

RAPPORT

UPPSALA KOMMUN

Vibrationsutredning inom detaljplaneområdet för Kapacitetsstark kollektivtrafik

UPPDRAGSNUMMER 13010927



DATUM: 2020-10-02

INFRASTRUKTUR & STADSPLANERING, SWECO ENVIRONMENT AB

UPPDRAGSLEDARE: SAGA HÄVERMARK

2020-10-02

Vibrationsutredning inom detaljplaneområdet för Kapacitetsstark kollektivtrafik

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
2	Förutsättningar	1
2.1	Bedömningsgrunder	1
2.1.1	Riktvärden för vibrationer	1
2.1.2	Riktvärden för stomljud	1
2.2	Källor till vibrationer och stomljud från spårvagnar och buss/BRT	2
2.3	Vibrationskänsliga verksamheter längs sträckningen	2
2.4	Geologiska förutsättningar	2
2.5	Bedömningsmetod	3
2.5.1	Indata	3
2.6	Studerade alternativ	4
2.7	Avgränsningar	5
3	Konsekvenser	5
3.1	Vibrationer	5
3.1.1	Nuläge	5
3.1.2	Nollalternativ	5
3.1.3	BRT-alternativ	5
3.1.4	Spåralternativ	7
3.2	Stomljud	7
3.2.1	Nuläge	7
3.2.2	Nollalternativ	8
3.2.3	BRT-alternativ	8
3.2.4	Spåralternativ	8
4	Åtgärder	8
4.1	Åtgärdsbehov och åtgärdsförslag	8
4.1.1	Vibrationer	8
4.1.2	Stomljud	8
4.1.3	Åtgärder vid anläggning	9
4.2	Åtgärdsförslag under byggfasen	9
4.2.1	Vibrationer	9
4.2.2	Stomljud	9
5	Slutsats	9

2020-10-02

Vibrationsutredning inom detaljplaneområdet för Kapacitetsstark kollektivtrafik

1 Bakgrund

Uppsala kommun önskar i en planläggning pröva ett kollektivtrafikstråk som möjliggör för spårväg alternativt snabbuss (BRT) från Uppsala centralstation till nytt stationsläge i Bergsbrunna, kallad Uppsala Södra. Den föreslagna sträckan är cirka 17 kilometer lång och sträcker sig från Uppsala centralstation och förgrenar sig söderut i dels en östlig, dels en västlig sträckning. Den västra sträckningen föreslås via Rosendal och Gottsunda och den östra sträckningen föreslås via Ulleråker och Ultuna, för att sedan sammanlänkas och gå vidare österut. Den nya knutpunkten Uppsala Södra förbinder det nya kollektivtrafikstråket med järnvägen.

Planområdet består till stor del av befintlig gatumark, men även ej i anspråkstagen mark i form av skogsmark och jordbruksmark samt delar av befintliga bostadsytor, verksamhetsytor och rekreationsytor. Föreslagen sträckning innebär att ett antal nya broar föreslås; en ny bro över Fyrisån vid Ultuna och en bro över Kungsängsleden vid Polacksbacken. Stråket passerar genom flera områden med olika typ av skyddad natur så som strandskydd vid Fyrisån, naturreservaten Årike Fyris, Kronparken och Norra Lunsen samt Natura 2000 vid Bäcklösa, Lunsen och Sävjaån.

Sweco har fått i uppdrag att utreda och redovisa påverkan av vibrationer och stomljud för det föreslagna kollektivtrafikstråket. Vibrationssituationen utreds för både spårvägs- och BRT-alternativet såväl som för ett nollalternativ, utan något nytt kollektivtrafikstråk. Påverkan på befintliga och planerade bostäder, befintliga skolor, verksamheter och naturområden studeras. Risken för vibrationer jämförs med gällande riktvärden och en bedömning görs huruvida kollektivtrafikstråket medför vibrationer som kan medföra en risk för människors hälsa och/eller skador på byggnader.

2 Förutsättningar

2.1 Bedömningsgrunder

2.1.1 Riktvärden för vibrationer

Generella riktvärden för vibrationer i bostadsmiljö saknas. Som bedömningsgrund används Trafikverkets riktlinje Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg (TDOK 2014:1021). För bostäder och vårdlokaler anges som riktvärde en maximal komfortvägd vibrationsnivå på 0,4 mm/s vägd RMS. Det avser vibrationsnivå nattetid (22-06) och får överskridas högst fem gånger per trafikårsmedelnatt. Vibrationsnivån ska dock aldrig överskrida 0,7 mm/s vägd RMS. Med RMS menas det maximala effektivvärdet med vägning "slow" (enligt SS IEC 651) av den vägda hastighetsnivån i mm/s. Riktvärdet ska normalt uppnås vid nybyggnation eller vid väsentlig ombyggnation av infrastruktur. Om vibrationerna överskrider riktvärdet 0,4 mm/s vägd RMS inomhus ska särskilt övervägande göras avseende den totala situationen inkluderande både buller och vibrationer för att bedöma om det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt att vidta åtgärder för att klara riktvärdena för både buller och vibrationer. Känsltröskeln ligger olika för olika personer men enligt SS 460 48 61 är den cirka 0,3 mm/s för frekvenser över 10 Hz.

2.1.2 Riktvärden för stomljud

För stomljud finns inga nationella riktvärden. Den Nationella bullersamordningen har emellertid tagit fram en rapport som beskriver riktvärden för stomljud vid spår- och vägburen trafik. I en gemensam kommentar till rapporten ger en projektgrupp bestående av representanter från de inblandade myndigheterna sin syn på hur föreslagna riktvärden i rapporten bör användas. I den anges 35 dB(A) L_{max}, uttryckt med tidsvägning FAST, som lämpligt riktvärde. Det har mer eller mindre blivit vedertaget att använda det som riktvärde de senaste åren och därför används det även här.

2.2 Källor till vibrationer och stomljud från spårvagnar och buss/BRT

Vibrationer i marken uppkommer genom att tåg eller tung vägtrafik sätter marken i rörelse. Genomförda mätningar har tidigare visat att markvibrationer orsakade av buss är högre än de orsakade av spårvagnar.¹ Vibrationernas storlek beror dessutom på åldern på fordonen. Nyare fordon dämpar vibrationer bättre än gamla.

Vibrationernas storlek ökar med fordonets vikt och hastighet. Det är därför nödvändigt att analysera förekomst av tunga transporter i samband med kollektivtrafikstråket för att avgöra risken för vibrationer inom området. Enligt prognosen kommer strax under 300 tunga fordon passera i kollektivtrafikstråket genom planområdet. Trafiken passerar i låg hastighet längs med hela stråket. I övrigt är det få tunga fordon på övriga vägar.

Från spårtrafik alstras vibrationer och fortplantas via fasta material, exempelvis räl och mark, till närliggande byggnader där de kan orsaka nedsatt boendekomfort. Lågfrekventa vibrationer uppfattas som skakningar och benämns komfortvibrationer. Vibrationer från spårtrafik kan i enstaka fall orsaka byggnadsskador. Om riktvärdet för komfortvibrationer klaras kan risken för vibrationsskador på byggnader emellertid ofta uteslutas eftersom det normalt sett krävs vibrationer som är cirka 10–100 gånger större för att orsaka byggnadsskador. De högfrekventa vibrationerna, mellan cirka 50 och 200 Hz, omvandlas i stället till ljud och benämns stomljud. Stomljud sprids liksom vibrationer via fasta material till närliggande byggnader. Inne i byggnaden kan stommarna (väggar och bjälklag) sättas i svängning och orsaka ett hörbart mullrande ljud, därav namnet stomljud. Stomljud måste främst beaktas i fall där tåg trafikerar spår på berg. För spår som ligger i markplan dominerar vanligen det luftburna ljudet (buller) över det stomburna bullret. Detta innebär att det för sådana fall sällan uppstår stomljudsproblematik i närliggande byggnader vid spår i markplan.

Kännbara vibrationer i byggnader i närheten av järnväg uppstår när vibrationerna fortplantas genom lösa jordlager fram till byggnaden. Lera är en extra vibrationskänslig jordart. Siltiga och sandiga jordar är också relativt vibrationskänsliga, medan morän har en god förmåga att dämpa vibrationer. Träbyggnader är i grunden känsligare för vibrationsstörningar än tyngre betongstommar eftersom det behövs mer kraft för att sätta de senare i svängning. Detta medför att nyare bebyggelse, som generellt oftare är pålad än äldre bebyggelse, i regel har bättre förmåga att dämpa vibrationer.

Utomhus anses vibrationer från spårtrafik varken vara störande eller skadliga för människor som vistas i närheten. Det är framför allt inomhus nattetid som stomljud och vibrationer brukar upplevas som störande. De är inte fysiskt skadliga, men kan vara irriterande, obehagliga, tröttande och störa sömnen.

2.3 Vibrationskänsliga verksamheter längs sträckningen

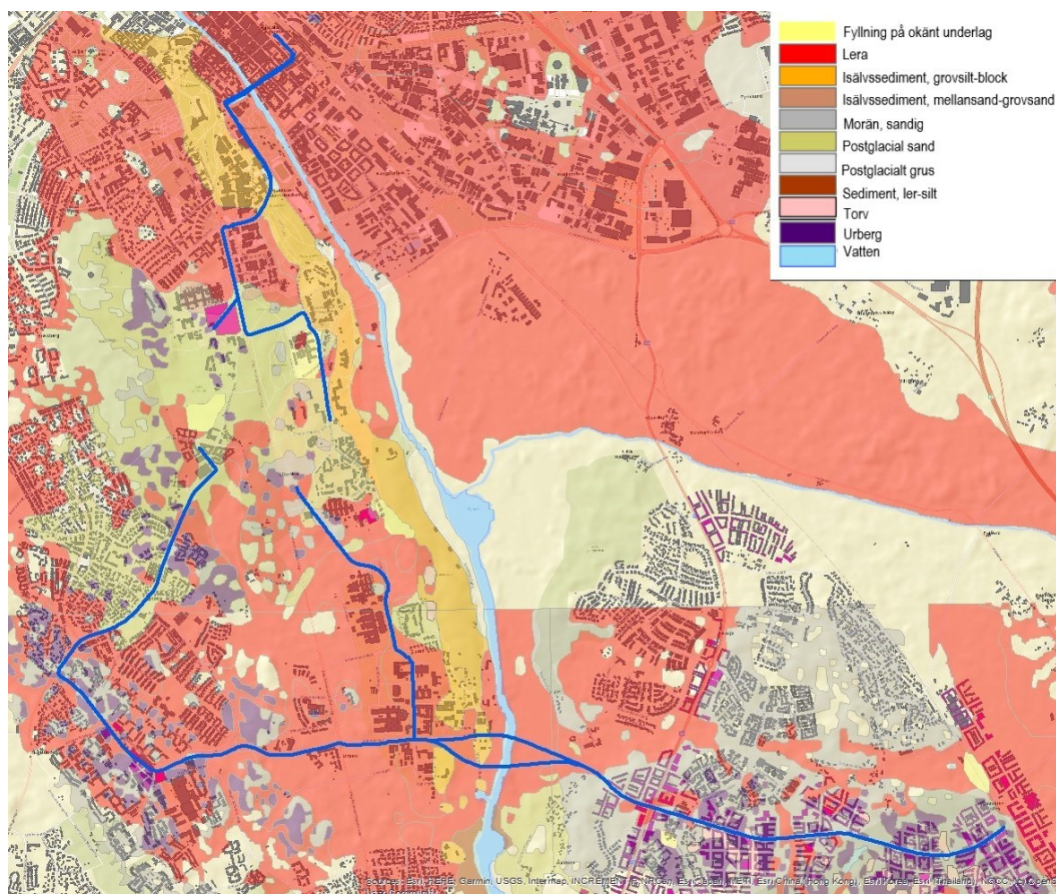
Sträckningen passerar både befintlig och planerad bebyggelse, som till stor del utgörs av bostäder. Ett antal skolor passeras också. Det är framför allt vibrationer inomhus i bostäder, skolor och verksamheter med eventuell vibrationskänslig utrustning som måste tas i beaktande vid bedömning huruvida kollektivtrafikstråket medför markvibrationer som utgör en negativ risk för människors hälsa eller risk för byggnadsskador. Särskilt känsliga byggnader är sådana som ligger på exempelvis lergrund eller siltiga jordar. Det finns ett antal verksamheter för forskning och vård längs med sträckningen, som har bedömts ha viss utrustning som kan vara extra känsliga för vibrationsutsättning. Sådana verksamheter tas därför i särskild beaktning i utredningen.

2.4 Geologiska förutsättningar

Utredningsområdet är till stor del anlagt på lera (se rödfärgade områden i Figur 1), framför allt inne i stadskärnan samt i Gottsunda. Det passerar emellertid också områden med

¹ Spårväg Uppsala. *Vibrationsutredning SLU:s område*. Brekke & Strand Akustik AB. 2020-01-21.

sandiga och grusiga jordar (Rosendalsområdet respektive sydöstrastadsdelarna), isälvssediment, morän och till viss del berg.



Figur 1. Geologisk karta över utredningsområdet. Blå linje anger kollektivtrafikstråket. Rosafärgad bebyggelse är planerad bebyggelse. Källa: Uppsala kommun

För mer detaljerad information om geotekniska förhållanden, se *Uppsala Spårväg. PM Geoteknik – Underlag för samrådshandling*.

2.5 Bedömningsmetod

Vibrations- och stömljudsutredningen är på en övergripande nivå och redovisar således inte exakta vibrations- och stömljuds nivåer. Utredningen utgår från de indata som presenteras nedan.

Avgörande kriterier för bedömning av risk för spridning av vibrationer och stömljud är följande:

- Trafiken som trafikerar spåret, hur ofta den passerar och i vilken hastighet
- Geologi
- Avstånd från spår till planerad bebyggelse och bebyggelsens grundläggning

2.5.1 Indata

Terräng- och grundkartor i 3D erhöles av Uppsala kommun 2020-04-08 och avser situationen år 2020. Geologisk karta erhöles 2020-04-20 av Uppsala kommun. Planerade byggnader i Gottsunda, Ulleråker, Rosendal och sydöstra stadsdelarna erhöles av Uppsala kommun 2020-04-08.

Följande utredningar har också använts som underlag:

- *Uppsala Spårväg. PM Geoteknik – Underlag för samrådshandling*. Uppsala kommun och Region Uppsala. Daterad 2020-05-19.

- 13:2 Riskanalys för anläggningsarbeten, komplettering avseende tillkommande sprängningsarbete. Rosendal etapp 5:1.1, VA och gata. Bjerking. 2020-03-18.
- Spårväg Uppsala. Vibrationsutredning SLU:s område. Brekke & Strand Akustik AB. 2020-01-21.

Kollektivtrafik

Prognoser för turtäthet för BRT samt spårväg har erhållits av UL via Uppsala kommun. För BRT-alternativet har 712 bussar/dygn antagits på sträcka A och D (två linjer) samt 356 turer på sträcka B och C. För spårvägsalternativet har ett totalt antal om 288 spårvagnar per dygn har antagits. Spårvagnarna har antagits vara 45 m långa. Samma turtäthet gäller för 2030 och 2050. Källdata för spårvagnarna har erhållits från rapport från SL och är baserad på mätningar av buller från spårvagnar i Stockholm.

Vägrafik

Prognoser för vägtrafik erhöles för de olika studerade alternativen erhöles av kommunen 2020-04-27. För nollalternativet har ett trendscenariot ("business as usual") för 2030 respektive 2050 använts. Scenariot innebär att inget kollektivtrafikstråk byggs och övrig vägtrafik förväntas därför öka enligt trend. För BRT-alternativet har styrscenariot S2 använts för 2030 och 2050. Scenariot innebär höjda p-avgifter och mer bilpooler, vilket medför att en större andel av resor utgörs av BRT och biltrafiken är således lägre än i trendscenariot. För spåralternativet har styrscenariot S4 använts för 2050 (höjda p-avgifter, ännu mer bilpooler och höjda milkostnader för bilkörning). En linjär extrapolering har gjorts ner till 2030 utgående från nuläget och 2050. Scenariot innebär att en ännu större andel av resor utförs med spårvagn och biltrafiken är således lägre än i både trendscenariot och S2-scenariot.

Eftersom det är många vägar som berörs, och många scenarion, visas inte ÅDT, andel tung trafik och skyltd hastighet för alla vägar och scenarion i det här avsnittet. Se Bilaga 8 till bullerutredningen för aktuella trafikflöden.

2.6 Studerade alternativ

Området delas in i fyra delsträckor; A, B, C och D. För alla dessa delsträckor utreds ett antal olika scenarion/alternativ. För delsträcka D finns dessutom två alternativa brosträckningar; en norrgående lägre belägen bro och en södergående högre belägen bro. Den nordliga bron är belägen cirka 3,5 m ovan mark och den sydliga 16-18 m ovan mark. De två alternativen benämns fortsättningsvis som låg bro respektive hög bro.

De studerade alternativen benämns enligt följande:

Nuläge

Dagens situation med avseende på vibrationer beskrivs översiktligt utgående från bland annat känd kunskap om särskild vibrationsproblematik, trafikering av tung trafik och geologin i området.

Nollalternativ

Beskriver situationen översiktligt 2030 och 2050 med utgångspunkt i att inget nytt kollektivtrafikstråk byggs. Övrig planering så som exempelvis nya stadsdelar antas ske.

BRT-alternativ

Beskriver situationen 2030 och 2050 med utgångspunkt i att ett nytt kollektivtrafikstråk byggs och trafikeras av BRT. Övrig planering så som exempelvis nya stadsdelar antas ske.

Spåralternativ

Beskriver situationen 2030 och 2050 med utgångspunkt i att ett nytt kollektivtrafikstråk byggs och trafikeras av spårvagnar. Övrig planering så som exempelvis nya stadsdelar antas ske.

2.7 Avgränsningar

Inom områdena Rosendal och Ulleråker finns befintliga detaljplaner, där det redan är planlagt för kollektivtrafikstråk. För de områdena har det redan utförts vibrationsutredningar för spårväg och dessa sträckningar ingår därför inte i denna utredning. Inga mätningar eller exakta beräkningar av vibrationer har gjorts.

Detta ska endast ses som en översiktlig bedömning för fortsatta utredningar.

3 Konsekvenser

3.1 Vibrationer

3.1.1 Nuläge

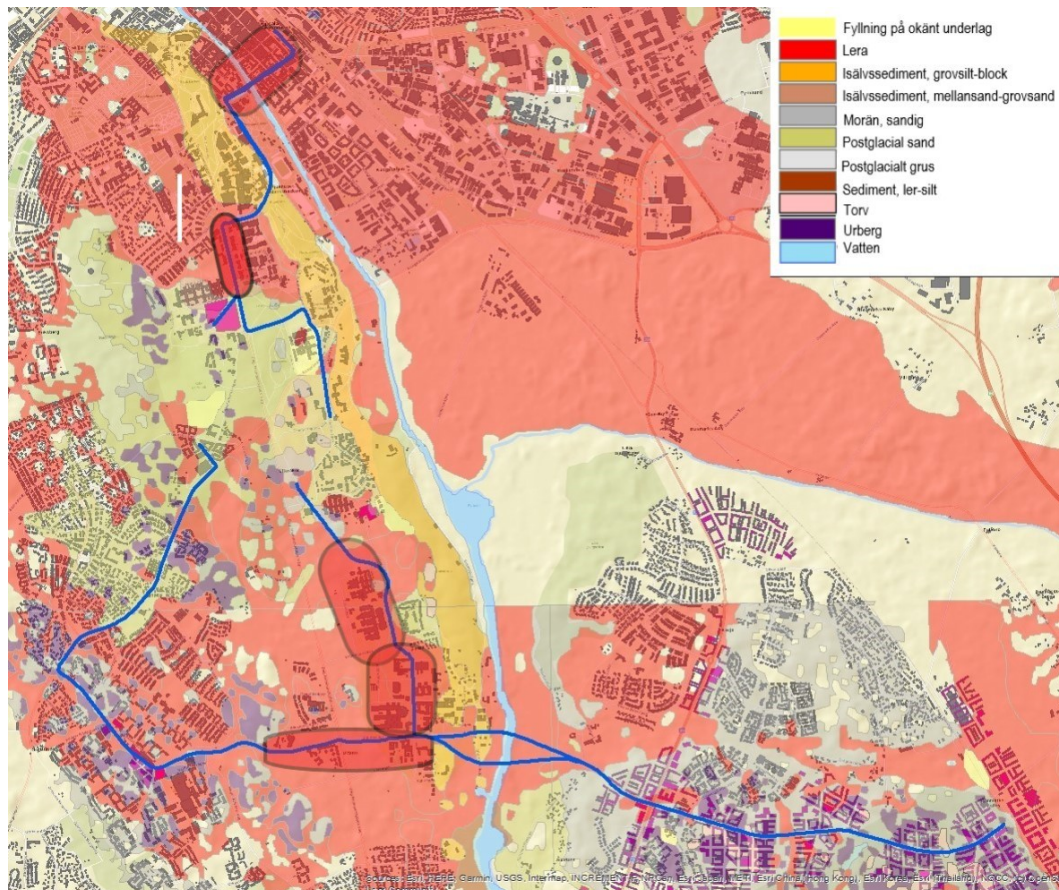
Det finns idag generellt få klagomål på vibrationsproblematik i det område som berörs i denna utredning. Eftersom området idag endast trafikeras av vägtrafik, överlag på jämna underlag, råder ingen särskild vibrationsproblematik. I stadskärnan i delområde A finns emellertid redan idag viss problematik med sättningar. Risken för vibrationer som medför olägenhet för människors hälsa och/eller byggnadsskador bedöms dock liten. De verksamheter som har bedömts vara extra vibrationskänsliga uppger inte att det finns någon särskild vibrationsproblematik idag. Det finns emellertid en oro om att det ska uppstå problematik till följd av ett kollektivtrafikstråk. Vibrationsutredningar som under vintern och våren 2020 har genomförts för Ultuna visar att Ultuna idag påverkas relativt lite av markvibrationer. Området runt Ultuna är baserat på geologiska förutsättningar det område som är som mest känsligt för markvibrationer.

3.1.2 Nollalternativ

Eftersom nollalternativet innebär att inget kollektivtrafikstråk byggs bedöms situationen i området för nollalternativet inte skilja sig avsevärt jämfört med nuläget. Planerad bebyggelse bör ha god förmåga att dämpa vibrationer. Nollalternativet innebär en viss ökning av vägtrafik på några gator, och i vissa fall även fler tunga passager, men då det inte råder någon särskild vibrationsproblematik i området idag bedöms påverkan från enstaka ytterligare tunga passager vara liten. Antalet tunga passager är inte så pass många att de utgör en särskild vibrationsrisk.

3.1.3 BRT-alternativ

Områden där BRT-alternativet bedöms kunna utgöra en risk för höga markvibrationer markeras i rött i Figur 2. Notera dock att det inte är områden där riktvärdena nödvändigtvis riskerar att överskridas, men områden där det råder större risk för förhöjda vibrationer.



Figur 2. Områden med risk för höga markvibrationer

BRT-alternativet innebär ett lägre trafikflöde generellt på vägarna inom utredningsområdet. Markvibrationerna beror emellertid framför allt på förekomsten av tunga transporter, vilket innebär att utbyggnadsförslaget med BRT innebär en risk för något högre markvibrationer inomhus för bostäder och verksamheter som ligger nära kollektivtrafikstråket. Riskerna är störst inom Ultunaområdet (delsträcka C) samt längs med delsträcka A. Delsträcka B passerar delvis byggnader grundlagda på lera men det är framför allt den nya bebyggelsen som kommer att ligga nära stråket om det byggs. Den planerade bebyggelsen antas byggas på ett sådant sätt att risken för höga markvibrationer inomhus är minimal. Den befintliga bebyggelsen i området som ligger på lergrund bedöms ha likvärdiga förutsättningar som de vibrationskänsliga verksamheterna i Ultuna, som också är grundlagda på lera. Befintlig bebyggelse på lergrund utsätts därmed inte för större vibrationsrisker till följd av kollektivtrafikstråket än vad verksamheterna i Ultuna gör. Enligt Brekke & Strand Akustiks vibrationsutredning för Ultuna finns risk för något högre vibrationer om kollektivtrafikstråket byggs jämfört med nuläget. Delsträcka D passerar till stor del ny bebyggelse, som precis som inom delsträcka B bör ha goda möjligheter att minska risken för höga markvibrationer inomhus. Sträckningen D går dessutom till stor del på morän, som har en god förmåga att dämpa markvibrationer.

Hastigheten är låg längs med hela kollektivtrafikstråket, vilket också minskar risken för höga markvibrationer.

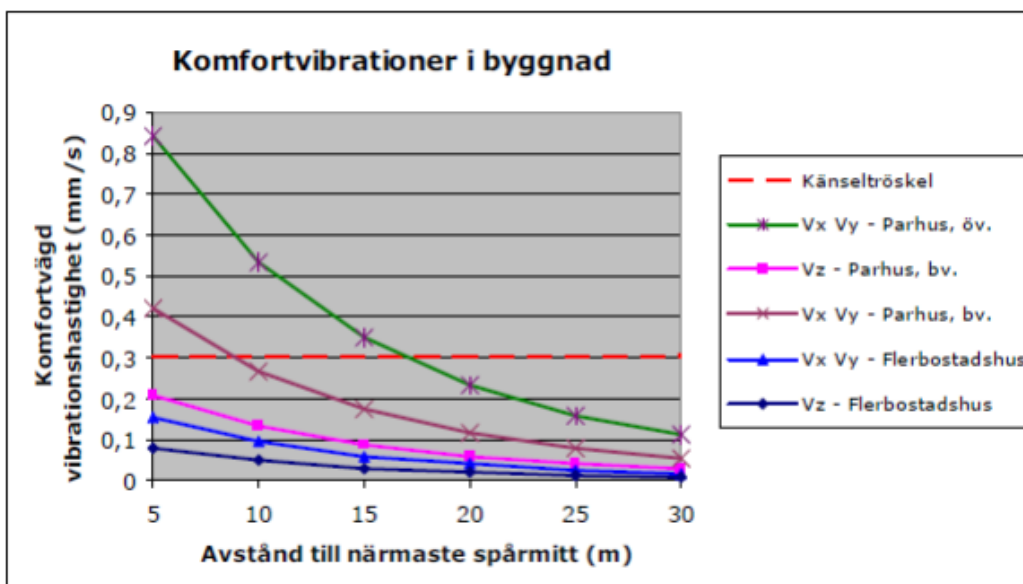
Riskerna för förhöjda markvibrationer kan behöva tas i beaktande vid eventuell utbyggnad av de verksamheter längs med sträckningen som har identifierats som särskilt vibrationskänsliga. Om det planeras för utbyggnation bör vibrationerna studeras mer i detalj i samband med det.

3.1.4 Spåralternativ

Områden där spåralternativet bedöms utgöra en risk för höga markvibrationer redovisas också i Figur 2. Överlag bedöms riskerna för markvibrationer till följd av BRT och spårtrafik vara likvärdiga.

Spåralternativet innebär ett ännu lägre trafikflöde på vägarna inom utredningsområdet än både nollalternativet och BRT-alternativet. Eftersom markvibrationerna beror framför allt beror på förekomsten av tunga transporter är riskerna för BRT och spårväg dock liknande.

I Figur 3 visas ett generellt samband mellan komfortvibrationer och avstånd till spår i tre olika riktningar för två olika byggnadstyper. Det är framför allt på övervåning i småhus med trästomme, på cirka 15 meters avstånd från spår, som det kan uppstå komfortvibrationer över känseltröskeln på 0,3 mm/s. Det kan jämföras med riktvärdet på 0,4 mm/s i bostäder. Det är inte mycket bebyggelse av den typen längs med sträckningen. Längs med Vårdsättravägen finns viss bebyggelse i enlighet med det, men där är de geologiska förutsättningarna goda. Det är framför allt planerad bebyggelse i Gottsunda och sydöstra stadsdelarna som planeras nära spåret. Sydöstra stadsdelarna bedöms ha goda geologiska förhållanden för att dämpa markvibrationer från spår. I Gottsunda bedöms risken för förhöjda markvibrationer något högre men eftersom hastigheten är låg är förhållandena trots allt relativt goda.



Figur 3. Samband mellan komfortvibrationer i olika byggnadstyper och avstånd från spårmitt. Bildkälla: Spårväg Lund C till ESS – buller och vibrationer. Ramböll 2013-10-14

Inga bostäder längs med sträckningen bedöms få kritiska markvibrationer till följd av spåralternativet. För de vibrationskänsliga verksamheterna på Ultuna kan viss förhöjning av markvibrationer ske, se separat utredning. Ultuna bedöms vara det mest utsatta området.

3.2 Stomljud

Eventuell stomljudproblematik förväntas endast uppstå i byggnader grundlagda på berg. Nedan beskrivs kort förutsättningarna för att innehålla riktvärden för stomljud för samtliga alternativ.

3.2.1 Nuläge

Stomljudproblematik uppstår framför allt till följd av spårtrafik på berggrund, vilket innebär att det idag inte råder någon stomljudsproblematik i utredningsområdet.

3.2.2 Nollalternativ

Eftersom det idag inte råder någon stomljudproblematik i området, och nollalternativet innebär att det inte byggs något kollektivtrafikstråk, innebär nollalternativet ingen förhöjd risk för stomljudproblematik.

3.2.3 BRT-alternativ

BRT-alternativet innebär kollektivtrafikstråket trafikeras av buss, inte spårvagnar, vilket innebär att det inte medför en särskild risk för stomljudproblematik.

3.2.4 Spåralternativ

Risken för stomljud över 35 dB(A) L_{max} med tidsvägning FAST inomhus i bostäder bedöms som låg. Risken finns endast för byggnader grundlagda på berg, vilket för sträckningen endast gäller ett fåtal områden inom delsträcka B och D. Det är framför allt den planerade bebyggelsen som kan få stomljudsproblematik. Eftersom den bebyggelsen inte finns på plats idag, och utformning kan komma att förändras, går det i nuläget inte att säga vilka exakta stomljuds nivåer de får till följd av spårvägsalternativet.

4 Åtgärder

Åtgärdsbehoven längs med sträckningen bedöms generellt som låga. Det är framför allt planerad bebyggelse som bedöms påverkas.

4.1 Åtgärdsbehov och åtgärdsförslag

4.1.1 Vibrationer

Det är svårt att ange skyddsavstånd när det gäller markvibrationer. Det finns en mängd parametrar att ta hänsyn till, varav många ofta inte är kända i de aktuella fallen.

När det gäller vägtrafik är vägbanans jämnhet av avgörande betydelse för uppkomsten av vibrationer. När det gäller spårtrafik är det hjulens rundhet och rälsens jämnhet som är avgörande. När det gäller spridningen av vibrationer är grundläggningen avgörande och lera är den sämsta marktypen då den kan transportera vibrationerna långa sträckor. Byggnader med lätta bjälklag av trä eller stål är inte heller optimalt ur vibrationssynpunkt. I senare skede bör en utförlig inventering göras av närliggande bostäder och eventuellt känsliga verksamheter för att specificera konstruktionen hos dem. Det är då möjligt att några särskilt utsatta fastigheter identifieras. Det är främst byggnader med lätta bjälklag på lergrund nära kollektivtrafikstråket som kan bli aktuella.

I dagsläget är det inte klart exakt hur bebyggelsen i exploateringsområdena kommer att utformas. Det är därför en god idé att förbereda för att bebyggelse kan hamna så nära spåret att åtgärder kan vara nödvändiga. För att kunna bebyggelseplanera nära ett eventuellt kollektivtrafikstråk bör vibrationsdämpande åtgärder vidtas redan vid anläggandet av det.

För de verksamheter som har bedömts vara vibrationskänsliga föreslås en utförlig inventering av känslig apparatur. I övrigt hänvisas till Brekke & Strand Akustiks vibrationsutredning för Ultuna.

4.1.2 Stomljud

Stomljud kommer att maskeras av spårvagnsbuller via fönster om dessa vetter mot spårvägen. Det finns därför generellt en ökad risk för hörbart stomljud i rum och byggnader utan fönster mot spåret. Det luftburna ljudet från spårvagn kan då bli så lågt att det inte maskerar det stomburna ljudet, som därigenom uppfattas tydligare.

Stomljud bör precis som vibrationer tas i beaktande vid exploateringen av områdena.

4.1.3 Åtgärder vid anläggning

Det är svårare att åtgärda eventuella vibrationer i efterhand. För att undvika åtgärder i efterhand i så stor utsträckning som möjligt kan hänsyn till vibrationer tas redan vid anläggningen av stråket. På så sätt dämpas vibrationer och stomljud vid källan. Vibrationsdämpande åtgärder kan exempelvis vara:

- Vibrationsisolering med massa-fjädersystem: Vibrationsisolerande spårssystem i form av massa-fjädersystem möjliggör att bygga spårtrafik nära bostäder och andra känsliga verksamheter. Det har använts t ex för Spårväg city i Stockholm. Även ballastmatta kan vara ett alternativ där risken för stomljud är lägre. Sådana här lösningar ska tas i beaktande redan från början.
- Gräsbeläggning i spår: Detta innebär att spåret förses med en övre beläggning av substrat och vegetation. Marken under spåret fungerar på det sättet som en vibrationsdämpare mot rälen och dämpar ljudet från rälen.

Hänsyn till vibrationer redan vid anläggning av stråket bör särskilt tas för delsträcka B, där stråket passerar närmare än 15 m från en del bostäder.

4.2 Åtgärdsförslag under byggfasen

4.2.1 Vibrationer

Vibrationer i marknivå uppkommer främst vid sprängning. Vibrationer kan upplevas som störande för boende, men eftersom vibrationen från en sprängning uppstår under så kort tid, är de problem som kan uppkomma på grund av vibrationer i stället främst kopplade till risk för skador på byggnader. Denna typ av skador inträffar sällan eftersom det före sprängning vidtas en rad försiktighetsmått. Det krävs dessutom överlag höga vibrationsnivåer, cirka 10-100 gånger större än de som normalt brukar vara kännbara, för att risk för byggnadsskador ska uppstå.

Det finns riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader. Riktvärdet sätts så att byggnadsskador ska undvikas och baseras på grundläggningsförhållanden, byggnadens konstruktion och användning samt avstånd till tunneln.

4.2.2 Stomljud

Stomljud uppstår vid byggnation framför allt vid borrhning i berg. I byggnader som är anlagda på berg eller som har pålar som vilar på berg kan stomljudet fortplanta sig så att det upplevs en störning vid vistelse i bygganden. I byggnader som är anlagda på lera med platta på mark, plintar eller mur är risken för stomljud däremot liten. Det är få områden grundlagda på berg och där det kan bli aktuellt med stomljud under byggfas bör arbetet ske under tider så att störningen är så liten som möjligt.

5 Slutsats

Utredningen har resulterat i följande slutsatser:

- BRT- och spåralternativet innebär båda generellt en högre risk för problematik med förhöjda markvibrationer och stomljud.
- Nollalternativet bedöms inte ge någon avsevärd förändring jämfört med nuläget.
- Det är framför allt planerad bebyggelse samt viss verksamhet framför allt på Ultuna som bedöms påverkas av införandet av kollektivtrafikstråk.
- För att undvika problem med vibrationer och stomljud bör vibrationsdämpande åtgärder genomföras enligt principerna i denna utredning.