överskrider riktvärden.

Uppmätta stomljudsnivåer i markplan ligger nära riktvärdet. Den högsta registrerade stomljudsnivån orsakades av ett regionaltåg, se referens 5. Grundläggningen av den nya spåranläggningen, bland annat med sträckor på berg, innebär en stor risk för stomljud varför åtgärder för att förebygga stomljudsstörningar för den utbyggda anläggningen har utretts.

4.2 Utbyggd anläggning

Komfortvibrationer

Förutsättningarna för komfortvibrationsnivåer beskrivs i avsnitt 3.

Inga sträckor har identifierats där trafik på den utbyggda anläggningen bedöms kunna medföra komfortvibrationsnivåer över 0,4 mm/s i bostäder eller vårdlokaler. Därmed föreslås inga åtgärder för extra förstärkning under spår för att minska risken för komfortvibrationsstörning, utöver den geotekniska grundförstärkning som redan har projekterats.

Stomljud

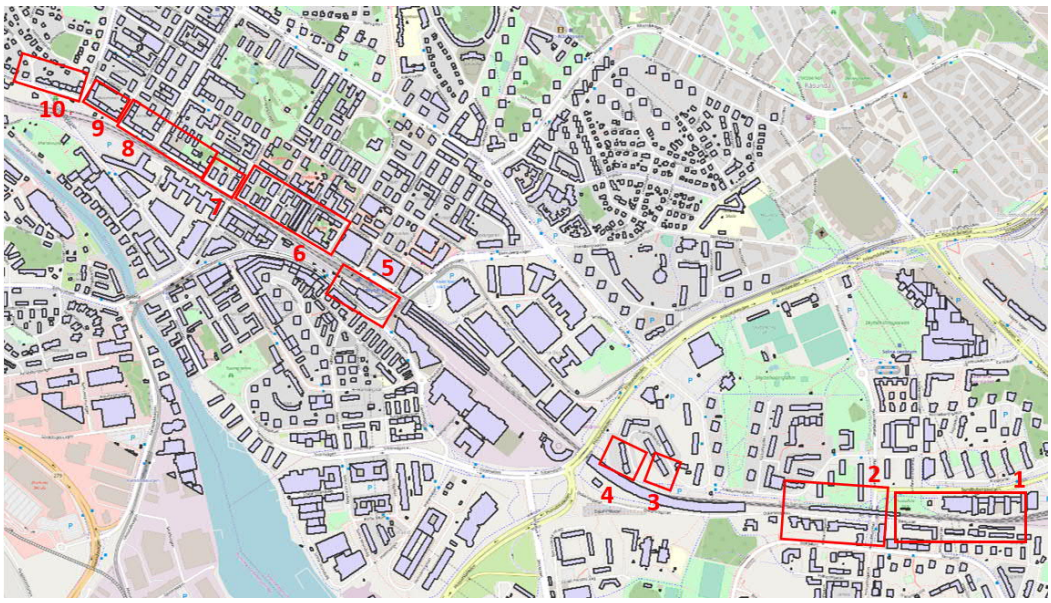
Utan åtgärd i spår beräknas maximala stomljudsnivåer på upp till ca 52 dBA kunna uppkomma i bostadsrum nära tunneln. De högsta nivåerna predikteras för bostäderna längs Järnvägsgatan intill Sundbybergstunneln. Samtliga beräknade fastigheter i Tabell 4 är grundlagda på berg, eller förmodas vara grundlagda på berg.

Åtgärd för att minska stomljudsnivå föreslås på delsträckor enligt Tabell 4.

Tabell 4. Delsträckor där åtgärd mot stomljud föreslås. Det angivna behovet av stomljudsisolering avser 63 Hz. Fastigheternas placering redovisas i Figur 10

Spårkm där åtgärd mot stomljud föreslås	Under-grund spår	Minsta avstånd spår-hus (m)	Behov av stomljuds isolering (dB)	Fastigheter på delsträckan	Beräknad stomljudsnivå utan stomljuds-isolering (L_{maxF} dBA)	Numrering i Figur 11
4+400 - 4+800	Mark	16	1	Vargen 14, Hälla 15 m.fl.	36	1
4+800 – 5+000	Berg	18	14	Albygård 1, Albygård 3, Kranen 1, Krubban 4	49	2
5+300 – 5+350	Berg	60	1	Rudtorp 6	36	3
5+350 – 5+430	Berg	30	9	Ingenjören 3	44	4
5+430 – 5+500	Berg	17	15	Ingenjören 3	50	4
5+500 – 5+610	Berg	30	9	Ingenjören 3	44	4
6+180 – 6+420	Berg	12	19	Sundbyberg 2:78 m.fl. (kontorshus)	54	5
6+530 – 6+800	Berg	15	17	Posten 6, Muraren 5 m.fl.	52	6
6+800 – 6+900	Berg	15	17	Spiken 5-7	52	7
6+900 – 7+200	Berg	15	17	Spiken 13 m fl.	52	8
7+200 – 7+300	Berg	24	11	Makaronen 6 m.fl.	46	9
7+300 – 7+500	Berg	58	1	Enen9, Granen 9 m.fl.	36	10

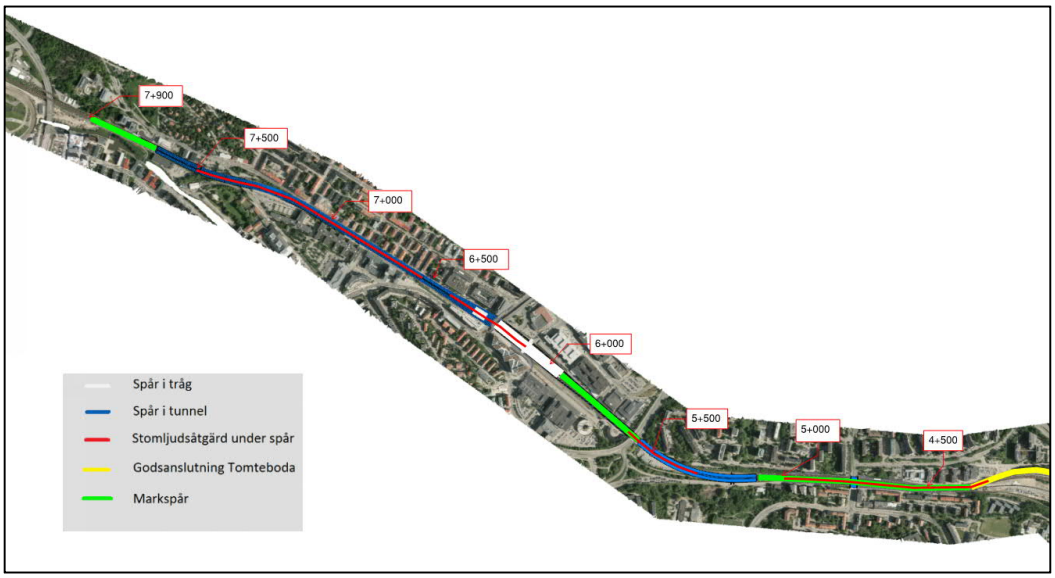
Fastigheterna som är lokaliserade inom delsträckor där åtgärder mot stomljud föreslås visas i Figur 10.



Figur 10. Områden där åtgärd mot stomljud föreslås. Numreringen presenteras i Tabell 4.

Med stomljudsisolerande åtgärder på de sträckor som redovisas i Tabell 4 och Figur 11 beräknas stomljudsnivån inomhus understiga riktvärde 35 dBA maximalvärde med tidsvägning Fast.

Stomljudsisolering för godstågsanslutningen till Tomteboda bedöms enbart erfordras den sträcka som passerar intill kv Tegen 6 då resterande sträcka inte antas ligga nära berg.



Figur 11. Skiss över behovet av stomljudsisolering under spår.

5 Resultatdiskussion och avvägningar

Beräkningsresultaten är behäftade med viss osäkerhet eftersom överföringsfunktionen mellan makadamspår på bergschakt och bostadsrum inte har mätts upp. Det finns emellertid goda möjligheter att göra sådana mätningar under byggtiden. Efter att mätningar genomförts kan optimala stomljudsdämpande åtgärder väljas som kombinerar tillräcklig vibrationsisolering med lägsta möjliga kostnad.

6 Möjliga åtgärder

Stomljudsisolering av makadamspår görs vanligen med någon av nedanstående varianter. I Tabell 5 redovisas olika typer av lösning, ungefärlig isolering och kommentarer.

Tabell 5. Möjliga typer av stomljudsisolering för ballastspår

Åtgärd	Stomljudsisolering	Kommentar
Ballastmatta under spårbädd, öppna porer	Ca 15 dB	Tjocklek ca 50 mm, stenull och liknande material.
Ballastmatta under spårbädd, slutna porer	Ca 15-22 dB	Tjocklek ca 50 mm, polyuretangummi och liknande material.
Rälsunderlägg	Ca 5-10 dB	Tillverkas i många olika material. Inget behov av djupare tunnelschaktning.
Rälsinfästning	Ca 0-10 dB	Mjukare rälsinfästning ger större stomljudsisolering. Inget behov av djupare tunnelschaktning.
Slipermatta, slipersko	Ca 8-12 dB	Undersidan på slipers är behandlade med gummimatta eller annat elastiskt skikt. Inget behov av djupare tunnelschaktning.

Där åtgärdsbehovet är som störst krävs sannolikt lösningar med ballastmattor med hög stomljudsisolering för att riktvärdet skall klaras. Detta gäller framförallt i tunnelpartier där ballastspåret kommer att ligga på bergschakt på kort avstånd från bostäder grundlagda på berg.

7 Referenser

1. *Rapport 10207385 Mälarbanan Sundbyberg, Komfortvibrationer befintliga spår,* WSP, 2016

2. *Vibrations produced in buildings by passage of subway trains*, EE Ungar och EK Bender, InterNoise, 1975

3. *Geodynamik i praktiken*, Information 17 utgiven av Statens Geotekniska Institut

4. *Produktbroschyrer från Pandrol*, Rock Delta, Getzner Werkstoffe, Sonneville

5. *PM 10211422 Mätning av stomljud i Kv Plåten 1*, WSP, 2017

6. *Spårprofil U1*, arbetsmaterial, WSP, 170918

7. *Spårplan och profil Godstågsanslutning till Tomteboda alternativ 9*, 170926

8. *Stomljud, Beskrivning och genomgång av riktvärden för spår- och vägburen trafik, WSP, 151117*

9. *Samordningsmodell Systemhandling Mälarbanan Huvudsta – Duvbo*, 2018-11-07

10. *Fastighetslista inventering riskanalys*, Inventering av WSP Akustik, 2016-03-08

11. *Fastighetslista 2017-10-31*, Inventering av WSP Mark,

12. *Grundläggning_TMO_20171121*, Inventering av WSP Hydrogeologi

13. *Ritningar Spår_U1_V3.5, Mälarbanan (Stockholm C)- Sundbyberg, Huvdsta – Duvbo, Tolkade lager och grundvattennivå, Spår U1 vänster 3,5 m*, 2017-05-30.

14. *Ritningar Spår_N1_H3.5, Mälarbanan (Stockholm C)- Sundbyberg, Huvdsta – Duvbo, Tolkade lager och grundvattennivå, Spår U1 höger 3,5 m*, 2017-05-30.

15. Beskrivning anläggning Konstruktion Systemhandling 9921-14-010_201, 2018-06-07

Trafikverket, Projekt Mälarbanan, 172 90 Sundbyberg
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00