



CHALMERS



Akustiska åtgärder vid förtätning av staden

En studie av gröna lösningar och tyst asfalt för en förbättrad bullermiljö vid Kvarteret Skansbron

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

SARA BLOMKVIST
JOHANNA EDOFF
ANTON HERMANSSON
JAKOB NORDENSTAM
JULIA MOE
GUSTAV THURESSON

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2014
Kandidatarbete 2014:50

KANDIDATARBETE I TEKNISK AKUSTIK

Akustiska åtgärder vid förtätning av staden

En studie av gröna lösningar och tyst asfalt för en förbättrad bullermiljö vid Kvarteret
Skansbron

SARA BLOMKVIST
JOHANNA EDOFF
ANTON HERMANSSON
JAKOB NORDENSTAM
JULIA MOE
GUSTAV THURESSON

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2014

Akustiska åtgärder vid förtätning av staden

En studie av gröna lösningar och tyst asfalt för en förbättrad bullermiljö vid Kvarteret Skansbron

SARA BLOMKVIST

JOHANNA EDOFF

ANTON HERMANSSON

JAKOB NORDENSTAM

JULIA MOE

GUSTAV THURESSON

© SARA BLOMKVIST, JOHANNA EDOFF, ANTON HERMANSSON, JAKOB NORDENSTAM,
JULIA MOE, GUSTAV THURESSON, 2014

Kandidatarbete 2014:50

Institutionen för Bygg- och miljöteknik

Avdelningen för teknisk akustik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: +46 (0)31-772 1000

Omslag:

Översikt över Skanstorget, 2014.

Chalmers reproservice

Göteborg, Sverige, 2014

Akustiska åtgärder vid förtätning av staden

En studie av gröna lösningar och tyst asfalt för en förbättrad bullermiljö vid Kvarteret Skansbron

SARA BLOMKVIST

JOHANNA EDOFF

ANTON HERMANSSON

JAKOB NORDENSTAM

JULIA MOE

GUSTAV THURESSON

Institutionen för Bygg- och miljöteknik

Avdelningen för teknisk akustik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Denna studie är utförd vid Avdelningen för teknisk akustik på Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Rapporten syftar till att utvärdera bullerdämpande åtgärder i tätbebyggd stadsmiljö med betoning på vegetationstekniska lösningar i form av gröna fasader och låghöjdsbarriärer. Vidare analyseras även tyst asfalt. Åtgärdernas bullerdämpande effekt, praktiska genomförbarhet och ekonomiska aspekter behandlas.

Buller har en negativ inverkan på människans hälsa. Vid långvarig exponering kan buller bland annat orsaka hjärt-kärlsjukdomar, sömnsvårigheter och nedsatt koncentrationsförmåga. Vid planering av nya bostäder måste därför riktvärden för tillåtna ljudnivåer beaktas. Då invånarantalet i städerna förväntas öka och leda till tätare bebyggelse är det av stor vikt att en god bullermiljö kan erbjudas.

Tillämpning av bullerdämpande åtgärder utreds genom studier av den akustiska situationen vid Skanstorget i Göteborg. Skanstorget är beläget intill trafikleden Övre Husargatan och nyttjas i dagsläget som parkeringsplats. Det finns olika förslag om byggnation av bostäder och verksamheter på torget som en del i förtätningen av staden. Rapporten utgår från förslaget Kvarteret Skansbron, vars utformning omfattar ett slutet kvarter.

En litteraturstudie har genomförts för redogörelse av akustiska begrepp, ljudets fysikaliska egenskaper och teori kring trafikbuller och bullerdämpande lösningar. Som underlag för analysering av ljudbilden i det aktuella området utförs mätningar av ljudtrycksnivåer på plats vid Skanstorget. På så sätt har de mest kritiska bullerkällorna identifierats. Vidare används resultat från simuleringar i programvaran SoundPLAN för utvärdering av olika akustiska lösningar och dess inverkan på ljudmiljön.

Ljudtrycksmätningarna visar nivåer på ca 63 dB(A) vid tilltänkt fasad. Resultaten från simuleringarna visar att gröna lösningar har en bullerdämpande effekt. De är emellertid inte tillräckliga för att Kvarteret Skansbron ska uppnå Boverkets riktlinjer för dygnsekvivalent ljudtrycksnivå på 55 dB(A). Med tillgång till en tyst sida kan dock ljudnivåer på upp till 65 dB(A) accepteras. De reducerade ljudnivåerna hamnar i ett intervall mellan 59 och 62 dB(A) vid användandet av en låghöjdsbarriär intill Övre Husargatan samt en grön fasad på det nya kvarteret. Detta ses som en motiverad åtgärd, eftersom lösningarna bidrar till en bättre bullermiljö både i form av faktiska ljudtryckssänkningar och förbättrad visuell miljö.

Ljudbildanalysen visar på att motorljud dominerar vid mätplatsen och bussarna identifieras som en av de mest bidragande bullerkällorna. Ett införande av tystare bussar på Övre Husargatan skulle kunna vara av intresse, i synnerhet om kollektivtrafiken i framtiden förväntas öka. Ljudbildens karaktär och andra faktorer som höga omkostnader och kort livslängd medför att effektiviteten av tyst asfalt kan antas vara begränsad.

ABSTRACT

This study is implemented at the Division of Applied Acoustics at Chalmers University of Technology in Gothenburg. The report aims to evaluate different noise reduction solutions in dense urban environments with focus on vegetation technology such as green façades and low height noise barriers. Quiet road surfaces are also evaluated. The noise reducing effect of different solutions is analyzed and the practical feasibility as well as economic aspects is taken in consideration.

Noise pollutions have negative impact on human health. Prolonged exposure to noise can among other things cause cardiovascular disease, sleep difficulties and impaired concentration. Benchmarks for allowable noise levels must therefore be considered when planning constructions of new dwellings. The urban population is expected to increase and lead to densification of the cities. Therefore it is of great importance to establish a good sound environment by noise reduction methods.

The application of noise reducing solutions is evaluated by the study of the acoustic situation at Skanstorget in Gothenburg. Skanstorget is located next to the avenue Övre Husargatan and is currently utilized as a parking lot. Several suggestions exist concerning construction of residential buildings on the site. This report is based on a proposed concept named Kvarteret Skansbron, which is designed as a closed block.

A literature study has been conducted to explain the significance of acoustic concepts, the physical properties of sound, theory of traffic noise and noise reducing solutions. In the analyses of the current noise situation in the area of Skanstorget, measurements of sound pressure levels have been performed. Hence, critical noise sources have been identified. Results from simulations made in the software SoundPLAN are used to evaluate potential acoustic solutions and their impact on the existing noise situation.

Measurements show sound pressure levels of approximately 63 dB(A). Results from the simulations demonstrate that green solutions in the area of Skanstorget have noise reducing effects. However, these effects are not sufficient to achieve the allowable guidelines of equivalent sound pressure level of 55 dB(A). The reduced levels vary in a range between 59 and 62 dB(A). With access to a quiet side, noise levels up to 65 dB(A) can be allowed. The inquiry indicates that a low height noise barrier along the avenue together with a green frontage might be a reasonable solution. The combination contributes to an improved noise environment both visually and in terms of actual sound pressure reductions.

The analysis of the acoustic environment concludes engine noise as the most dominate sound source and buses are identified as the most critical sound source. An establishment of more silent buses may be of interest, especially since public transport is expected to increase. The efficiency of quiet road surfaces can be assumed to be limited due to the nature of the acoustic environment combined with other factors such as high costs and short life-span.

FÖRORD

Vi startade vårt kandidatarbete med en vision om att fördjupa våra kunskaper i akustik och få en förståelse för dess roll i utformningen av städer och nya kvarter. Under projektets gång lärde vi oss vikten av att ta hänsyn till bullrets inverkan och hur uppsatta riktlinjerna för tillåtna ljudnivåer begränsar nybyggnationer i stadsmiljö.

Vår grupp bestod av sex studenter med ett gemensamt intresse för stadsplanering, samhällsutveckling, ljud och miljö. Genom att kombinera våra infallsvinklar ville vi se hur bullerproblematiken kring Skanstorget i Göteborg skulle kunna åtgärdas genom alternativa ljuddämpande lösningar. Utnyttjande av gröna lösningar ligger i tiden och vår förhoppning är att åtgärderna ska kunna tillämpas i framtida byggnationer med värnad om hälsa och hållbar miljö.

Vi skulle vilja tacka alla inblandade aktörer som möjliggjort vårt arbete genom deltagande i intervjuer och mailkonversationer. Vi tackar Francisco Cortina från arkitektfirman Cortina & Käll, Laura Estévez Mauriz, Lars Hansson, Wolfgang Kropp samt Bart van der Aa vid Avdelningen för teknisk akustik, Jan Allenius på Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, Daniel Sjölund på Trafikkontoret, Andreas Sörthaga på Västtrafik AB samt John Klinkby, utgivaransvaring för programmet SoundPLAN.

Vi vill slutligen rikta ett varmt tack till våra handledare på Chalmers tekniska högskola som följt och stöttat oss i vårt arbete. Tack till Patrik Andersson och Jens Forssén vid Avdelningen för teknisk akustik, samt Calle Carlsson, Magnus Gustafsson och Malin Sandberg vid Avdelningen för fackspråk och kommunikation.

Göteborg 19 maj 2014

Sara Blomkvist

Johanna Edoff

Anton Hermansson

Julia Moe

Jakob Nordenstam

Gustav Thuresson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
1.1	SYFTE	2
1.2	PROBLEM/FRÅGESTÄLLNINGAR	2
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
1.4	METOD	3
1.5	SITUATION KVARTERET SKANSBRON	3
2	LITTERATURSTUDIE	6
2.1	LJUDTEORI	6
2.1.1	<i>Ljudtrycksnivå</i>	6
2.1.2	<i>Frekvenser och frekvensband</i>	8
2.1.3	<i>Ljudutbredning</i>	9
2.1.4	<i>Ljudkällor</i>	11
2.2	BULLER	12
2.2.1	<i>Riktlinjer för bullernivåer vid bostäder</i>	12
2.2.2	<i>Trafikbuller</i>	13
2.2.3	<i>Beräkningsmodeller för trafikbuller</i>	16
2.3	BULLERDÄMPANDE ÅTGÄRDER	16
2.3.1	<i>Gröna lösningar</i>	17
2.3.2	<i>Tyst asfalt</i>	25
3	MÄTNINGAR.....	27
3.1	METOD FÖR MÄTNINGAR	27
3.2	KONVERTERING AV MÄTVÄRDEN	28
3.3	RESULTAT AV MÄTNINGAR	30
3.3.1	<i>Identifiering av dominerande bullerkällor</i>	31
4	SIMULERINGAR	34
4.1	METOD FÖR SIMULERINGAR	34
4.2	RESULTAT AV SIMULERINGAR	36
5	DISKUSSION.....	42
5.1	UTVÄRDERING AV RESPEKTIVE GRÖN LÖSNING	42
5.2	UPPNÅS BOVERKETS RIKTLINJER MED HJÄLP AV GRÖNA LÖSNINGAR?	43
5.3	FÖR- OCH NACKDELAR MED GRÖNA LÖSNINGAR	43
5.4	UTMANINGAR VID APPLICERING AV GRÖNA LÖSNINGAR	44
5.5	ANGRIPANDE AV BULLERKÄLLA	44
5.6	FELKÄLLOR	46
6	SLUTSATS	47

1 Inledning

Urbaniseringen och förtätningen av dagens städer har pågått sedan början av 1800-talet (Ovesen, 2014). I takt med den växande globaliseringen står dagens samhälle inför krävande tekniska och sociala utmaningar. En vanlig problematik som försvårar nybyggnation i tätorter är höga bullernivåer från närliggande trafik. Studier pekar på att trafikbuller har en betydande negativ inverkan på människans hälsa (Boverket, 2008). Bland annat kan buller orsaka stress, hörselnedsättningar och hjärt-kärlsjukdomar.

Vid stark exponering av ljud utlöses stressreaktioner i kroppen. De förhöjda stresshormonsnivåerna ökar risken för hjärt-kärlsjukdomar i form av förhöjt blodtryck och ökad hjärtfrekvens. I Tyskland och Danmark har forskningsstudier visat på hur många fall av hjärt-kärlsjukdomar som kan relateras till direkt bullerexponering (Torsmark, 2008). Resultatet från studierna kan, översatt till svenska förhållanden, innebära att 350-800 människor dör i Sverige varje år till följd av buller. Jämförelsevis dog 264 personer i den svenska biltrafiken 2013 (Transportstyrelsen, 2014). Höga bullernivåer kan orsaka sömnproblem i form av försvårad insomning och försämrad sömnkvalitet (Boverket, 2008). Stressreaktioner som framkallas i sovande tillstånd kan i sin tur leda till försämrad prestationsförmåga, nedstämdhet och trötthet. Även inlärnings- och koncentrationsförmågan påverkas negativt i intensiva bullermiljöer.

Med hänsyn till bullerljudets hälsopåvekan krävs restriktioner och vidtagna åtgärder redan i byggprocessens planeringsstadium för nybyggnation och expanderings av städer (Boverket, 2008). Enligt Boverkets riktvärden för bullernivåer (se avsnitt 2.2.1) måste de åtgärder som vidtas uppfylla särskilda riktlinjer inom ramdirektivet. Om kraven inte uppnås försvåras möjligheten till byggnation.

I befolkningsprognosen för Västra Götaland förutspås en befolkningsökning i Göteborgs-regionen på 133 000 personer fram till år 2025 (Christiansson, 2013). Detta motsvarar en årlig ökning på ca 10 000 personer per år. För att tillgodose denna tillväxt krävs att staden expanderar. Detta kan dels ske genom utvidgning i stadens ytterområden, men också via förtätning av stadskärnan i form av anspråk på tomma ytor (Göteborgs Stad, 2013b). Genom att förtäta staden skapas inte bara fler bostäder utan det genererar även ett ökat serviceutbud, en lättillgänglig innerstad med gång- och cykelavstånd, minskat bilanvändande samt ökad trygghet.

Parkeringsytan på Skanstorget i Haga är ett exempel på en ineffektivt utnyttjad yta i centrala Göteborg. Stadsbyggnadskontoret presenterade i mitten av januari 2012 ett förslag på hur ytan på torget skulle kunna brukas i byggnationssyfte. På grund av närheten till Övre Husargatan, som ger upphov till höga bullernivåer, anser dock Stadsbyggnadskontoret att Skanstorget inte lämpar sig för byggnation av bostäder.

Ett beprövat sätt för att skapa en trivsamt akustisk levnadsmiljö är att bygga hus med en så kallad tyst sida (Andersson, 2012). En tyst sida innebär att bullerkänsliga rum som t.ex. sovrum, inte placeras med riktning mot hårt trafikerade gator. Utformning av ett slutet kvarter på Skanstorget, där alla hus har tillgång till en tyst sida, är ett alternativ som tidigare utretts av studenter på Chalmers tekniska högskola (Andersson et. al, 2012). Resultaten från denna rapport visar att den slutna kvartersutformningen är den enda kvartersutformning som, med knapp marginal, kan klara ljudnivåkraven. Med hänsyn till detta är det relevant med ytterligare studier av möjliga åtgärder för att minska trafikbullret i området.

1.1 Syfte

Syftet med projektet är att undersöka om bullerdämpande åtgärder vid Kvarteret Skansbron kan möjliggöra att bullerkraven för byggnation uppfylls. I synnerhet undersöks i vilken utsträckning gröna lösningar och vegetationsteknik inverkar på bullermiljön samt deras lämplighet som bullerdämpande åtgärder. Även anläggningsåtgärder för aktuell vägbeläggning i form av tyst asfalt utvärderas. Vidare identifieras den mest kritiska bullerkällan och förslag på åtgärder för att angripa denna diskuteras.

Arbetet syftar även till att se hur de akustiska lösningarna vid kvarteret Skansbron kan fungera som föregångsexempel för andra städer som står inför förtätning.

1.2 Problem/Frågeställningar

För att kunna möjliggöra en förtätning av Göteborg, med inriktning på Kvarteret Skansbron, måste en sund levnadsmiljö med hänsyn till trafikbuller prioriteras. Utifrån nedanstående frågeställningar utvärderas möjliga lösningar för att angripa problemen med hjälp av litteraturstudie, fältmätningar och datorsimuleringar.

- Vilka är de uppsatta riktlinjerna för tillåtna bullernivåer vid nybyggnation?
- Hur ser den aktuella bullersituationen kring Skanstorget ut i dagsläget? Vilka ljudkällor finns intill platsen och vilken ljudkälla genererar de mest kritiska bullernivåerna?
- Hur stora blir de uppmätta ljudnivåerna med projektgruppens fältmätningar?
- Vilka bullerdämpande åtgärder kan bli aktuella för kvarteret Skansbron och på vilket sätt fungerar dessa lösningar?
- Hur mycket kan ljudnivåerna reduceras med de olika lösningarna?
- Är de undersökta åtgärderna försvarbara ur ett ekonomiskt perspektiv?
- Går åtgärderna att tillämpa i praktiken och vilka för- respektive nackdelar finns med förslagen?
- Vilka felkällor måste beaktas i undersökningarna?

1.3 Avgränsningar

Den aktuella kvartersutformningen för Kvarteret Skansbron är framtagen av arkitektkontoret Cortina & Käll och används som utgångspunkt i projektet. Därmed utreds inte andra förekommande förslag för området. Övre Husargatans och kvarterets utformning innebär att vissa delar av kvarteret kommer att exponeras för högre bullernivåer än andra då avståndet mellan husfasad och väg varierar. Undersökningen baseras på akustiska förutsättningar i det dimensionerande fallet då avstånd mellan fasad och väg är som kortast.

I projektet analyseras gröna lösningar i form av vegetationsteknik. Med gröna lösningar avses växtbeklädda fasader, växtbeklädda tak samt låghöjdsbarriärer. De gröna lösningarnas bullerdämpande effekter analyseras både teoretiskt genom litteraturstudier och tillämpat genom datorsimulering. Andra gröna lösningar behandlas inte. Även applicering av tyst asfaltsbeläggning undersöks, men begränsas till teoretiska resonemang utifrån litteraturstudier. De fysiska och psykiska hälsoeffekterna som orsakas av trafikbuller ligger till grund för projektets genomförande, men kommer inte att studeras i vidare syfte. De åtgärder som presenteras ska möjliggöra att bullernivåerna uppfyller nationella riktlinjer för bostäder.

Mätresultat i analyser inhämtas från projektgruppens genomförda fältmätningar, utredningar hos trafikverket samt från simuleringar i datorprogrammet SoundPLAN. Inga ytterligare simuleringsverktyg utnyttjas. De ekonomiska utvärderingarna begränsas till uppskattade cost-

benefit-analyser för gröna lösningar med hänsyn till estetik, samt till förhållandena i anläggnings- och driftkostnader mellan tyst och traditionell asfalt.

1.4 Metod

Information till rapporten inhämtas i form av litteraturstudier och mailkontakt med inblandade aktörer, däribland arkitekterna Cortina & Käll, Göteborgs Stad och Trafikkontoret. För att skapa en bild av vad som påverkar ljudmiljön i staden utnyttjas fakta från böcker, rapporter, artiklar och föreläsningar.

Rapporten ska ge en allmän förståelse för hur ljud fungerar, vilka de akustiska storheterna är och vilka ljudrelaterade fenomen som kan påverka bullernivåer i stadsmiljöer. Detta gäller både i allmänhet och vid Kvarteret Skansbron i synnerhet. Således bygger litteraturstudien på ljudteori som introduceras i kapitel 2. I undersökningarna studeras hur ljudutbredningen kan begränsas med hjälp av gröna lösningar och tyst asfalt, men också hur trafikbullret kan dämpas vid själva ljudkällan. Vidare ska litteraturstudien ge en uppfattning om vilka krav på ljudnivåer som ställs vid nybyggnation av bostäder.

Fältmätningar av ljudtrycksnivån vid Kvarteret Skansbron utförs vid två olika tillfällen, i mars respektive april månad. Mätningarna sker i två intervall om tio minuter vid respektive mättillfälle. Den första mätningen genomförs i rusningstrafik och den andra mätningen i lugnare lunchtrafik. Bland utrustningen ingår dator, filmkamera och ljudtrycksmätare utrustad med mikrofon. Under den aktuella tidsperioden beräknas antalet lätta och tunga fordon som passerar torget. Uppmätta ljudnivåer extrapoleras sedan över ett helt dygn och en ekvivalentnivå beräknas. De beräkningsmodeller som utnyttjas i projektet är Nord2000 och den Nordiska beräkningsmodellen.

Trafikkontorets indata på trafikbelastning och Västtrafiks uppgifter om busstrafiken längs Övre Husargatan används som utgångspunkt för beräkningarna i simuleringsprogrammet SoundPLAN. Som utgångspunkt för kvartersutformningen används en modell framtagen av arkitektfirman Cortina & Käll. De bullerdämpande effekterna kalkyleras för olika kombinationer av bullerdämpande lösningar i anslutning till det nya kvarteret.

Resultaten från mätningarna och simuleringarna i SoundPLAN presenteras i form av tabeller och bullerkartor. I analysen av resultaten diskuteras åtgärdernas bullerdämpande effekt samt för- och nackdelar med respektive lösning.

I den ekonomiska analysen av de bullerdämpande insatserna utnyttjas cost-benefit-analyser från tidigare forskningsstudier. Dessa forskningsstudier ligger även till grund för teoribeskrivningen av gröna lösningars funktion.

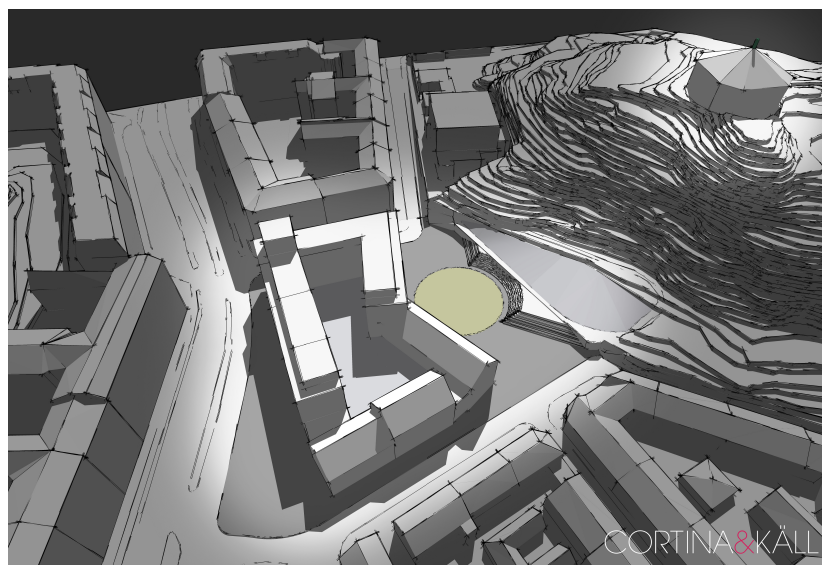
1.5 Situation Kvarteret Skansbron

Skanstorget är beläget invid Övre Husargatan i centrala Göteborg. Torget är en del av stadsdelen Haga och gränsar till Linnéstaden i söder samt Annedal i öst. Platsen används idag främst som uppställningsplats för bilar men inhyser även en korvkiosk i dess nordöstliga hörn (se figur 1.1). Torget har länge varit omdebatterat bland både beslutsfattare och tjänstemän (Ljung, 2013). Oenigheterna har varit många och den tilltänkta försköningen av platsen har dragit ut på tiden. I februari 2012 tog Göteborgs Stad ett beslut om att torget ska bebyggas med bostäder (Grahn-Hinnfors, 2012).



Figur 1.1: Översiktsbild över Skanstorget.

Det i dagsläget ledande förslaget på hur Skanstorget ska se ut har tagits fram av initiativtagaren Paul Göransson i samarbete med arkitektbyrå Cortina & Käll. Förslaget, som går under namnet Kvarteret Skansbron, innefattar huskroppar med bostäder och andra verksamheter samt en större grönyta mot Skansen Kronan (Hulter, 2013). Förslaget har reviderats ett flertal gånger. Från början var tanken att utformningen skulle innefatta en bro från Övre Husargatan upp till Skansen Kronan, därav namnet Kvarteret Skansbron. Enligt det senaste förslaget är bron exkluderad för att istället skapa ett slutet kvarter (se figur 1.2).



Figur 1.2: Förslag på utformningen av Kvarteret Skansbron (Cortina & Käll, 2014).

Närheten till Övre Husargatan ger upphov till höga bullernivåer i området. Med hänsyn till detta ställs krav på att uppfylla dagens befintliga riktlinjer (se avsnitt 2.2.1) för bostäder och skapa en acceptabel levnadsmiljö. Övre Husargatan har genomgått en omdaning och stod klar hösten

2013. Gatan har fått en ny utformning med en bussfil och ett bilkörfält i varje riktning. Tidigare bestod gatan av två bilfiler i varje riktning, likt en motorled. Omdaningen är en del av det Västsvenska paketet och syftar till att utöka kollektivtrafiken i samband med införandet av trängselskatten (Göteborgs Stad, 2014b). Till följd av ombyggnationen har den genomsnittliga hastigheten sänkts från 44 km/h till 32 km/h (Göteborgs Stad, 2013a).

Trafikmängden på Övre Husargatan har minskat med 37 % från 2011 fram till 2013 (Trafikverket, 2013). Årsmedelvardagsdygnstrafiken (ÅMVD) är i dagsläget 6400 bilar/dygn i södergående riktning och 6800 bilar/dygn norrut (se bilaga 1). Sänkningen av hastigheten och trafikmängden har enligt beräkningar inte påverkat ljudbilden i området nämnvärt (Göteborgs Stad, 2013a). Detta tros bero på att gatan har fått ett nytt inslag av tung trafik i form av bussar. Under dagtid har andelen tung trafik dubblerats jämfört med innan omdaningen, vilket har påverkat bullernivåerna negativt och ökat den maximala bullernivån med 1-1,5 dB(A). Mellan klockan 22.00 och 06.00 råder förbud mot tung trafik i området (1480 2006:01041). Samtliga parametrar har, enligt mätningar och beräkningar utförda av Trafikkontoret, endast resulterat i en total minskning med 1,5 dB(A) av den ekvivalenta ljudnivån och den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån låg 2013 på 63,4 dB(A).

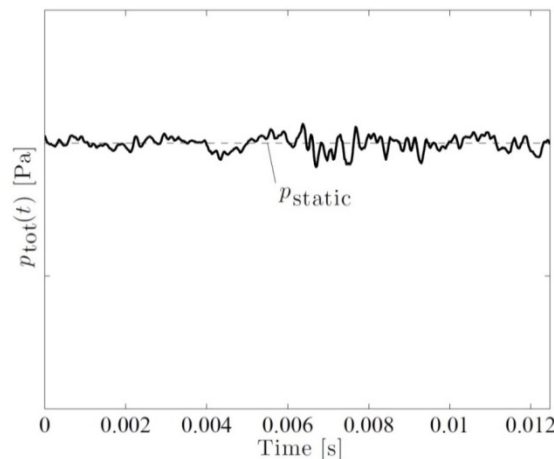
2 Litteraturstudie

Litteraturstudien är baserad på fakta från forskning, litteratur och vetenskapskällor. Den syftar till att ge en grundläggande beskrivning av begrepp och teori som ska underlätta för läsaren att ta del av projektets undersökningar, resultat och analyser. Litteraturstudiens uppbyggnad innefattar bland annat en ljudteoridel med redogörelse för ljudets definition och funktion. I denna del behandlas även begreppet buller och vilka riktlinjer som finns för tillåtna bullernivåer i bostadsmiljö.

I avsnitt 2.3 presenteras de akustiska lösningar som behandlas i arbetet. Dessa innefattar, som tidigare nämnt, gröna lösningar och tyst asfalt. För respektive åtgärd beskrivs uppbyggnad och grundläggande funktion ur ett bullerdämpande perspektiv. Dessa funktioner utvärderas senare i diskussion och granskning av simulerad tillämpning i datorprogrammet SoundPLAN.

2.1 Ljudteori

Ljud uppkommer av små variationer av tryck, s.k. akustiskt tryck, över det statiska meteorologiska lufttrycket, se figur 2.1 (Andersson, Kropp, 2009). Akustiskt tryck betecknas $p(t)$, där t står för tryckets tidsberoende.



Figur 2.1: Tryckvariationer kring det statiska trycket (Andersson, Kropp, 2009).

Både det statiska lufttrycket och de små variationer som människan uppfattar som ljud varierar med tiden, men det statiska lufttryckets långsamma variation över tid gör att det i akustiksammanhang ses som konstant. Vid jordens yta gäller att:

$$p_{statiskt}(t) \approx 101.35 \text{ kPa} \quad (2.1)$$

Ljudtryck är alltså snabba variationer av det totala trycket:

$$p_{tot}(t) = p(t) + p_{statiskt}(t) \quad (2.2)$$

2.1.1 Ljudtrycksnivå

Det minsta tryck som det mänskliga örat kan uppfatta är ungefär $20 \mu\text{Pa}$. Exempelvis motsvarar ljudet från en jetplansmotor på 100 m avstånd ca 100-120 Pa (Andersson, Kropp, 2009). Eftersom människans hörbarhetsintervall är så pass utvidgat och eftersom det mänskliga örat

inte reagerar linjärt införs ett logaritmiskt mått på ljudtryck som benämns ljudtrycksnivå. En ljudtrycksnivå beskriver hur det genomsnittliga ljudtrycket över en viss tid, p_{rms} , förhåller sig till ett givet referenstryck, p_{ref} , enligt ekvation 2.3.

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} \right) \quad (2.3)$$

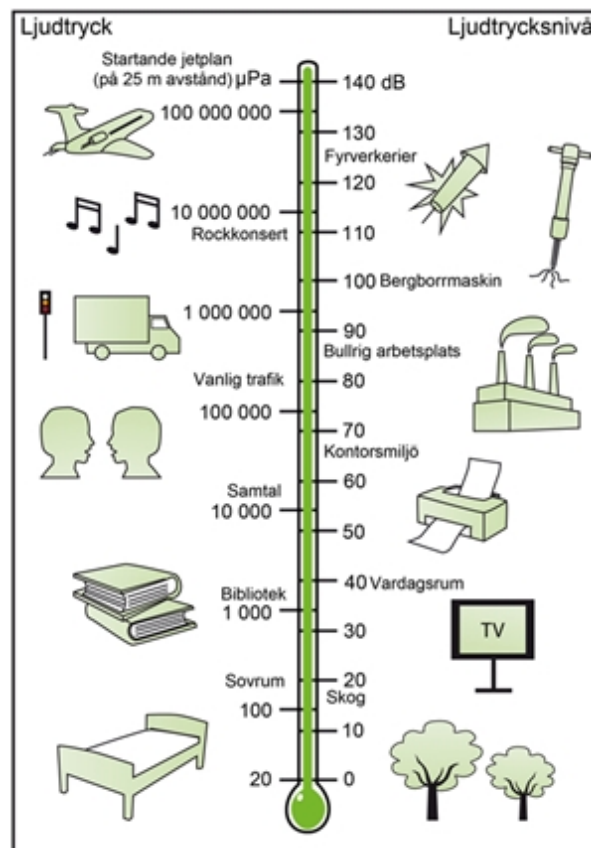
där L_p benämns som ljudtrycksnivå med enheten dB. Indexet rms i p_{rms} står för ”root, mean, square” och appliceras enligt ekvation 2.4.

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} p^2(t) dt} \quad (2.4)$$

Värdet på referenstrycket sätts vanligtvis till 20 μPa och enheten på ljudtrycksnivån skrivs då dB re. 20 μPa . Om det akustiska trycket är samma som referenstrycksnivån blir ljudtrycksnivån 0 dB, se ekvation 2.5, vilket innebär att 0 dB re. 20 μPa ungefär är gränsen för vad vår hörsel generellt kan registrera.

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{(2 \cdot 10^{-5})^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} \right) = 10 \log_{10}(1) = 0 \text{ dB re. } 20 \mu\text{Pa} \quad (2.5)$$

Figur 2.2 illustrerar ungefärliga ljudtryck och ljudtrycksnivåer för olika ljudkällor.



Figur 2.2: Ungefärliga ljudtrycksnivåer i dB samt ljudtryck i μPa för vanliga ljudkällor (Paroc, 2014).

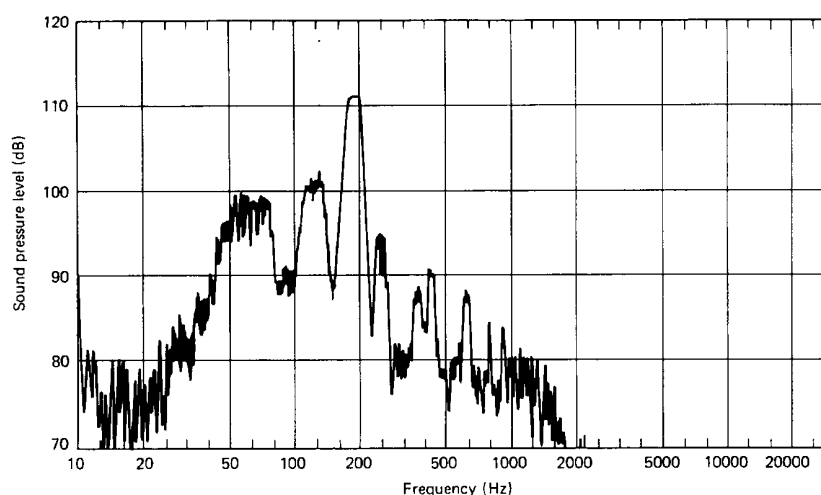
För att kunna uttrycka ljudtrycksnivån över en tidsperiod beräknas medelvärdet av ljudtrycksnivån under den givna tiden (Andersson, Kropp, 2009). En s.k. ekvivalent ljudtrycksnivå, L_{pEq} , används bl.a. vid utformning av riktlinjer för tillåtna bullernivåer och definieras enligt ekvation 2.6.

$$L_{pEq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_p(t)}{10}} dt \right) \quad (2.6)$$

Ett annat mått som används i riktlinjer för buller är den maximala ljudtrycksnivån, L_{pmax} , som beskriver det största värdet av ljudtrycksnivån som uppnås under en viss tidsperiod.

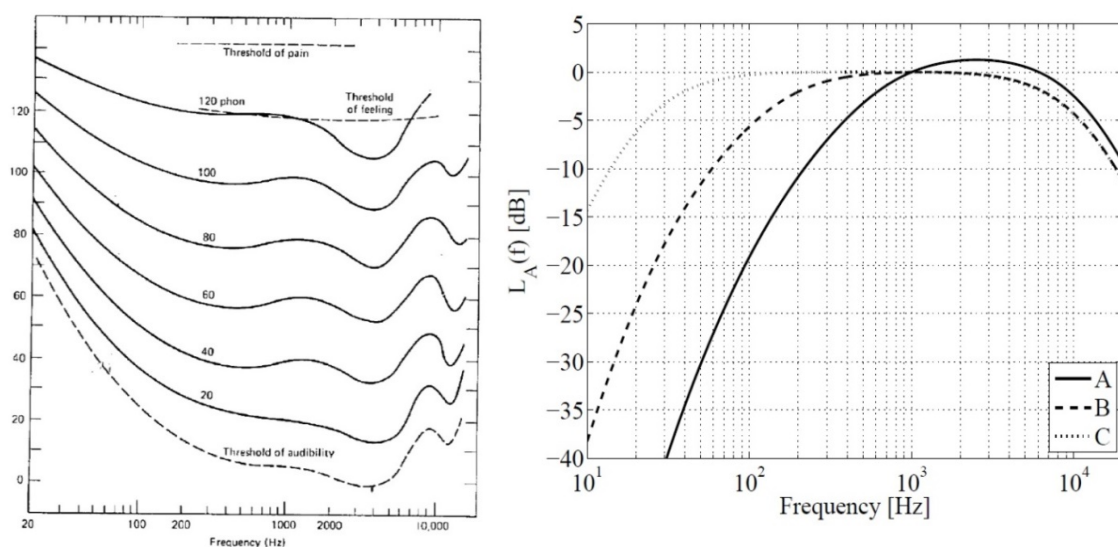
2.1.2 Frekvenser och frekvensband

Ljud kan identifieras i form av ljudtryck i olika frekvenser. Frekvensen, som mäts i enheten Hz, är ett mått på hur många svängningar per sekund ljudvågen gör, dvs. hur frekvent ljudtrycket varierar mellan högt och lågt tryck. En ton kan beskrivas som en harmonisk svängning med en viss bestämd frekvens, styrkan på tonen beror på storleken av tryckvariationen. Ljud, t.ex. stadsbuller, är en samling av en stor mängd toner med olika styrka. I figur 2.3 visas ett exempel på hur ljudtrycksnivåer kan variera i olika frekvenser.



Figur 2.3: Exempel på variation av ljudtrycksnivå för olika frekvenser (City University of Hong Kong, 2008).

Det mänskliga örat kan vanligtvis urskilja ljud i frekvensområdet 20 till 20000 Hz men är som mest känslig för ljud i intervallet mellan 2000 och 5000 Hz (Andersson, Kropp, 2009). Eftersom människans förmåga att uppfatta ljud är frekvensberoende skiljer sig den upplevda ljudstyrkan från den faktiska ljudstyrkan. Skillnaden mellan den upplevda och den egentliga ljudstyrkan varierar även med ljudtrycksnivå. Figur 2.4 illustrerar att ett ljud med låga frekvenser behöver ha en större ljudtrycksnivå för att det ska upplevas lika starkt som ett högfrekvent ljud, dvs. ha samma antal phon. Kurvorna har använts som utgångspunkt i framtagningen av olika vägningar, så kallade A-, B- och C-vägningar, som kan utnyttjas för att uppväga skillnaderna i upplevd ljudstyrka (Andersson, Kropp, 2009). För nivåer mellan 20-55 dB, används A-vägningskurvan och denna är också den mest förekommande.



Figur 2.4: Phonkurvor (vänster), A-, B- och C-vägningskurvor (höger) (Andersson, Kropp, 2009).

För en specifik frekvens eller frekvensband läses faktorn $L_A(f)$ för vald avvägning av enligt figur 2.4 höger. Faktorn adderas därefter till den uppmätta verkliga ljudtrycksnivån enligt ekvation 2.7.

$$L_{pA} = L_{p,ovägd} + L_A(f) \quad (2.7)$$

där L_{pA} har enheten dB(A).

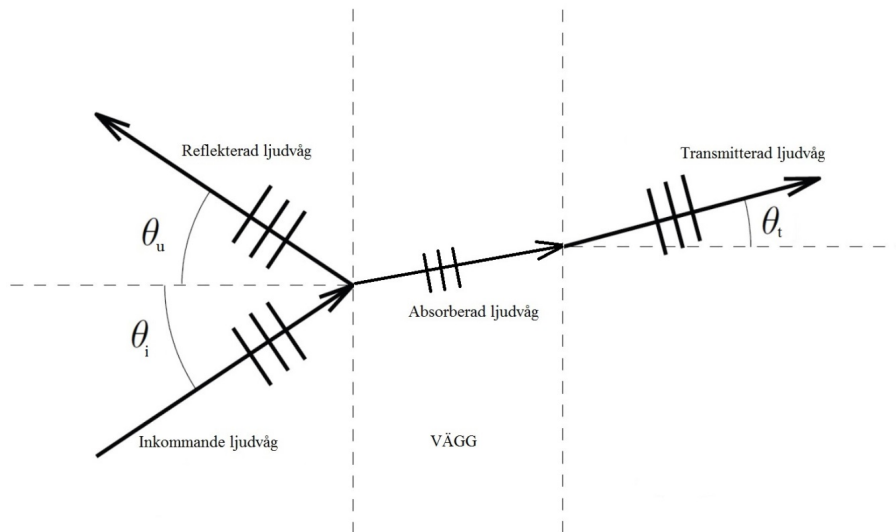
För att förenkla analyser av ljudmiljöer och på ett överskådligt sätt presentera resultat för olika frekvenser minskas ofta detaljnivån på resultatet genom användandet av frekvensband (Andersson, Kropp, 2009). Detta innebär att energin i ett visst frekvensintervall summeras och ersätts av ett enda värde. De två vanligast förekommande frekvensbanden är s.k. tersband och oktavband och för dessa ökar bandbredden med ökad frekvens. Värdet på oktavbandens mitterfrekvens fördubblas för varje band. Tersband kallas även för 1/3-oktavband, eftersom det går tre terser på en oktav. Dessa visas i tabell 2.1.

Tabell 2.1: Mitterfrekvenser för oktavband och tersband enligt standard (Andersson, Kropp, 2009).

Oktavband [Hz]	31,5			63			125		
Tersband [Hz]	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
Oktavband [Hz]	250			500			1000		
Tersband [Hz]	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
Oktavband [Hz]	2000			4000			8000		
Tersband [Hz]	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000

2.1.3 Ljudutbredning

När en ljudvåg träffar en yta, t.ex. en husvägg kan den reflekteras, absorberas, transmittas eller splittras, se figur 2.5. Beroende på infallsvinkel och träffytans egenskaper sker dessa fenomen i olika utsträckning.

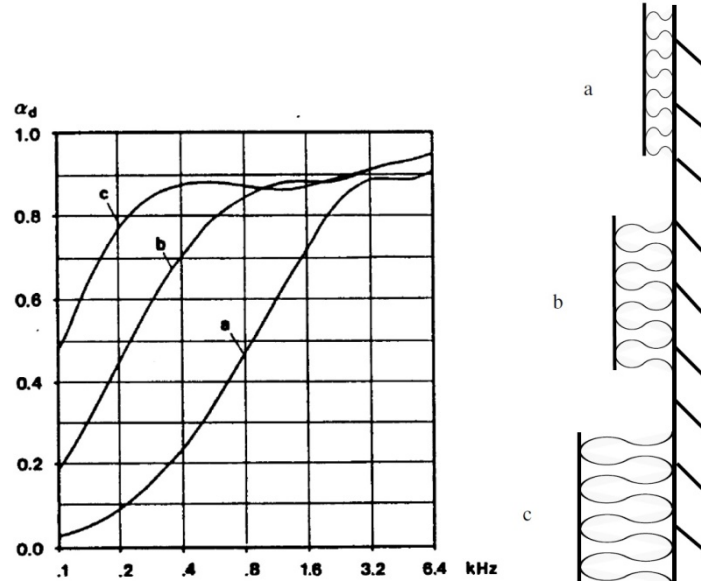


Figur 2.5: Ljudvågors utbredningsmönster vid vägg (Andersson, Kropp, 2010).

En del av den infallande ljudvågen mot en husvägg transmitteras genom huskroppen och kan ge upphov till ljudvågor inne i byggnaden. För den reflekterade ljudvågen gäller att infallsvinkeln är lika med utgångsvinkeln $\theta_i = \theta_u$. Den reflekterade ljudvågen medför en högre ljudtrycksnivå vid träffytan, något som är viktigt att ta hänsyn till då t.ex. ljudtrycksnivån vid en husfasad ska redovisas. Vid mätningar anges ofta den så kallade frifältsnivån, vilket innebär att ljudreflektionen från bakomvarande byggnad förbises. Därmed indikeras en lägre ljudnivå än det verkliga fallet.

Fenomenet absorption uppkommer då ljudenergi omvandlas till värme, främst genom friktion vid kontaktytan mellan luft och material (Andersson, Kropp, 2008b). Detta kan utnyttjas på olika sätt vid en yta, t.ex. genom användandet av porösa absorbenter som exempelvis mineralull. Dessa karaktäriseras av stor andel håligheter, dvs. materialet innehåller stora ytor mot vilka ljudet tappar energi i form av värme. Hur stor del av ljudvågen som absorberas då den träffar ett material beror också på hur stor skillnad i akustisk impedans det är mellan luften och materialet. Akustisk impedans är förhållandet mellan tryck och partikelhastighet i ett medium, dvs. hur stort tryck som behövs för att sätta luftmolekylerna i rörelse. En bra absorbent har ett värde på impedansen som ligger nära luftens, vilket innebär att en liten del av ljudvågen reflekteras och en stor del av ljudvågen transmitteras in i absorbenten.

Absorptionskoefficienten, α , som varierar mellan 0 och 1, beskriver absorptionsförmågan för en yta. En hög absorptionskoefficient innebär att stora delar av ljudet absorberas. Tjockleken på det absorberande materialet har stor inverkan på hur omfattande absorptionen blir. Absorptionsförmågan varierar även kraftigt med frekvensen hos ljudvågorna. Figur 2.6 visar frekvensberoendet hos absorptionskoefficienten för tre fall med olika tjocklekar på mineralull fäst på en hård yta. För mineralull gäller alltså att höga frekvenser absorberas mer än låga frekvenser.



Figur 2.6: Frekvensberoende hos absorptionskoefficient för olika tjocklek på mineralull (Andersson, Kropp, 2008b).

Diffraction uppkommer då ljudvågor träffar en kant eller ett hörn, t.ex. taket på en byggnad eller ovansidan på en bullerskärm (Andersson, Kropp, 2010). Fenomenet innebär att ljudvågorna ändrar riktning och på så sätt kan nå områden som till synes är skyddade från ljudvågornas utbredning, som t.ex. bakom en bullerskärm eller på en innergård.

Luftens temperatur och vindhastighet varierar med höjden och fenomenet refraction är en konsekvens av detta. Refraction innebär att ljudvågorna antingen böjs uppåt eller nedåt (Andersson, Kropp, 2010). Ljudstyrkan vid en viss punkt kan därför variera beroende av väder- och vindförhållanden.

2.1.4 Ljudkällor

Ljudvågornas utbredning ter sig olika beroende på om ljudkällan är en punktkälla eller en linjekälla. En punktkälla skapar sfäriska vågor, dvs. ljudstyrkan är samma i alla riktningar (Andersson, Kropp, 2008a). Avståndsberoendet hos ljudtrycksnivån från en punktkälla kan beskrivas enligt ekvation 2.9.

$$L_p = L_w - 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi r^2}{S_{ref}} \right) \quad (2.9)$$

där $S_{ref} = 1m^2$ är en referensyta och r är avståndet från ljudkällan. Detta medför att för varje fördubbling av avståndet från ljudkällan avtar ljudtrycksnivån med 6 dB.

En linjekälla skapar cylindriska vågor (Andersson, Kropp, 2008b). En bilväg kan modelleras som en inkoherent linjekälla enligt ekvation 2.10.

$$L_p \approx L'_w + 10 \log_{10} \left(\frac{r_{ref}}{4r_o} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{\alpha}{\pi} \right) \quad (2.10)$$

där L'_w är ljudeffektsnivå per meter, $r_{ref} = 1m$ är ett referensavstånd och vinkeln α refererar till hur stor del vinkeln är mellan väg och mottagaren. Detta innebär att för varje fördubbling av

avstånd avtar ljudtrycksnivån med 3 dB. Beroende på om riktvärdet ekvivalentnivå eller maxnivå används, modelleras en bilväg upp antingen som en linjekälla eller en punktkälla (Thorsson, 2013). Detta beror på att maxvärdet ses som en enskild händelse i form av en ensam bil, en punktkälla, medan ekvivalentnivån tar hänsyn till medelvärdet av ljudtrycksnivån över tid. Vägen kan då ses som en linjekälla.

2.2 Buller

Buller är ett samlingsbegrepp för alla typer av oönskat ljud (Arbetsmiljöverket, 2014). Både störande ljud och ljud som är skadligt för hörseln går under denna benämning. Buller påverkar oss i vardagen och det har stor betydelse för vår hälsa och möjlighet till en god livskvalitet (Torsmark, 2008). Hur vi påverkas av buller är individuellt, därför nämns ofta andelen människor som störs som referens till hur skadligt buller är eller hur effektiv en viss bullerdämpande åtgärd kan vara.

Genom att ge människor god möjlighet till rekreation i hemmet och på så sett begränsa de negativa effekterna av buller finns det gemensamma riktlinjer kring gränsvärden för bullernivåer i anslutning till bostäder. Bullerkällor i hemmet kan vara många, men de största bidragen till höga bullernivåer kommer ofta utifrån från bil- och järnvägar eller industrier. Som beskrivs i avsnitt 2.2.3 finns det olika standardiserade beräkningsmodeller för beräkning av bullernivåer. Dessa modeller skiljer sig åt i olika länder.

2.2.1 Riktlinjer för bullernivåer vid bostäder

Riktvärden för ljudtrycksnivåer i och kring bostäder används som utgångspunkt vid planering av nya bostäder. Riktvärdena används även vid nybyggnation och betydande ombyggnader av infrastrukturen. Följande riktvärden är framtagna av Boverket och antagna av riksdagen 1997 (Boverket, 2008):

- 30 dB(A) dygnsekvivalent ljudnivå inomhus
- 45 dB(A) maximalnivå inomhus nattetid
- 55dB(A) dygnsekvivalent ljudnivå utomhus (vid fasad)
- 70 dB(A) maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad

För hus utsatta för bullernivåer som överskrider riktvärdena används en tyst sida som komplement (Boverket, 2008). En tyst sida har en dygnsekvivalent ljudnivå som är lägre än 45 dB(A) och en maximalnivå på mindre än 70 dB(A). En tyst sida bör även vara visuellt och akustiskt attraktiv eftersom detta påverkar vår uppfattning av ljudmiljön. En ljuddämpad sida har samma krav som en tyst sida, förutom att ljudnivån ska vara 45-50 dB(A) (Boverket, 2008).

Forskning har visat att tillgång till tyst sida gör skillnad för människors hälsa. Tabell 2.2 visar siffror från en undersökning genomförd på Sahlgrenska Universitetssjukhuset. Personer boende i olika bullermiljöer har studerats med avseende på hur de upplever ljudmiljön i hemmet (Öhrström, 2005). Undersökningen visar på en väsentlig skillnad i störning p.g.a. buller mellan bebyggelse med tyst sida och utan tyst sida.

Tabell 2.2: *Andel personer som störs av buller med och utan tillgång till tyst sida.* (Öhrström, 2005).

	Referensområde	Bebyggelse med tillgång till tyst sida			Bebyggelse utan tillgång till tyst sida		
Ljudtrycksnivå vid fasad	42-43 dB	55 dB	60 dB	65 dB	55 dB	60 dB	65 dB
Allmän störning	3 %	11 %	21 %	38 %	22 %	34 %	57 %
Vila/återhämtning (inomhus, stängt fönster)	4 %	11 %	18 %	31 %	19 %	33 %	45 %
Vila/återhämtning utomhus	3 %	11 %	21 %	25 %	20 %	26 %	40 %
		Sovrum mot tyst sida			Sovrum mot bullrig sida		
Sämre sömnkvalitet (fönstret öppet på glänt)	4 %	10 %	17 %	29 %	18 %	34 %	47 %
Kan ej ha sovrumsfönstret öppet	6 %	10 %	15 %	21 %	34 %	44 %	56 %

Det förekommer att riktvärdena inte kan följas vid nybyggnation och ombyggnation. Vid sådana tillfällen ska en intresseavvägning göras, enligt den så kallade avstegsprincipen för att på bästa sätt få igenom de önskemål som finns. Boverket har tagit fram principer som bör följas vid en sådan avvägning (Boverket, 2008):

55-60 dB(A)

Där den dygnsekvivalenta ljudnivån vid fasad uppgår till 55-60 dB(A) får byggnation ske, förutsatt att en tyst sida eller åtminstone en dämpad sida kan åstadkommas. I detta intervall bör minst hälften av bostadsrummen och även uteplats vara vänd mot tyst eller luddämpad sida.

60-65 dB(A)

För miljöer där den dygnsekvivalenta nivån vid fasad uppgår till 60-65 dB(A) bör bostäder endast i vissa fall medges byggnation. Även här förutsätts att minst hälften av bostadsrummen samt uteplats är vänd mot tyst eller luddämpad sida.

>65 dB(A)

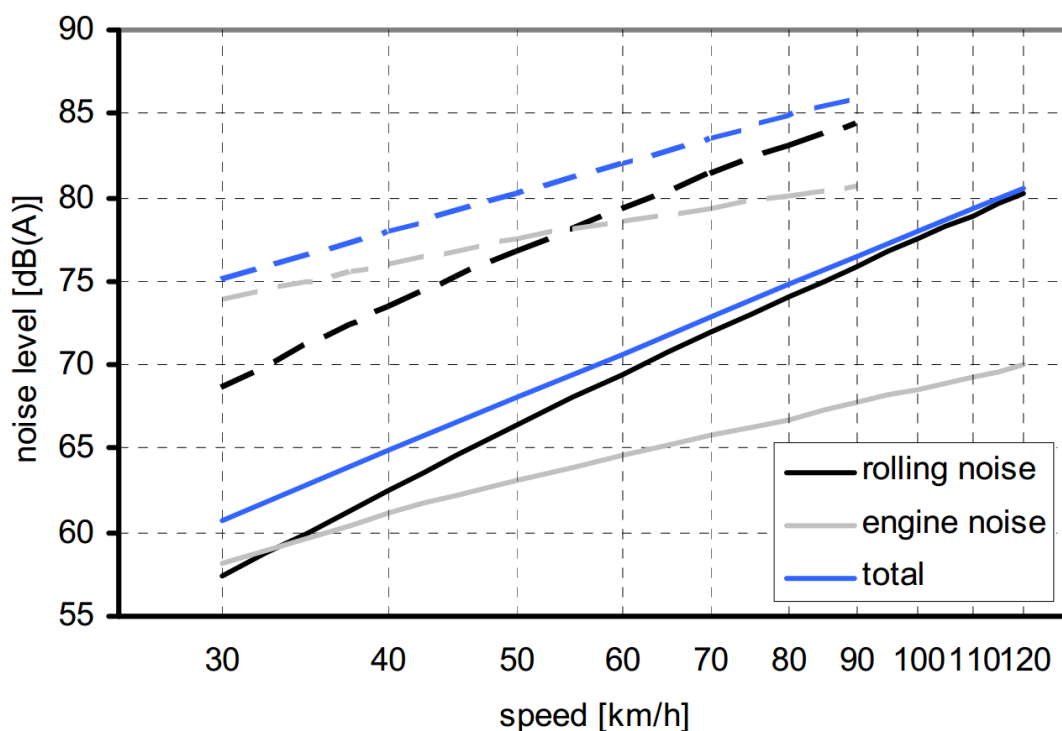
Det kan i miljöer där ljudnivån överstiger 65 dB(A) finnas intresse för en avvägning i avsikt att få igenom en byggnation. Byggnaderna bör i dessa fall vara orienterade och utformade på ett sådant sätt att de vänder sig mot den tysta eller luddämpade sidan. Samtliga vistelsezoner, entréer och bostadsrum bör orienteras mot den tysta eller luddämpade sidan.

Ljudnivåerna på en luddämpad sida bör alltid eftersträvas understiga 50 dB(A). I de fall där detta inte är möjligt, accepteras en ljudtrycksnivå på 55 dB(A) vid fasad för lägenheter på de övre våningsplanen. För flertalet lägenheter bör det dock alltid uppfyllas att maximalt 50 dB(A) råder för flertalet lägenheter samt vid uteplats och gårdsytor.

2.2.2 Trafikbuller

Sveriges vägar trafikeras av både lätta och tunga fordon. Till kategorin lätta fordon räknas personbilar och motorcyklar. Fordon som lastbilar och bussar med en totalvikt på mer än 3,5 ton kategoriseras som tunga fordon (Trafikverket, 2014b). Alla typer av vägfordon ger upphov till trafikbuller, men i regel ger tung trafik upphov till högre bullernivå per fordon än lätt trafik.

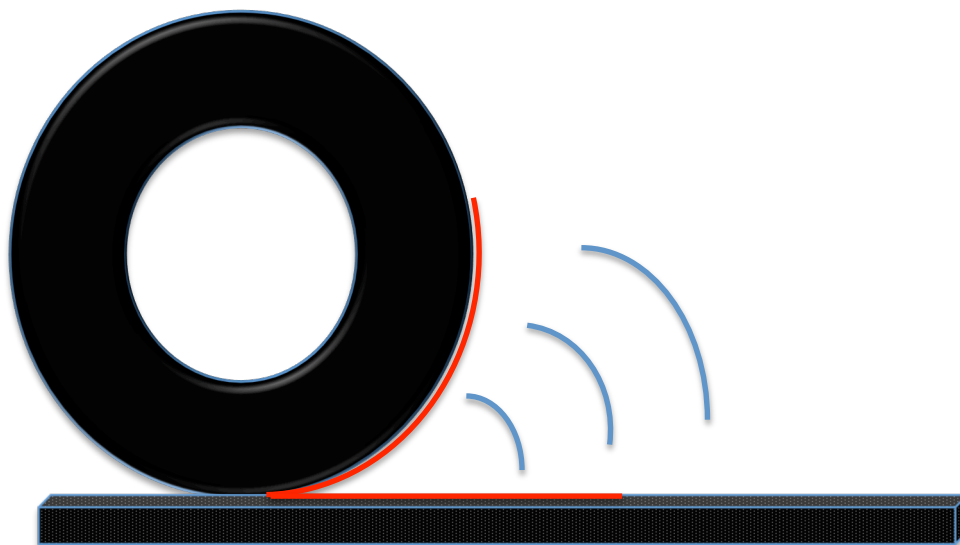
Det är huvudsakligen två typer av ljud som definieras som trafikbuller, dels det ljud som genereras från motor och avgasrör och dels det ljud som uppstår i kontakten mellan däck och vägbanan. Vid höga hastigheter dominerar däckbuller och vid lägre hastigheter är istället motor- och avgasljudet mest framträdande. Figur 2.7 visar hur ljudtrycksnivån från tunga och lättfordon varierar med hastighet. Hastighetsgränsen där motor- och avgasljudet överträffas av däckbullret ligger för lätta fordon i områden 30-50 km/h (Trafikverket, 2014b). Motsvarande gräns för tunga fordon är 50-70 km/h. Frekvenserna för trafikbuller varierar mellan 50-5000 Hz (Hallberg, 2007), men de lägre frekvenserna, upp till 2000 Hz dominerar ljudbilden. Bensin- och dieselmotorer har olika ljudkaraktär. Dieselmotorer utsöndrar ett mer högfrekvent buller (OBS, 2008).



Figur 2.7: Ljudtrycksnivåer från tunga fordon (streckade linjer) och lätta fordon (heldragna linjer) för motorljud respektive däckljud (Duskov, 2005).

Ojämn körning med många omväxlande inbromsningar och accelerationer bidrar till en högre ljudnivå än om körningen hålls i ett jämnt tempo (Trafikverket, 2014b). Hastigheten på ett fordon påverkar också storleken på bullernivåerna. Högre hastigheter alstrar mer buller än låga hastigheter. Exempelvis kan en hastighetsökning med 10 km/h i spannet 30-70 km/h ge en bullerökning med 2 dB(A).

Flera olika faktorer påverkar hur mycket buller som uppstår mellan däck och vägbanan. Generellt ökar ljudnivån med däckets bredd (Kropp, 2011). En ökning av däckbredden med 40 mm innebär en ökning av ljudtrycksnivån på ca 2 dB(A). De högre bullernivåerna hos bredare däck beror dels på ett fenomen som kallas för "horneffekten". Geometrin mellan däck och vägbanan liknar formen hos ett horn som figur 2.8 visar och det medför att ljudet förstärks (OBS, 2007).



Figur 2.8: Horneffekten mellan däck och vägbanan.

Däckens struktur har också en inverkan på bullernivån. En ojämn däckstruktur ger upphov till större vibrationer än en slät däckstruktur (OBS, 2007). I en ojämn däckstruktur kan delar av däckets yta fastna på asfalten likt sugproppar. När däckets rullar vidare och lossnar från asfalten genereras buller. Samma fenomen kan bildas till följd av små ojämnheter i asfalten.

Dubbdäck har stor inverkan på bullermiljön. I frekvensspannet 500-5000 Hz är ljudnivåerna från ett dubbdäck 2-6 dB(A) högre än för ett nytt odubbdat däck (Kropp, 2011). Dubbdäck sliter också hårdare på vägbanan och därför krävs beläggningar med extra stor stenstorlek. En sådan beläggning ger upphov till mer vibrationer och därmed mer buller, jämfört med en beläggning med normalstora stenar (Trafikverket, 2014b).

Trafikbuller från bussar

Bussar med olika drivsystem låter olika mycket. I en utredning av tystare stadsbussar som utförts på uppdrag av Trafikverket, jämförs traditionella dieslbussar med el- och laddhybridbussar ur ett bullerperspektiv. I rapporten från undersökningen framgår att ljudtrycksnivån för elbussar är 5 dB(A) lägre än för dieslbussar vid hastigheter upp till 50 km/h (Ljungblad, 2013). För laddhybridbussar, drivna av el och diesel, är samma siffra 3 dB(A). Dessa siffror gäller vid konstant hastighet. Bussar tenderar generellt att låta mer i stadsmiljöer än vid körning med samma hastighet på landsbygden. Detta beror på att antalet inbromsningar och accelerationer är fler i stadstrafiken. I samma utredning har därför ett fall av en typisk stadsgata med låg medelhastighet och inslag av övergångsställen, trafikljus och busshållplatser studerats. Där kan skillnaden i ljudtrycksnivå mellan dieslbussar och elbussar antas vara 6 dB(A). Motsvarande skillnad mellan diesel-och hybridbussar är 4 dB(A).

Busstrafik vid Skanstorget

Västrafik är samordnare för kollektivtrafiken i Västra Götaland och ansvarar för upphandlingarna av busstrafiken i Göteborg (Västrafik, 2014a). Enligt Västrafiks verksamhetsplan för 2012-2014 planeras bullernivåerna att sänkas genom att följa branschgemensamma rekommendationer (Efraimsson, 2011). Rekommendationerna innebär att bullernivåerna på nya bussar måste uppfylla de lagkrav som finns (Partnersamverkan för fördubblad kollektivtrafik, 2013). Vidare innebär det att trafikbolaget i fråga ansvarar för att fordonets bullernivå inte får öka under de år avtalet gäller. De bussar som huvudsakligen

trafikerar Övre Husargatan i dagsläget drivs av naturgas och biodiesel¹. Ur bullersynpunkt kan dessa jämföras med dieselbussar.

Västtrafik delar en vision tillsammans med en rad andra aktörer inom kollektivtrafiken i Sverige om att utöka och förbättra kollektivtrafiken. Mer konkret är det gemensamt uppsatta målet att fördubbla antal resor med kollektivtrafik till år 2020 (Efraimsson, 2011).

2.2.3 Beräkningsmodeller för trafikbuller

I bullerutredningar för planerad eller befintlig bebyggelse i Sverige används standardmetoder som bland annat den Nordiska beräkningsmodellen och modellen Nord2000 (Forssén, 2013b). Båda dessa metoder är anpassade för trafikbuller i Norden. För att kunna beräkna bullernivåer numeriskt förutsätts en förenklad bild av beräkningsområdet med antaganden baserade på geometri och väder. Endast ett begränsat område tas med i beräkningen vilket medför att alla bidragande källor utanför detta område försummas.

Nordiska beräkningsmodellen är certifierad i Sverige och rekommenderad av Trafikverket (Trafikverket, 2014a). Resultat i form av A-vägda ljudtrycksnivåer kan tas fram med modellen genom analys av trafikflöde, medelhastighet och andel tunga fordon (Forssén, 2013b). I beräkningarna beaktas också avstånd mellan mottagare och källa, mottagarens och källans höjd över marken samt markens reflekterande och absorberande egenskaper.

Beräkningsmetoden Nord2000 beaktar fler parametrar än Nordiska beräkningsmodellen, däribland rådande väderförhållanden. Modellen utgår från en mer detaljerad bild kring fordonet som bullerkälla med hänsyn till variation i höjdled på motor, däck och avgasrör, som är de huvudsakliga bullerkällorna hos fordonet (Forssén, 2012). Användandet av Nordiska beräkningsmodellen resulterar enbart i totala A-vägda nivåer. Med Nord2000-modellen beräknas även ljudtrycksnivåer över tersband (se avsnitt 2.1.2), vilket ger en mer nyanserad bild av ljudlandskapet.

En gemensam problematik för båda metoderna är svårigheten att erhålla korrekta resultat vid beräkning av ljudmiljön på innergårdar samt över stora områden, till exempel över en hel stad. På grund av stora mängder reflektionsytor och transportsträckor från källa till mottagare blir sådana uträkningar komplicerade och för avancerade för dagens datorsystem (Forssén, 2013b).

2.3 Bullerdämpande åtgärder

Bullerproblematiken är kraftigt utbredd i globala urbana miljöer och kunskapen om hur ljud fungerar har länge varit begränsad. Idag finns en större medvetenhet om bullrets inverkan på stadsbilden och människans hälsa varpå stadsplanerare, akustiker och arkitekter lägger stor vikt vid att finna hållbara lösningar (Veg Tech, 2014). För att skapa en förbättrad ljudnivå i ett område tillämpas olika bullerdämpande metoder. Dessa delas in i två kategorier; globala och lokala åtgärder (Forssén, 2013a).

Vid global dämpning reduceras ljudkällstyrkan hos upphovskällan vilket resulterar i en lägre ljudnivå för en stor del av det berörda området². Globala åtgärder kräver dock oftast större insatser än lokala åtgärder för att skapa en märkbar nivåförändring (OBS, 2006). Lokala

¹ Andreas Sörthaga (fordonsspecialist – buss, Västtrafik), mailkontakt 2014-02-18

² Pontus Thorsson (forskare, Chalmers), föreläsning 2013-11-15

åtgärder dämpar bullret och begränsar ljudutbredningen vid själva mottagaren, exempelvis i form av bullerskärmar.

I utformningar av nya kvarter kan bullerdämpande åtgärder vidtas redan i planeringsstadiet. Genom att utforma slutna kvarter skapas effektiva tysta sidor med lägre ljudnivåer, jämförelsevis med fallet då kvarteret är öppet. Andra praktiska arrangemang i planerad och befintlig stadsmiljö är tillämpning av särskilda ljuddämpande anordningar. Dessa anordningar kan vara tysta asfaltsbeläggningar, bullerbarriärer, avskärmningar och vegetation.

I designen av kvarteret Skansbron analyseras två möjliga åtgärder. Den första åtgärden innefattar gröna lösningar som lokala bullerdämpande insatser i anslutning till kvartersbyggnaden. Den andra åtgärden är applicering av tyst asfalt vid torget och längs med Övre Husargatan.

Andra insatser kring torget kan vara angripande av närliggande specifika ljudkällor. Trafikbuller och upphovskällor beskrivs i avsnitt 2.2.2 och utvärderas i senare diskussion.

2.3.1 Gröna lösningar

För att skapa trivsamma och hållbara stadsmiljöer för såväl människa som klimat har gröna tillämpningar i form av vegetation blivit ett allt vanligare inslag i städer. Växtlighet i tätbyggda områden bidrar till stadsbilden både visuellt och rent miljötekniskt (Forssén, 2013a). Begreppet vegetationsteknik handlar om hur växter och dess egenskaper kan användas för att lösa tekniska problem och skapa goda förutsättningar för en varaktig stadskärna (Veg Tech, 2014).

Vegetationsteknik har på senare tid börjat tillämpas i allt större utsträckning som bullerdämpande åtgärder. Fokus ligger således inte enbart på kvartersutformningar och ljudkällor utan också på hur man med hjälp av växtbeklädda anordningar kan minska ljudnivåerna direkt vid mottagaren. De gröna lösningarna som analyseras i rapporten är låga bullerskärmar, växtbeklädda tak och fasader.

HOSANNA-projektet

HOSANNA-projektet är en forskningsstudie som genomfördes mellan åren 2009-2013 på uppdrag av Europeiska kommissionen (Forssén, 2013a). HOSANNA är ett förkortningsnamn för "Holistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means". Projektet samordnades av Jens Forssén på Chalmers tekniska högskola och involverade 13 samarbetspartners från 7 olika länder. Studien syftar till att undersöka hur vegetation, återvunna och naturliga material, jord samt konstgjorda element kan absorbera och reducera ljud från väg- och järnvägstrafik. Några av de ljuddämpande anordningarna som undersöks i studien är inplanterade träd och buskar, grönytor, växtbeklädda fasader och tak samt låga bullerskärmar. Studierna visade att ljudnivåerna kan reduceras om dessa anordningar tillämpas i stadsmiljö och därmed förbättra stadsklimatet för stadens invånare. Det har även visat sig, genom lönsamhetsanalyser, att anordningarna är ekonomiskt lönsamma då hänsyn tas till deras effekt på den estetiska upplevelsen (se avsnitt "Kostnadsanalys för gröna lösningar").

Material och dess ljudabsorptionsförmåga

I HOSANNA-projektet har ljudabsorptionsförmågan hos olika material granskats. Studierna visar att ljudabsorptionen hos de gröna anordningarna varierar beroende på vilket specifikt material som används. Vid analyser av växter och sammansatta konstruktioner av jordsubstrat, på vilka växterna appliceras, har det visat sig att det är det senare som har den största ljudabsorberande funktionen (Forssén, 2013a). För jord påverkas ljudabsorptionsförmågan främst av vilken typ av jord som användes samt dess vatteninnehåll. Jord med högt vatteninnehåll har en lägre absorptionskoefficient än jord med lågt vatteninnehåll.

Andra saker som inverkar på ljudabsorptionen är storleken och densiteten på det tillämpade vegetationsmaterialet samt växtlighetens karaktär. Stora löv på tät grund har visat sig ha större absorptionsförmåga än små löv. Studien har visat att applicering av gröna växter på jordsubstrat av låg densitet ger bra ljuddämpning i framförallt låg- och högfrekvensområdet, så bra att de kan fungera som ett alternativ till konventionella metoder.

I projektet genomfördes undersökningar för att jämföra absorptionskoefficienterna hos gröna tak och vertikala trädgårdar. I undersökningarna analyserades ljudabsorptionen vid ett hus där vegetationsteknik i form av växtkassetter, tillverkade av Canevaflor®, som fäst på husfasaden applicerats. I analysen hade byggnaden ett 20 cm tjockt lager med intensivt grönt tak, i kombination med växtkassetter monterade på fasaderna. Undersökningen utfördes under optimala förhållanden i torrt tillstånd. Tabell 2.3 visar resultatet från försöket där en absorptionskoefficient med ett värde nära 1 ger god absorption (se avsnitt 2.1.3). Observera att värdet för 2000 Hz är linjärt extrapolerat från de två tidigare frekvensbanden.

Tabell 2.3: *Absorptionskoefficient för gröna tak samt gröna fasader (Hornikx, 2012).*

Frequency (Hz)	α wall vegetation	α green roof
50	0,07	0,19
63	0,11	0,23
80	0,17	0,29
100	0,24	0,33
125	0,33	0,36
160	0,46	0,39
200	0,58	0,42
250	0,71	0,45
315	0,82	0,49
400	0,90	0,53
500	0,91	0,57
630	0,86	0,62
800	0,79	0,67
1000	0,83	0,72
1250	0,94	0,76
1600	0,84	0,79
2000	0,74	

I projektet har en ny typ av material med låg densitet tagits fram genom en process där partiklar med hög porositet och kontrollerad porstorleksfördelning valts ut. Detta material består av finfördelade plaster och gummirester som återvunnits från bland annat industrin. De akustiska egenskaperna hos detta material beror på flera olika faktorer där bland annat förhållandet mellan fiberinnehåll och partikelmängd samt vidhäftningsförmåga är avgörande. Studierna visar att materialet kan användas för att tillsammans med jord med låg densitet skapa ett substrat som har god ljudabsorberingsförmåga där möjlighet att applicera växtlighet dessutom ges.

Detta material kan även användas för att förbättra ljudabsorptionsförmågan hos traditionella porösa absorbenter. Dessa har låg absorptions vid låga frekvenser på grund av att ljudets våglängd är längre än materialets tjocklek (se avsnitt 2.1.3). Ett beprövat sätt att åtgärda detta är att kombinera flera lager av olika porösa material med homogen porstruktur. Det är även idealiskt om det porösa materialet har samma impedans (se avsnitt 2.1.3) som luften varmed ljudet färdas. I ett sådant scenario kan reflektioner förhindras och förbättra den bullerdämpande effekten. Det är dock svårt att uppnå dessa kriterier i ett homogent material, istället är ett skiktat material att föredra (Forssén, 2013a). I HOSANNA-projektet har ett material med skiktad

porstruktur tagits fram av återvunnet material som visat sig förbättra ljudabsorptionsförmågan hos traditionella homogena porösa absorbenter med 20-40 %.

Olika växter i svenskt klimat

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) har utfört tester i laboratorier och praktisk tillämpning som uppvisar olika växters förmåga att överleva året runt i svenskt klimat (Emilsson et.al, 2014). Studiens syfte är att ta fram växter som kan användas för gröna väggar. I detta avsnitt läggs fokus på resultat framtagna från den praktiska studien.

De praktiska studierna där två olika system har undersökts är utförda i Malmö. Det ena systemet består av en mineralullspanel med hög vattenhållande förmåga och det andra systemet utgörs av en underbevattningsmatta med låg vattenhållningsförmåga. Underbevattningsmattan är uppbyggd av pimpsten och kompost, ett substrat som liknar grusig jord, samt är försedd med fickor i vilka växterna planteras. De båda systemen är placerade i söderläge på 8 meters höjd. Bevattning av systemen har skett via ett droppsystem med reglerat flöde och dagvatten från taket har använts för att förse växterna med tillräckligt mycket vatten. I juni 2012 planterades 18 olika arter (se tabell 2.4) på de båda systemen där de sedan fått övervintra under en säsong. Det är en blandning av olika typer av växter som bland annat har olika växtsätt.

Tabell 2.4: *Arter som fått övervintra under en säsong i försöket (Emilsson et.al, 2014).*

Övervintrade arter		
Aubretia	Kattfot	Sibirisk iris
Backnejlika	Kattmynta	Smultron
Backtimjan	Lammöron	Stäppsalia
Blåtåtel	Lavendel	Strandtrift
Hjärtbergnia	Rödfibbla	Vinteriberis
Japansk starr	Rölleka	Älväxing

Resultatet av studien visar att det finns växter som klarar sig i skandinaviskt klimat under förutsättning att bevattning sker på rätt sätt, se tabell 2.5. Det belyses dock att vattentillförseln är av stor vikt och eventuella avbrott kan innebära stora problem för växternas överlevnad.

Tabell 2.5: *Arter som klarar övervintring och kan användas på gröna väggar i svenskt klimat (Emilsson et.al, 2014).*

Arter som klarar övervintring	
Rölleka	Vinteriberis
Kattfot	Blåtåtel
Strandtrift	Rödfibbla
Hjärtbergnia	Stäppsalia
Backnejlika	Älväxing

Gröna fasader

Växtlighet på husväggar benämns ibland gröna fasader, alternativt vertikala trädgårdar. Växtbeklädda fasader har ljuddämpande egenskaper och bidrar till en förbättrad bullersituation i exempelvis gatukorridorer. I dessa korridorer omges trafikleden av byggnader på båda sidor. Vegetationen, och i synnerhet det jordsubstrat den är applicerad på, förhindrar reflektioner från fasaderna som annars bidrar till högre ljudtrycksnivåer. Begränsningen av reflektioner kan förklaras av tre akustiska fenomen; *absorption* - energin av det inkommande ljudet absorberas och omvandlas till värme, *diffusion* - det reflekterade ljudet sprids i olika riktningar samt *transmission* - uppkommer då ljudet passerar genom den gröna fasaden (Forssén, 2013a).

Det finns två huvudkategorier av gröna fasader - extensiva och intensiva fasader (Breuning, 2014). De extensiva gröna fasaderna utgörs av växter som först har planterats på marken och därefter växer upp längs husväggen, se figur 2.9. De intensiva fasaderna består istället av växter fästa på mattor som placeras direkt på husväggen, se figur 2.10. Mattorna är uppbyggda av utspridda jordsubstratfickor, varifrån plantan har sina rötter. Fickorna innehåller förutom jord även substitut i form av exempelvis stenull, perlit (vulkaniskt glasmineral) eller sphagnum (vitmossa). Valet av underlag är som nämnt i tidigare avsnitt avgörande för fasadens ljudabsorberande egenskaper.



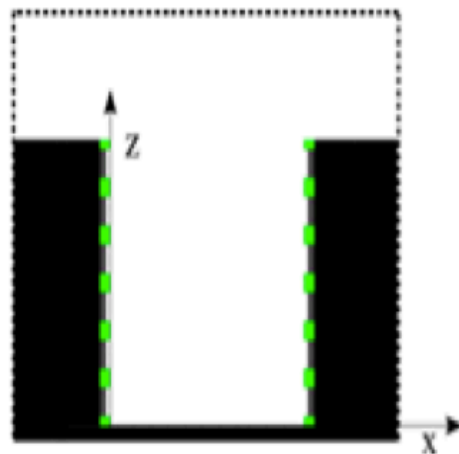
Figur 2.9: *Extensiv grön fasad (Breuning, 2014).*



Figur 2.10: *Intensiv grön fasad (Breuning, 2014).*

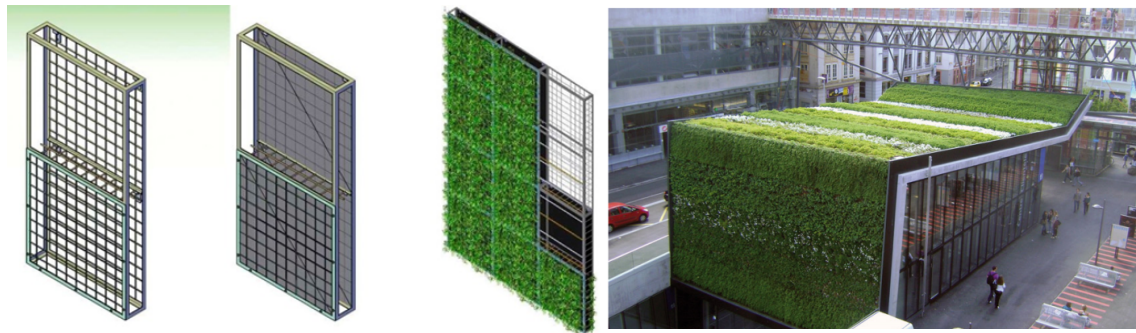
En växtbäddad fasad har varierande effekt på den upplevda ljudtrycksnivån beroende på ett flertal faktorer, däribland vart mottagaren för ljudet finns placerad. Mottagaren kan vara en fysisk person, ett mätinstrument, eller en annan komponent med förmåga att uppta och registrera ljudvågor. För en mottagare som befinner sig på låg höjd vid fasaden upplevs ljudtrycksnivån som högre än för en mottagare på hög höjd (Forssén, 2013a). På högre höjd är således den bullerdämpande effekten större. Effekten blir också större ju smalare gatukorridoren är. Den gröna fasaden bidrar främst med dämpning av frekvenser i mellanregistret och av höga frekvenser, alltså ungefär för frekvenser över 500 Hz.

I en beräkningsstudie hämtad från HOSANNA-projektet undersöks en gatukorridor med 19,2 meter höga växtbäddade fasader, se figur 2.11. Mellan fasaderna finns en trafikerad bilväg med en anvisad hastighet av 50 km/h. Den högsta ljudtrycksminskningen registreras på höjden 1,5-4 meter och blir 2-3 dB(A) (Hornikx, 2012). Jämförelsevis uppnås en minskning med 1 dB(A) om endast den övre halvan av fasaden bekläs med vegetation. Om enbart den nedre halvan av fasaden täcks blir minskningen 2 dB(A). Studien visar också att ljudtrycksnivån ökar vid lägre frekvenser. I jämförelse med en fasad uppbyggd av tegel är absorptionskoefficienten för de gröna fasaderna lägre för frekvenser under 160 Hz.



Figur 2.11: Gatukorridor med växtbeklädda fasader (Hornikx, 2012).

För att förenkla installationen av gröna fasader har det franska företaget Canevaflor®, som ingår som en av samarbetsparterna i HOSANNA-projektet, tagit fram en kassettvägg som kan anordnas utanpå husfasader. Själva strukturen består av en stålkonstruktion med substratfyllda fack där växter planteras, se figur 2.12.



Figur 2.12: Kassetter framtagna av Canevaflor till vänster. Figur till höger visar kassetter applicerad på byggnad i Schweiz. (Canevaflor, 2014).

Kassettväggen har förutom den bullerdämpande effekten även miljövänliga fördelar, däribland att kassetterna genererar förbättrad värmeisolering och effektivare luftrening (Canevaflor, 2014). Genom kombinationen av växternas koldioxidupptag och den filtrering som sker i substratet, kan energiförlusterna från byggnaden kompenseras. Ett av huvudmålen med Canevaflor® är att skapa miljövänliga byggnader och få byggnaderna att fungera som små luftrenande enheter i staden. Luftreningen sker genom en biologiskt filtrerande process med hjälp av mikroorganismer som finns i substratet. Som tidigare nämnt är valet av substrat avgörande för den bullerdämpande effekten då substratet har den största absorberande förmågan i kassettkonstruktionen.

Gröna tak

Gröna tak bygger på samma idé som *gröna fasader* vad gäller dämpande påverkan på ljudutbredning. I ett slutet kvarter med närheten till en gatukorridor absorberar växlighet på taket en del av det utbredande ljudet från trafikleden, vilket reducerar ljudet innan det når innergården (Forssén, 2013a). Liksom de växtbeklädda fasaderna beror bullerreduktionen på flera faktorer. Byggnadens utformning, d.v.s. dess höjd, bredd och takgeometri har stor inverkan på hur ljudtekniskt effektivt växtligheten på taket verkar. Till exempel dämpar ett platt

växtbegräddat tak ljudtrycksnivån med ca 2 dB(A) medan ett vinklat tak kan reducera ljudet med upp till 8 dB(A) (Forssén, 2013a).

Den vanligaste takvegetationen är sedumväxter (se figur 2.13) som är torktåliga och har låg densitet, vilket gör dem till lättviktiga tillskottslaster på de befintliga taken. Under vegetationen finns ett tätskikt och det lager av jordsubstrat med de fukthållande och absorberande egenskaperna. Valet av växtlighet kan dock variera beroende på rådande klimatförhållanden.



Figur 2.13: Sedumtak i Düsseldorf, Tyskland (Holzmüller, 2009).

Låghöjdsbarriärer

Låghöjdsbarriärer bygger på samma teori som konventionella bullerskärmar, dvs. så länge som bullerskärmen skymmer källan så har den en dämpande effekt på ljudet. Låghöjdsbarriärer utformas, till skillnad från konventionella bullerskärmar, så att dess dimensioner är max en meter i både bredd och höjd. Därmed är det en förutsättning att låghöjdsbarriärerna placeras nära ljudkällan för att de ska fungera effektivt (Forssén, 2013a). Den största bullerdämpningen upplevs av mottagare som befinner sig bakom barriären, såsom gångtrafikanter och cyklister. Bullerskärmar är inte avsedda för att ge en tystare ljudmiljö för bostäder belägna på högre höjder.

Låghöjdsbarriärer kan utformas av olika material där jord, lera och sten tillhör de vanligaste. Figur 2.14 visar ett exempel på en låghöjdsbarriär utformad i sten. En låghöjdsbarriär lik denna kan enligt studier dämpa ljudnivån med 3-8 dB(A) när den placeras i närhet till en tvåfältsväg i ett öppet landskap (Forssén, 2013a). Samma studier visar att den ljuddämpande effekten blir några decibel lägre om barriären istället placeras i en gatukorridor. För att däremot öka effekten har undersökningarna visat att en växtbegräddad av barriärerna applicerade i jordsubstrat ger ytterligare dämpning av ljudnivån (Defrance, 2013a). På en fyrfältsväg i en gatukorridor där låghöjdsbarriärer är placerade i de båda vägranterna samt mellan körbanorna kan skillnaden i ljuddämpning mellan en hård traditionell barriär av exempelvis betong och växtbegrädd barriär uppgå till 4 dB(A).



Figur 2.14: Låg bullerskärm försedd med jord som ger möjlighet för växtlighet (Defrance, 2013b).

Takbarriärer

En minskad ljudnivå på innergårdar kan uppnås genom placering av växtbeklädda låga barriärer på taken (Forssén, 2013a). På ett platt tak kan barriärerna exempelvis placeras längs med kanterna närmast innergården eller med kanterna närmast gatan, alternativt längs båda kanterna samtidigt. En 0,6 meter hög barriär placerad mot antingen gatu- eller innergårdssida ger en ljuddämpning på ungefär 1 dB(A). Om placeringen av skärmarna istället sker på båda sidorna kan ljuddämpningen bli 3 dB(A). Effekten uppnås genom förbättrad absorption kring takets kant vilket minskar diffraktionen av ljudet, se avsnitt 2.1.3.

Kostnadsanalys för gröna lösningar

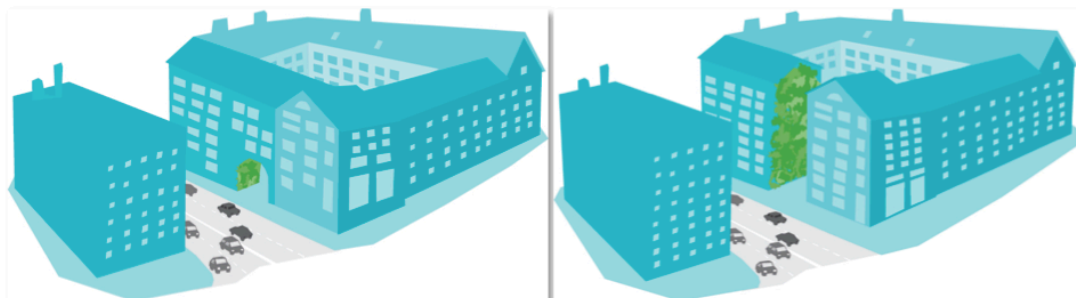
För respektive grön åtgärd i HOSANNA-projektet medföljer en genomförd kostnadsanalys, en s.k. CBA-analys (cost/benefit analysis). Tabell 2.6 visar faktorer som beaktas specifikt för gröna fasader. Siffrvärdena används för att få fram en procentenhet på hur lönsam en installation förväntas bli.

Tabell 2.6: Faktorer som används vid beräkning av kostnad och lönsamhet för gröna fasader (Klæbo, 2013).

	Bene.	Base dBA	Δ dB A	m ²	Invest. cost €	Main- ten. per Year €	Lasts Years
Vegetated façades in canyon	100	51.4	1	2949	500	25	10
Vegetated façades upper half of canyon	100	51.4	1	1475	500	25	10
3m tall façade opening to cross street	100	47.9	3.4	58	500	25	10
19.2 m tall façade opening to cross street	100	59.3	4.1	369	500	25	10
3 m tall façade opening to street	100	56.3	4.5	58	500	25	10
19.2 m tall façade opening to street	100	60	4.1	369	500	25	10

Faktorerna som tas i åtanke är antal individer som påverkas positivt av den gröna fasaden, ljudtrycksnivå innan installation, sänkning av ljudtrycksnivå efter installation, antal kvadratmeter som täcks av grönt material, investeringskostnad per kvadratmeter, underhållskostnad per kvadratmeter och livslängd. Vid kostnadsanalyser för gröna tak och låga bullerskärmar används samma faktorer.

I HOSANNA-projekter har två olika väggar undersöks i CBA-analysen. Den ena är 19,2 meter hög och placerad i passagen till en öppen innergård. Den andra är 3 meter hög och placerad i en tunnelpassage till en sluten innergård. Båda väggarna är utformade med gröna fasader, placering återges i figur 2.15.



Figur 2.15: *Vy som visar de växtbeklädda väggarna som undersöks i CBA-analysen (Klæbo, 2013).*

Kostnadsanalyserna är genomförda med och utan estetisk påverkan i åtanke. I tabell 2.7 respektive 2.8 avläses den resulterande B/C-kvoten för respektive analys med och utan beaktad estetik. Alla presenterande valutasiffror är angivna i euro.

Tabell 2.7: *B/C-kvot för två gröna väggar med beaktad estetik (Klæbo, 2013).*

Komponent	Summa kostnad (C)	Summa lönsamhet (B)	B/C [%]
Grön vägg 19,2m	30 224	121 448	402
Grön vägg 3m	4750	19 008	400

Tabell 2.8: *B/C-kvot för två gröna väggar utan beaktad estetik (Klæbo, 2013).*

Komponent	Summa kostnad (C)	Summa lönsamhet (B)	B/C [%]
Grön vägg 19,2m	30 224	1761	6
Grön vägg 3m	4750	1932	41

CBA med estetik i åtanke har även gjorts för en grön fasad riktad mot en gatukorridor. Kostnad, lönsamhet och B/C-faktor för denna presenteras i tabell 2.9.

Tabell 2.9: *B/C-kvot för grön fasad riktad mot gatukorridor med estetik i åtanke (Klæbo, 2013).*

Komponent	Summa kostnad (C)	Summa lönsamhet (B)	B/C [%]
Grön fasad	24 081	84 787	352

Övriga fördelar med vegetation i stadsmiljö

Omställningen från kala hårda ytor till mjukare gröna ytor utnyttjas på flera platser i världen, inte minst i Tyskland och i Frankrike där förekomsten av gräsbelagda tak är kraftigt utbredd. Även på platser som Tokyo, Kanada och USA har takvegetation börjat appliceras i allt större utsträckning (Veg Tech, 2014). Dessa megastäder kallas ibland för "Urban Heat Islands" i den benämningen att temperaturerna kan bli mycket höga till följd av att värme lagras i hårda ytor utgjorda av tunga material. I subtropiska miljöer under inverkan av solljus blir de höga temperaturerna en kritisk faktor för stadsklimatet.

De gröna taken och de växtbeklädda fasaderna har i dessa fall en kylande effekt. Inkommande UV-ljus och solstrålning absorberas av växterna, varpå vatten avdunstar och luftfuktigheten ökar. Resultatet blir ett svalare stadsklimat. Approximativt kan den genomsnittliga temperaturen i städerna förväntas sänkas med cirka 4 °C (Veg Tech, 2014). Växterna har också

värmeisolerande egenskaper. Genom att beklä byggnaders klimatskal kan energiförbrukningen sänkas vilket leder till lägre energikostnader.

Genom växternas förmåga att filtrera bort damm, stoff och binda partiklar förbättras även luftkvaliteten i städerna (Veg Tech, 2014). Vid växternas fotosyntes upptas koldioxid samtidigt som syre avges. Detta resulterar i minskade utsläpp av skadliga växthusgaser och renare luft för stadens invånare. Vidare har endast den visuella upplevelsen av grönska bevisat sig ha en tydlig koppling till hur människan upplever den faktiska miljösituationen. Växtligheten har generellt en lugnande inverkan på människan välbefinnande³.

Vegetationstekniken kan även tillämpas i städernas dagvattenhantering (Veg Tech, 2014). Hållbar dagvattenhantering är en förutsättning för ett fungerande stadsklimat. Nederbörd som når tak, fasader och gator måste ledas bort till recipienter på ett miljöeffektivt sätt då detta vatten är förorenat och rikt på näringsämnen. Vanligtvis sker avledningen via rör, brunnar och öppna dagvattenlösningar, men genom att anlägga växter på taken skapas förutsättningar för en naturlig dagvattenhantering. En stor del av dagvattnet fångas upp av sedumväxterna, magasineras och avdunstar. Då vegetationen fördröjer avrinningen blir dagvattensystemet jämnare belastat och risken för översvämningar vid kraftig nederbörd minskar. Hur pass mycket avrinningen fördröjs beror på vegetations- och substrattypen samt respektive lagers tjocklek. Sammanfattningsvis kan vegetationstekniken bidra till stadsklimatet på följande sätt:

- Visuellt – naturnära konstraster
- Svalare temperaturer – ökad luftfuktighet
- Renare luft – mer syre, mindre CO₂, partiklar och stoft.
- Energisnåla byggnader – minskade energikostnader
- Naturlig dagvattenhantering – minskad avrinning
- Ökad biologisk mångfald
- Minskade bullernivåer
- Förbättrad hälsa för stadens invånare

2.3.2 Tyst asfalt

Anläggande av tyst asfalt är en metod som används för att dämpa bullernivån vid den specifika lokaliseringen av ljudkällan, det vill säga i kontakten mellan däck och underlag. Vid höga hastigheter dominerar det ljud som uppstår i kontakten mellan fordonens däck och vägbana. Vid låga hastigheter är det istället motor- och avgasljud från fordonen som utgör de mest kritiska bullerkällorna (Trafikverket, 2014b).

Uppbyggnaden av den tysta asfalten ger den dess akustiska egenskaper. Den tysta asfalten består av stenstorlekar av grövre karaktär. Som nämns i avsnitt 2.2.2 skulle detta innebära mer vibrationer och mer buller. Dock skapar den porösa strukturen i den tysta asfalten hålrum som reducerar ljudnivån genom absorption (NE, 2014). I tyst asfalt utgörs strukturen upp till en fjärdedel av hålrum som tillsammans bildar ett porsystem. Detta kan jämföras med traditionell asfalt där hålrummen uppgår till mellan två och fyra procent av sammansättningen (Eriksson, 2005). I beläggningsens hålrum kan ljud absorberas, vilket inte bara dämpar utan också reducerar spridningen av buller (NE, 2014). Den stora mängden hålrum i den tysta asfalten bidrar även till att horneffekten (se avsnitt 2.2.2) som skapas mellan däck och vägyta minskar i storlek

³ Pontus Thorsson (forskare, Chalmers), föreläsning 2013-11-15

(Sandberg, 2002). Den tätare beläggningen i traditionell asfalt komprimerar istället luften under bildäcken och buller alstras när luften pressas ut.

På grund av den grova strukturen är underhållsbehovet av den tysta asfalten stort. Det krävs kontinuerlig rengöring och underhåll, då hållrummen riskerar att täppas igen av fina partiklar och damm och därmed förlora en del av den bullerdämpande förmågan. Användandet av dubbdäck på svenska vägar under vintertid påskyndar både slitaget och igentäppningen och i jämförelse med traditionell asfalt slits den tysta asfalten ut dubbelt så snabbt (Dahlquist, 2009). Det kan även tilläggas priset för den tysta asfalten är det tredubbla.

Tjockleken på den tysta asfalten är också avgörande för den bullerdämpande effekten. Ett tjockt lager asfalt genererar en större ljuddämpning än ett tunt lager (Sandberg, 2002). I jämförelse med traditionell asfalt med en tjocklek på 30-40 mm uppgår den tysta asfaltens maktighet till 100 mm (Dahlquist, 2009). Den största dämpande effekten uppnås om den tysta asfalten läggs i två lager med ett poröst lager underst och ett finkornigt lager överst (Lundberg, 2008). Uppbyggnaden underlättar underhållet av vägbanan då enbart det översta finkorniga lagret behöver bytas ut vid slitage. Dessutom förenklas rengöringen av vägen eftersom det finkorniga lagret samlar upp damm och partiklar (NCC, 2014).

NCC har som ett av flera bygg- och anläggningsföretag tagit fram en egen beläggning av tyst asfalt (NCC, 2014). Enligt företagets mätningar kan bullret reduceras med upp till 8-10 dB(A), vilket ger en halvering av den upplevda bullernivån. Detta motsvarar effekten av en hastighetsreducering från 100 till 50 km/h eller en minskning av trafikmängden med 90 %.

Tillämpningen av tyst asfalt är mer utbredd i vissa länder på kontinenten än i Norden (NE, 2014). I exempelvis Nederländerna utgör den tysta asfalten ungefär två tredjedelar av all asfalt. Tekniken har utnyttjats i landet sedan 1970-talet med framgångsrika resultat (Gabrielsson, 2009). I Göteborg har tyst asfalt använts sedan mitten på 1980-talet (Svensson, 2010). Utnyttjandet av asfalten har uppvisat varierande resultat och det senaste försöket att implementera beläggningen skedde på Högsboleden år 2006. I detta fall hade den tysta asfalten mist sin bullerdämpande kapacitet redan efter tre år (Kallin, 2009). Liknande resultat har erhållits i andra svenska städer, däribland Helsingborg och Stockholm. I dessa försök har slitaget varit så omfattande och fortgående att beläggningen har bytts ut mot traditionell asfalt redan efter några år.

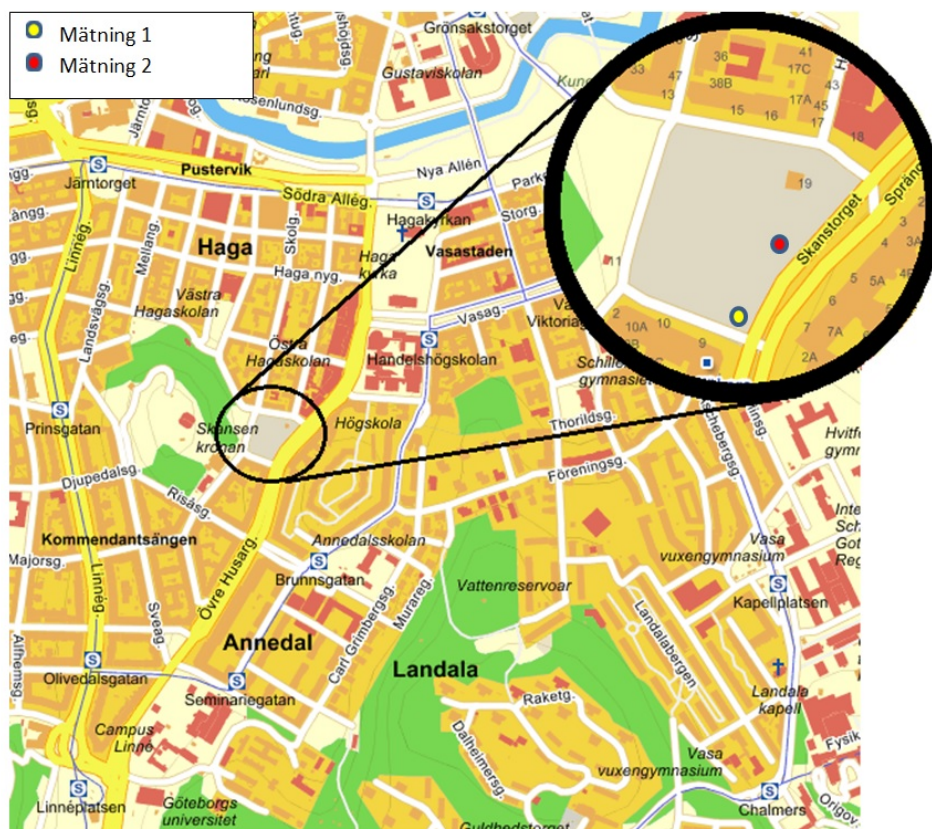
Den 1 oktober år 2010 införde Göteborgs Stad dubbdäcksförbud på två centrala gator i Göteborg, Friggagatan samt Odinsgatan. Enligt Åke Sandin, planeringsledare på Trafikkontoret, kan införandet av förbudet göra att den tysta asfalten blir ett lönsamt alternativ, eftersom slitaget på vägbanan minskar (Svensson, 2010). Det satsas även på mer forskning för att ta fram nya tysta beläggningar med längre livslängd, bibehållen bullerdämpande förmåga och ännu lägre underhållskostnader (Lundberg, 2005).

3 Mätningar

I projektet har sammanlagt fyra fältmätningar genomförts för att uppskatta den aktuella ljudtrycksnivån intill Skanstorget. Varje mätning omfattar ett tiominuters-intervall.

De två första mätningarna är utförda under eftermiddagstid mellan kl. 16-17 den 25 februari 2014. Mätutrustningen var placerad ungefär vid den punkt där fasaden på kvarteret förväntas vara som närmast Övre Husargatan, se figur 3.1. Temperaturen i luften för det dagsaktuella tillfället var omkring 7° C, vägbanan var torr och på grund av årstiden förekom dubbdäck. Mätdata från tillfället redovisas i tabell 3.1 och 3.2.

På eftermiddagen mellan kl. 14-15 den 1 april 2014 genomfördes de två avslutande mätningarna. Vid detta tillfälle var utrustningen placerad mitt emellan de anslutande vägarna, men fortfarande på samma avstånd från vägen som vid första mättillfället, se figur 3.1. Temperaturen i luften var omkring 13° C och vägbanan var torr. Vid detta tillfälle noterades även antal bilar med dubbdäck. Mätdata från tillfället redovisas i tabell 3.4 och 3.5.



Figur 3.1: Vy ovanifrån vid mätplats.

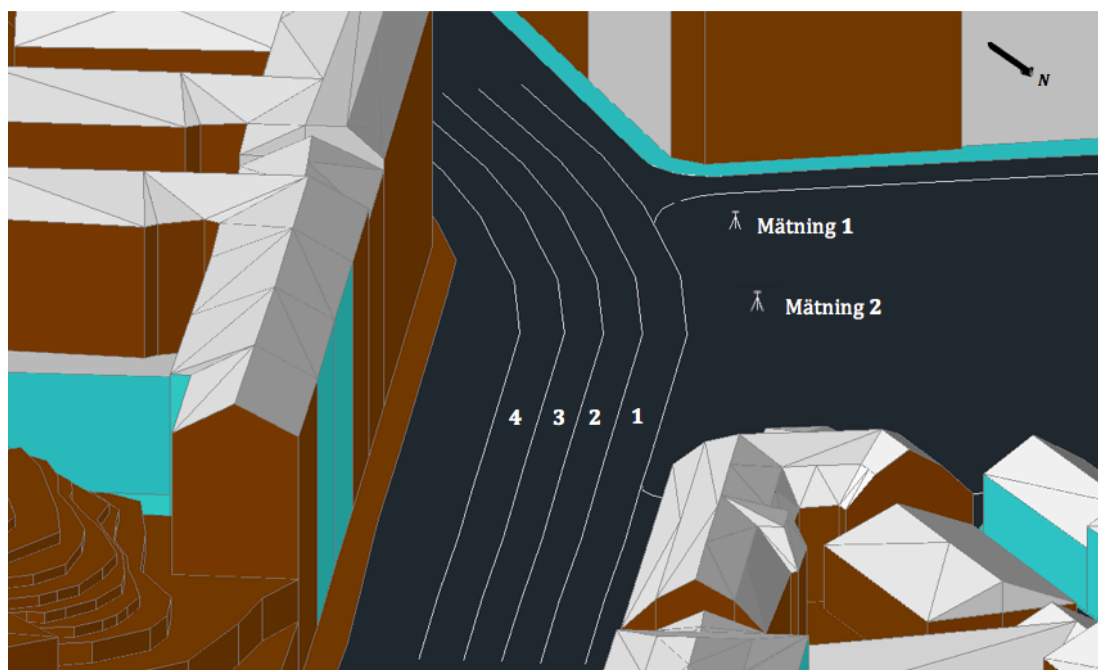
3.1 Metod för mätningar

Vid analysering av ljudmiljön på platsen användes mätinstrumentet 2260 Investigator från Brüel & Kjær. Innan mätningen startade kalibrerades instrumentet med hjälp av en ljudkalibrator för att kontrollera känsligheten på den tillhörande mikrofonen. Ljudkalibratören skickade ut en ton på 1 kHz på en bestämd ljudtrycksnivå och därefter justerades Investigatorns känslighet så att utslaget stämde överens med ljudkalibratörens ljudtrycksnivå. Med hjälp av ett externt

ljudinterface överfördes därefter signalen från Investigatorn till en dator, där ljudsignalen spelades in. Även denna signal kalibrerades med hjälp av ljudkalibratoren. Kalibreringsprocessen utfördes innan och efter varje påbörjad mätning för att utesluta eventuella förändringar av mikrofonens känslighet. Mikrofonen placerades på 1,5 meters höjd och på ett avstånd från vägens kant motsvarande den blivande fasadens placering, placering återges i figur 3.2. Avståndet mellan mätutrustningens placering och vägkanten uppgår till 7 meter. De allmänna körfälten (1 och 4) är 4 meter breda medan busskörfälten (2 och 3) har en bredd på 3,5 meter. Från vägens kant till motstående kvarter är avståndet ungefär 6 meter.

Trafikflödet beräknades genom att anteckna antalet lätta samt tunga fordon i det allmänna körfältet i varje riktning. Antalet bussar i körfältet för linjetrafik i varje riktning registrerades också. En genomsnittlig hastighet för de olika fordonstyperna uppskattades genom att en sträcka uppmättes varpå tiden för passage längs denna antecknades. För att kunna analysera mätningen mer ingående filmades händelseförloppet under tiden som ljudtrycksnivån mättes.

Mätningarna har därefter utvärderats genom analysering av data från Investigatorn samt från ljudinspelningen. Investigatorn ger resultat i form av ekvivalenta ljudtrycksnivåer för varje tersband samt total A-vägd ekvivalent ljudtrycksnivå för tidsintervallet. För att beräkna den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån har ett exceldokument som bygger på Nordiska beräkningsmodellen utnyttjats. Med hjälp av ett Matlabskript har ljudtrycksnivån plottats upp som funktion av tiden för mätningarna. Detta har gjorts för att vidare kunna identifiera kritiska ljudkällor (se avsnitt 3.3.1).



Figur 3.2: Cad-bild på Övre Husargatan med Skanstorget till höger. Visar placering av mätinstrumentet vid mätning 1 och 2, samt numrering av de fyra körfälten.

3.2 Konvertering av mätvärden

Följande teori har hämtats från Nordiska beräkningsmodellen för konvertering av uppmätt ljudtrycksnivå till dygnsekvivalent ljudtrycksnivå.

Ljudtrycksnivå för lätta respektive tunga fordon på ett avstånd av 10 meter kan beräknas enligt ekvation 3.1 och 3.2.

$$L_{AEq,10\text{ m,lätta}} = \begin{cases} 73.5 + 25 \log\left(\frac{v}{50}\right); v \geq 40 \text{ km/h} \\ 71.1; 30 \text{ km/h} \leq v < 40 \text{ km/h} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$L_{AEq,10\text{ m,tunga}} = \begin{cases} 80.5 + 30 \log\left(\frac{v}{50}\right); 50 \text{ km/h} \leq v \leq 90 \text{ km/h} \\ 80.5; 30 \text{ km/h} \leq v < 50 \text{ km/h} \end{cases} \quad (3.2)$$

Eftersom avståndet mellan ljudkällan och mottagaren inte är 10 meter i projektets fältmätningar kan en korrektion ΔL_{Av} adderas.

$$L_{AEq,tunga} = L_{AEq,10\text{ m,tunga}} + \Delta L_{Av} \quad (3.3)$$

$$L_{AEq,tunga} = L_{AEq,10\text{ m,tunga}} + \Delta L_{Av} \quad (3.4)$$

där

$$\Delta L_{Av} = -10 \log\left[\frac{r}{10}\right] \quad (3.5)$$

och r är avståndet mellan mottagare och ljudkälla.

Den beräknade ekvivalenta ljudtrycksnivån för mättillfället kan därefter beräknas som

$$L_{AEq,20\text{ min,beräknad}} = 10 \log \frac{1}{t_{\text{mätning}}} \left(n_{tunga} * 10^{\frac{L_{AEq,tunga}}{10}} + n_{lätta} * 10^{\frac{L_{AEq,lätta}}{10}} \right) \quad (3.6)$$

där n_{tunga} och $n_{lätta}$ är antalet tunga respektive lätta fordon som passerar under tiden $t_{\text{mätning}}$, då mätningen pågår.

Utgående från Trafikkontorets mätningar av trafikflöden för ett helt dygn kan den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån beräknas enligt

$$L_{AEq,24h,beräknad} = 10 \log \frac{1}{t_{\text{dygn}}} \left(n_{tunga} * 10^{\frac{L_{AEq,tunga}}{10}} + n_{lätta} * 10^{\frac{L_{AEq,lätta}}{10}} \right) \quad (3.7)$$

Utifrån den uppmätta ekvivalenta ljudtrycksnivån kan den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån $L_{AEq,24h}$ uppskattas enligt

$$L_{AEq,24h,uppmätt} = L_{AEq,20\text{ min,uppmätt}} + (L_{AEq,24h,beräknad} - L_{AEq,20\text{ min,beräknad}}) \quad (3.8)$$

3.3 Resultat av mätningar

För förtydligande bild på placering av mätinstrument och körfält, se figur 3.2.

Mätningstillfälle 1

Tabell 3.1: Resultat från det första mätningstillfället.

Körfält	1	2	3	4
Antal fordon [fordon/20 min]	175	8	6	208
Andel tung trafik [%]	0	100	100	0
Medelhastighet [km/h]	30	31	34	32

Tabell 3.2: Uppmätt ekvivalent ljudtrycksnivå (A-vägd) vid första mätningstillfället.

	Ekvivalent ljudtrycksnivå [dB(A)]
Mätning 1A kl 16.25	66,6
Mätning 1B kl 16.46	65,7

De två uppmätta värdena på ljudtrycksnivå för respektive 10 minutersperiod räknas ihop till ett värde enligt:

$$L_{AEq,20min,uppmätt} = 10 \log \left(\frac{1}{20} (10 \cdot 10^{0.1 \cdot 66.6} + 10 \cdot 10^{0.1 \cdot 65.7}) \right) = 66.2 \text{ dB(A)}$$

Trafikdata i tabell 3.3 hämtas från Trafikkontorets mätning i september 2013 (se bilaga 1) samt Västrafiks tidtabeller för bussar som trafikerar sträckan (se bilaga 2):

Tabell 3.3: Trafikdata för Övre Husargatan.

Körfält	1	2	3	4
Antal fordon [fordon/dygn]	6400	288	289	6800
Andel tung trafik [%]	0,6	100	100	0,6
Medelhastighet [km/h]	30	30	32	32

Ur excelblad för beräkning av ljudtrycksnivåer enligt nordiska beräkningsmodellen erhålls:

$$L_{AEq,24h,beräknad} = 63.2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AEq,20min,beräknad} = 66.0 \text{ dB(A)}$$

Insättning ekvation (3.8) ger då

$$L_{AEq,24h,uppmätt} = L_{AEq,20min,uppmätt} + (L_{AEq,24h,beräknad} - L_{AEq,20min,beräknad}) = \underline{63.4 \text{ dB(A)}}$$

Mätningstillfälle 2

Tabell 3.4: Resultat från det andra mätningstillfället.

Körfält	1	2	3	4
Antal fordon [fordon/20 min]	149	4	7	160
Andel tung trafik [%]	0,67	100	100	2,5
Andel dubbdäck [%]	17	0	0	19
Medelhastighet [km/h]	43	34	37	45

Tabell 3.5: Uppmätt ekvivalent ljudtrycksnivå (A-vägd) vid andra mätningstillfället.

	Ekvivalent ljudtrycksnivå [dB(A)]
Mätning 2A kl. 14.28	64,6
Mätning 2B kl. 14.40	65,4

De två uppmätta värdena på ljudtrycksnivå för respektive 10 minutersperiod räknas ihop till ett värde enligt:

$$L_{AEq,20min,uppmätt} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{20} (10 \cdot 10^{0.1 \cdot 64.6} + 10 \cdot 10^{0.1 \cdot 65.4}) \right) = 65.0 \text{ dB(A)}$$

Följande mätresultat hämtas från Trafikkontorets mätning i september 2013 (se bilaga 1) samt Västtrafiks tidtabeller för bussar som trafikerar sträckan (se bilaga 2):

Tabell 3.3: Trafikdata för Övre Husargatan.

Körfält	1	2	3	4
Antal fordon [fordon/dygn]	6400	288	289	6800
Andel tung trafik [%]	0,6	100	100	0,6
Medelhastighet [km/h]	30	30	32	32

Ur excelblad för beräkning av ljudtrycksnivåer enligt nordiska beräkningsmodellen erhålls:

$$L_{AEq,24h,beräknad} = 63.2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AEq,20min,beräknad} = 65.4 \text{ dB(A)}$$

Insättning ekvation (3.8) ger då

$$L_{AEq,24h,uppmätt} = L_{AEq,20min,uppmätt} + (L_{AEq,24h,beräknad} - L_{AEq,20min,beräknad}) = \underline{63.1 \text{ dB(A)}}$$

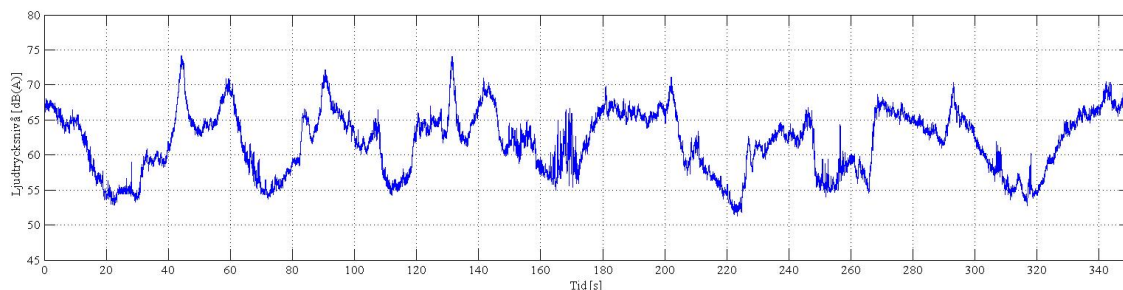
3.3.1 Identifiering av dominerande bullerkällor

Vid Skanstorget lutar Övre Husargatan svagt nedåt i norrgående riktning, dvs. i riktning mot Haga. Vägsträckan i det aktuella området innehåller två korsningar med trafikljus vilket ytterligare bidrar till oregelbundna hastigheter och körstilar. Det lågfrekventa bullret som karakteriserar en stor del av de kritiska ljudtrycksnivåerna indikerar motorljud till följd av inbromsningar och accelerationer.

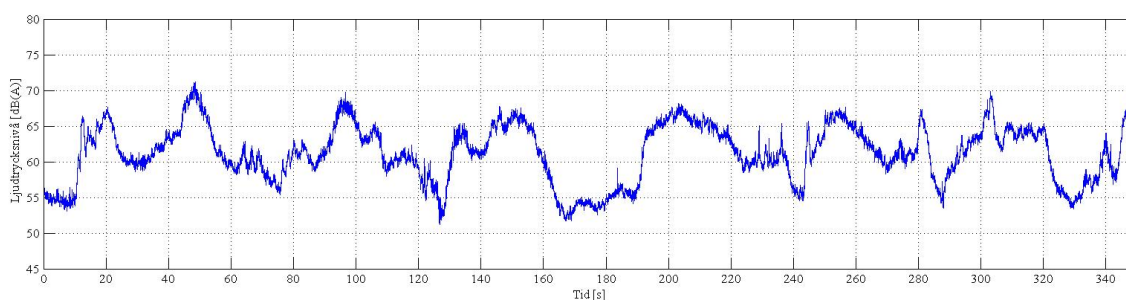
Som nämns i avsnitt 3 skiljde sig förutsättningarna för mättillfälle 1 och 2 åt. Mätningarna utfördes vid olika tidpunkter på dygnet, på olika datum och vid olika positioner intill torget. Vid det första tillfället var mottagaren placerad närmre korsningen vilket gav en större inverkan av fordonsbuller från tvärgatan till Övre Husargatan. Eftersom den första mätningen utfördes under rusningstrafik registrerades fler antal fordon än vid den andra mätningen som genomfördes tidigare på eftermiddagen. Dessutom var aktiviteten på gång- och cykelbana större, liksom aktiviteten på parkeringen i form av motorer som startades och dörar som stängdes. Vid mättillfälle 1 var även förekomsten av dubbdäcksanvändande mer utbredd. Detta påverkade dock inte identifieringen av kritiska källor märkbart.

I figur 3.3–3.6 illustreras hur ljudtrycksnivåerna varierade under de 6 första minuterna för respektive mätning. Genom att betrakta de 10 till 15 högsta topparna i varje diagram samt analysera bild- och ljudupptagningarna kan källorna till de högsta ljudnivåerna identifieras.

Mätningstillfälle 1

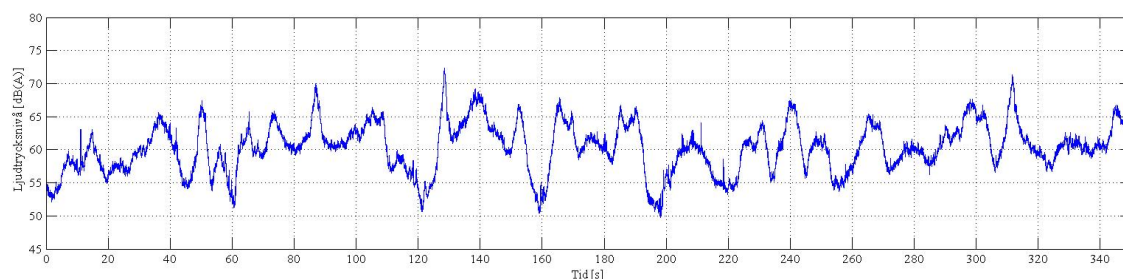


Figur 3.3: Variation i ljudtrycksnivå [dB(A)] vid mätningstillfälle 1a, 25 feb kl. 16.25-16.31.

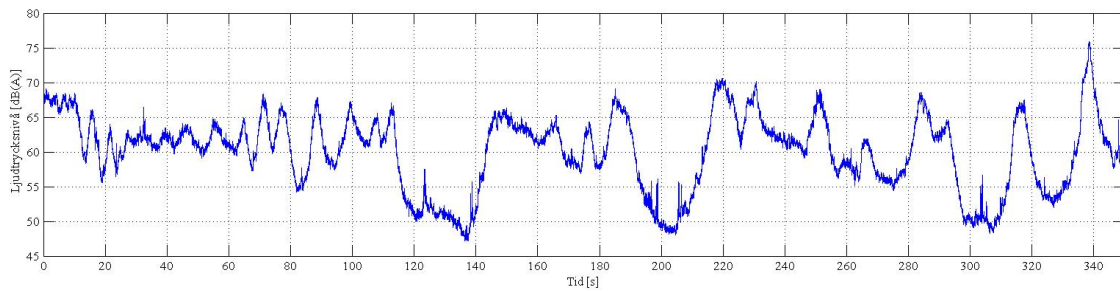


Figur 3.4: Variation i ljudtrycksnivå [dB(A)] vid mätningstillfälle 1b, 25 feb kl. 16.46-16.52.

Mätningstillfälle 2



Figur 3.5: Variation i ljudtrycksnivå [dB(A)] vid mätningstillfälle 2a, 1 apr kl. 14.28-14.34.



Figur 3.6: Variation i ljudtrycksnivå [dB(A)] vid mätningstillfälle 2b, 1 apr kl. 14.40-14.46.

Källan till en utmärkande hög ljudnivå kan vara svåridentifierad då källan inte nödvändigtvis finns inom det undersökta sökområdet för mätningarna. Exempelvis bidrar aktivitet från trafik på sidogator, parkeringsytan, samt gång- och cykelväg till höga ljudnivåer. I analysen tas ingen hänsyn till dessa bidrag.

Vid granskning av ljudtrycksnivåerna från samtliga fyra mätningstillfällen har totalt 40 bidrag identifierats. De 40 urskilda källorna har delats in i följande fordonskategorier:

Tunga fordon:

Bussar – upphov till 10 av 40 höga nivåer.

Då de höga ljudtryckstopparna orsakas av förbipasserande bussar utmärks ljudbilden av ett lågfrekvent buller som kommer från motorn. Framför allt orsakas bullret av acceleration och inbromsning, till följd av signalstyrd trafikreglering i korsningarna samt lutande vägprofil. Bidragen är jämnt fördelade från bussar i båda färdriktningar.

Lastbilar – upphov till 1 av 40 höga nivåer.

En av de registrerade lastbilarna bidrar till höga ljudtrycksnivåer. De lastbilar som noteras passerar mätplatsen tidigt på dagen, innan rusningstrafiken. Övervägande delen färdas i norrgående riktning dvs. i bilfilen på störst avstånd från mottagaren, vilket kan vara en orsak till att de inte ger upphov till höga bullernivåer i dessa mätningar.

Lätta och medeltunga fordon:

Skåpbilar/lätta lastbilar – upphov till 7 av 40 höga nivåer.

Denna fordonskategori ger främst upphov till kritiska höga ljudtrycksnivåer under mätningstillfälle 2, dvs. då rusningstrafiken inte är påbörjad. Det är framför allt enskilda fordon av större modeller som visar sig kunna ge upphov till höga nivåer.

Personbilar – upphov till 19 av 40 höga nivåer.

Analysen tyder på att det är övervägande större bilmodeller som bidrar till de kritiska ljudtrycksnivåerna. I ett tätt trafikflöde på nära avstånd till mottagaren genererar personbilarna höga nivåer och som högst då flera stillastående fordon börjar accelerera vid grönt ljus i filen närmast mottagaren, vilket är en vanligt förekommande situation. Ljudtrycksnivåerna förstärks ytterligare när fordon färdas i olika riktningar vinkelrät mottagaren samtidigt.

Motorcyklar – upphov till 3 av 40 höga nivåer.

Även motorcyklar finns representerade bland de studerade bidragen, men på grund av de få antalen identifieras ingen märkbar påverkan.

4 Simuleringar

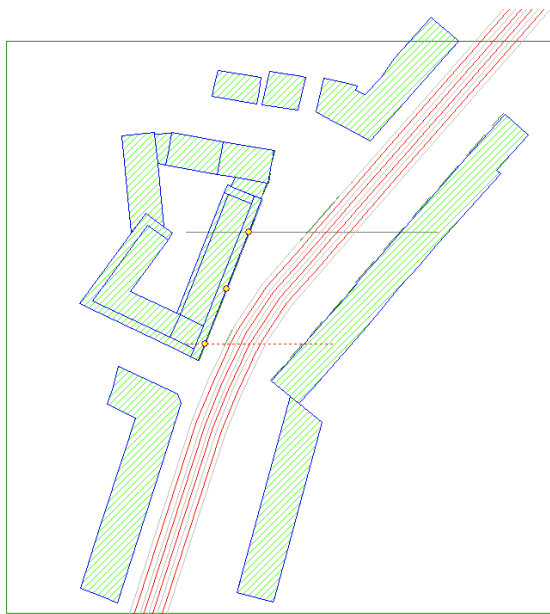
I projektet har simuleringsprogrammet SoundPLAN fungerat som verktyg i utredningen av ljudtrycksdämpningar vid tillämpning av föreslagna akustiska lösningar. Programmet kan användas för att bygga upp verklighetsbaserade 3D-modeller av bebyggelse och omgivning. Ingående parametrar anpassas för att återge en uppskattad inverkan av trafiklederna. Efter att kvarteret modellerats upp kan programmet beräkna värden för olika kombinationer av bullerdämpande åtgärder. En beräkning i programmet ger ljudnivåer för olika bestämda platser i kvarteret och presenteras i rapporten i form av tabeller och grafiska bullerkartor.

4.1 Metod för simuleringar

Som utgångspunkt för simuleringarna i SoundPLAN används en CAD-ritning över Skanstorget med närliggande omgivning. Simuleringsområdet begränsas till torget och de närmast belägna husen på sidorna om torget samt husen på motsatt sida Övre Husargatan, se figur 4.1. Övre Husargatan modellerades upp som fyra körfält. Ingen hänsyn tas därmed till tvärgator och bakgrundsbuller i anslutning till det nya kvarteret.

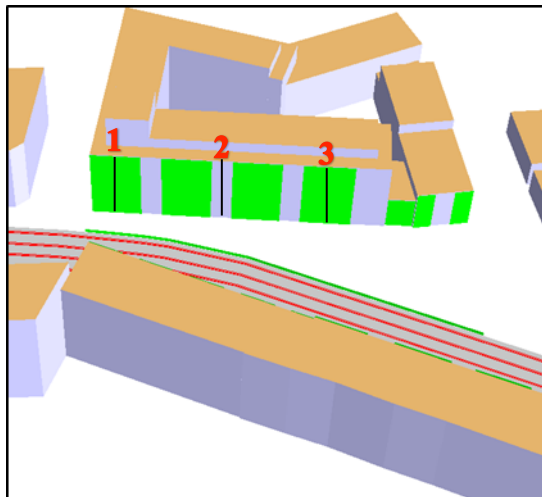
CAD-ritningen importeras till SoundPLAN och höjden på samtliga byggnader anges som ingående parametrar. Alla byggander antas ha platta tak. Trafikdata för de olika körfälten anges enligt Trafikkontorets uppgifter för fordonstrafik för körfält 1 och 4 och Västtrafiks tidtabeller utnyttjas för körfält 2 och 3 enligt tabell 3.3. Absorptionskoefficienterna hos de inlagda gröna lösningarna för olika frekvenser anges i tabell 2.3. Låga bullerskärmar betraktas i simuleringarna som gröna fasader, vilket medför att absorptionskoefficienten blir den samma. För frekvenser över 2000 Hz sätts absorptionskoefficienten i SoundPLAN automatiskt till samma värde som för 2000 Hz, dvs. 0,74. Beräkningarna utförs med hänsyn till första ordningens reflektioner.

Väderförhållanden beaktas i form av vind och temperatur för motsvarande snittvärden för Göteborg.



Figur 4.1: Plan över simulering. Beräkningsområde är begränsat av grön rektangel. Heldragna röda linjer på väg representerar körfält. Körfälten är, från vänster, 1,2,3,4.

I analysen av olika situationer placeras tolv mottagare upp på det tilltänkta kvarterets fasad. Dessa fördelades i tre olika fält längs med fasaden och på fyra olika höjder; 1.5 m, 6 m, 12 m och 18 m, se figur 4.2. Mottagarna registrerar ljudtrycksnivåer för respektive tersband från 25 Hz till 10000 Hz.



Figur 4.2: Bild som visar på de olika fältens placering samt numrering på kvarterets fasad mot Övre Husargatan.

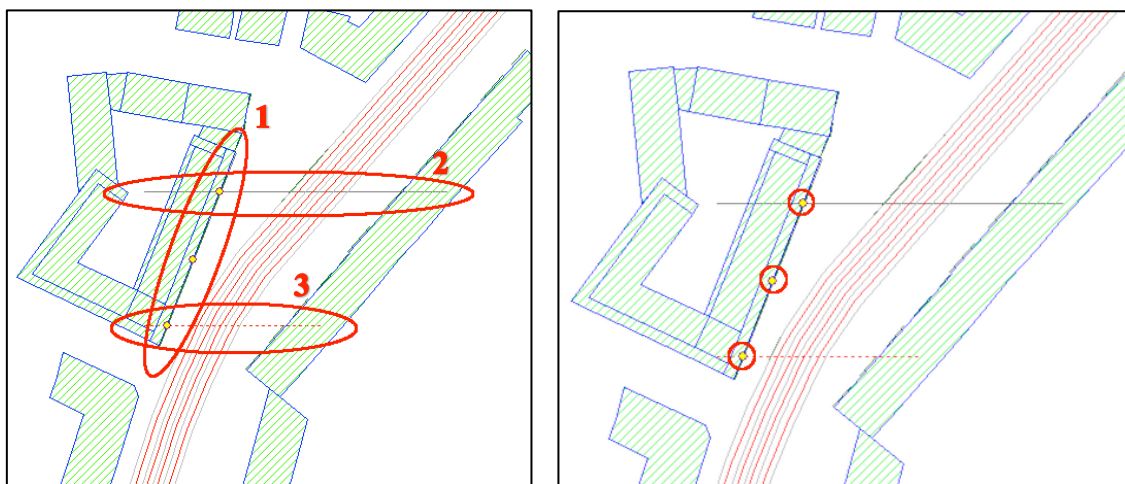
För att visualisera resultatet från simuleringarna används följande grafiska verktyg:

Grid noise map

Med grid noise map skapas en plan över beräkningsområdet som visar de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna med hjälp av olika färger. Ljudnivån mäts i ett diskret antal punkter på 1.5 m höjd med en viss upplösning, i detta fall med en täthet på 5 meter.

Tvärsektioner

I programmet används tre tvärsektioner på olika platser vid kvarteret, se figur 4.3. En av dessa sträcker sig utmed fasaden mot Övre Husargatan och två stycken korsar gatan på tvären. Tvärsektioner fungerar som en grid noise map med skillnaden att de sträcker sig vertikalt istället för horisontellt. I simuleringen utbreder de sig 20 meter i vertikal riktning och har en punkttäthet på 2 m. Resultatet redovisas på samma sätt som för en grid noise map.

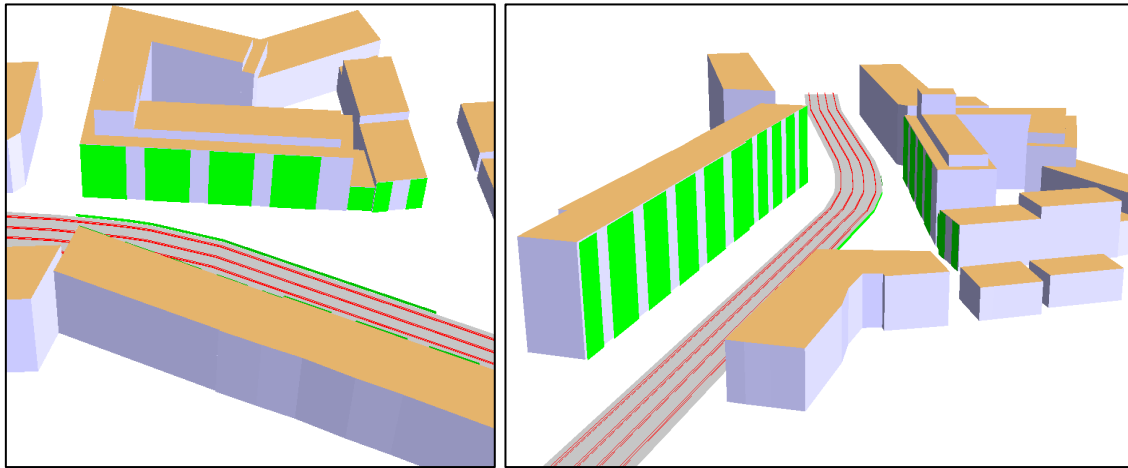


Figur 4.3: Plan över simulering. Till vänster illustreras de tvärsektioner som analyserats. Till höger illustreras placering av mottagare, varje placering representerar ett fält med fyra olika höjdplaceringar.

För att utvärdera de olika bullerdämpande åtgärdernas effekter på den akustiska miljön modellerades följande situationer upp:

- Inga åtgärder
- Endast låghöjdsbarriär
- Gröna fasader på nytt kvarter och låghöjdsbarriär
- Gröna fasader på nytt kvarter
- Gröna fasader på nytt kvarter samt på byggnader på andra sidan Övre Husargatan
- Låghöjdsbarriär och gröna fasader vid nytt kvarter samt vid byggnader på andra sidan Övre Husargatan

Figur 4.4 visar hur samtliga gröna lösningar är placerade. De vertikala trädgårdarna är placerade som vertikala remsor och täcker inte hela fasaden med avseende på utrymme för fönster. Enligt Cortina & Käll kommer den färdigställda fasaden att bestå av ca 30 % fönster och dessa har ingen ljudabsorberande förmåga. Remsorna är således approximativt placerade och täcker ca 70 % av fasaden. Den låga bullerskärm som analyseras är placerad precis intill vägen och har en höjd på 1 meter.



Figur 4.4: Simuleringsvy över Kvarteret Skansbron med gröna lösningar installerade. Olika kombinationer simuleras i SoundPLAN.

4.2 Resultat av simuleringar

Nedan följer en sammanställning av resultaten från simuleringarna i SoundPLAN. Resultat för enskilda tersband redovisas i bilaga 3. Tabell 4.1-4.3 visar den totala ljuddämpningen i varje fält för respektive mottagare vid olika kombinationer av åtgärder.

Tabell 4.1: Totalt ljuddämpning (insertion loss) i dB för varje åtgärd vid olika höjder i fält 1.

Fält 1	1,5 m	6 m	12 m	18 m
Inga åtgärder	-	-	-	-
Endast låghöjdsbarriär	2,4	0,2	0	0
Grön fasad på nytt kvarter + låghöjdsbarriär	3,7	1,7	1,5	1,4
Grön fasad på nytt kvarter	1,4	1,5	1,5	1,4
Grön fasad på nytt kvarter + motstående fasad	1,5	1,6	1,7	1,7
Grön fasad på nytt kvarter + motstående fasad + låghöjdsbarriär	3,8	1,8	1,7	1,7

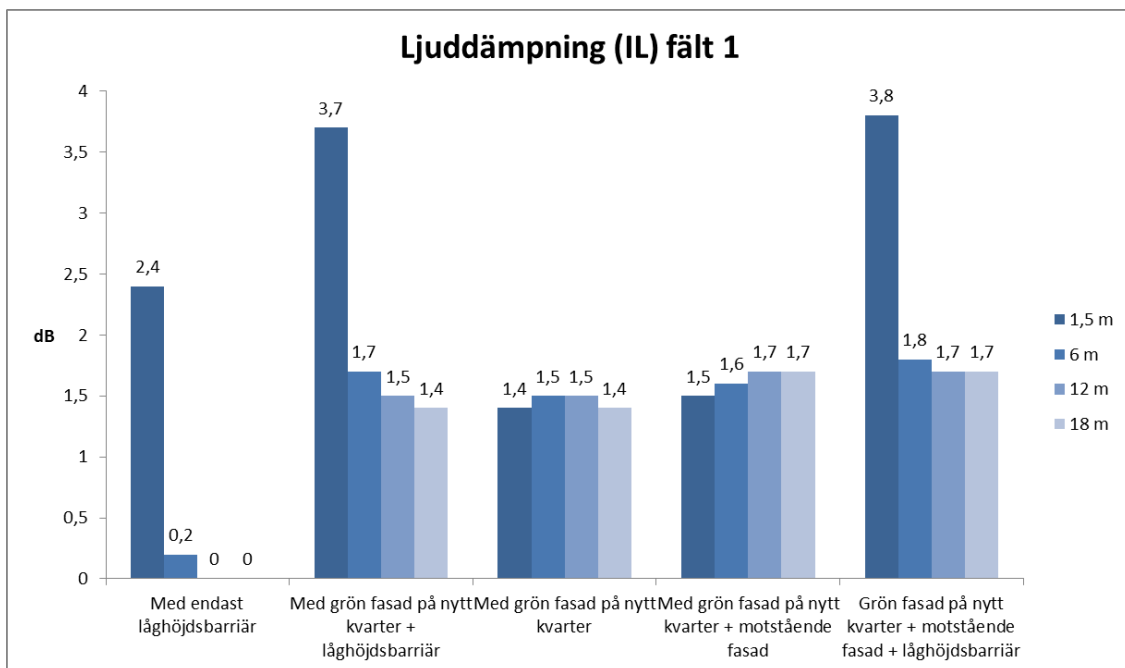
Tabell 4.2: Totalt ljuddämpning (insertion loss) i dB för varje åtgärd vid olika höjder i fält 2.

Fält 2	1,5 m	6 m	12 m	18 m
Inga åtgärder	-	-	-	-
Endast låghöjdsbarriär	2,5	0,4	0,1	0
Grön fasad på nytt kvarter + låghöjdsbarriär	2,5	0,4	0,1	0
Grön fasad på nytt kvarter	0	0	0	0
Grön fasad på nytt kvarter + motstående fasad	0,1	0,2	0,2	0,2
Grön fasad på nytt kvarter + motstående fasad + låghöjdsbarriär	2,7	0,5	0,3	0,2

Tabell 4.3: Totalt ljuddämpning (insertion loss) i dB för varje åtgärd vid olika höjder i fält 3.

Fält 3	1,5 m	6 m	12 m	18 m
Inga åtgärder	-	-	-	-
Endast låghöjdsbarriär	2,1	0,7	0,2	0,1
Grön fasad på nytt kvarter + låghöjdsbarriär	3,3	2,2	1,7	1,6
Grön fasad på nytt kvarter	1,3	1,5	1,5	1,5
Grön fasad på nytt kvarter + motstående fasad	1,6	1,7	1,8	1,8
Grön fasad på nytt kvarter + motstående fasad + låghöjdsbarriär	3,7	2,4	2	1,9

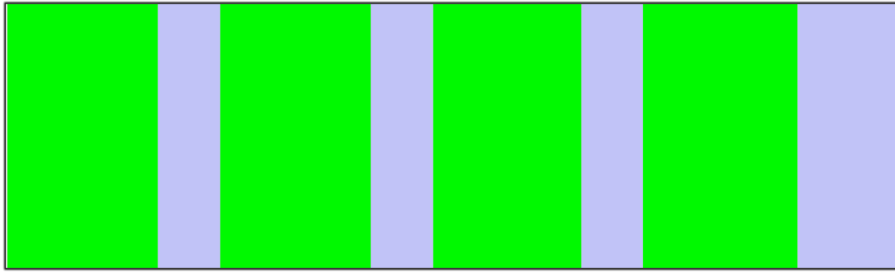
Tabellerna visar att en låghöjdsbarriär har störst ljuddämpande kapacitet på låg höjd, men att denna successivt avtar och blir omärkbar på högre höjder. Simuleringarna visar däremot att en grön fasad har en relativt konstant dämpning oavsett höjd. Tabell 4.2 åskådliggör att ljuddämpningen är noll när mottagarna placeras på ett område där grön fasad ej applicerats. I samma tabell påvisas också att applicering av grön fasad på motstående fasad ger små ljuddämpande effekter. Detta bekräftas i de två andrafälten. Den högsta ljuddämpningen uppgår till 3,8 dB och uppnås i fält 1 på låg höjd när samtliga åtgärder är kombinerade med varandra. På resterande höjder ger de olika kombinationerna av åtgärder en ljuddämpning som ligger runt 1,6 dB, med undantag för fallet med endast låghöjdsbarriär. Resultaten tydliggörs i figur 4.5 som visar ljuddämpningen i fält 1 för samtliga åtgärder. Motsvarande diagram för fält 2 och 3 bifogas i bilaga 4.



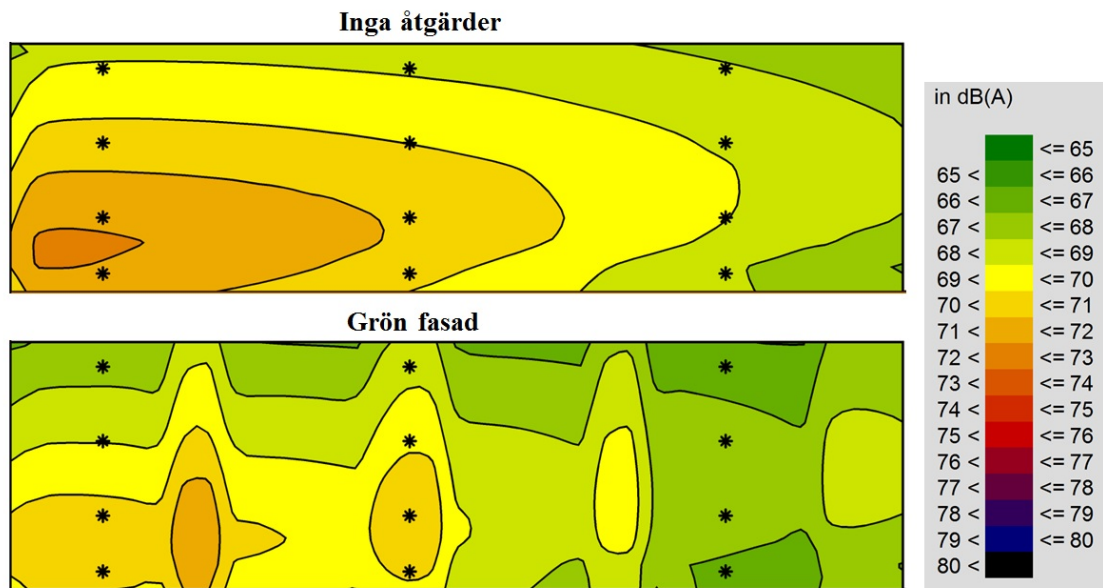
Figur 4.5: Total ljuddämpning (insertion loss) i dB för varje åtgärd vid olika höjder i fält 1.

Figur 4.7 och 4.8 visar tvärsektion 1 och 2 för flera av de olika fallen. Det som kan utläsas från bilderna är ljudnivåskillnader, där skillanden mellan två närliggande färgområden motsvarar 1 dB. Viktigt att notera är att de absoluta decibelvärdena inte motsvarar de verkliga värdena. Skalan i figur 4.7 gäller även för figur 4.8. Alla bilder från SoundPLAN-simuleringarna hittas i bilaga 5.

Som tidigare nämnts är de gröna fasaderna på det nya kvarteret utplacerade som remsor med mellanliggande ”tomma” områden. Det är således endast de gröna områdena som bidrar till en bullerdämpande effekt. Utplaceringen illustreras i figur 4.6. Mottagare är utplacerade som beskrivet i avsnitt 4.1 och simulerade ljudtrycksnivåer för hela fasaden uppskattas, se figur 4.7.

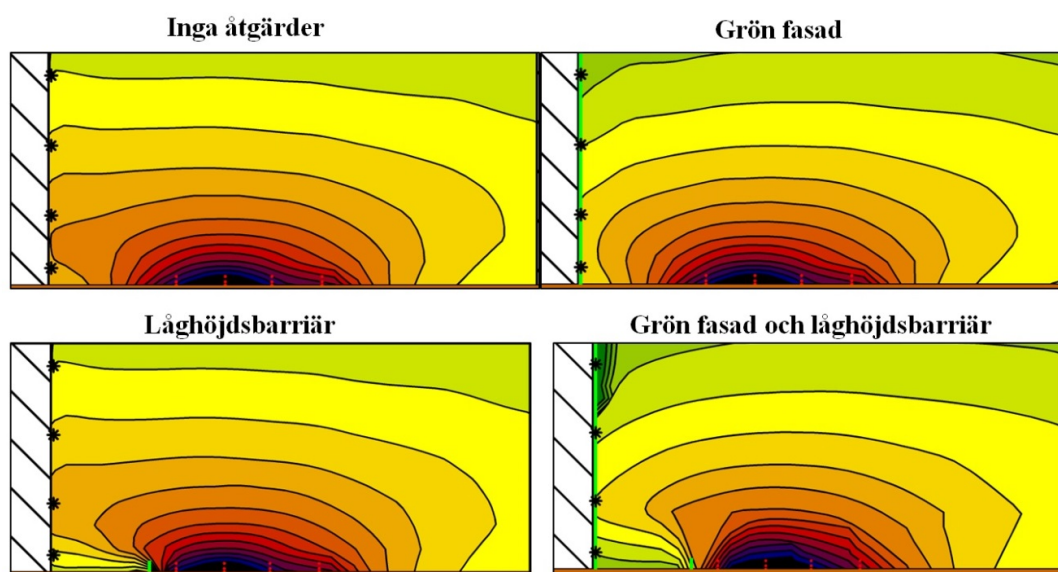


Figur 4.6: Fördelning av grön fasad över planerad byggnad.



Figur 4.7: Tvärsektion 1 för två olika situationer. Svarta stjärnor motsvarar mottagare på fasad. Skalan till höger illustrerar differenser i ljudtrycksnivåer.

Ur figur 4.7 kan utläsas att tillämpning av en grön fasad medför en ljudtrycksdämpning med ca 2 dB i det nedre vänstra hörnet av fasaden sedd från Övre Husargatan. Detta är det dimensionerande fallet där avstånd mellan gata och fasad är som kortast. Noterbart är även att områden utan grön fasad inte får någon betydande dämpning, precis som visat i tabell 4.2.



Figur 4.8: Tvärsektion 3 med kvarteret Skansbron till vänster, för fyra olika situationer. Svarta stjärnor motsvarar mottagare på fyra olika höjder. Mottagaren längst ner sitter på 1,5 m höjd över marknivå. Den snedrandiga boxen till vänster för de olika fallen motsvarar husfasaden och är 20 m hög. De fyra röda i:na i varje situation motsvarar de fyra körfälten.

Figur 4.8 visar skillnaden i ljudtrycksnivå för fyra olika situationer. Grön fasad dämpar upp emot 2 dB nära husfasaden. Ensam dämpar låghöjdsbarriären med ca 4 dB nära fasaden på höjder under ca 2 meter. I en kombinerad situation dämpar grön fasad och låghöjdsbarriär sina respektive områden ungefär lika mycket som de gör enskilt, det vill säga ca 4 dB på låg höjd och 2 dB på mellanhöjd. Undantaget är längst ner och högst upp nära fasaden. Låghöjdsbarriären dämpar dessutom ljud med en större vinkel när den kombineras med grön fasad. Detta medför att den kombinerade situationen dämpar ljudtrycksnivån med 4-5 dB på en höjd motsvarande huvudhöjd för en fotgängare.

För att uppskatta hur ljudtrycksnivåerna varierar över hela fasaden används de uppmätta värdena samt figur 4.8 som visar hur ljudtrycksnivån varierar med höjd i fält 1. Utgående från mätningresultaten på 63,1 dB(A) på 1,5 m höjd från mätningstillfälle 2 visar fördelningen av ljudtrycksnivåer vid fasaden att dessa varierar mellan ca 60-64 dB(A). Exempelvis medför kombinationen av åtgärderna grön fasad och låghöjdsbarriär att ljudtrycksnivån vid fasad sjunker till ca 59-62 dB(A) i fält 1.

I SoundPLAN-simuleringarna har hänsyn endast tagits till första ordningens reflektioner. För att se hur mycket en ökning av antalet reflektioner påverkar resultaten har insertion loss beräknats för fallet med gröna fasader på både ny och gammal byggnad, med hänsyn tagen till tredje ordningens reflektioner (se bilaga 6). Påverkan på resultaten redovisas i tabell 4.4 och visar att differensen i insertion loss gentemot beräkningen med första ordningens reflektioner är mellan 0,2-0,5 dB, med störst skillnad på hög höjd.

Tabell 4.4: *Differens i insertion loss i dB för gröna fasader på båda sidor om vägen vid användande av en respektive tre reflektioner.*

Fält 1: 1,5 meter	0,2
Fält 1: 6 meter	0,2
Fält 1: 12meter	0,3
Fält 1: 18 meter	0,4
Fält 2: 1,5 meter	0,3
Fält 2: 6 meter	0,1
Fält 2: 12 meter	0,2
Fält 2: 18 meter	0,4
Fält 3: 1,5 meter	0,4
Fält 3: 6 meter	0,3
Fält 3: 12 meter	0,4
Fält 3: 18 meter	0,5

5 Diskussion

Resultat från genomförda mätningar vid Skanstorget visar att de existerande ekvivalenta ljudnivåerna är 63,4 dB(A) vid mättillfälle 1 och 63,1 dB(A) vid mättillfälle 2. Kvarteret har därmed en bullernivå på över 55dB(A). Enligt Boverkets avstegsprincip kan byggnation av bostäder dock medges vid tillgång till tyst sida. Det är emellertid av vikt att genomföra en undersökning av bullerdämpande åtgärder.

5.1 Utvärdering av respektive grön lösning

För att utvärdera respektive lösning diskuteras de olika åtgärderna utifrån dess bullerdämpande effekt samt dess praktiska och ekonomiska genomförbarhet.

Simuleringarna i SoundPLAN visar att låghöjdsbarriärer genererar den största ljuddämpande effekten på låga höjder. Detta utslag var förväntat och överensstämmer väl med studerad litteratur. Enligt simuleringarna uppgår ljuddämpningen av låghöjdsbarriären till 2-2,5 dB(A) vid 1,5 meters höjd. Resultaten tyder därmed på att ett införande av en låghöjdsbarriär vid Skanstorget skulle kunna förbättra ljudmiljön för både fotgängare och cykeltrafikanter utomhus, samt för boende och verksamheter på första våningen inomhus. Eftersom ljudtrycksnivån ökar med minskat avstånd till ljudkällan (se ekvation 2.10) och mottagarna på de lägre höjderna därmed är i störst behov av bullerdämpning, kan en låg bullerskärm anses som en adekvat lösning.

Låghöjdsbarriärernas ljuddämpande effekt på högre höjder, dvs. på 6,12 och 18 meters höjd, är som störst i fält 3 (se tabell 4.3). Detta kan förklaras genom att avståndet mellan väg och fasad är som störst i fält 3 och en större del av fasaden skärmas av på grund av låghöjdsbarriären. Ljuddämpningen är dock ytterst begränsad på dessa höjder, och ytterligare åtgärder är därför nödvändiga.

De gröna fasaderna på den tilltänkta byggnaden ger en dämpning av ljudet på ca 1,5 dB(A) vid fasad. Enligt litteraturstudien ska växtbeklädda fasader fungera mer effektivt för mottagare på högre höjder än för mottagare på lägre höjder. Simuleringsresultaten från SoundPLAN bekräftar emellertid inte detta, då ljuddämpningen visade sig bli ungefär lika stor för alla höjder längs fasaden. Noterbart är att ljuddämpningen är obefintlig i fält 2 i det specifika fallet med endast grön fasad som bullerdämpande åtgärd. I fält 2 är mottagarna placerade mellan två remsor av grön fasad enligt figur 4.2. Detta skulle innebära att ljudnivåer vid ytor som inte kan täckas av grön fasad inte heller påverkas av den gröna fasaden på resterande delar av byggnaden. I verkligheten kan en stor del av sådana ytor utgöras av fönster och dörrar.

Det kan tänkas att en horisontell placering av de gröna fasaderna hade gett en bättre bild av hur de gröna fasaderna fungerar i verkligheten. Ljudvågor från linjekällor alstras vinkelrätt mot färdriktningen och reflekteras sedan mot fasaden utan att förflyttas i sidled. På grund av detta samt att ljudvågorna har olika utfallsvinklar mot vägen hade en horisontell placering av de gröna fasaderna gett en jämnare ljuddämpning sett över hela fasaden, gentemot nu då vertikala stråk utan grön fasad tillåter ljudvågor att obehindrat studsas fram och tillbaka mellan fasaderna.

Simuleringarna visar att applicering av grön fasad på motstående byggnader på andra sidan Övre Husargatan endast har minimal inverkan på bullernivån. Den blir uppskattningsvis mellan 0,1 och 0,3 dB(A). Med tillämpning av gröna fasader på båda sidor om gatan ges en dämpning på 1,5-1,8 dB(A). Jämfört med litteraturstudiens 2-3 dB(A) är detta alltså något lägre än förväntat. Dock skiljer sig situationer som studerats i litteraturstudien från de aktuella förutsättningarna som råder vid Skanstorget. Byggnaderna kring Övre Husargatan löper

exempelvis inte parallellt med varandra som i de teoretiska fallen. Gatukorridorseffekten kanske därmed inte uppnås i samma utsträckning i verkligheten och de gröna fasadernas effekt blir således inte lika stor.

Då de gröna fasadernas bullerdämpande effekt i stor utsträckning omfattar att förhindra ljudvågor att reflektera, kan antalet reflektioner använda i simuleringarna vara en anledning till att de inte fullt ut dämpar som litteraturen beskriver. Så verkar också vara fallet då dämpningen på hög höjd förbättras med antalet reflektioner. Dock så är skillnaden i dämpning mellan en och tre reflektioner som minst där ljudnivåerna är som högst, vilket innebär att antalet reflektioner inte har någon nämnvärd effekt på det dimensionerande fallet.

5.2 Uppnås Boverkets riktlinjer med hjälp av gröna lösningar?

Enligt resultaten från simuleringarna är de gröna lösningars inverkan inte tillräcklig för att bullernivån ska sänkas till riktvärdet på 55 dB(A). Exempelvis hamnar bullernivån i fält 1 på ca 59-62dB(A) vid kombinationen av låghöjdsbarriär och grön fasad på det tilltänkta kvarteret. I ett utformningsförslag av bostadshus kan därmed tillägget av en tyst sida anses som en lämplig åtgärd eftersom högre ljudtrycksnivåer upp till 65 dB(A) då kan tillåtas, enligt den så kallade avstegsprincipen. Den tysta sidan bör vara placerad mot en innergård i det här fallet. Då simuleringar från SoundPLAN inte kunnat uppvisa ekvivalentnivåer på en innergård är det svårt att bedöma hur stor sänkning som nödvändigtvis behövs vid dimensionering av en tyst sida. Enligt teori från litteraturstudien kan tillämpning av gröna tak och låga takbarriärer minska bullernivåer på innergårdar och på så sätt skapa en tyst sida. Eftersom detta anses som ett rimligt alternativ för Kvarteret Skansbron uppmuntras därför fortsatta studier kring dessa lösningar.

5.3 För- och nackdelar med gröna lösningar

Gröna lösningar har utöver bullerdämpande egenskaper även andra tekniska fördelar som gynnar stadsklimatet. Som tidigare nämnts bidrar växter i allmänhet till svalare temperaturer, renare luft, bättre dagvattenhantering och behagligare visuella miljöer. Gröna växter har en påvisad lugnande inverkan på människan och den psykologiska upplevelsen medför att de uppfattade ljudnivåerna blir lägre än de faktiskt uppmätta värdena. Kortfattat genererar den ökade växtligheten en förbättrad stads- och folkhälsa. Det kan vara svårt att uppskatta ett pris på dessa typer av fördelar, men de är fortfarande viktiga att beakta i designandet av framtidens stadsmiljöer.

Som påvisas i avsnitt 2.3.1 under rubriken ”Kostnadsanalys för gröna lösningar” är lönsamhetskvoten, benefit/cost-kvoten, för en 19,2 m hög växtbeklädd vägg endast 0,06 om ingen hänsyn tas till växternas estetik. Om estetiken däremot beaktas i kostnadsanalysen blir motsvarande kvot 4,02. Detta innebär att vinsten räknat i kapital för att anlägga en 19,2 m hög grön vägg är ca fyra gånger större än investeringen. Skillnaden mellan kvoterna bevisar vikten av grönskans inverkan på människans psykologiska upplevelse. Således kan investeringen i vegetationsteknik anses vara möjlig att försvara, även om vinsten i detta fall till största del kopplas till estetiken.

I förhållande till växternas ljuddämpande effekt blir bullerdämpningens bidrag till vinsten däremot mycket litet. Det är därför relevant att ifrågasätta lönsamheten av att använda växtlighet som huvudverktyg just med avseende på att sänka de absoluta bullernivåerna. I synnerhet när det går att påverka den upplevda bullersituationen visuellt genom att plantera vanliga träd och buskar. Det kan med detta argumenteras för att träd och buskar fungerar nästan lika bra som gröna bullerdämpande lösningar, trots att de saknar bullerdämpande egenskaper. Det ska dock påpekas att lönsamhetsperspektivet endast kan diskuteras när mottagaren befinner sig i direkt visuell kontakt med grönskan. Detta exkluderar således de personer som befinner sig inne i

byggnaden, och det är trots allt med avseende på de boende som den faktiska ljudnivån måste regleras. Boverkets riktlinjer tar inte hänsyn till de ”upplevda bullernivåerna”, utan endast de verkliga uppmätta ljudnivåerna. Det är utefter Boverkets riktlinjer som beslut fattas kring nybyggnationer i stadsmiljö.

Om vegetationstekniken utöver det visuella också kan utnyttjas optimalt ur ett bullertekniskt perspektiv blir växternas effekter förstärkta och tillämpningen av dem mer ekonomiskt acceptabel. Det kan också argumenteras för ökat bruk av gröna lösningar i städer i ytterligare avseenden. Exempelvis kan anläggande av vertikala trädgårdar bli en logistiskt bra lösning med tiden. I samband med urbanisering och städernas växande befolkningstäthet blir det allt mer angeläget att utnyttja befintliga markytor till plats för bostäder. Förtätningen av staden medför succesivt att det blir mindre markarea över för grönområden. Genom att integrera växtlighet på byggnaders tak och fasader utvecklas en kombinerad lösning mellan det praktiska och visuella. Staden tillåts expandera, samtidigt som grönskan består med alla visuella och tekniska fördelar. Upphandling av grönområden för nybyggnationer kan därmed försvaras genom att bebyggelsen ”ger tillbaka till naturen”. Vertikala trädgårdar kan förväntas bli ett allt vanligare inslag i framtiden, inte minst i storstäder på begränsad yta.

5.4 Utmaningar vid applicering av gröna lösningar

Vid projektering av nybyggnation är det relevant att överväga intensiva gröna fasader som bulleråtgärd, eftersom dessa är mest intressanta ur ett bullerdämpande perspektiv. Dock kommer de gröna lösningarna eventuellt att medföra nya praktiska utmaningar, inte minst i form av krävande arbete med själva installationen. Applicering av växtkassetter på befintliga byggnader, exempelvis på gamla tegelfasader, kan bli svårgenomförligt då det kan innebära en relativt omfattande påbyggnation när kassetterna ska fästas.

Införandet av låga bullerskärmar kan ur ett bullerperspektiv anses som positivt, främst genom en generellt förbättrad ljudbild. Däremot kan skärmarna försvåra trafiksituationen och störa trafikflöden till följd av att gator försmalas. Utryckningsfordon kan få svårare att stanna till vid nödsituationer och snöskottning kan begränsas av det minskade utrymmet. I täta stadskärnor är det också vanligt med parkering längs med gatan, vilket medför att bullerskärmarna kan komma att placeras längre från själva ljudkällan. Dessutom kan skärmarna utgöra ett hinder för av- och påstigning vid fordon. På grund av detta lämpar sig låghöjdasbarriärer bäst för genomfartsleder.

I många av de städer där takvegetation börjat utnyttjas effektivt i större utsträckning är medeltemperaturen generellt högre än i svenska städer. För att kunna tillämpa vegetationstekniken i Sverige är det således en förutsättning att det finns växter som klarar det svenska klimatet. I studien från avsnitt 2.3.1, under rubriken ”Olika växter i svenskt klimat” presenteras exempel på växter som klarar övervintring under nordiska förhållanden. Noterbart är att studien har genomförts i Malmö, vilket gör att resultatet från studien kan ifrågasättas och det är oklart hur långt norrut som de gröna lösningarna är praktiskt tillämpbara.

5.5 Angripande av bullerkälla

Som resultaten från SoundPLAN-simuleringarna indikerar blir den bullerdämpande effekten av de gröna lösningarna relativt varierande beroende på olika kombinationer av anordningar. Bortsett från den visuella inverkan och uppfattningsbara ljudbilden som dessa lösningar frambringar, kan den faktiska ljudtrycksdämpningen anses vara någorlunda begränsad. Det är därför av relevans att undersöka om ytterligare åtgärder bör vidtas för att påverka ljudtrycksnivån vid torget. I rapporten har fokus riktats mot bullerdämpande lösningar, men också mot själva ljudkällan, i detta fall trafikbullret. Därmed bör den aktuella trafiksituationen analyseras.

Skanstorget är som tidigare nämnt beläget i en mycket utsatt bullermiljö med närheten till Övre Husargatan och anslutande tvärgata. Topografin i området är inte optimal ur bullersynpunkt då Övre Husargatan lutar svagt nedåt i norrgående riktning. Trafikflödena regleras av signalstyrda korsningar och övergångsställen längs hela gatan, med undantag för en nybyggd cirkulationsplats längre upp mot Linnéplatsen. Detta medför karaktäristisk stadskörning med ojämna trafikflöden till följd av omväxlande inbromsningar, accelerationer och stundtals långa fordonsled. I samband med Göteborgs förtätning och den uppskattade tillväxten av stadens invånarantal kan trafiksituationen förväntas bli intensiv även i fortsättningen.

Till följd av den ojämna körningen och hastigheten i området dominerar främst motorljudet från förbipasserade fordon. Detta styrks i analysen av genomförda mätningar samt av ljudteorin i avsnitt 2.2.2. Vid identifieringen av de mest kritiska ljudkällorna utmärker sig bland annat bussarna, vars inverkan står för en fjärdedel av de högsta ljudtrycksnivåerna. Enligt studien som nämns i avsnitt 2.2.2 kan bussarnas enskilda bidrag till ljudbilden sänkas om de bussarna som trafikerar Övre Husargatan byts ut mot tystare bussar, exempelvis elbussar eller laddhybridbussar. Elbussar har visat sig kunna sänka ljudtrycksnivåerna med 6 dB(A) för varje enskilt fordon i stadskörning. Motsvarande dämpning för laddhybridbussar uppskattas till ungefär 4 dB(A) för varje enskilt fordon. Ljudtrycksdämpningen ställs i jämförelse med de nivåer som orsakas av de busslinjer som trafikerar Övre Husargatan idag. Vid upphandling av nya bussar kan det vara relevant att ta hänsyn till deras bidrag till ljudbilden i staden. I synnerhet då visioner finns om att öka det kollektiva resandet i samhället.

Det kan också vara av intresse att utreda valet av asfaltsbeläggning längs Övre Husargatan. I dagsläget är gatan anlagd med konventionell asfalt, men den skulle möjligtvis kunna beläggas med tyst asfalt. Tyst asfalt behandlas mer ingående i avsnitt 2.3.2 där det framgår att ljudnivåerna teoretiskt kan sänkas med 8-10 dB(A) under optimala förhållanden. Konceptet med tyst asfalt har exempelvis visat sig vara mycket framgångsrikt i Nederländerna. Som tidigare beskrivits har däremot den tysta asfalten vissa nackdelar då beläggningen inte visat sig vara beständig under längre period i svenska trafikförhållanden. Detta kan kopplas till den intensiva dubbdäcksnötningen som verkar under större delen av vinterhalvåret. I länder på sydligare breddgrader är förekomsten av dubbdäck är inte lika utbredd till följd av varmare klimat. Detta kan vara en av anledningarna till att beläggningen fungerar bättre i dessa miljöer och tillämpas i större utsträckning. Utöver problematiken med fortgående slitage betraktas den tysta asfalten dessutom som tre gånger så dyr som traditionell asfalt. Ur ett ekonomiskt perspektiv kan användandet av tyst asfalt därför anses vara olönsamt i längden. Med hänsyn till Övre Husargatans nyliga omdaning kan det vara svårt att motivera ett utbyte av asfaltsbeläggning i nuläget. Det ska också tilläggas att den tysta asfalten främst dämpar ljud som uppstår i kontakten mellan däck och beläggning. Det trafikbuller som huvudsakligen orsakas av motorljud dämpas inte i samma utsträckning. Eftersom motorljudet dominerar vid Skanstorget kan den bullerdämpande effekten av tyst asfalt ifrågasättas.

Om applicering av tyst asfalt ändå skulle bli aktuellt i framtiden kan istället ett införande av dubbdäcksförbud övervägas. Förutom slitaget på vägytskiktet medför dubbdäcksanvändandet ett negativt bidrag till den upplevda ljudbilden med högfrekvent buller. Effekten av ett dubbdäcksförbud kan innebära att trafikintensiteten längs Övre Husargatan sjunker, vilket medför att ljudtrycksnivåerna i området sänks under vinterhalvåret. Emellertid kan nivåerna förväntas stiga på annat håll med förhöjda bullernivåer på närliggande gator. Problematiken blir därmed endast förflyttad till andra områden.

Västtrafik, som ansvarar för kollektivtrafiken i Göteborg, är en del av samarbetet *Vision för en fördubblad kollektivtrafik*. För att öka det kollektiva resandet inom Göteborgs-regionen finns konkreta planer på utbyggnad av kollektivtrafiken, bland annat i form av Västlänken. Vid ökat

bussresande och tätare busslinjer kan förekomsten av biltrafik i stadsmiljön förväntas minska. Detta kan anses som positivt ur ett folkhälso- och miljöperspektiv då de totala trafikflödena blir mindre intensiva. Minskade trafikflöden kan innebära en förbättrad bullermiljö, då många av de identifierade tillfällena med höga bullernivåer kommer från just bilköer. I samband med byggandet av Västlänken kommer en ny station att placeras i Haga nära Handelshögskolan. Pendlande resenärer kan här tänkas fortsätta sin resa till och från arbete via Övre Husargatan, vilket kan medföra att busstrafiken kommer öka ytterligare i framtiden. För att uppnå visionen om ett hållbart kollektivresande är det därför av stor vikt att minska bussarnas bidrag till bulleremissionen.

5.6 Felkällor

Vid fältundersökningarna utförs mätningarna vid olika tider på dygnet. Den första mätningen genomförs under rusningstrafik senare på eftermiddagen, vilket resulterar i ett större antal registrerade bilar än vid mätningstillfälle 2. Vid tillfälle 1 är aktiviteten på gång- och cykelväg samt från parkering mer intensiv då motorer startas och dörrar stängs. Mättillfälle 1 genomförs dessutom i februari månad och förekomsten av dubbdäck är mer utbredd än vid mätningen i april.

Kameravinkeln på videoinspelningen har i vissa fall gjort det svårt att säkerställa kritiska ljudkällor, då endast ett begränsat synfält dokumenteras på filmen. Till följd av tekniska problem under mätning 2b saknas de tre sista minuterna av videon. Därmed har inte de högsta ljudtrycksnivåerna under dessa minuter i figur 3.6 kunnat identifieras. En kvalitativ gissning har gjorts i de fall där det har varit svårt att urskilja vilken källa som hör till vilken högt registrerad ljudtrycksnivå genom att lyssna på de inspelade ljudsignalerna.

I avsnittet om identifiering av de mest kritiska ljudkällorna (se avsnitt 3.3.1) är det problematiskt att separera ljudkällor som ligger utanför sökområdet. Dessa avser trafik på sidogatorna, aktivitet från parkeringsyta bakom mottagaren samt rörelse på gång- och cykelbana. I analysen tas ingen hänsyn till dessa bidrag, men de kan ha en betydande inverkan på förhöjda ljudtrycksnivåer vid olika tillfällen.

Vid placering av de gröna fasaderna utnyttjas arkitekterna Cortina & Källs uppgifter om andel fönsterarea. Dessa uppgifter innefattar inte hur fönstren kommer placeras i verkligheten. I SoundPLAN antas absorptionskoefficienter över 2000 Hz till samma värde som för 2000 Hz. Detta ger en acceptabel, men inte en exakt bild av verkligheten, eftersom absorptionen hos en porös absorbent i allmänhet är relativt hög för höga frekvenser. Troligtvis påverkar dock detta inte den totala dämpningen märkbart eftersom de högsta ljudtrycksnivåerna uppkommer vid ca 200-2000 Hz.

I SoundPLAN modelleras marken som akustiskt hård och ingen hänsyn tas till förekomst av dubbdäck samt bakgrundsbuller. Klimatförhållandena är satta till snittförhållanden i Göteborg. Viktigt att notera är också att simuleringarna i SoundPLAN endast tar hänsyn till reflektioner av första ordningen, för att göra beräkningarna mindre tungarbetade för datorn. Detta anses dock vara en grov förenkling av verkligheten och resultaten från testsimuleringarna med tre reflektioner visar sig stämma bättre överrens med litteraturen. Förenklingar och antaganden bidrar till att ljudtrycksnivåerna som visas i grafiska framställningar från SoundPLAN i viss mån kan avvika från faktiska ljudtrycksnivåer.

6 Slutsats

Enligt Boverkets avstegsprincip kan nivåer upp till 60-65 dB(A) tillåtas då bostäderna har tillgång till en tyst sida. Simuleringsresultat tillsammans med mätningar från Skanstorget visar att en kombination av samtliga gröna lösningar kan sänka den högsta och därmed dimensionerande ljudtrycksnivån vid fasad från 64 dB(A) till 62 dB(A). Med dagens trafikflöden kan den planerade byggnationen tillåtas även utan de gröna lösningarna.

Vid byggnation på Skanstorget kan en kombination av vegetationstekniska bullerdämpande åtgärder i form av gröna fasader och låghöjdsbarriärer ändå rekommenderas. De gröna lösningarna bidrar till en bättre stadsmiljö, både visuellt och genom sänkning av de faktiska ljudnivåerna. De gröna fasadernas ljudabsorberande och platseffektiva egenskaper medför att tekniken tillämpas särskilt bra i städer där gatukorridorer förekommer i hög utsträckning. En väsentlig bullerdämpande effekt för gång- och cykeltrafikanter kan uppnås av kombinationen grön fasad och låghöjdsbarriär.

Analysen av tyst asfalt tyder på låg beständighet och stor omkostnad både för anläggning och för underhåll. Tyst asfalt dämpar dessutom framförallt ljud som uppstår mellan däck och asfalt. Den aktuella ljudbilden i området domineras av motorljud och den tysta asfaltens bullerdämpande effekt i det aktuella området kan då antas vara begränsad.

Motorljudet från bussar har identifierats som en av de dominerande bullerkällorna vid Skanstorget. Hänsyn bör i framtiden tas till vilken typ av bussar som ska trafikera sträckan i takt med en ökad kollektivtrafik i staden.

Referenser

- 1480 2006:01041. *Göteborgs kommuns lokala trafikföreskrifter om förbud mot trafik med fordon på Övre Husargatan*. Göteborg, Trafikkontoret.
- Andersson, O. et al. (2012) *Förutsättningar för ett gott ljudlandskap – En studie av Skanstorget*. (Kandidatarbete/rapport nr 2012:60).
- Andersson, P., Kropp, W. (2008a) *Lecture 2. Introduction to sound and vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture02.pdf. (2014-02-18).
- Andersson, P., Kropp, W. (2008b) *Lecture 13. Introduction to sound and vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture13.pdf. (2014-02-18).
- Andersson, P., Kropp, W. (2009) *Lecture 1. Introduction to sound and vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture01.pdf. (2014-02-18).
- Andersson, P., Kropp, W. (2010) *Lecture 3. Introduction to sound and vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture03.pdf. (2014-02-18).
- Andersson, P. (2012) Bygga bort buller. *Yimby*. http://www.yimby.se/2012/11/bygga-bort-buller_1341.html. (2012-11-27).
- Arbetsmiljöverket. (2014) Buller. *Arbetsmiljöverket*. <http://www.av.se/teman/buller/>. (2014-03-04).
- Berglund, B., Lindvall, T. och Schwela, D.H. (1999) *Guidelines for community noise*. Geneva: WHO. 1999-04. <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf> (2014-02-11).
- Boverket. (2008) *Buller i planeringen – Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2010) *Låt staden grönska*. <http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2010/Lat-staden-gronska.pdf>. Karlskrona: Boverket.
- Breuning, J. (2014) Green Walls. *Green Roof Technology*. http://www.greenrooftechology.com/green_walls. (2014-02-18).
- Business region Göteborg. (2005) Tillväxt i Göteborgsregionen. *Business region Göteborg*. http://goteborg.se/wps/wcm/connect/36aa978045f439479a71da93cac393f3/Tillv%C3%A4xt+i+G%C3%B6teborgsregionen_underlag+BRG.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=36aa978045f439479a71da93cac393f3. (2014-02-07).
- Canevaflor®. (2014) The depolluting green walls. *Canevaflor*. <http://pdf.archiexpo.com/pdf/canevaflor/canevaflor-the-depolluting-green-wall/64763-60656.html>. (2014-03-04).
- Christiansson, C., Makri, P. (2013) Befolkningsprognos Västra Götaland 2013-2025. *Västra Götalandsregionen*. http://www.vgregion.se/upload/Regionutveckling/Publikationer/2013/1306kortrapport_befolkningsprognos_2013.pdf. (2014-04-04).

- City University of Hong Kong. (2008) Spectrum and Octave Band. *Spectrum and Octave Band*. <http://moscow.city.edu.hk/~bsapplec/spectrum.htm>. (2014-04-29).
- Dahlquist, H. (2009) Tyst asfalt fungerar dåligt. *Ny Teknik*. 2009-05-25. <http://www.nyteknik.se> (2014-02-14).
- Defrance, D. et al. (2013a) *Analysis and recommendations*. Nr: 10.
- Defrance, D. et al. (2013b) *State of the art of experience and models*. Nr:10.
- Duskov, M., van Keulen, W. (2005) *Inventory study of basic knowledge on tyre/road noise*. InfraGeluid. <http://www.infrageluid.nl/leaflets/Inventory%20Study.pdf>. (2014-03-21).
- Efraimsson, J. (2011) *Verksamhetsplan 2012-2014*. Göteborg: Typoprint.
- Emilsson, T. Et.al. (2013) *Gröna väggar i skandinaviskt klimat*. 6. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (Rapport inom SLU:s institution Movium). http://www.movium.slu.se/system/files/news/9915/files/movium_fakta_6_2013-grona_vaggar-final.pdf. (2014-04-29).
- Eriksson, L. (2005) Öppen asfalt halverar bullret från trafiken. *Ny Teknik*. 2005-02-25. <http://www.nyteknik.se> (2014-02-14).
- Forssén, J. (2012) – Nord2000. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_8&rubrik=rubrik5_2 (2014-03-15).
- Forssén, J. (2013a) *Novel solutions for quieter and greener cities*. Bandhagen, Sweden.
- Forssén, J. (2013b) – Beräkningsmodeller i bruk. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_8&rubrik=rubrik5 (2014-02-20).
- Gabrielson, G. (2009) Tyst asfalt håller inte hela vägen. *Östgöta Correspondenten*. 2009-05-29. <http://www.corren.se/trafik/tyst-asfalt-haller-inte-hela-vagen-4892833-artikel.aspx>. (2014-04-08).
- Grahn-Hinnfors, G. (2012) Politiker vill ha bostäder på Skanstorget. *Göteborgs-Posten*. 2012-02-07. <http://www.gp.se> (2014-02-11).
- Göteborgs Stad. (2013a) Bulleruppföljning av Västsvenska paketet – Efter införandet av trängelskatten och förbättrad kollektivtrafik. *Göteborgs Stad*. http://www.trafikverket.se/PageFiles/96362/2013_11_20/Bildspel%20-%20uppf%20b6ljning%20buller%2020131120.pdf (2014-03-04).
- Göteborgs Stad. (2013b) Strategi för Göteborg 2035 – Utbyggnadsplanering. *Göteborgs Stad*. http://goteborg.se/wps/wcm/connect/2b48a33f-df7f-4109-8f7e-6a188582c2cc/up_slutrapport_131213.pdf?MOD=AJPERES. (2014-02-28).
- Göteborgs Stad. (2014a) Buller och ljud. *Göteborgs Stad*. <http://goteborg.se> (2014-02-07).

Göteborgs Stad. (2014b) Vi bygger om Övre Husargatan och Sveaplan fram till hösten 2013. *Göteborgs Stad*. <http://goteborg.se> (2014-02-28).

Hallberg, J. (2007) Frekvensspektrum. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_3&rubrik=rubrik4. (2014-02-14).

Holzmüller, K. (2009) Climate protection, naturally – green roofs in Düsseldorf: financial support and quantitative analysis of aerial photographs. *Greenroofs*. 05/2009. http://www.greenroofs.com/content/guest_features006.htm. (2014-03-04).

Hornikx, M. et al. (2012) *Technical Report on "Acoustic simulation tools for urban streets, squares and road-side courtyards integrating vegetation"*. (Version: 10).

Hulter, J. (2013) Kvarteret Skansbron. *Yimbygbg*. http://gbg.yimby.se/2013/03/kvarteret-skansbron_3249.html. (2013-03-25).

Kallin, J. (2009) Tyst asfalt hjälper inte. *Göteborgs-Posten*. 2009-05-23. <http://www.gp.se>. (2014-02-18).

Klæbo, R. (2013) *Extended CBA analyses of measures (single and packaged) for the fields studies*. nr:10.

Kropp, W. (2011) Däck/vägbanebuller. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=specialister&kapitel=kapitel_10&rubrik=rubrik1. (2014-02-14).

Ljung, M. (2013) 20-talets Skanstorget - och dagens. *Göteborgs-Posten*. 2013-09-29. <http://www.gp.se> (2014-02-27).

Ljungblad, H. Renhammar, T. (2013) *Tystare stadsbussar- kravställning vid upphandling för minskat källbuller*.

Lundberg, J A. (2008) Tysta beläggningar finns i flera varianter. *Roads*. 2008 nr4. <http://www.roads.nu/> (2014-02-14).

NCC. (2014) VIACO®. *NCC*. <http://www.ncc.se> (2014-02-14).

OBS. (2006) Metoder som kan användas för att minska trafikbullret. *Ljudlandskap*. <http://www.ljudlandskap.acoustics.nu>. (2014-02-14).

OBS (2007) – Däck/vägbanebuller. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=nyfikna&kapitel=kapitel_10&rubrik=rubrikJ3_2. (2014-02-14).

OBS (2008) – Framdrivningsbuller. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=nyfikna&kapitel=kapitel_10&rubrik=rubrikJ3_1. (2014-02-14).

Ovesen, J. (2014) Urbanisering. *Nationalencyklopedin*. <http://www.ne.se> (2014-02-07).

Paroc. (2014) Allmän information om ljud. *Paroc*. <http://www.paroc.se/knowhow/ljud/allman-information-om-ljud>. (2014-04-08).

Partnersaverkan för en fördubblad kollektivtrafik. (2013) Miljökrav vid trafikupphandling – Buss. *Partnersaverkan för en fördubblad kollektivtrafik*.

http://www.svenskkollektivtrafik.se/Global/fordubbling.se/dokument/NY-Avtalsprocessen/Milj%c3%b6krav_buss_20131218sv.pdf. (2014-02-24).

Sandberg, U. och Ejsmont, J A. (2002) *Tyre/Road noise reference book*. Kisa: Informex.

Svensson, B. (2010) Dubbfritt banar väg för tyst asfalt. *Göteborgs-Posten*. 2010-10-11. <http://www.gp.se> (2014-03-25).

Torsmark, U. (2008) Buller – ett hot mot vår hälsa. *Miljöforskning*. 3/2008. <http://miljoforskning.formas.se/sv/Nummer/Augusti-2008/Innehall/Tema/Buller---ett-hot-mot-var-halsa/> (2014-02-07).

Trafikverket. (2013) Bulleruppföljning av Västsvenska paketet. *Trafikverket*. http://www.trafikverket.se/PageFiles/96359/Rapport%20Bulleruppf%c3%b6ljning%20av%20V%c3%a4stsvenska%20paketet%20del%202_2013.pdf (2014-03-04).

Trafikverket. (2014a) Beräkna och utreda buller och vibrationer. *Trafikverket*. <http://www.trafikverket.se/Foretag/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Berakna-och-utreda-buller-och-vibrationer/>. (2014-03-02).

Trafikverket. (2014b) Källor till vägtrafikbuller. *Trafikverket*. <http://www.trafikverket.se/Privat/Miljo-och-halsa/Halsa/Buller-och-vibrationer/Fakta-om-buller-och-vibrationer/Kallor-till-vagtrafikbuller/>. (2014-02-14).

Transportstyrelsen. (2014) Nationell statistik. *Transportstyrelsen*. <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Press/Statistik/Vag/Olycksstatistik/Olycksstatistik-vag/Nationell-statistik1/>. (2014-02-07).

Tyst asfalt. (2014) *Nationalencyklopedin*. <http://www.ne.se> (2014-02-14).

Veg Tech (2014) Framtidens gröna städer. *Veg Tech*. <http://www.vegtech.se/grona-tak---gardar/gronare-byggnader---stader/>. (2014-02-27).

Västrafik. (2014a) Aktuella upphandlingar. *Västrafik*. <http://www.vasttrafik.se/#!/om-vasttrafik/aktuella-upphandlingar/> /. (2014-02-24).

Västrafik. (2014b) <http://www.vasttrafik.se>. (2014-05-09).

Öhrström, E. (2005) Tyst sida I bostad ger bättre hälsa. *Hus- och industribyggnad*. nr 1 februari 2005. http://www.bygging.se/husbyggaren/artiklar/2005_1_06.pdf (2014-02-11).

TRAFIKKONTORET, Göteborg
Avdelning Trafikant

Utskriftsdatum

2013-10-25

sida 1 av 2

Maskinell trafikräkning

Onsdag 2013-09-25

Vecka Nr 39

PlatsID:

178

Plats: ÖVRE HUSARGATAN
delen Skanstorget - Brunnsgatan

Årsindex: 107

Enhet: Bilar

Veckoindex: 99

Hastighets - / Fordonsslagsuppdelad räkning

Tk Metrocount Slang

Anmärkning: ca 65 m söder Skanstorget, trafik norrut

kl	Antal bilar per Hastighetsklass i km/h									Summa
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80	
	Mot centrum									
00-01	0	0	8	20	5	0	0	0	0	33
01-02	0	0	4	11	2	0	0	0	0	17
02-03	0	0	0	7	6	1	0	0	0	14
03-04	0	0	3	4	4	1	0	0	0	12
04-05	0	0	9	11	1	1	0	0	0	22
05-06	0	0	7	32	9	3	2	0	0	53
06-07	0	1	28	86	52	19	7	1	0	194
07-08	0	76	165	196	44	34	21	9	2	547
08-09	12	147	200	127	34	8	37	19	25	609
09-10	6	71	180	170	24	3	0	7	30	491
10-11	1	25	211	149	15	1	3	3	9	417
11-12	0	57	182	159	13	6	0	4	22	443
12-13	3	59	215	152	17	5	2	6	33	492
13-14	0	65	176	180	21	4	4	4	11	465
14-15	3	95	169	148	19	2	5	4	15	460
15-16	3	51	188	176	25	1	2	0	15	461
16-17	2	94	247	171	18	4	0	0	10	546
17-18	7	151	201	131	18	3	2	2	12	527
18-19	6	80	190	130	22	0	0	0	19	447
19-20	4	30	105	164	15	4	0	1	10	333
20-21	0	7	92	117	26	3	0	1	3	249
21-22	0	4	52	94	15	2	0	0	2	169
22-23	0	4	32	52	25	3	0	0	0	116
23-24	0	0	16	40	8	5	0	0	1	70
Dygnstrafik	47	1017	2680	2527	438	113	85	61	219	7187
%	0,7	14,2	37,3	35,2	6,1	1,6	1,2	0,8	3,0	

Hastighetsfördelning 00-24

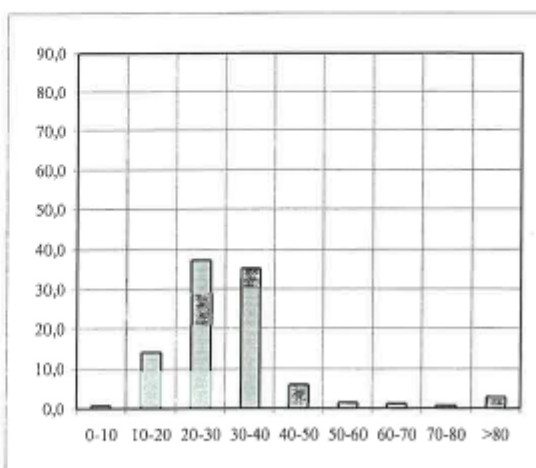
Summa mot centrum 7187 bilar
 Skyltad hastighet 50 km/h
 Medelhastighet 32 km/h
 Medianhastighet 29 km/h
 85 - percentil 39 km/h
 Andel över skyltad hastighet 7%
 .- .- .- .- + 10 5%
 .- .- .- .- + 20 4%

Perioden 07 - 17

Summa mot centrum 4931 bilar
 Medelhastighet 31 km/h
 Medianhastighet 29 km/h
 85 - percentil 39 km/h
 Andel över skyltad hastighet 8%
 .- .- .- .- + 10 6%
 .- .- .- .- + 20 5%

Skattad ÅMVD-trafik

6 800 bilar/dygn



Mätning av trafik i norrgående vid Skanstorget utförda av Trafikkontoret.

TRAFIKKONTORET, Göteborg
Avdelning Trafikant

Utskriftsdatum

2013-10-25

sida 1 av 2

Maskinell trafikräkning

Onsdag 2013-09-25

Vecka Nr 39

PlatsID:

176

Plats: ÖVRE HUSARGATAN
delen Skanstorget - Brunnsgatan

Årsindex: 107

Enhet: Bilar

Veckoindex: 99

Hastighets - / Fordonsslagsuppdelad räkning

Tk Metrocount Slang

Anmärkning: ca 70 m söder Skanstorget, trafik söderut

kl	Antal bilar per Hastighetsklass i km/h									Summa
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80	
	Från centrum									
00-01	0	1	2	31	19	1	0	0	0	54
01-02	0	0	3	12	6	1	0	0	0	22
02-03	0	0	1	8	9	2	0	0	0	20
03-04	0	0	3	7	5	4	0	0	0	19
04-05	0	0	4	9	7	2	0	0	0	22
05-06	1	0	1	18	17	2	0	0	0	39
06-07	0	2	27	68	30	5	1	0	0	133
07-08	0	23	94	155	39	3	0	0	0	314
08-09	0	20	164	170	22	4	0	0	0	380
09-10	0	17	110	157	28	6	0	0	0	318
10-11	1	30	157	153	23	2	0	0	0	366
11-12	2	35	167	167	22	0	0	0	0	393
12-13	2	68	199	110	23	0	0	0	0	402
13-14	9	75	163	173	22	1	0	0	0	443
14-15	22	90	182	151	20	1	1	0	0	467
15-16	27	125	220	126	10	0	0	0	0	508
16-17	15	147	228	146	16	1	0	0	0	553
17-18	16	104	240	128	17	1	0	0	0	506
18-19	6	73	218	154	14	1	0	0	0	466
19-20	0	48	206	133	15	0	0	0	0	402
20-21	2	12	140	142	23	2	0	0	0	321
21-22	1	15	129	155	20	1	0	0	0	321
22-23	0	8	38	92	15	0	0	0	0	153
23-24	0	3	21	58	24	5	0	0	0	111
Dygnstrafik	104	896	2717	2523	446	45	2	0	0	6733
%	1,5	13,3	40,4	37,5	6,6	0,7	0,0	0,0	0,0	

Hastighetsfördelning 00-24

Summa från centrum 6733 bilar

Skyltad hastighet 50 km/h

Medelhastighet 29 km/h

Medianhastighet 29 km/h

85 - percentil 38 km/h

Andel över skyltad hastighet 1%

+ 10 0%

+ 20 0%

Perioden 07 - 17

Summa från centrum 4144 bilar

Medelhastighet 28 km/h

Medianhastighet 28 km/h

85 - percentil 37 km/h

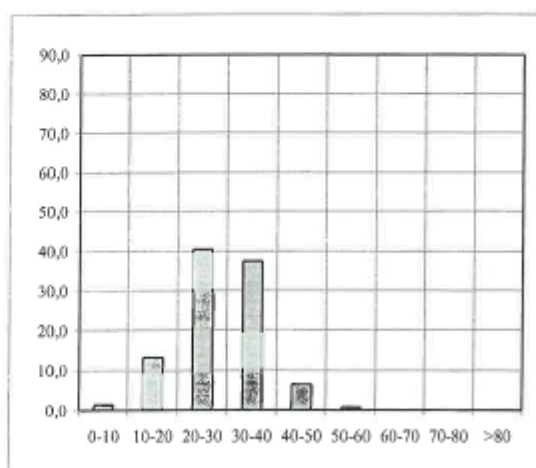
Andel över skyltad hastighet 0%

+ 10 0%

+ 20 0%

Skattad ÅMVD-trafik

6 400 bilar/dygn



Mätning av trafik i södergående vid Skanstorget utförda av Trafikkontoret.

ROSA EXPRESS

LINNÉPLATSEN TILL KLAREBERG



MÅNDAG – FREDAG	LÖRDAG	SÖNDAG	HÅLLPLATSER
05 20d 40d 06 00d 20d 35d 45d 54cd 58d 07 02cd 07d 12cd 18d 22cd 28d 33cd 38d 43cd 48d 53cd 57d 08 03cd 08d 14cd 18d 24bc 28d 34bc 39d 44bc 48d 53bc 58d 09 08d 18d 28d 38d 49d 59d 10 09d 18d 28d 38d 48d 58d 11 08d 18d 28d 38d 48d 58d 12 08d 18d 28d 38 47 57 13 07 18 28 38 48 58 14 08 18 27 38 48 53c 58 15 03c 07 13c 18 23c 28 33c 38 43c 48 53c 58 16 03c 08 13c 18 23c 28 33c 38 43c 48 53c 58 17 03c 08 13c 18 23c 28 33c 38 43c 48 53c 58 18 03c 08 13c 17 22c 27 37 47 57 19 07 17 28 39 49 20 00 11 24 34b 44 54b 21 04 14b 27 46 22 06 27 46 23 06 26 46 00 06 25 45n 01 15en 15bn 45en 02 15en 45en 03 15en	05 51d 06 21d 51d 07 21d 51d 08 21d 51d 09 21d 52d 10 19d 34d 49d 11 04d 19d 34d 49d 12 04d 19d 34d 50 13 05 20 35 50 14 05 20 35 50 15 05 20 35 50 16 05 20 35 50 17 05 20 35 50 18 05 19 34 49 19 04 19 34 49 20 03 18 32 47 21 02 17 37 57 22 17 37 57 23 17 37 57 00 16 44gn 01 15gn 44gn 02 15gn 44gn 03 14gn	05 51d 06 21d 51d 07 21d 51d 08 21d 51d 09 21d 52d 10 19d 34d 49d 11 04d 19d 34d 49d 12 04d 19d 34d 50 13 05 20 35 50 14 05 20 35 50 15 05 20 35 50 16 05 20 35 50 17 05 20 35 50 18 05 19 34 49 19 04 19 34 49 20 03 18 32 47 21 02 17 37 57 22 17 37 57 23 17 37 57 00 16 44n 01 15hn 15bjn 44hn 02 15hn 44hn 03 14hn	0 Linnéplatsen 3 Pilgatan 7 Heden 12 Nordstan 17 Hjalmar Brantingsplatsen 27 Lillekärr Södra 28 Kärra Kyrka 29 Kärra Centrum 30 Lillekärr Norra 31 Burmans Gata 33 Klareberg 36 Fyrspannvägen 36 Skimmelvägen 37 Gerrebacka Gård 38 Ridhästvägen 39 Mystången 41 Stora Mysternavägen 42 Ingebäcks By 44 Klareberg

ANMÄRKNING

- b Slutar vid Hjalmar Brantingsplatsen.
 c Går inte 30 juni - 8 aug.
 d Slutar vid Klareberg.
 e Går endast fredag. Går även 17 april och 30 april.
 f Går inte fredag och inte 17 april och 30 april.
 g Går inte 24 dec.

- h Går endast 25 dec, 18 april, 6 juni och 1 nov.
 j Går inte 25 dec, 18 april, 6 juni och 1 nov.
 n Nattrafik. Nattaxa gäller.

BRA ATT VETA

Tiderna är ungefärliga.
 Kundservice 0771 - 41 43 00.
 Gäller 15 dec 2013 - 13 dec 2014



Tidtabell från Västtrafik för linje Rosa Express som passerar Skanstorget i norrgående riktning (Västtrafik, 2014b).

ROSA EXPRESS

PILGATAN TILL SNIPEN



MÅNDAG – FREDAG	LÖRDAG	SÖNDAG	HÅLLPLATSER
05 29 49 06 09 29 40 50 07 00 11 16cd 22 28cd 33 39cd 44 49cd 54 59cd 08 04 09bc 14 19bc 24 29bc 33 38bc 43 48bc 53 57bc 09 02 07bc 12 22 32 42 52 10 02 12 22 32 42 52 11 02 12 22 32 40 50 12 00 11 21 31 41 51 13 01 11 21 31 41 51 14 00 10 20 30 40 50 15 00 06cd 10 16cd 20 27cd 31 37cd 41 47cd 51 57cd 16 01 06cd 11 16cd 21 26cd 31 36cd 41 46cd 51 56cd 17 01 06cd 11 16cd 21 26cd 31 36cd 41 46cd 51 56cd 18 01 06cd 11 16cd 21 25cd 30 35cd 41 51 19 01 11 21 30 40 50 20 00 08 17 26 36 56 21 17 31 51 22 11 33 53 23 13 33 53 00 13 33n 01 02n 32en 02 02en 32en 03 02en 32en	05 58 06 28 58 07 28 58 08 28 58 09 28 58 10 31 47 11 02 17 33 48 12 03 18 33 48 13 03 18 33 48 14 03 18 33 48 15 03 18 33 48 16 03 18 33 48 17 03 18 33 48 18 03 17 32 47 19 01 15 29 44 59 20 14 29 45 58 21 12 27 46 22 06 26 46 23 06 26 46 00 06 26fn 46fn 01 06fn 26fn 54fn 02 24fn 54fn 03 24fn 53fn	05 58 06 28 58 07 28 58 08 28 58 09 28 58 10 31 47 11 02 17 33 48 12 03 18 33 48 13 03 18 33 48 14 03 18 33 48 15 03 18 33 48 16 03 18 33 48 17 03 18 33 48 18 03 17 32 47 19 01 15 29 44 59 20 14 29 45 58 21 12 27 46 22 06 26 46 23 06 26 46 00 06 26n 46n 01 06n 26gn 54gn 02 24gn 54gn 03 24gn 53gn	0 Pilgatan 3 Linnéplatsen 8 Marklandsgatan 12 Radiomotet 14 Pilegården 15 Askims Stationsväg 16 Trollängen 17 Askimsbadet 17 Hovåsskolan 19 Hovås Nedre 22 Lyckhem 22 Bassås 23 Uggleadal 23 Hästebäck 25 Skintebo 26 Johannesberg 27 Billdals Gård 29 Billdal 29 Billdals Kyrka 30 Östra Lindås 32 Västra Lindås 34 Snipen

ANMÄRKNING

- b Slutar vid Marklandsgatan.
 c Går inte 30 juni - 8 aug.
 d Slutar vid Skintebo.
 e Går endast fredag. Går även 17 april och 30 april.
 f Går inte 24 dec.
 g Går endast 25 dec, 18 april, 6 juni och 1 nov.

- n Nattrafik. Nattaxa gäller.

BRA ATT VETA

Tiderna är ungefärliga.
 Kundservice 0771 - 41 43 00.
 Gäller 15 dec 2013 - 13 dec 2014



Tidtabell från Västtrafik för linje Rosa Express som passerar Skanstorget i södergående riktning (Västtrafik, 2014b).

25

LINNÉPLATSEN TILL LÄNSMANSTORGET



MÅNDAG – FREDAG	LÖRDAG	SÖNDAG	HÅLLPLATSER
05 28 48 06 08 30 46 07 02 12 22 33 43 53 08 03 13 23 33 43 52 09 02 11 21 31 41 51 10 01 11 21 31 41 51 11 01 11 21 31 41 51 12 01 11 21 31 41 51 13 01 11 21 31 39 49 59 14 09 19 29 40 50 15 00 10 20 32 42 52 16 02 12 22 32 43 53 17 03 13 23 33 43 52 18 02 12 20 30 40 50 19 00 15 30 45 20 00 15 28 43 58 21 13 27 42 57 22 12 27 47 23 07 27 47 00 07 27n 57n 01 27bn 57bn 02 27bn 57bn 03 27bn	05 57 06 27 57 07 27 57 08 27 47 09 07 27 47 10 08 30 45 11 00 15 30 40 50 12 00 10 20 30 40 50 13 00 10 20 30 40 50 14 00 10 20 30 40 50 15 00 10 20 30 40 50 16 00 10 20 30 40 50 17 00 10 20 30 45 18 00 15 30 49 19 09 28 48 20 08 28 48 21 08 28 47 22 07 27 47 23 07 27 47 00 07 27cn 57cn 01 27cn 57cn 02 27cn 57cn 03 27cn	05 57 06 27 57 07 27 57 08 27 47 09 07 27 47 10 08 30 45 11 00 15 30 45 12 00 15 30 45 13 00 15 30 45 14 00 15 30 45 15 00 15 30 45 16 00 15 30 45 17 00 15 30 45 18 00 15 30 49 19 09 28 48 20 08 28 48 21 08 28 47 22 07 27 47 23 07 27 47 00 07 27n 57n 01 27dn 57dn 02 27dn 57dn 03 27dn	0 Linnéplatsen 3 Pilgatan 7 Grönsakstorget 8 Domkyrkan 11 Brunnsparken 12 Lilla Bommen 17 Hjalmar Brantingsplatsen 18 Vågmästareplatsen 20 Wieselgrensplatsen 22 Wieselgrensgatan 23 Bjurslättstorg 25 Toleredsgatan 27 Bjurslättsliden 29 Klara 30 Solstrålegatan 31 Temperaturgatan 33 Länsmanstorget

ANMÄRKNING

- b Går endast fredag. Går även 17 april och 30 april.
 c Går inte 24 dec.
 d Går endast 25 dec, 18 april, 6 juni och 1 nov.
 n Nattrafik. Särskild taxa gäller.

BRA ATT VETA

Tiderna är ungefärliga.
 Kundservice 0771 - 41 43 00.
 Gäller 15 dec 2013 - 13 dec 2014 utom 15 juni - 16 aug



Tidtabell från Västtrafik för linje 25 som passerar Skanstorget i norrgående riktning (Västtrafik, 2014b).

25

PILGATAN TILL ÅLEGÅRDEN



MÅNDAG – FREDAG	LÖRDAG	SÖNDAG	HÅLLPLATSER
05 23 43 06 03 26 41 56 07 06 16 28 38 50 08 00 10 20 29 39 49 58 09 08 18 28 39 48 57 10 07 17 27 37 47 57 11 07 17 27 37 47 57 12 07 17 27 37 47 57 13 07 16 26 36 46 56 14 06 16 26 36 47 57 15 07 17 27 37 47 58 16 08 18 28 38 48 58 17 08 18 28 37 47 57 18 07 17 27 37 47 19 02 17 32 47 20 02 17 32 46 21 01 16 31 45 22 00 15 30 45 23 03 23 43 00 03 23n 53n 01 23bn 53bn 02 23bn 53bn 03 23bn	05 54 06 24 55 07 25 55 08 25 45 09 05 26 46 10 06 26 46 11 02 17 27 37 47 57 12 07 17 27 37 47 57 13 07 17 27 37 47 57 14 07 17 27 37 47 57 15 07 17 27 37 47 57 16 07 17 27 37 47 57 17 07 17 32 47 18 02 17 32 47 19 07 27 47 20 07 27 46 21 06 26 45 22 05 25 44 23 04 24 44 00 04 24cn 54cn 01 24cn 54cn 02 24cn 54cn 03 24cn	05 54 06 24 55 07 25 55 08 25 45 09 05 26 46 10 06 26 46 11 02 17 32 47 12 02 17 32 47 13 02 17 32 47 14 02 17 32 47 15 02 17 32 47 16 02 17 32 47 17 02 17 32 47 18 02 17 32 47 19 07 27 47 20 07 27 46 21 06 26 45 22 05 25 44 23 04 24 44 00 04 24n 54n 01 24dn 54dn 02 24dn 54dn 03 24dn	0 Pilgatan 4 Linnéplatsen 5 Annedalskyrkan 6 Sahlgrenska Huvudentré 8 Sahlgrenska Södra 10 Södermalmsgatan 11 Dalgångsgatan 12 Toltpsskolan 13 Fässbergshemmet 15 Bifrost 16 Jungfruplatsen 18 Fässbergsgymnasiet 19 Storgatan 22 Mölndal centrum 23 Katrinebergsgatan 25 AstraZeneca 26 Gamla tingshuset 29 Peppareds torg 31 Gundas gata 32 Blixås 33 Förbovallen 35 Ålegården

ANMÄRKNING

- b Går endast fredag. Går även 17 april och 30 april.
 c Går inte 24 dec.
 d Går endast 25 dec, 18 april, 6 juni och 1 nov.
 n Nattrafik. Särskild taxa gäller.

BRA ATT VETA

Tiderna är ungefärliga.
 Kundservice 0771 - 41 43 00.
 Gäller 15 dec 2013 - 13 dec 2014 utom 15 juni - 16 aug



Tidtabell från Västtrafik för linje 25 som passerar Skanstorget i södergående riktning (Västtrafik, 2014b).

761

LINNÉPLATSEN TILL HEDEN



MÅNDAG – FREDAG

LÖRDAG

SÖNDAG

HÅLLPLATSER

05 21 51
 06 22 54
 07 09b 25 41b 57
 08 12b 27 42b 57
 09 12b 26 54
 10 24 54
 11 24 54
 12 24 54
 13 24 54
 14 24 39b 54
 15 09b 25 41b 57
 16 12b 27 42b 57
 17 12b 27 42b 57
 18 12b 26 54
 19 24 54
 20 23 51
 21 21 51
 22 21 51
 23 21 51
 00 21

06 21
 07 21 51
 08 21 51
 09 21 51
 10 22 54
 11 24 54
 12 24 54
 13 24 54
 14 24 54
 15 24 54
 16 24 54
 17 24 54
 18 23 51
 19 21 51
 20 21 51
 21 21 51
 22 21 51
 23 21 51
 00 21

06 21
 07 21 51
 08 21 51
 09 21 51
 10 22 54
 11 24 54
 12 24 54
 13 24 54
 14 24 54
 15 24 54
 16 24 54
 17 24 54
 18 23 51
 19 21 51
 20 21 51
 21 21 51
 22 21 51
 23 21 51
 00 21

0 Linnéplatsen
 3 Pilgatan
 8 Heden

ANMÄRKNING

b Går inte 30 juni - 8 aug.

BRA ATT VETA

Tiderna är ungefärliga.
 Kundenservice 0771 - 41 43 00.
 Gäller 15 dec 2013 - 13 dec 2014

45100



Tidtabell från Västtrafik för linje 761 som passerar Skanstorget i norrgående riktning (Västtrafik, 2014b).

761

PILGATAN TILL LINDOME STATION



MÅNDAG – FREDAG

LÖRDAG

SÖNDAG

HÅLLPLATSER

05 30 58
 06 28 42b 56
 07 10b 25 40b 55
 08 10b 25 40bc 57
 09 28 58
 10 28 58
 11 28 58
 12 28 58
 13 28 58
 14 13b 28 42b 56
 15 10b 25 40b 55
 16 10b 25 40b 55
 17 10b 25 41b 57
 18 13bc 28 58
 19 28
 20 00 30
 21 00 30
 22 00 30
 23 00 30
 00 00 30n

06 30
 07 00 30
 08 00 30
 09 00 30 58
 10 28 58
 11 28 58
 12 28 58
 13 28 58
 14 28 58
 15 28 58
 16 28 58
 17 28
 18 00 30
 19 00 30
 20 00 30
 21 00 30
 22 00 30
 23 00 30
 00 00 30dn

06 30
 07 00 30
 08 00 30
 09 00 30 58
 10 28 58
 11 28 58
 12 28 58
 13 28 58
 14 28 58
 15 28 58
 16 28 58
 17 28
 18 00 30
 19 00 30
 20 00 30
 21 00 30
 22 00 30
 23 00 30
 00 00 30n

0 Pilgatan
 4 Linnéplatsen
 6 Annedalskyrkan
 7 Sahlgrenska Huvudentré
 8 Sahlgrenska Södra
 9 Södermalmsgatan
 11 Dalgångsgatan
 12 Bruns Backe
 13 Grågåsgatan
 13 Hökegårdsgatan
 14 Soltorpsgatan
 15 Fredåsgatan
 16 Krokslätts torg
 18 Krokslätts Fabrik
 19 Lackarebäck
 21 Mölndals sjukhus
 23 Mölndal centrum
 26 Mölndal station
 29 Kronogårdsgatan
 30 Möbelgatan
 31 Råvekärrsgatan
 32 Pilekrogen
 33 Grankullen
 34 Sandbäck
 34 Hasseldungen
 36 Brännemaden
 ...
 54 Lindome station

ANMÄRKNING

b Går inte 30 juni - 8 aug.
 c Slutar vid Mölndal station.
 d Går inte 24 dec.
 n Nattrafik. Natntaxa gäller.

BRA ATT VETA

Tiderna är ungefärliga.
 Kundenservice 0771 - 41 43 00.
 Gäller 15 dec 2013 - 13 dec 2014

52798



Tidtabell från Västtrafik för linje 25 som passerar Skanstorget i södergående riktning (Västtrafik, 2014b).

Inga åtgärder																			
Fält 3: 1,5 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	22,5	27,6	33,9	42,1	50,5	51,8	50,5	52,9	55,5	57,5	55,2	56,4	55,8	56	57,3	56,8	57,4	56,9	55,2
Fält 3: 6 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	22,3	27,4	33,6	41,6	49,9	51,2	49,8	52,1	54,8	57	55	56,6	56,8	58,2	60,2	59,2	59,4	58,2	56,2
Fält 3: 12 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	21,9	26,9	33,1	41	49,3	50,5	48,8	51,1	53,7	55,7	53,6	55,7	57,4	59,8	60,6	58,7	59,2	58,3	56,1
Fält 3: 18 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	21,3	26,4	32,6	40,2	48,5	49,7	47,8	49,9	52,3	54,2	52,7	55,9	57,5	58,5	59,5	58,5	58,3	57,4	55,1
Fält 2: 1,5 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	24,2	29,3	35,5	43,7	52,1	53,4	52,2	54,6	57,4	59,5	57,4	58,9	58,7	59,1	60,1	59,2	59,3	58,6	57,2
Fält 2: 6 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	23,8	28,9	35,1	43	51,4	52,6	51,1	53,5	56,1	58,3	56,2	57,9	58,6	60,8	62,7	61,1	60,5	60,3	58
Fält 2: 12 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	23,1	28,1	34,3	42	50,3	51,5	49,7	51,8	54,3	56,2	54,7	57,8	59,4	60,5	61,2	60,2	60	59,4	57,1
Fält 2: 18 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	22,3	27,3	33,5	41	49,2	50,3	48,3	50,4	52,8	55,1	54,2	57,2	57,8	58,8	60,6	59,1	59,1	58,2	56
Fält 1: 1,5 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	25,2	30,3	36,5	44,7	53,1	54,5	53,3	55,7	58,6	60,8	58,9	60,6	60,5	61,1	62,1	60,9	60,8	60,4	58,7
Fält 1: 6 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	24,6	29,7	35,9	43,8	52,1	53,4	51,8	54,1	56,7	58,8	56,7	58,8	60,2	62,6	63,7	61,7	61,9	61	59,1
Fält 1: 12 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	23,5	28,6	34,8	42,3	50,6	51,7	49,8	51,9	54,3	56,5	55,5	58,8	59,8	60,5	62	60,5	60,7	59,8	57,6
Fält 1: 18 meter																			
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz
Leq	22,4	27,5	33,7	41,1	49,2	50,3	48,3	50,3	52,9	55,3	54,7	57,5	57,7	59,3	60,8	59,4	59,4	58,5	56,3

Simulerade ljudnivåer i dB, utan åtgärder, för respektive tersband vid samtliga höjder i varje fält.

Med endast iaghjdsbarriär																													
Fält 1.5 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22.6	27.6	33.9	42.1	50.2	51.1	49.1	50.9	52.9	54.1	51.1	52	52	53.7	56	56.1	56.7	55.7	53.1	53.3	51.3	48.3	45.8	43.6	41.8	36	29	65.5	
IL	-0.1	0	0	0	0.3	0.7	1.4	2	2.6	3.4	4.1	4.4	3.8	2.3	1.3	0.7	0.7	1.2	2.1	2.8	2.1	1.9	2.7	2.6	1.8	2.9	3.3	2.1	
Fält 3.6 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22.3	27.4	33.5	41.4	49.5	50.3	48.1	50.2	52.7	55.2	53.8	55.9	56.4	57.7	59.6	58.8	59.1	57.8	55.7	56.2	53.3	51	48.8	45.8	44.8	39.2	32.8	68	
IL	0	0	0.1	0.2	0.4	0.9	1.7	1.9	2.1	1.8	1.2	0.7	0.4	0.5	0.6	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.7	
Fält 1.2 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	21.9	26.9	33.1	40.8	49	50.1	48.4	50.9	53.5	55.6	53.4	55.6	57.3	59.7	60.5	58.4	58.9	57.9	55.7	55.4	52.9	50.8	48.3	45.3	44.1	38.3	31.4	68	
IL	0	0	0	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	
Fält 3.18 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	21.3	26.4	32.6	40.2	48.4	49.5	47.6	49.8	52.2	54.1	52.6	55.8	57.4	58.4	59.4	58.3	58.2	57.2	55	54.8	52.2	50.2	47.7	44.6	43.1	37	29.7	66	
IL	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0.1	
Fält 2.15 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	24.2	29.3	35.5	43.7	51.8	52.6	50.5	52.4	54.4	55.7	53	54.2	54.5	56	58.1	58	58.2	56.9	54.5	55.1	52.9	50.4	48	45.4	44.6	39	32.8	67.7	
IL	0	0	0	0	0.3	0.8	1.7	2.2	3	3.8	4.4	4.7	4.2	3.1	2	1.2	1.1	1.7	2.7	2.6	2	2.2	2.6	2.2	2.4	2.8	3	2.5	
Fält 2.6 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	23.8	28.9	35.1	42.9	50.9	51.8	49.8	52.4	55.5	58	56	57.7	58.4	60.6	62.5	60.8	60.1	59.8	57.4	57.8	55	52.7	50.6	47.8	46.9	41.6	35.6	70.5	
IL	0	0	0	0.1	0.5	0.8	1.3	1.1	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	
Fält 1.5 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	24.2	29.3	35.5	43.7	51.8	52.6	50.5	52.4	54.4	55.7	53	54.2	54.5	56	58.1	58	58.2	56.9	54.5	55.1	52.9	50.4	48	45.4	44.6	39	32.8	67.7	
IL	0	0	0	0	0.3	0.8	1.7	2.2	3	3.8	4.4	4.7	4.2	3.1	2	1.2	1.1	1.7	2.7	2.6	2	2.2	2.6	2.2	2.4	2.8	3	2.5	
Fält 2.12 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	23.1	28.1	34.3	41.9	50.2	51.3	49.4	51.7	54.2	56.2	54.6	57.7	59.3	60.4	61.1	60.1	59.9	59.3	57	56.8	54.2	52.4	50	47	45.8	40.1	33.5	69.9	
IL	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	
Fält 2.18 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22.3	27.3	33.4	40.9	49.1	50.2	48.2	50.3	52.8	55	54.2	57.2	57.8	58.8	60.6	59	59.1	58.2	56	55.6	53	51.3	48.7	45.5	44.1	38	30.9	68.8	
IL	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	
Fält 1.5 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	25.2	30.3	36.5	44.6	52.7	53.6	51.6	53.5	55.7	57.3	55	56.7	57.2	58.6	60.3	59.6	59.3	58.2	56.2	56.7	54.5	52.3	50	47.6	47	41.8	36.1	69.7	
IL	0	0	0	0.1	0.4	0.9	1.7	2.2	2.9	3.5	3.9	3.9	3.3	2.5	1.8	1.3	1.5	2.2	2.5	2.2	1.8	1.9	2	2	1.8	2.1	2.2	2.4	
Fält 1.6 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	24.6	29.7	35.9	43.6	51.8	52.9	51.4	53.9	56.6	58.7	56.6	58.6	60.1	62.5	63.6	61.5	61.6	60.7	58.8	58.7	56.1	54	52	49.1	48.4	43.2	37.3	71.7	
IL	0	0	0	0.2	0.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	
Fält 1.12 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	23.5	28.5	34.7	42.3	50.5	51.7	49.7	51.9	54.3	56.5	55.5	58.8	59.8	60.5	62	60.5	60.7	59.8	57.6	57.3	54.7	53.1	50.6	47.7	46.5	40.8	34.3	70.5	
IL	0	0.1	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	
Fält 1.18 meter																													
Terstrand	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22.4	27.5	33.6	41	49.2	50.3	48.3	50.3	52.9	55.3	54.7	57.5	57.7	59.3	60.8	59.4	59.4	58.5	56.2	55.9	53.3	51.7	49.1	45.9	44.5	38.3	31.3	69.9	
IL	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	

Simulerade ljudnivåer samt insertion loss (IL) i dB, med endast låghöjdsbarriär, för respektive tersband vid samtliga höjder i varje fält.

[illegible]

[illegible]

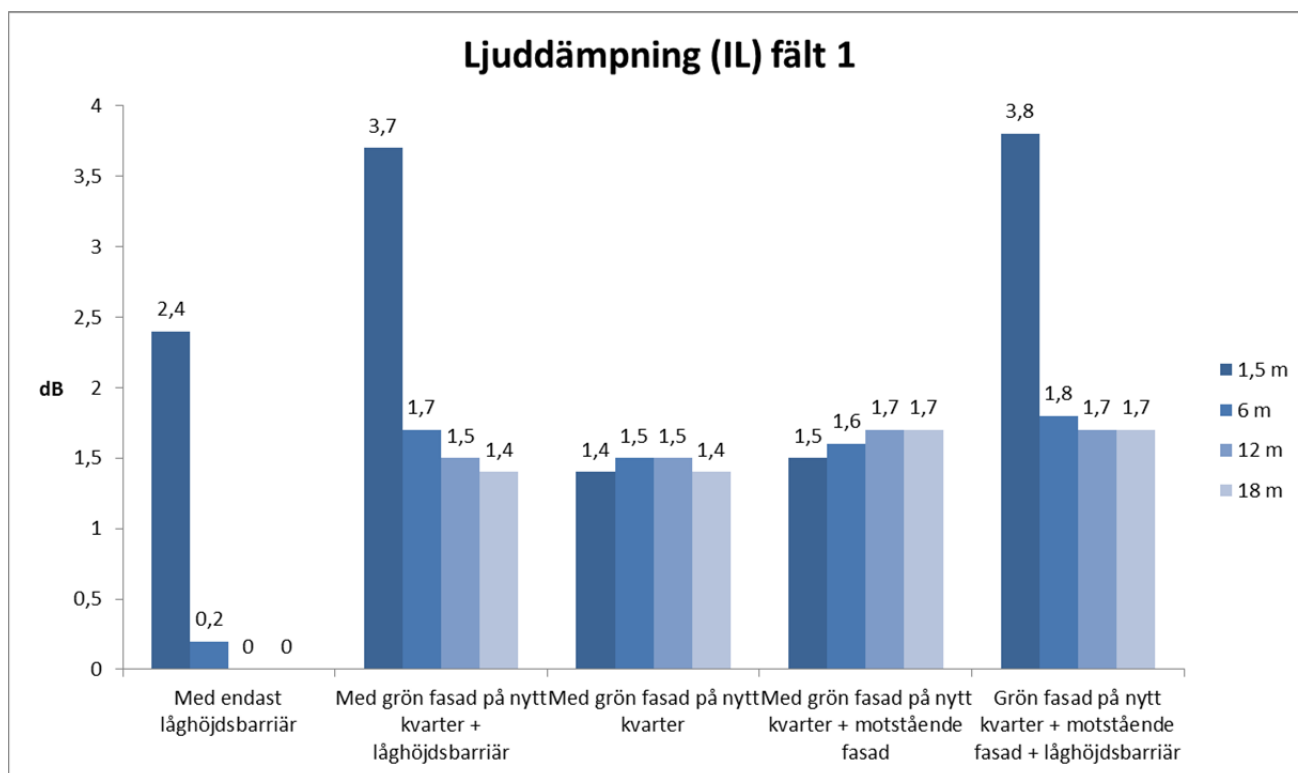
Med grön fasad på nytt kvarter och motstående fasad																													
Fält 3:1,5 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22,4	27,5	33,8	42,1	50,3	51,5	50,2	52,4	54,7	56,3	53,7	54,5	53,7	53,8	55,3	55,1	55,6	54,7	53,3	54,6	51,9	48,6	47	44,6	42,1	37,4	30,8	66,4	
IL	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,3	0,3	0,5	0,8	1,2	1,5	1,9	2,1	2,2	2	1,7	1,8	2,2	1,9	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	
Fält 3:6 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22,2	27,3	33,5	41,6	49,8	51	49,4	51,5	53,9	55,9	53,4	54,7	54,7	56	58,2	57,5	57,6	55,9	54,4	55	52,2	50	47,8	44,8	43,6	38,1	31,7	67,4	
IL	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	1,6	1,9	2,1	2,2	2	1,7	1,8	2,3	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	
Fält 3:12 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	21,7	26,8	33,1	40,9	49	50,2	48,4	50,5	52,7	54,4	51,9	53,8	55,3	57,6	58,6	56,9	57,3	55,9	54,2	54,2	51,6	49,7	47,2	44,1	42,8	37	30,2	67,1	
IL	0,2	0,1	0	0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	1	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2	1,8	1,9	2,4	1,9	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,8	
Fält 3:18 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	21,2	26,3	32,5	40,1	48,2	49,3	47,3	49,1	51,2	52,8	51	53,9	55,3	56,2	57,5	56,6	56,4	55	53,2	53,3	50,7	48,8	46,3	43,1	41,6	35,5	28,2	66,3	
IL	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2	2,2	2,3	2	1,9	1,9	2,4	1,9	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	
Fält 2:1,5 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	24,1	29,2	35,4	43,7	52	53,4	52,1	54,6	57,3	59,4	57,3	58,8	58,6	59	60	59,1	59,1	58,4	57,1	57,6	54,8	52,5	50,5	47,6	47	41,7	35,8	70,1	
IL	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0,1	
Fält 2:6 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	23,7	28,8	35	43	51,3	52,6	51	53,4	56	58,2	56,1	57,7	58,4	60,7	62,6	61	60,4	60,2	57,9	58	55,3	53,2	51,1	48,2	47,2	42	35,9	70,7	
IL	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,2	
Fält 2:12 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	23	28	34,2	41,9	50,2	51,4	49,6	51,7	54,1	56	54,5	57,6	59,2	60,3	61,1	60	59,8	59,1	57	56,7	54,1	52,3	49,9	46,9	45,7	40,1	33,5	69,8	
IL	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	
Fält 2:18 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22,1	27,1	33,4	40,9	49,1	50,2	48,2	50,2	52,6	54,8	54	57,1	57,7	58,6	60,4	58,8	58,9	58	55,7	55,4	52,8	51,1	48,6	45,4	44	37,9	30,8	68,7	
IL	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	
Fält 1:1,5 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	25,3	30,5	36,8	45	53,3	54,5	53,2	55,5	58	59,9	57,5	58,9	58,6	59	60,2	59,3	59	58,2	57	57,4	54,8	52,8	50,6	48,2	47,4	42,5	36,9	70,3	
IL	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	0	0,1	0,2	0,6	0,9	1,4	1,7	1,9	2,1	1,9	1,6	1,8	2,2	1,7	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	
Fält 1:6 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	24,7	29,8	36,1	44	52,2	53,4	51,7	53,8	56,1	57,8	55,4	57	58,2	60,5	61,8	60	60,1	58,7	57,6	55,8	55,8	53,2	51,6	49,1	46,2	45	39,3	32,8	68,8
IL	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	0	0,1	0,3	0,6	1	1,3	1,8	2	2,1	1,9	1,7	1,8	2,3	1,8	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	
Fält 1:12 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	23,5	28,6	34,9	42,5	50,6	51,7	49,7	51,6	53,7	55,5	54,2	57	57,7	58,4	60,1	58,9	58,8	57,6	55,8	55,8	53,2	51,6	49,1	46,2	45	39,3	32,8	68,8	
IL	0	0	-0,1	-0,2	0	0	0,1	0,3	0,6	1	1,3	1,8	2,1	2,1	1,9	1,6	1,9	2,2	1,8	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	
Fält 1:18 meter																													
Tersband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leq	22,3	27,4	33,7	41,1	49,2	50,2	48,1	49,9	52,2	54,4	53,3	55,8	55,7	57,2	58,8	57,7	57,5	56,2	54,4	54,4	51,8	50,2	47,6	44,4	42,9	36,8	29,8	67,4	
IL	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,9	1,4	1,7	2	2,1	2	1,7	1,9	2,3	1,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,7	

Simulerade ljudnivåer samt insertion loss (IL) i dB, med grön fasad på nytt kvarter samt motsående fasad, för respektive tersband vid samtliga höjder i varje fält.

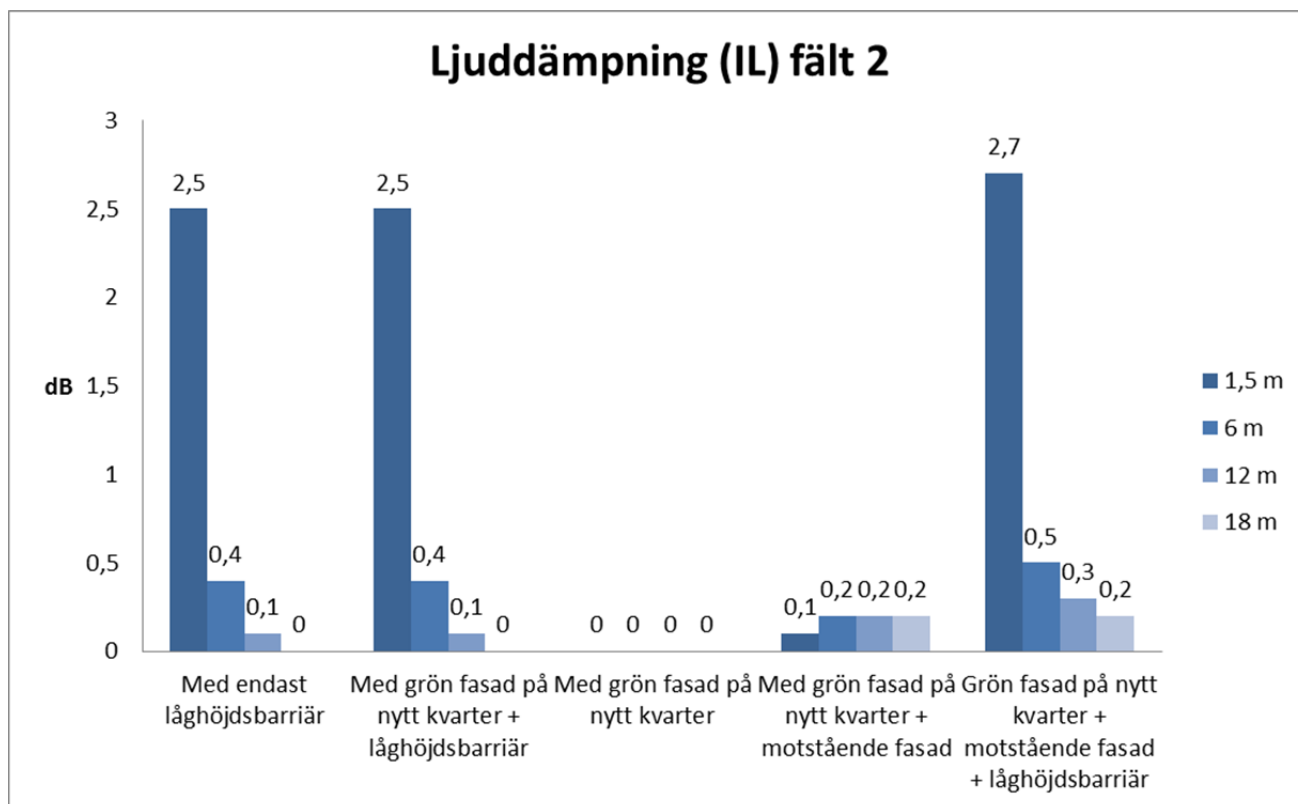
BILAGA 3. SID 6 (6)

Med grön fasad på nytt kvarter och motstående fasad + laddöjsbarriär																												
Fält 3.1.5 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	22.4	27.6	33.9	42.1	50	50.8	48.6	50.3	51.9	52.7	49.4	49.9	49.8	51.3	53.9	54.3	54.8	53.4	51.1	51.7	49.8	46.7	44.2	42	40.2	34.5	27.5	64.3
IL	0.1	0	0	0	0.5	1	1.9	2.6	3.6	4.8	5.8	6.5	6	4.7	3.4	2.5	2.6	3.5	4.1	4.4	3.6	3.5	4.3	4.2	3.4	4.4	3.7	4.8
Fält 3.6 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	22.2	27.3	33.5	41.4	49.3	50	47.6	49.5	51.7	54	52.2	54	54.2	55.5	57.6	57.1	57.3	55.5	53.8	54.7	51.8	49.5	47.3	44.3	43.3	37.8	31.3	66.7
IL	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	1.2	2.2	2.6	3.1	3	2.8	2.6	2.6	2.7	2.6	2.1	2.1	2.7	2.4	1.9	1.9	2	2	2	1.8	1.8	1.9	2.4
Fält 3.12 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	21.7	26.8	33	40.7	48.7	49.8	47.9	50.2	52.5	54.3	51.8	53.6	55.2	57.5	58.5	56.7	57	55.6	53.8	53.9	51.3	49.3	46.8	43.7	42.5	36.7	29.9	66.9
IL	0.2	0.1	0.1	0.3	0.6	0.7	0.9	0.9	1.2	1.4	1.8	2.1	2.2	2.3	2.1	2	2.2	2.7	2.3	1.8	1.9	2	1.9	2	1.8	1.8	1.8	2
Fält 3.18 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	21.2	26.3	32.5	40.1	48.1	49.1	47	49	51.1	52.7	50.9	53.9	55.2	56.2	57.4	56.5	56.2	54.9	53	53.3	50.6	48.7	46.2	43	41.5	35.4	28.2	66.2
IL	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	2	2.3	2.3	2.1	2	2.1	2.5	2.1	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.9
Fält 2.1.5 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	24.1	29.2	35.4	43.6	51.7	52.5	50.4	52.3	54.3	55.5	52.8	53.9	54.2	55.8	57.9	57.8	58	56.6	54.2	54.9	52.7	50.2	47.8	45.3	44.5	38.9	32.8	67.5
IL	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.9	1.8	2.3	3.1	4	4.6	5	4.5	3.3	2.2	1.4	1.3	2	3	2.8	2.2	2.4	2.8	2.3	2.5	2.9	3	2.7
Fält 2.6 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	23.7	28.8	35	42.8	50.8	51.7	49.7	52.3	55.3	57.9	55.8	57.5	58.2	60.5	62.4	60.7	60	59.7	57.2	57.7	54.9	52.6	50.5	47.7	46.9	41.6	35.5	70.4
IL	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.9	1.4	1.2	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.4	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.4	0.4	0.5
Fält 2.12 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	23	28	34.2	41.9	50.1	51.2	49.3	51.6	54	55.9	54.4	57.5	59.2	60.3	61	59.9	59.7	59	56.9	56.6	54.1	52.2	49.9	46.9	45.7	40.1	33.5	69.7
IL	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0.3
Fält 2.18 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	22.1	27.1	33.3	40.8	49	50.1	48.1	50.1	52.6	54.8	53.9	57.1	57.7	58.6	60.4	58.8	58.9	58	55.7	55.4	52.8	51.1	48.6	45.4	44	37.9	30.8	68.7
IL	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Fält 1.5 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	25.3	30.5	36.8	44.9	52.9	53.6	51.4	53.2	55.1	56.3	53.7	55	55.2	56.6	58.4	58	57.5	56	54.4	55.2	53	50.9	48.6	46.2	45.6	40.4	34.8	68
IL	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	0.2	0.9	1.9	2.5	3.5	4.5	5.2	5.6	5.3	4.5	3.7	2.9	3.3	4.4	4.3	3.7	3.3	3.3	3.4	3.4	3.2	3.5	3.5	3.8
Fält 1.6 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	24.7	29.8	36.1	43.9	51.9	53	51.3	53.6	56	57.7	55.3	56.9	58.1	60.4	61.6	59.8	59.9	58.5	57	57.3	54.6	52.5	50.5	47.7	46.9	41.7	35.8	70.1
IL	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.7	1.1	1.4	1.9	2.1	2.2	2.1	1.9	2	2.5	2.1	1.7	1.7	1.9	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8
Fält 1.12 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	23.5	28.6	34.9	42.5	50.6	51.6	49.6	51.5	53.7	55.5	54.2	57	57.7	58.4	60.1	58.8	58.8	57.6	55.8	55.8	53.2	51.6	49.1	46.2	45	39.3	32.8	68.8
IL	0	0	-0.1	-0.2	0	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.3	1.8	2.1	2.1	1.9	1.7	1.9	2.2	1.8	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7
Fält 1.18 meter																												
Tersband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1KHz	1.25KHz	1.6KHz	2KHz	2.5KHz	3.15KHz	4KHz	5KHz	6.3KHz	8KHz	10KHz	Totalt
Leq	22.3	27.4	33.7	41.1	49.2	50.2	48.1	49.9	52.2	54.4	53.3	55.8	55.7	57.2	58.8	57.7	57.5	56.2	54.4	54.4	51.8	50.2	47.6	44.4	42.9	36.8	29.8	67.4
IL	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	1.4	1.7	2	2.1	2	1.7	1.9	2.3	1.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5	1.7

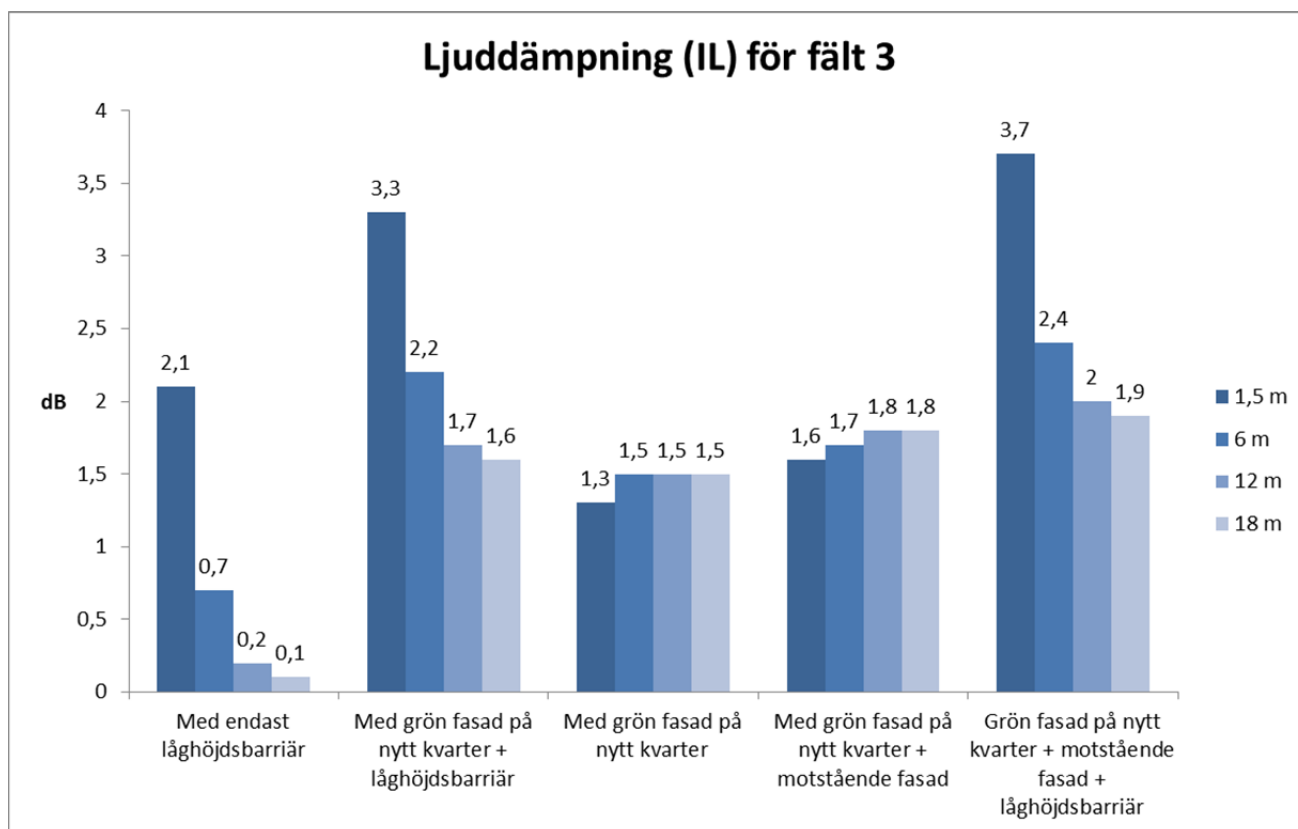
Simulerade ljudnivåer samt insertion loss (IL) i dB, med grön fasad på nytt kvarter samt mots ende fasad + l h jdsbarri r, för respektive tersband vid samtliga höjder i varje fält.



Total ljuddämpning (insertion loss) i dB för varje åtgärd vid olika höjder i fält 1.



Total ljuddämpning (insertion loss) i dB för varje åtgärd vid olika höjder i fält 2.



Total ljuddämpning (insertion loss) i dB för varje åtgärd vid olika höjder i fält 3.

BILAGA 5. SID 1 (13)

Innehåller fullständiga grafiska resultat från körningarna av SoundPLAN-programmet för de olika situationerna. Situationerna är numrerade från 1-24 enligt nedan. Förklaring till numrering av tvärsektioner finns under kapitel 4.1 Metod för simuleringar (se Figur 4.2). Viktigt är att de absoluta decibelvärdena inte motsvarar de verkliga. Det som kan utläsas från bilderna är ljudnivåskillnader, där skillanden mellan två närliggande färgområden motsvarar 1 dB.

Inga åtgärder

1. Grid noise map
2. Tvärsektion 1
3. Tvärsektion 2
4. Tvärsektion 3

Med endast låghöjdsbarriär

5. Grid noise map
6. Tvärsektion 1
7. Tvärsektion 2
8. Tvärsektion 3

Med låghöjdsbarriär och gröna fasader på nytt kvarter

9. Grid noise map
10. Tvärsektion 1
11. Tvärsektion 2
12. Tvärsektion 3

Med gröna fasader på nytt hus

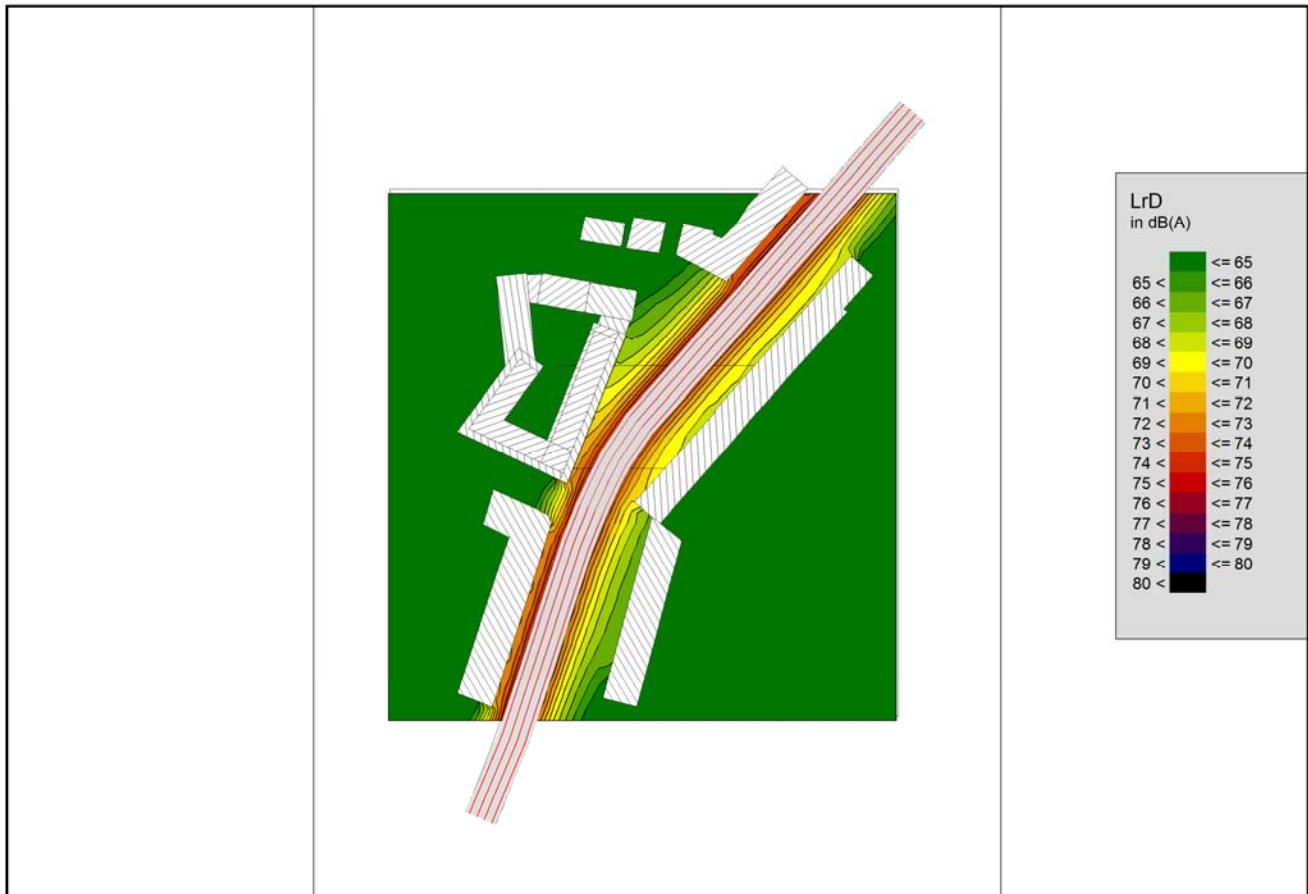
13. Grid noise map
14. Tvärsektion 1
15. Tvärsektion 2
16. Tvärsektion 3

Med gröna fasader både på nytt kvarter och motstående fasad

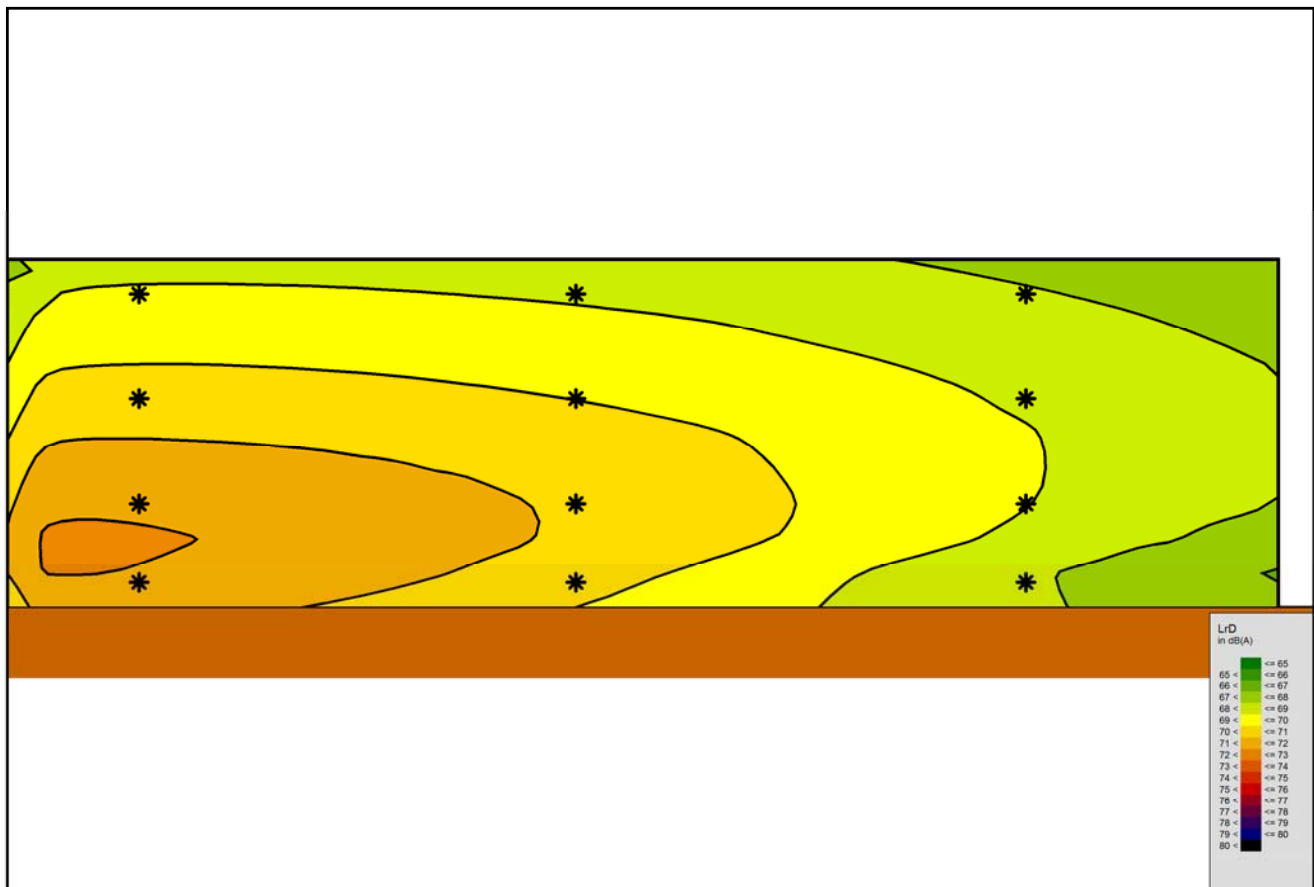
17. Grid noise map
18. Tvärsektion 1
19. Tvärsektion 2
20. Tvärsektion 3

Grön fasad på nytt kvarter samt motstående fasad och låghöjdsbarriär

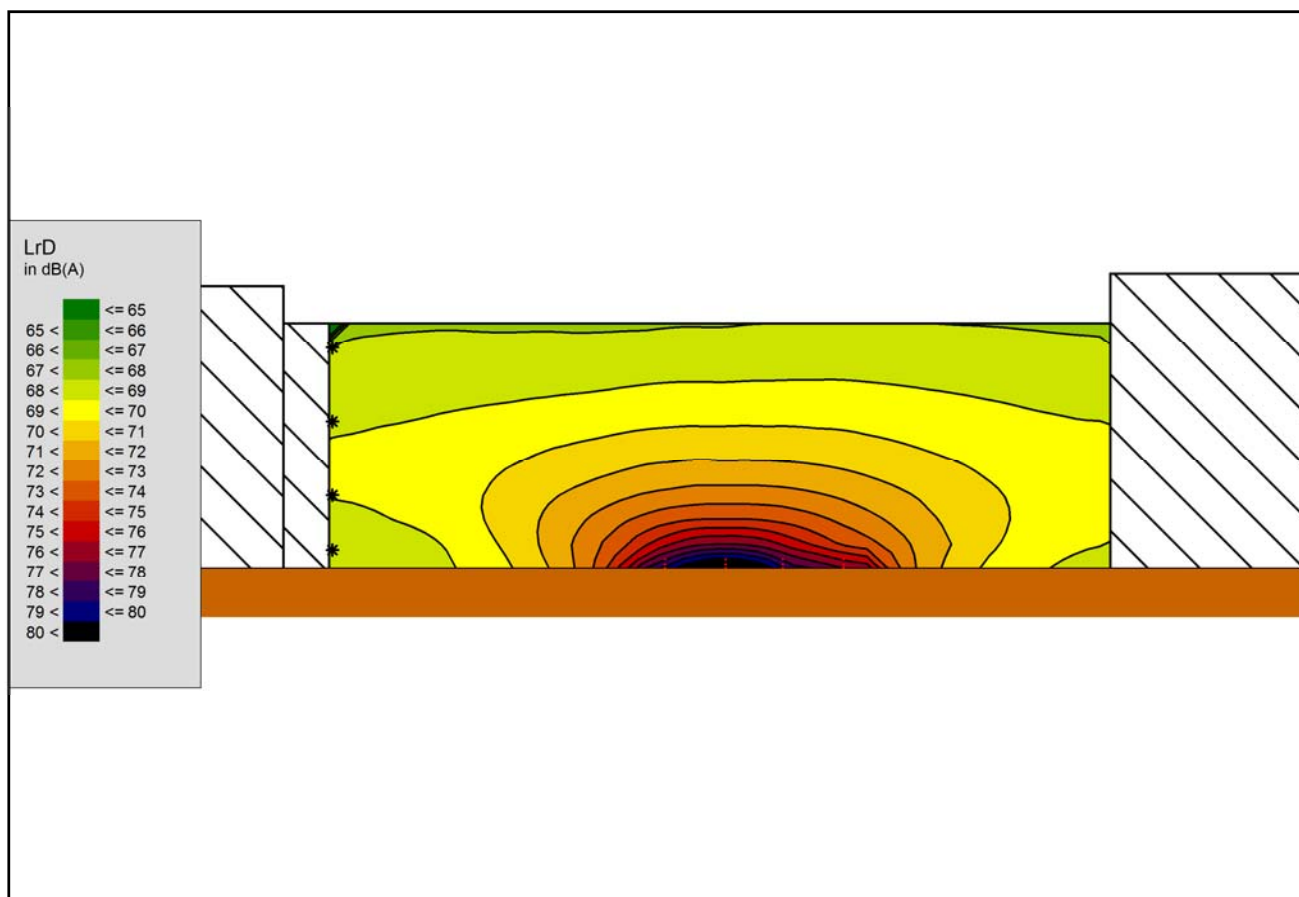
21. Grid noise map
22. Tvärsektion 1
23. Tvärsektion 2
24. Tvärsektion 3



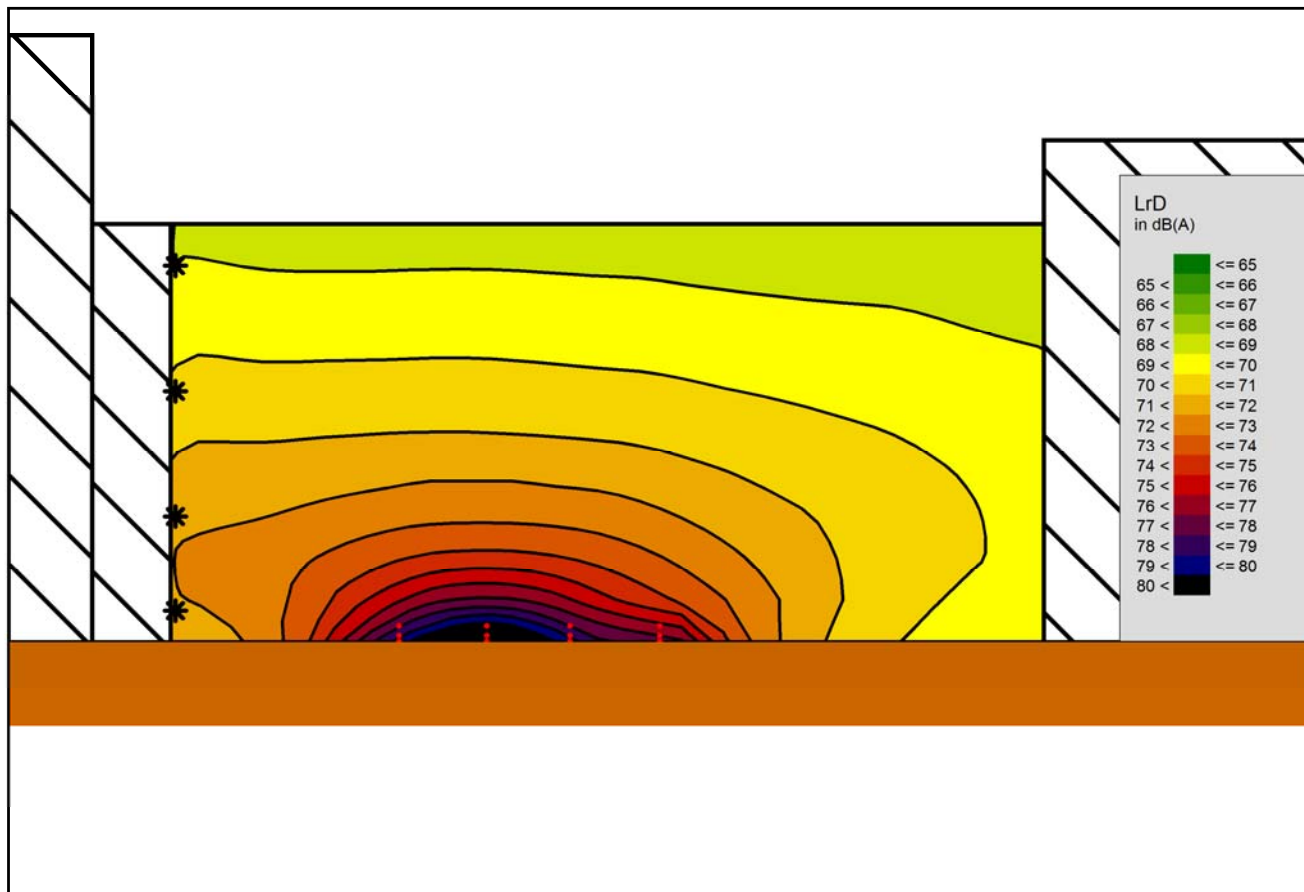
Grid noise map för inga åtgärder (1).



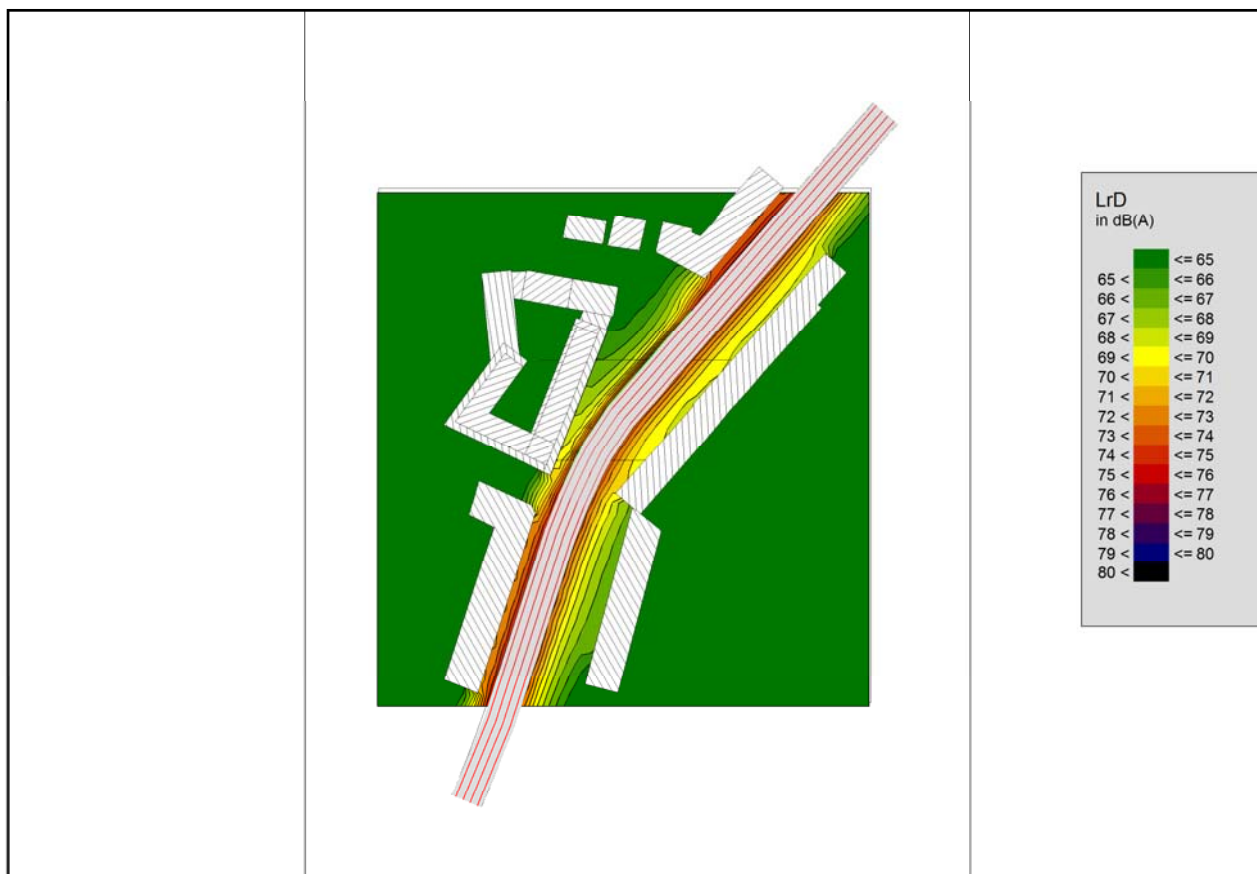
Tvärsektion 1 för inga åtgärder (2).



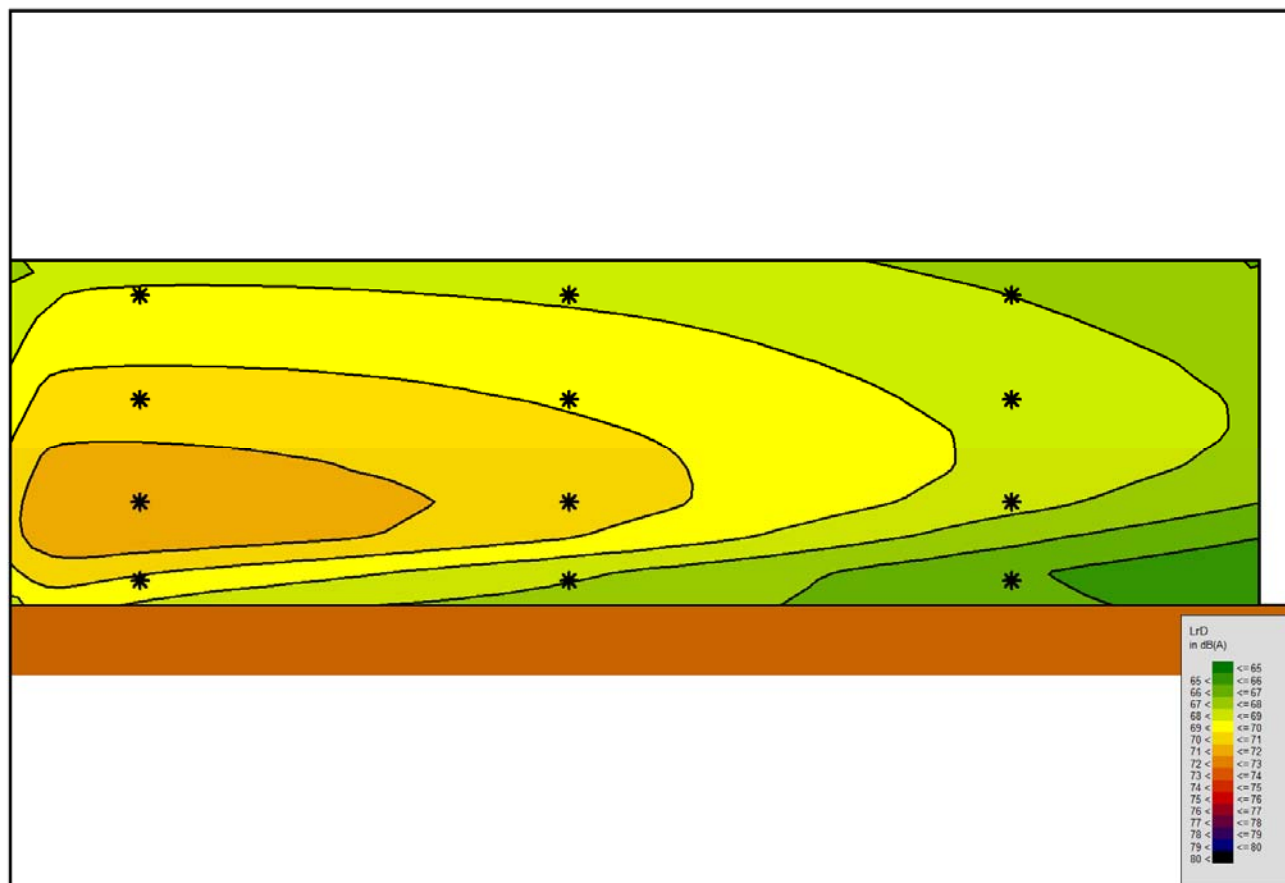
Tvärsektion 2 för inga åtgärder (3).



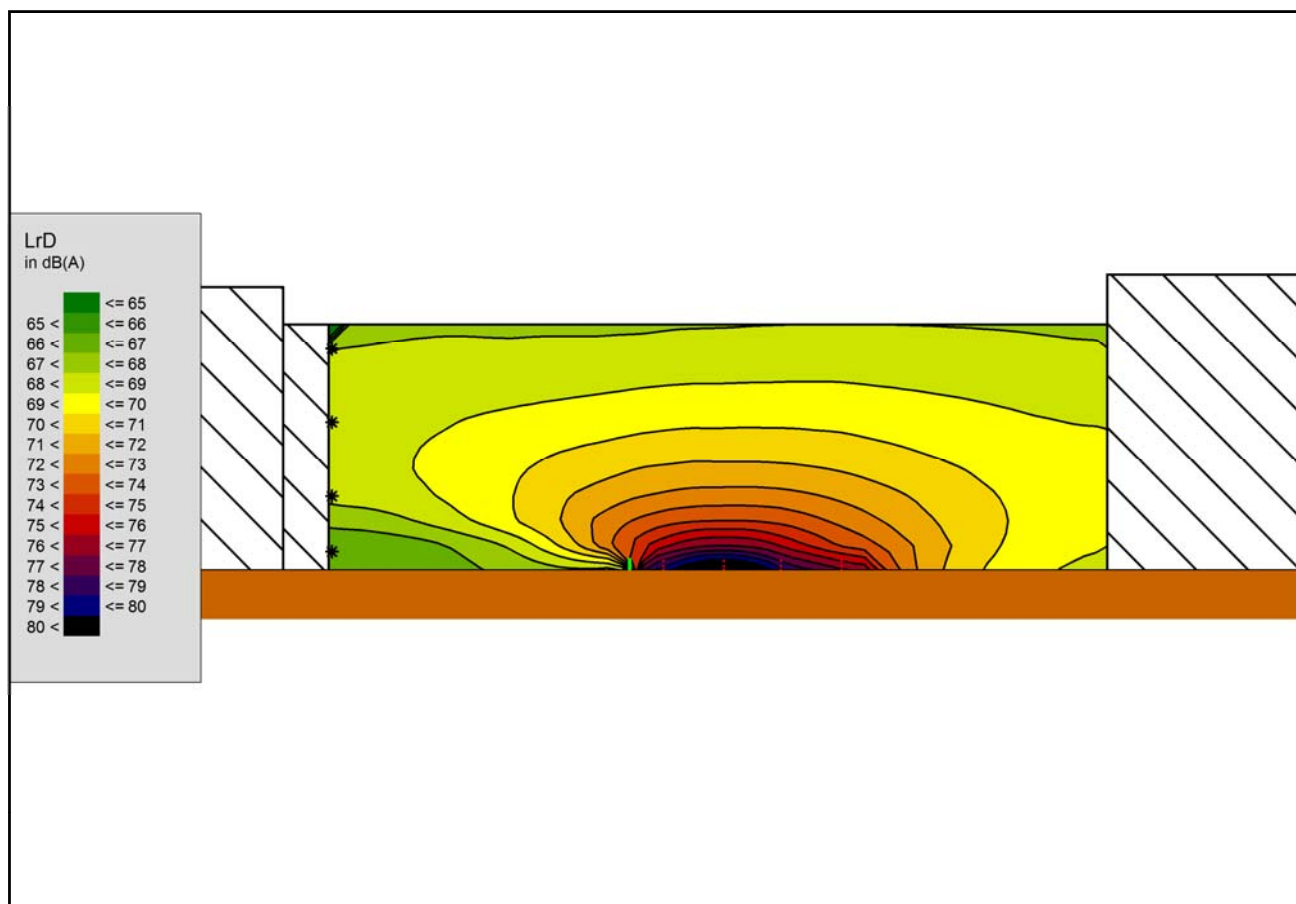
Tvärsektion 3 för inga åtgärder (4).



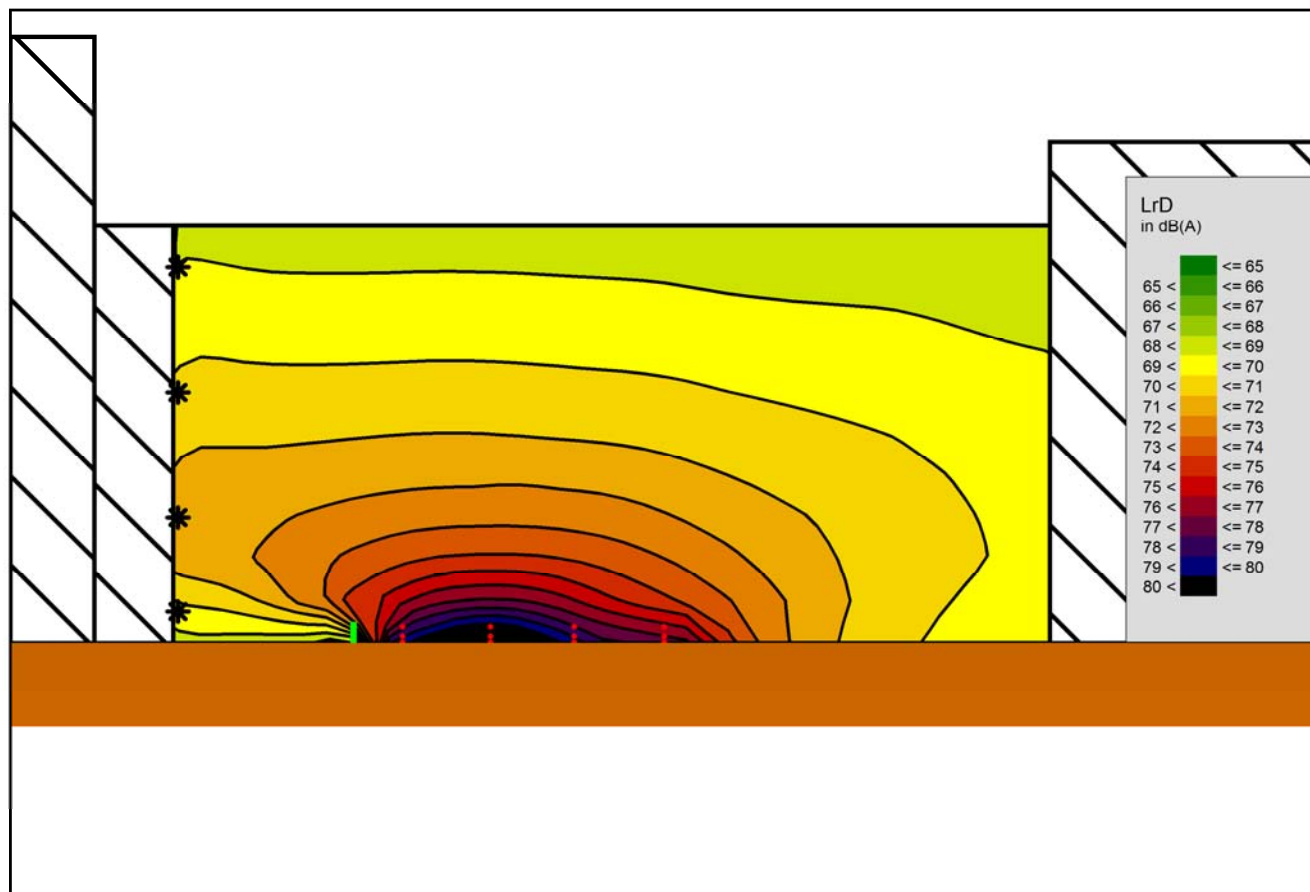
Grid noise map med endast låghöjdsbarriär (5).



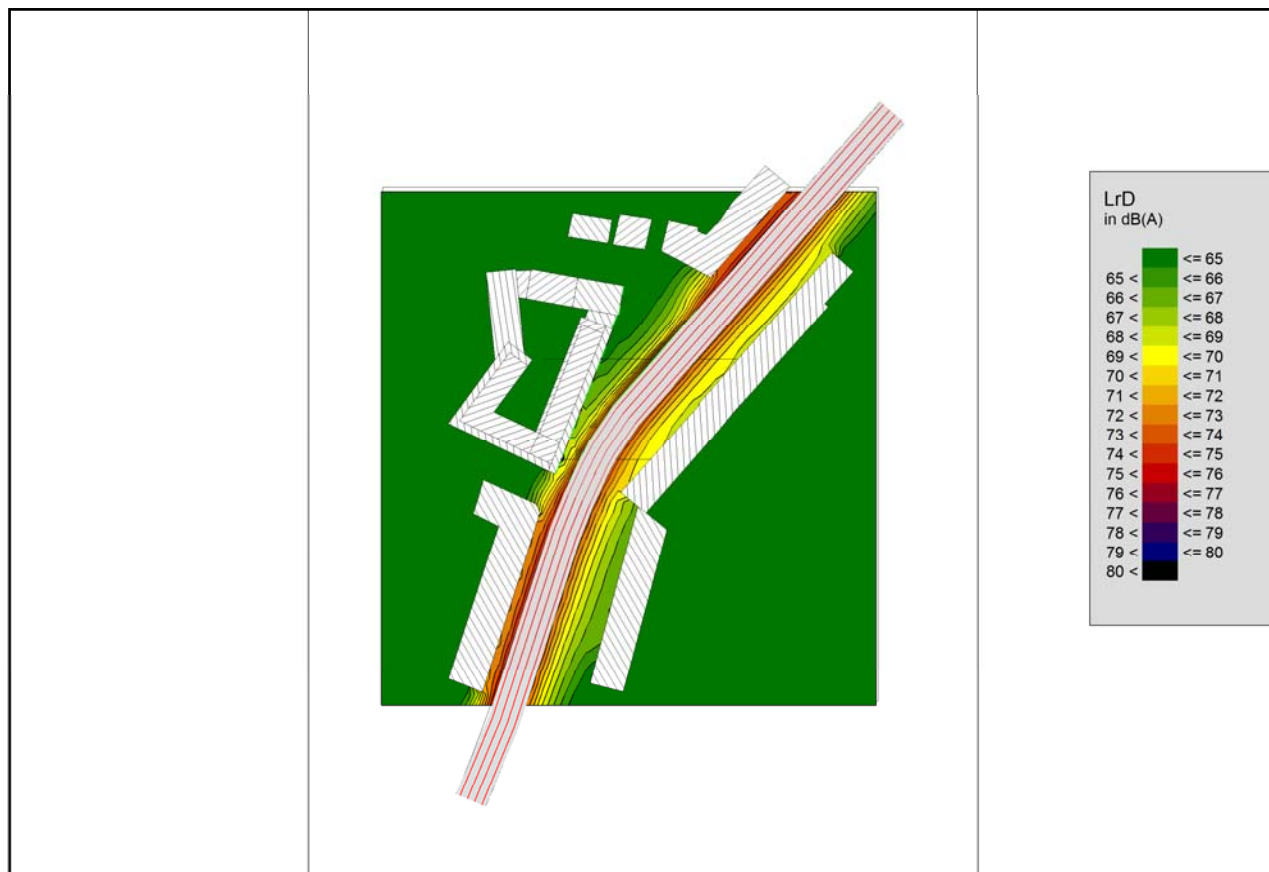
Tvärsektion 1 med endast låghöjdsbarriär (6).



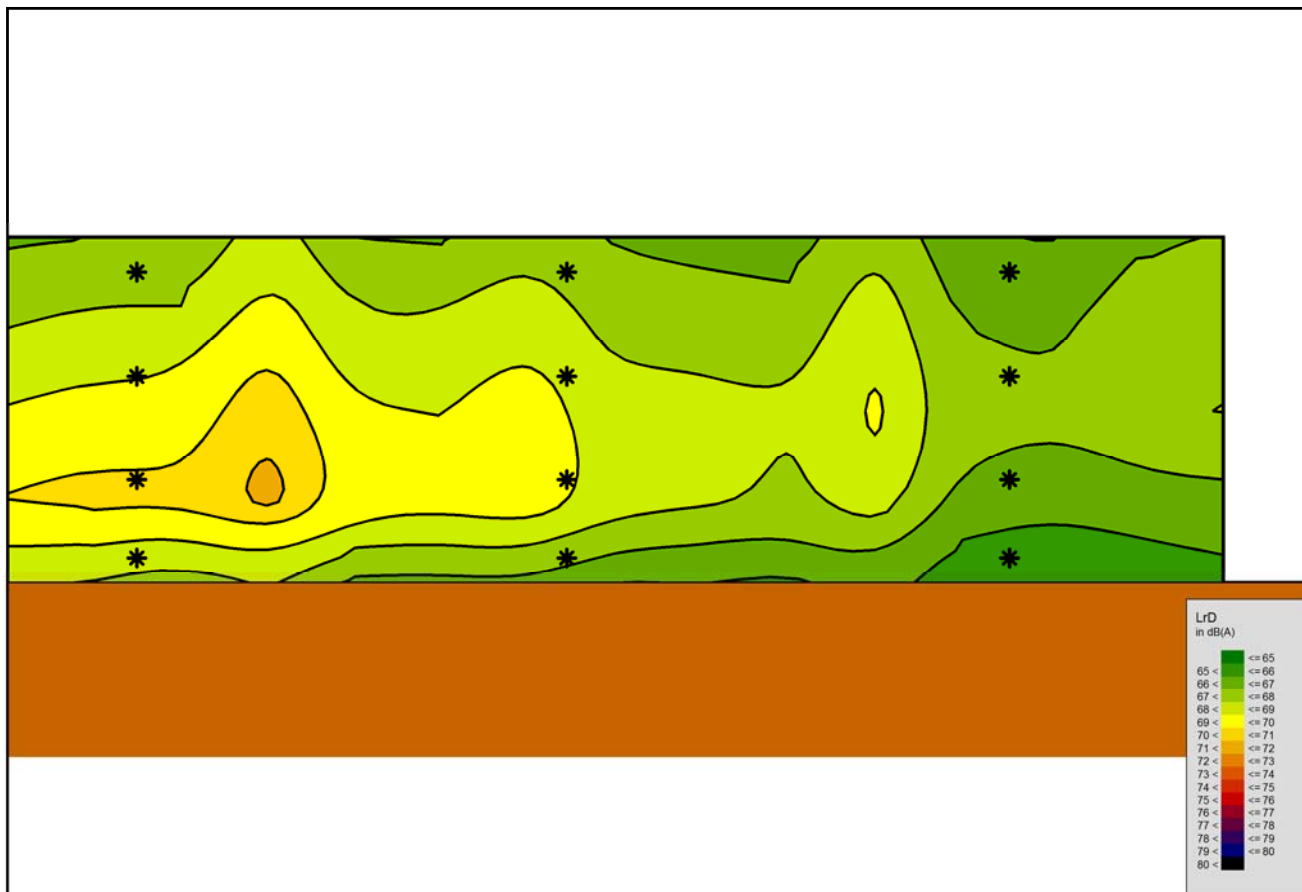
Tvärsektion 2 med endast låghöjdsbarriär (7).



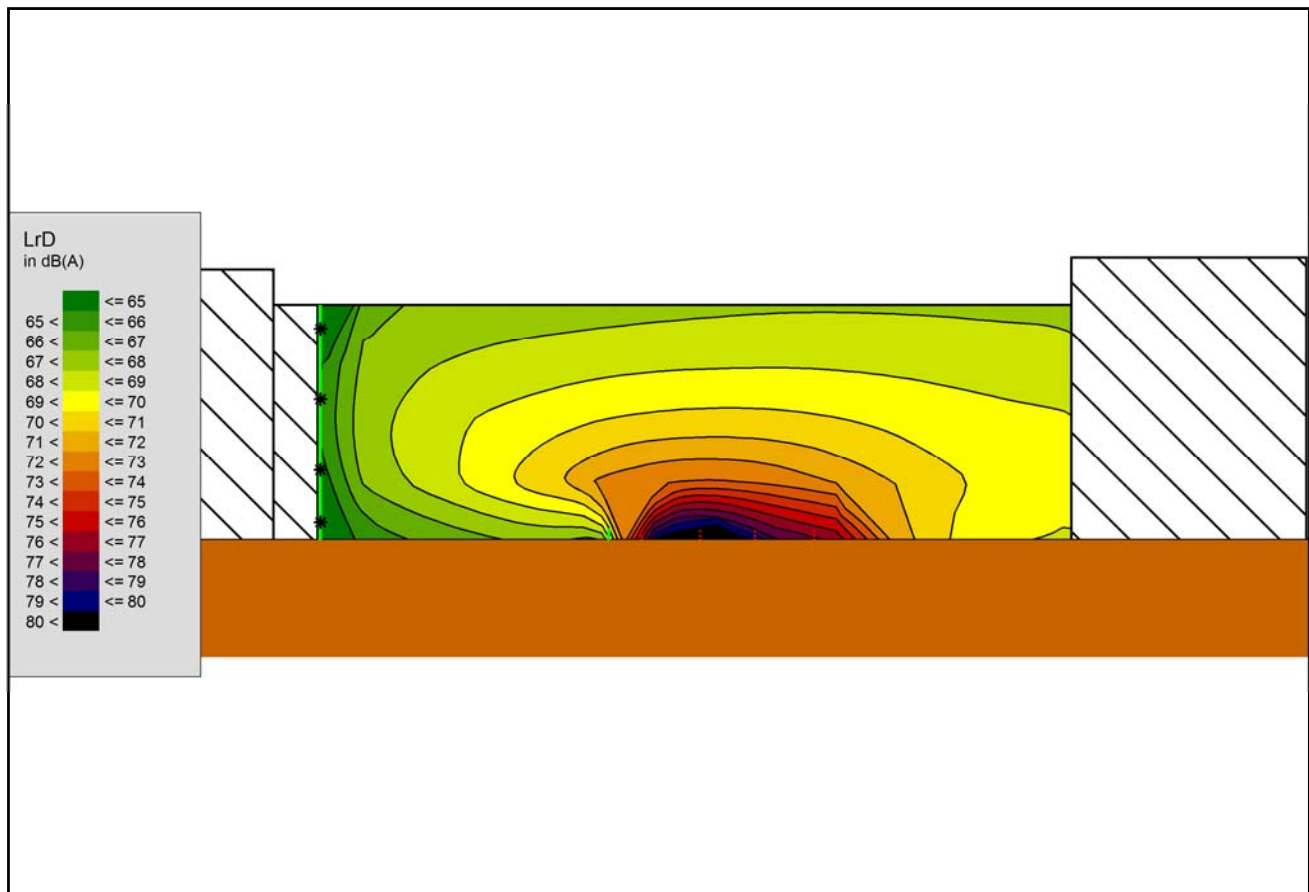
Tvärsektion 3 med endast låghöjdsbarriär (8).



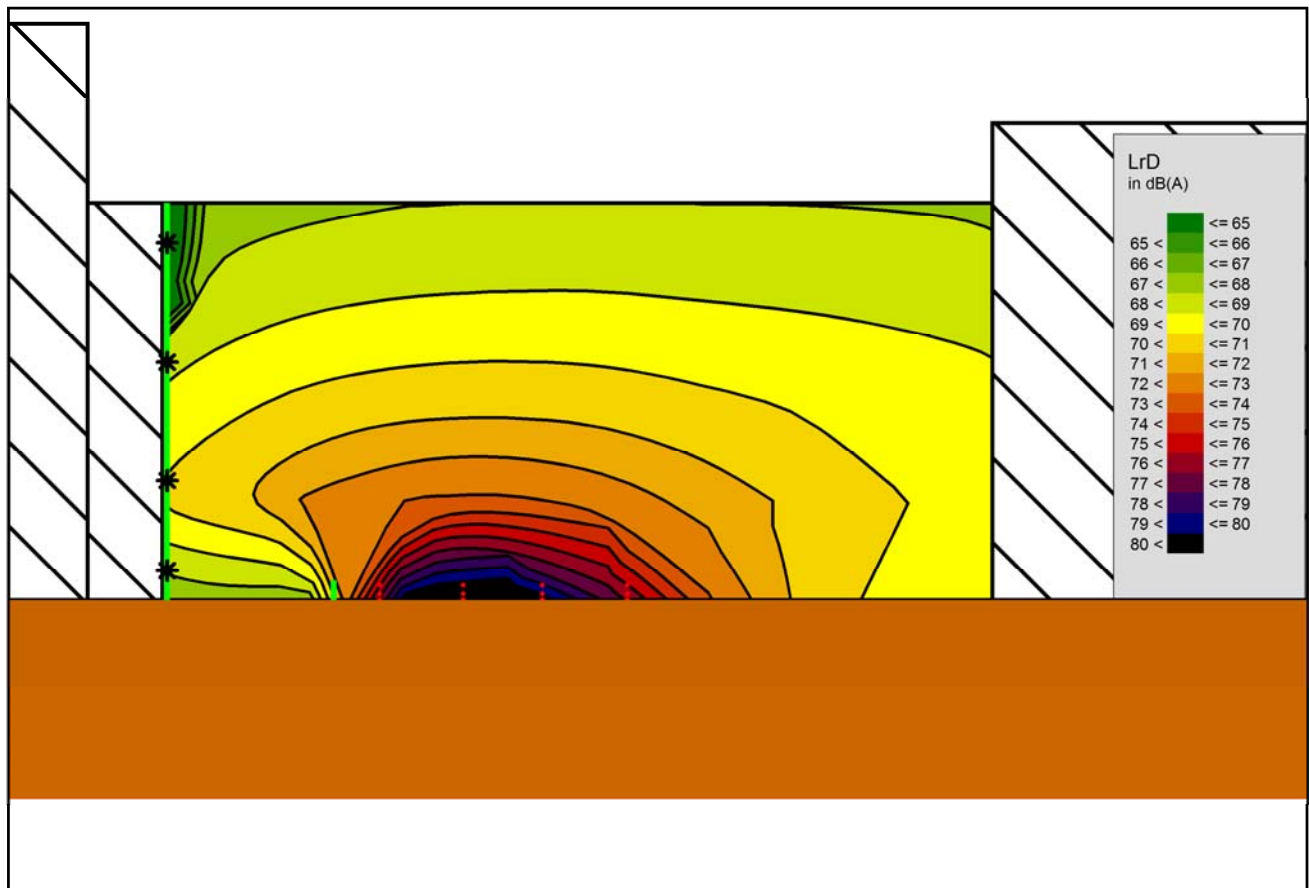
Grid noise map med låghöjdsbarriär och grön fasad på nytt kvarter (9).



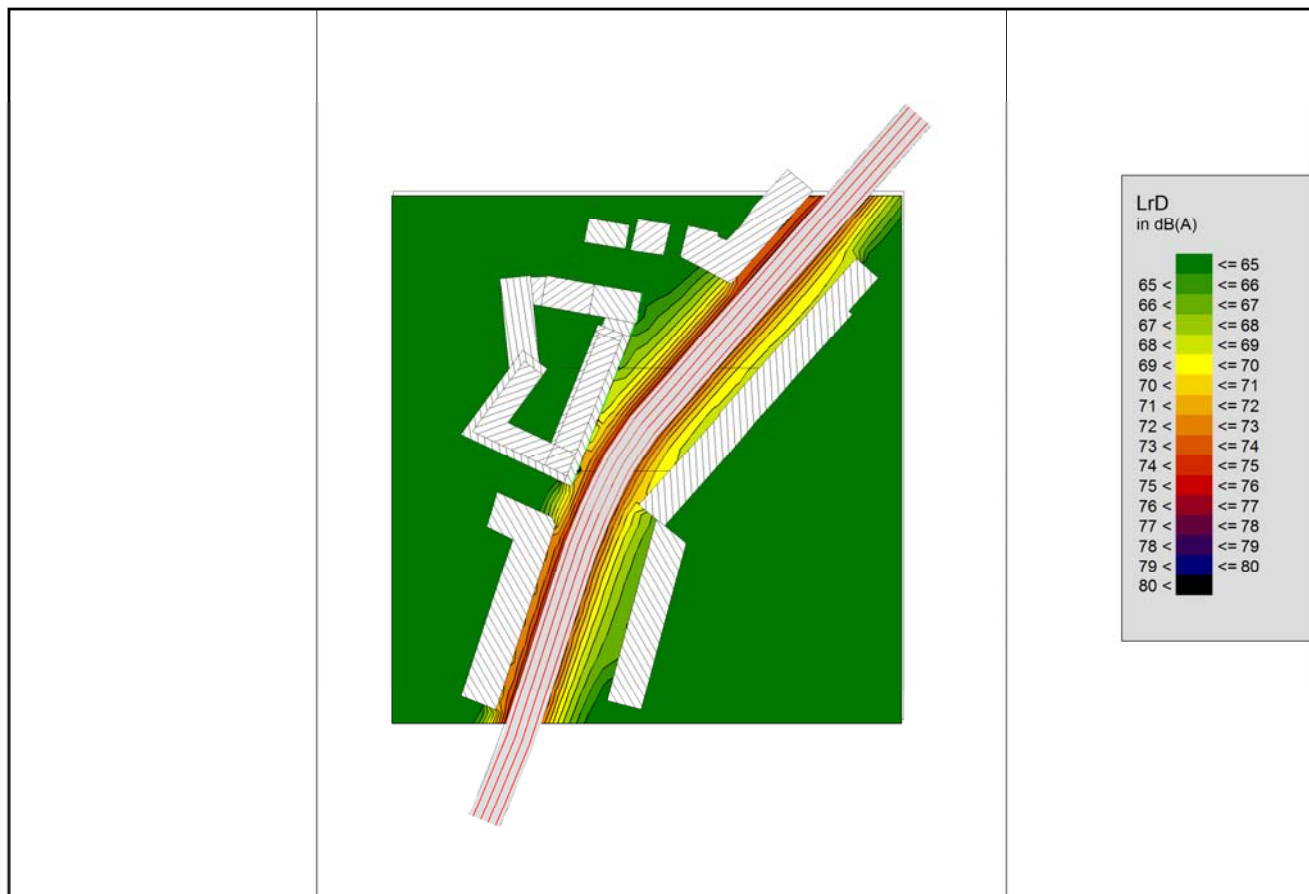
Tvärsektion 1 med låghöjdsbarriär och grön fasad på nytt kvarter (10).



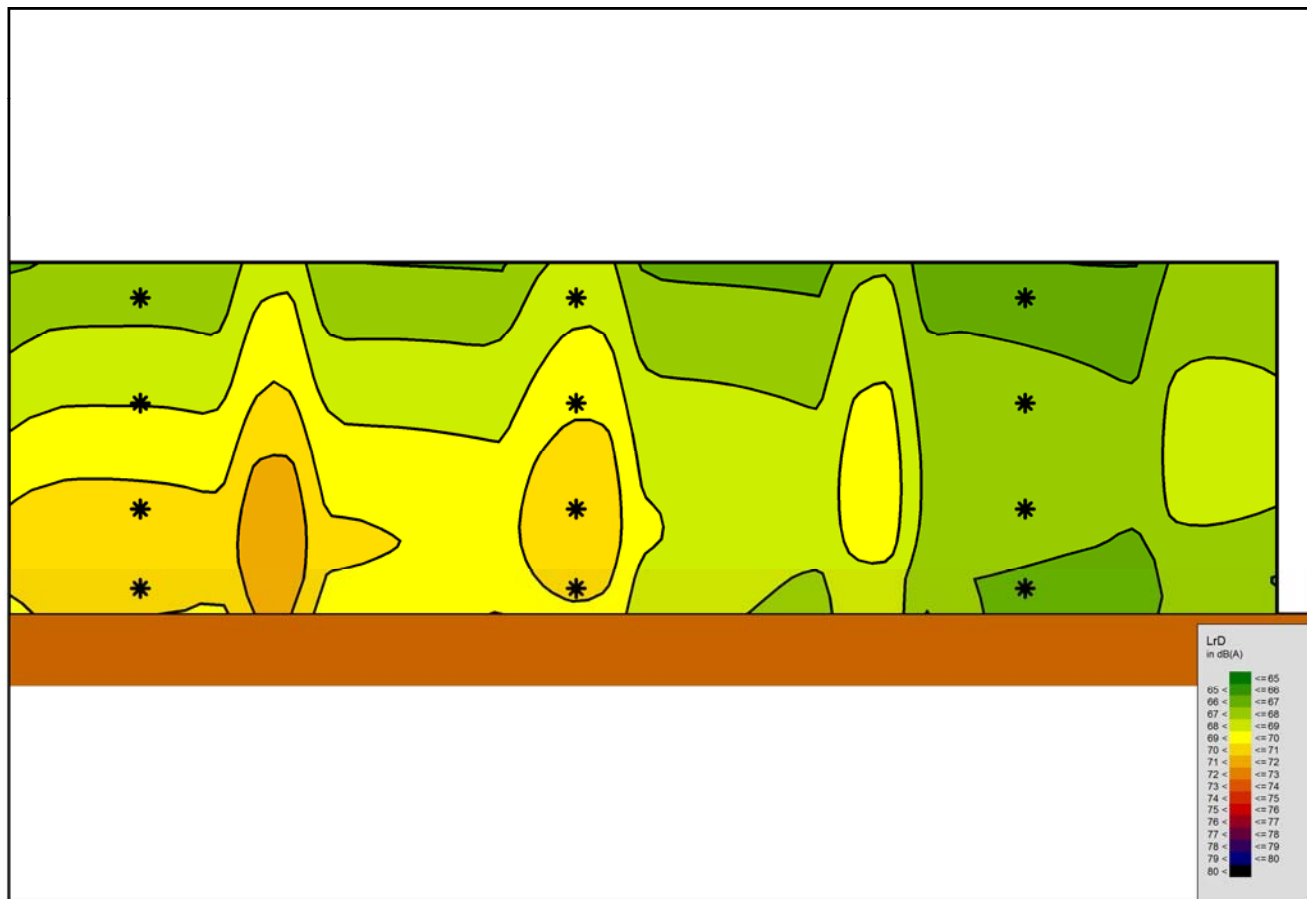
Tvärsektion 2 med låghöjdsbarriär och grön fasad på nytt kvarter (11).



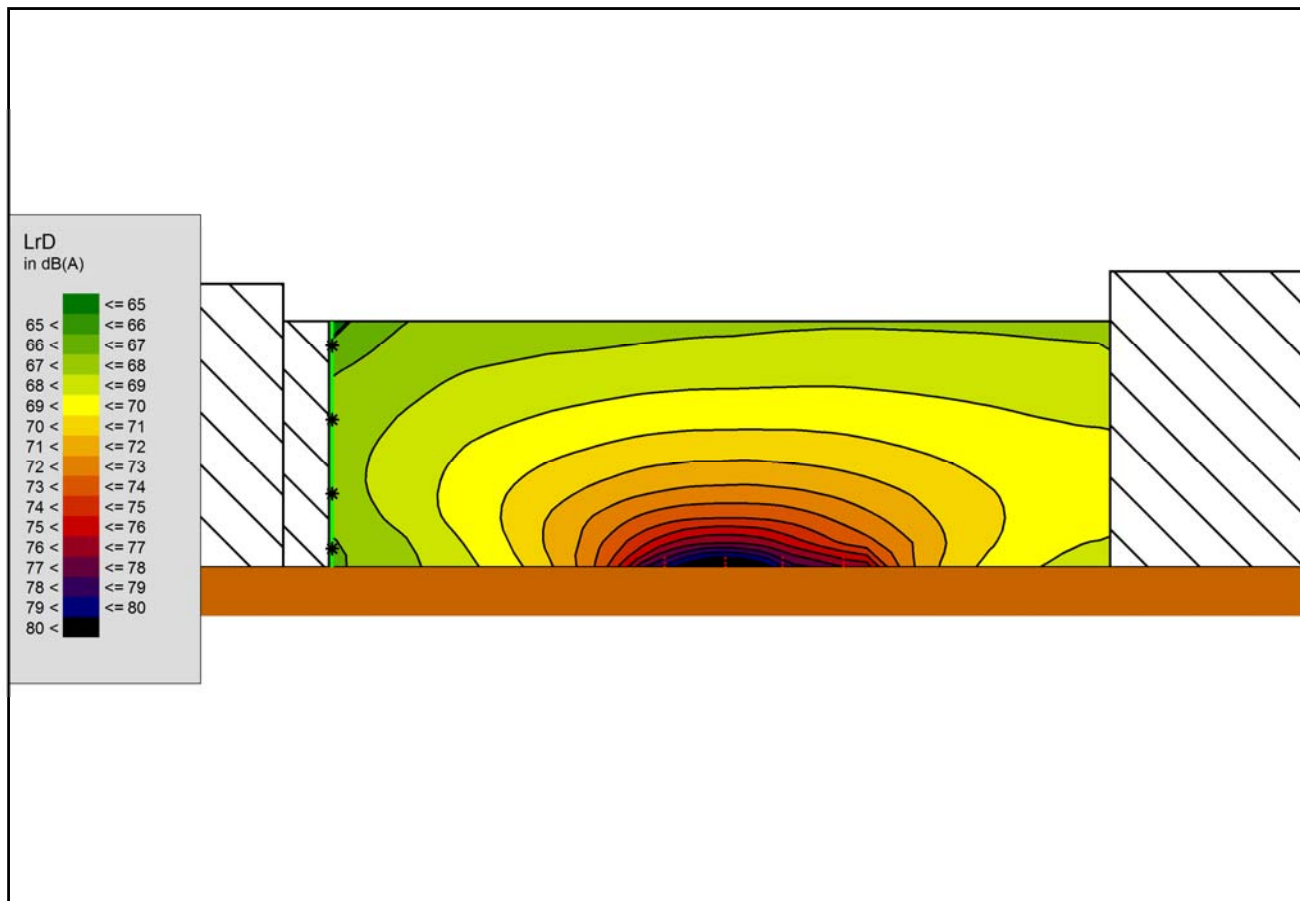
Tvärsektion 3 med låghöjdsbarriär och grön fasad på nytt kvarter (12).



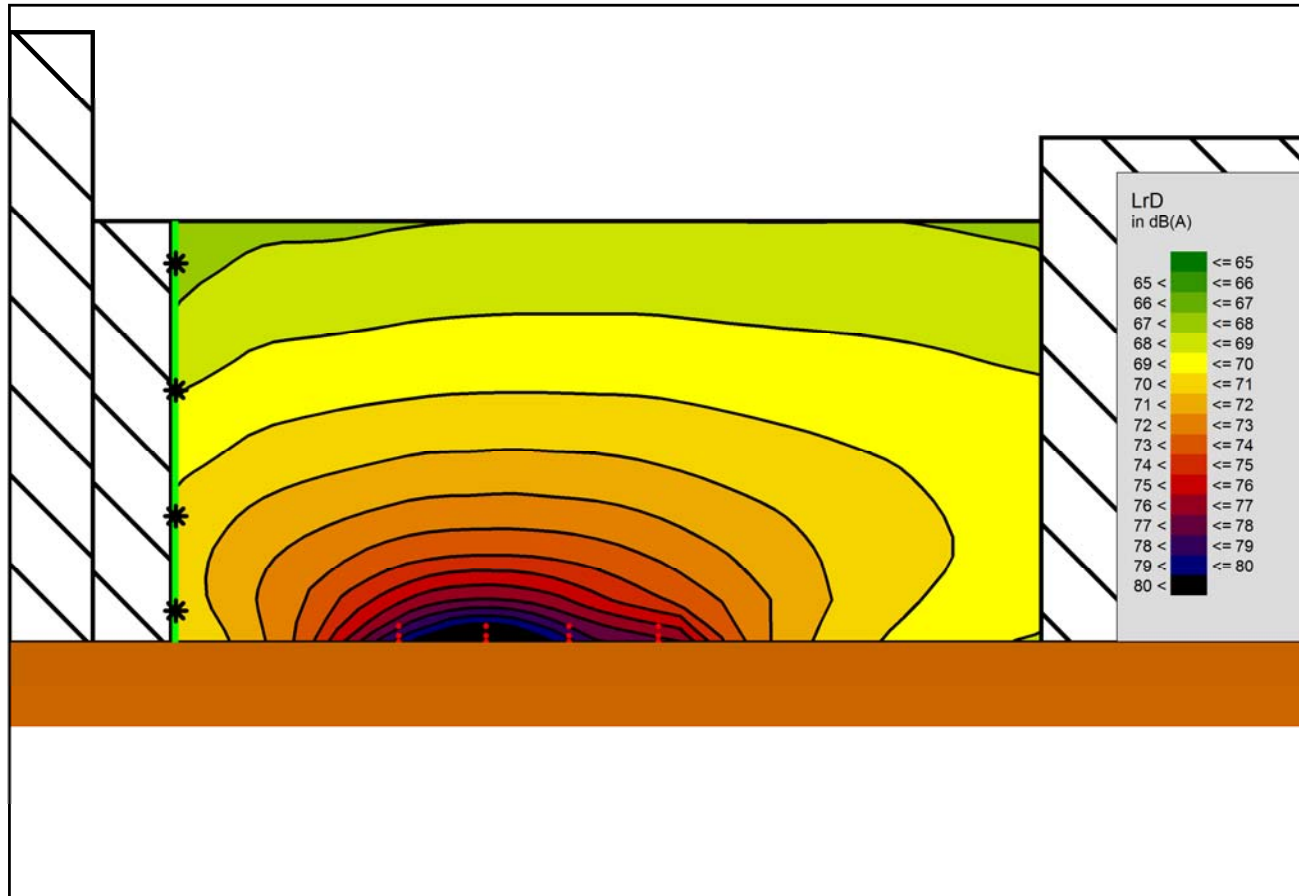
Grid noise map med grön fasad på nytt kvarter (13).



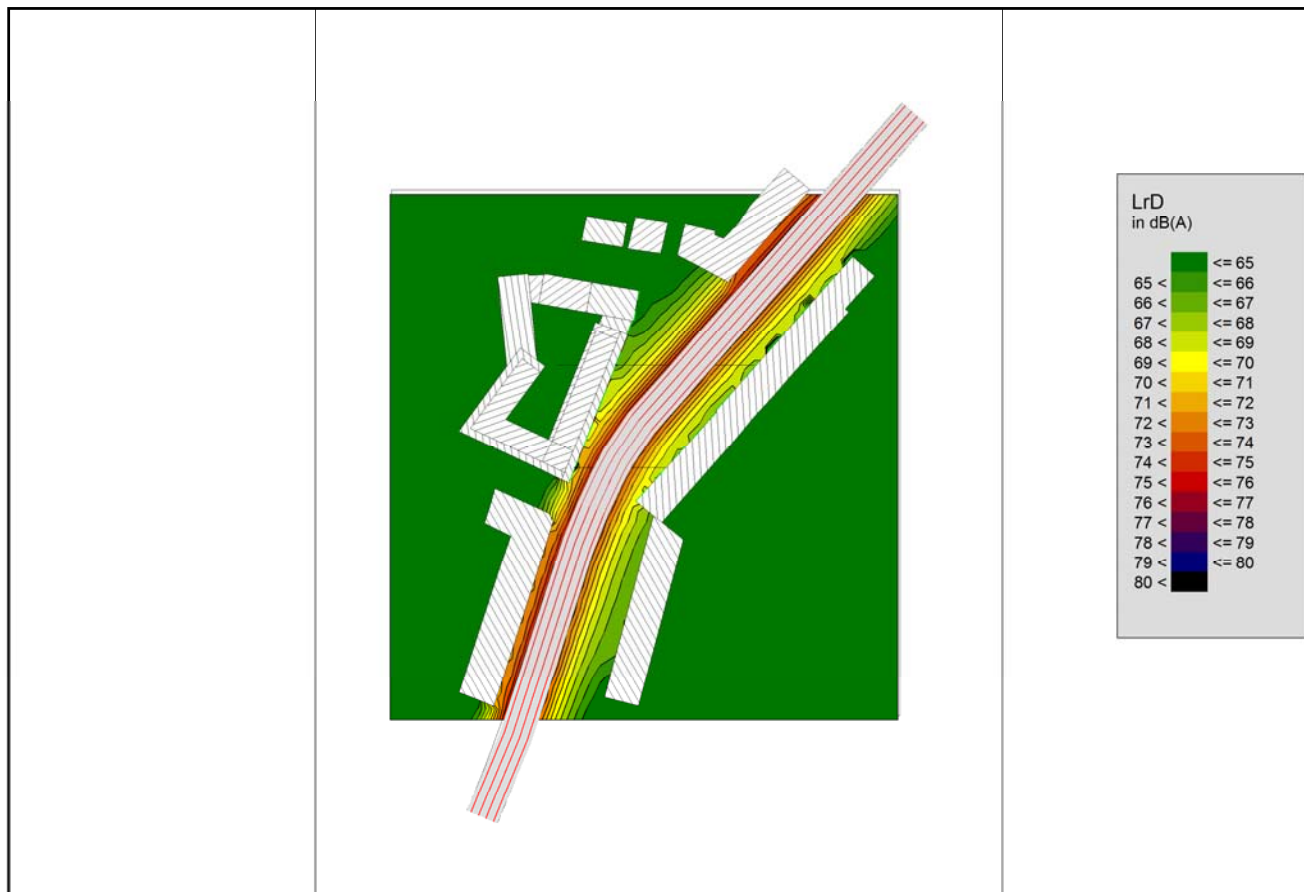
Tvärsektion 1 med grön fasad på nytt kvarter (14).



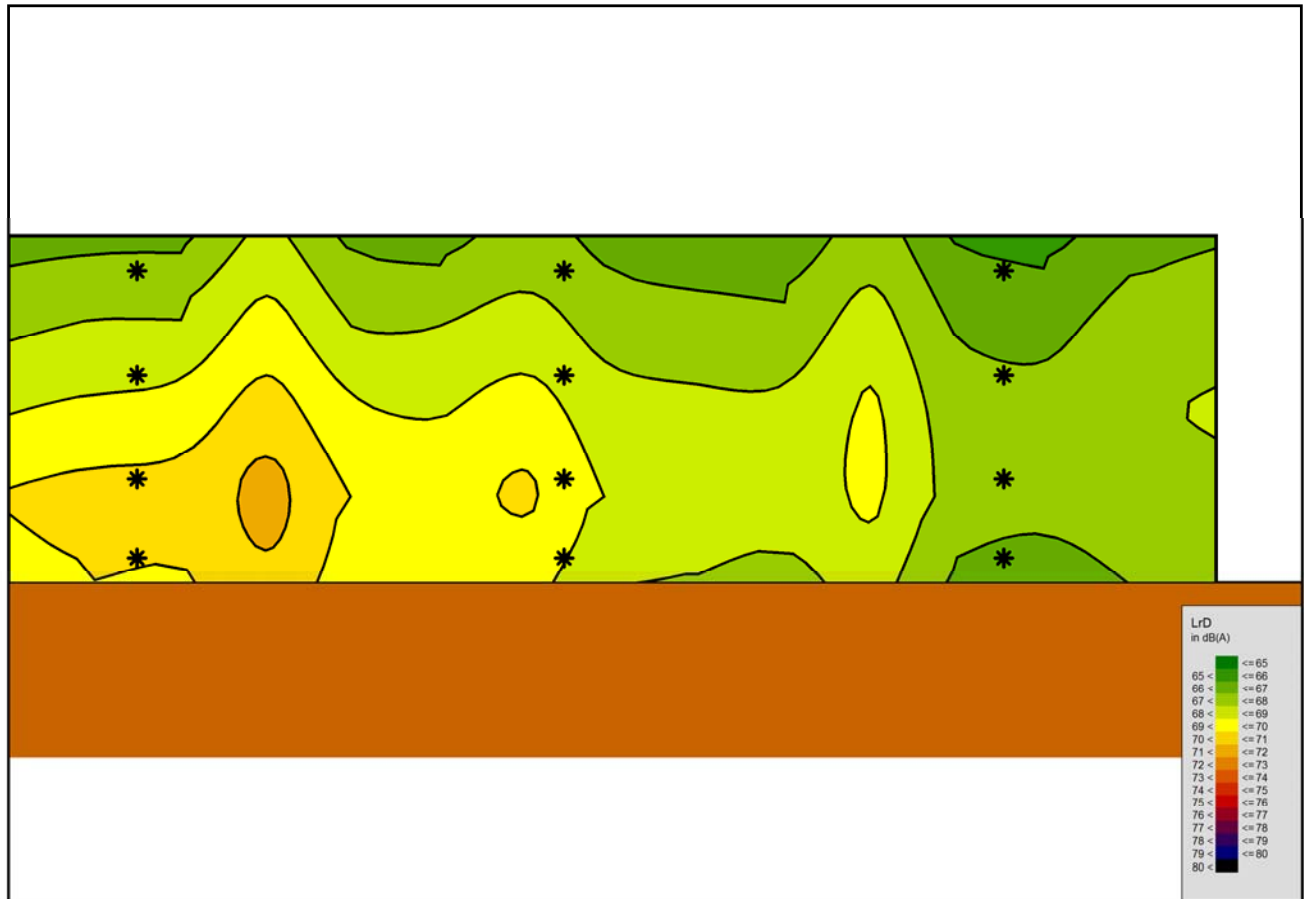
Tvärsektion 2 med grön fasad på nytt kvarter (15).



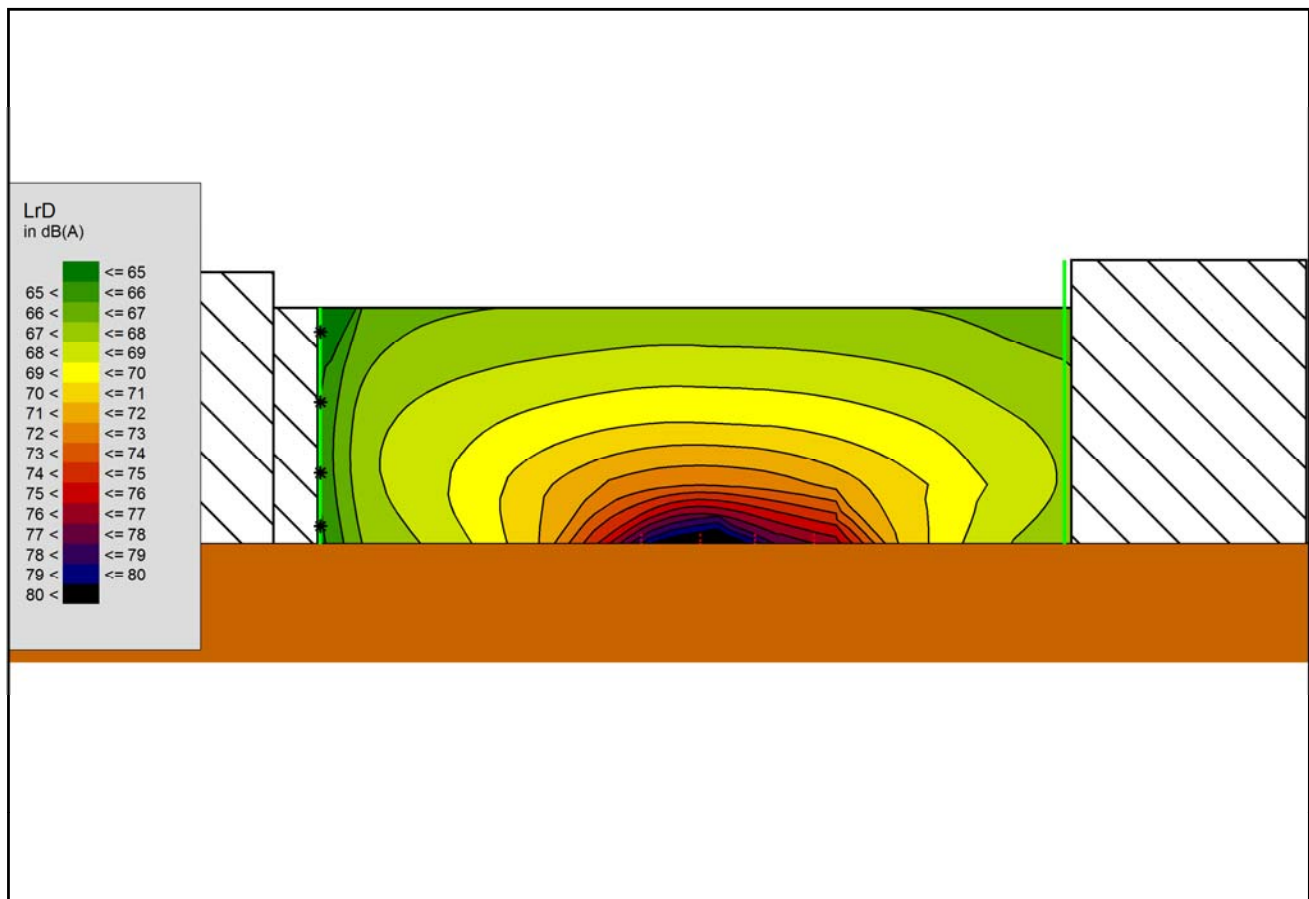
Tvärsektion 3 med grön fasad på nytt kvarter (16).



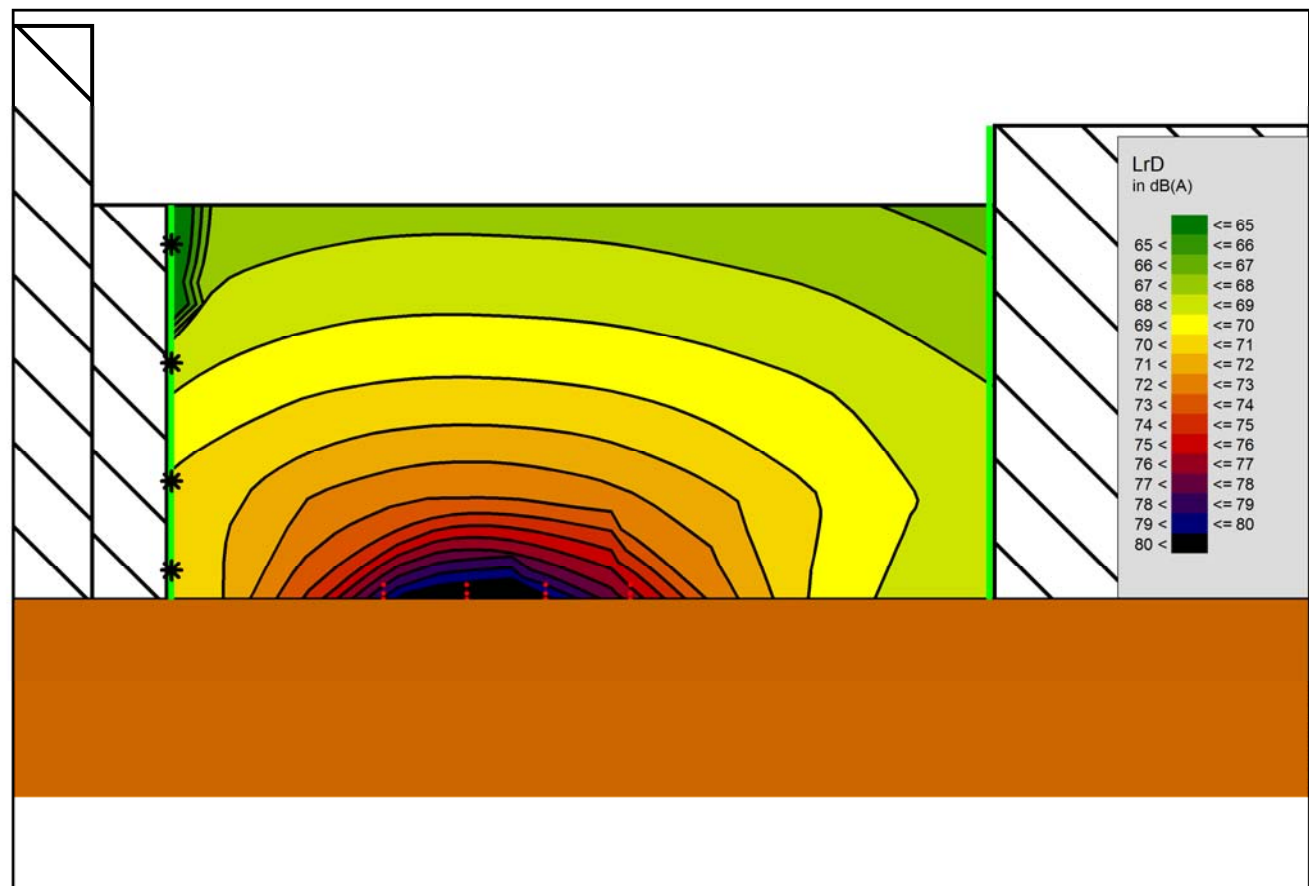
Grid noise map med grön fasad på nytt kvarter och motstående fasad (17).



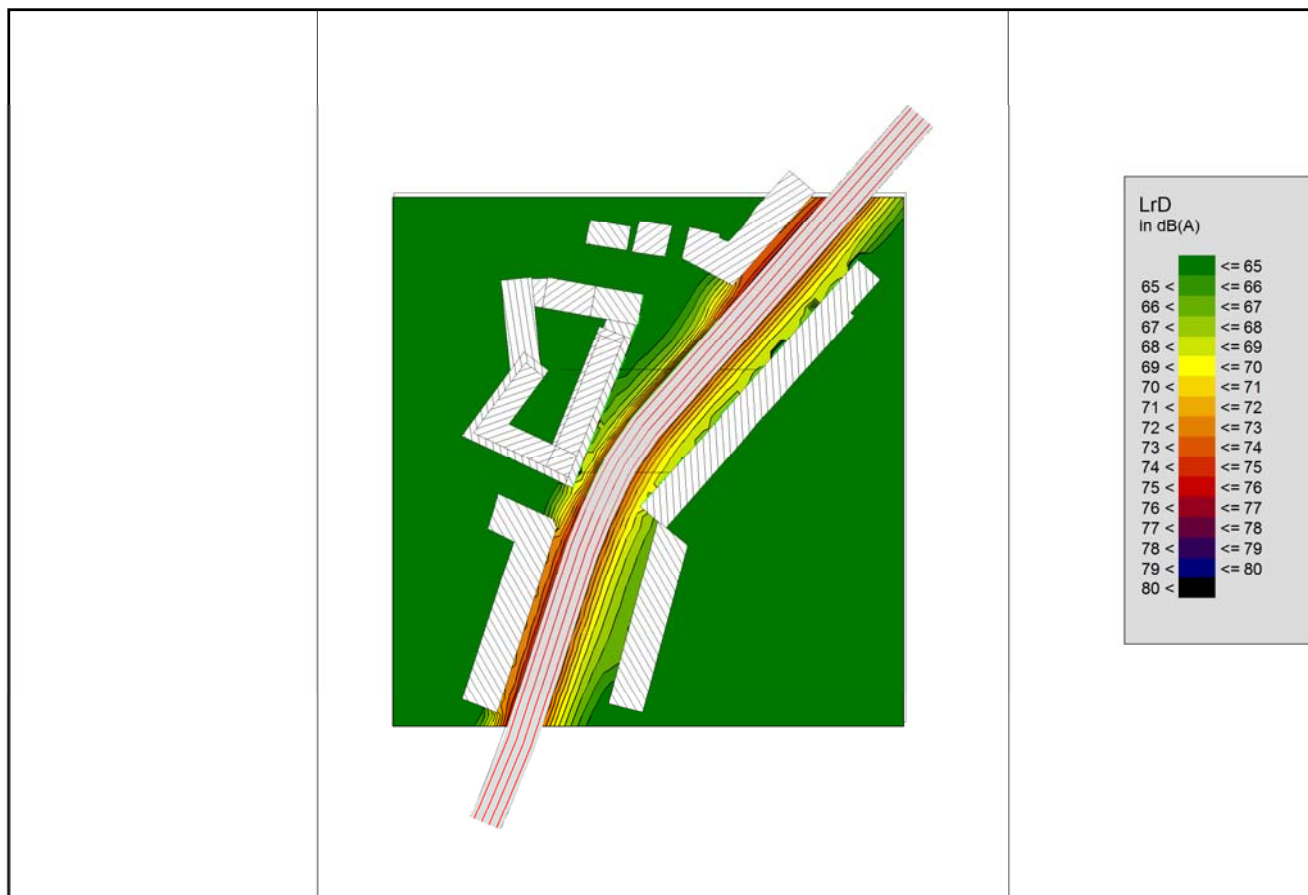
Tvärsektion 1 med grön fasad på nytt kvarter och motstående fasad (18).



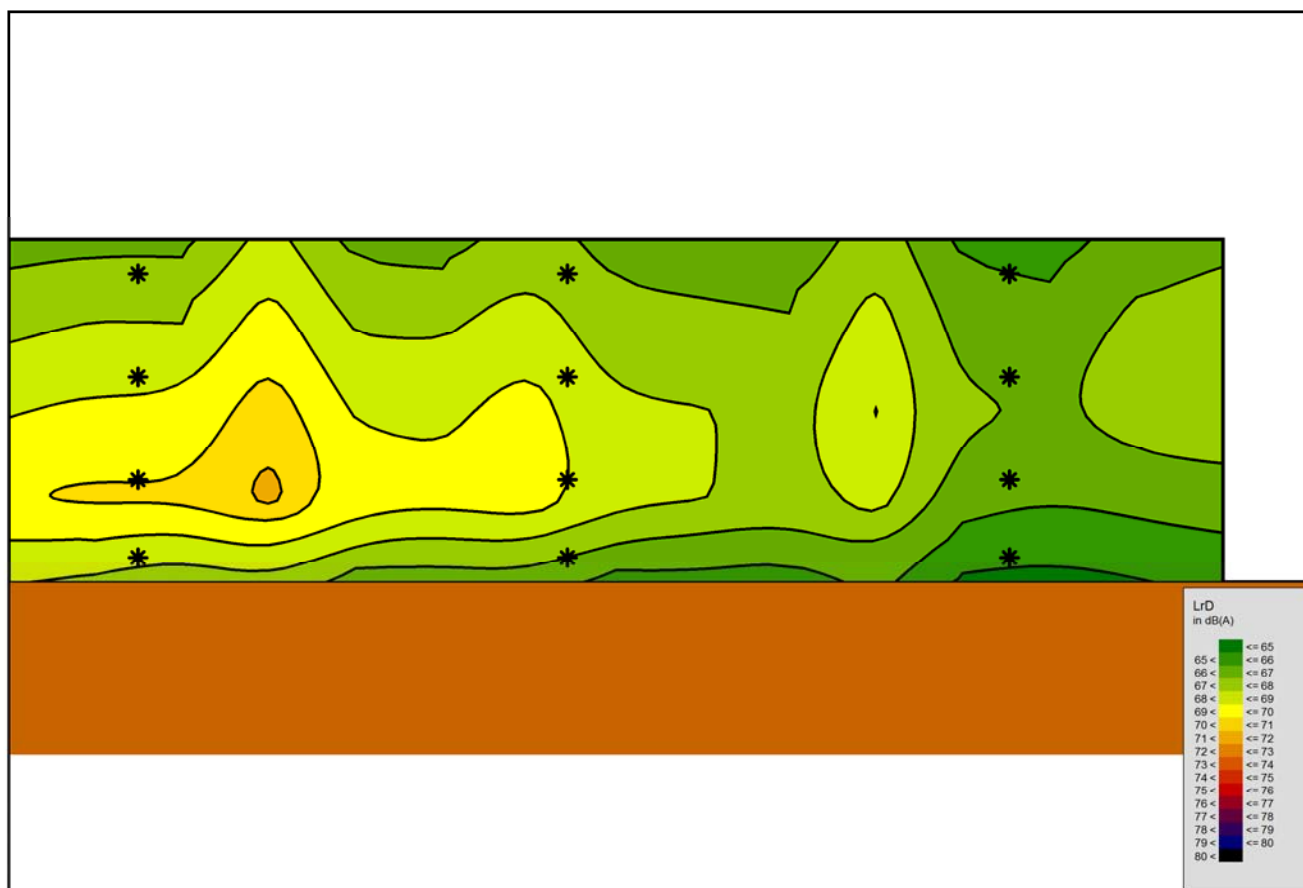
Tvärsektion 2 med grön fasad på nytt kvarter och motstående fasad (19).



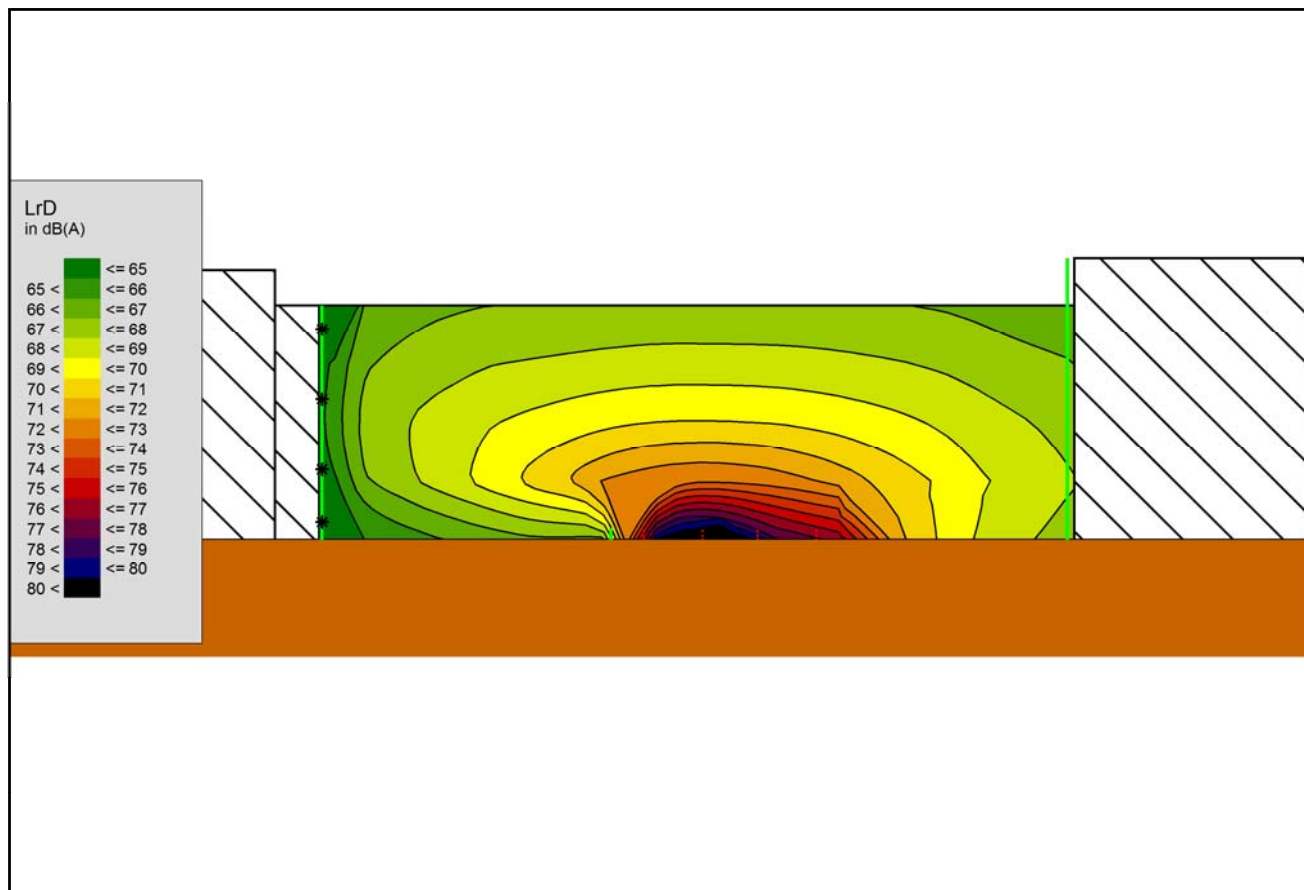
Tvärsektion 3 med grön fasad på nytt kvarter och motstående fasad (20).



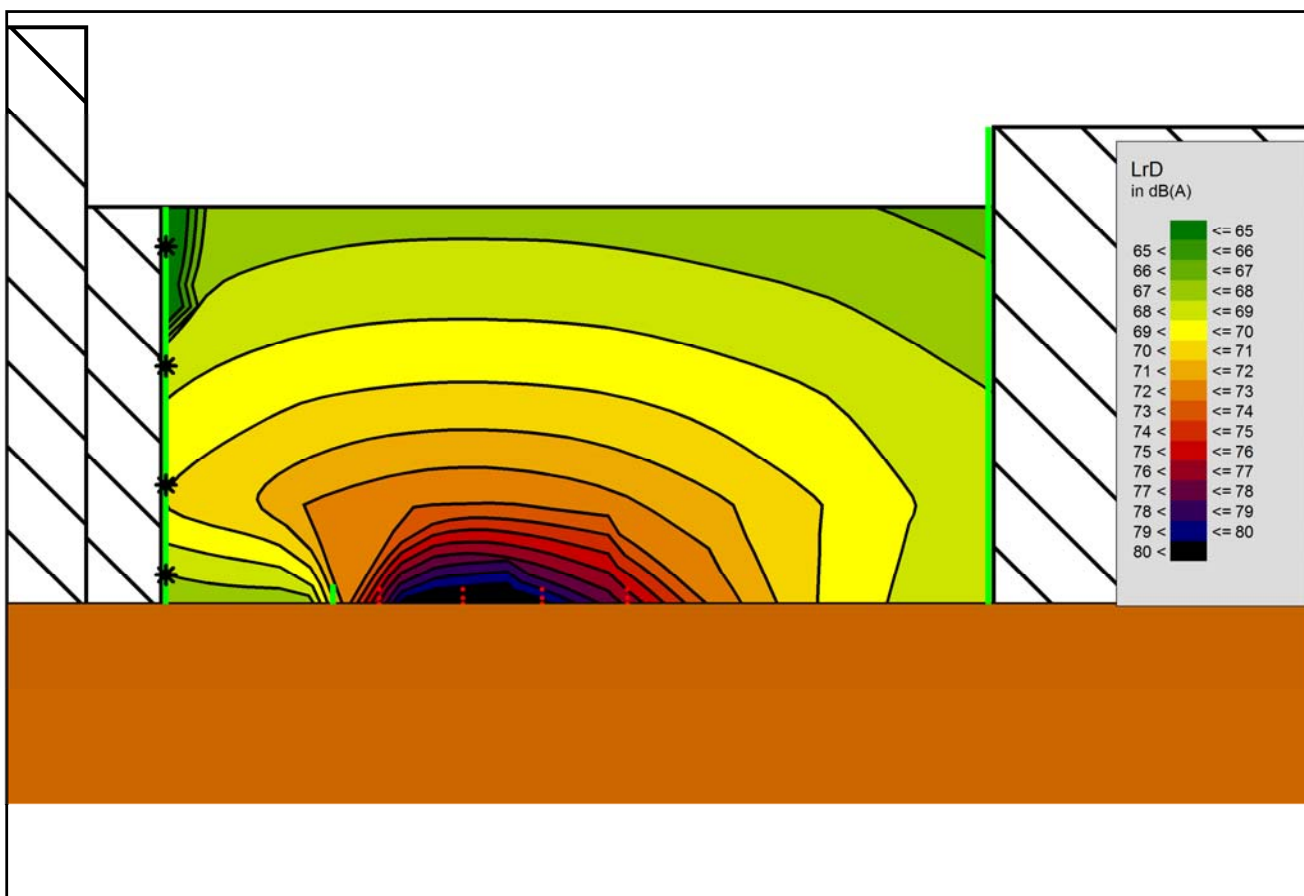
Grid noise map med grön fasad på nytt kvarter samt motstående fasad och låghöjdsbarriärer (21).



Tvärsektion 1 med grön fasad på nytt kvarter samt motstående fasad och låghöjdsbarriärer (22).



Tvärsektion 2 med grön fasad på nytt kvarter samt motstående fasad och låghöjdsbarriärer (23).



Tvärsektion 3 med grön fasad på nytt kvarter samt motstående fasad och låghöjdsbarriärer (24).

Inga åtgärder med tre reflektioner																													
Fält 3: 1,5 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		23	28.1	34.4	42.6	51	52.4	51.1	53.5	56.1	58	55.7	56.9	56.3	56.7	58.3	57.7	58.2	57.8	56	56.7	54	50.8	49	46.5	43.9	39	32.4	68.2
Fält 3: 6 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		22.8	27.9	34.1	42.2	50.5	51.8	50.3	52.7	55.3	57.5	55.5	57.1	57.4	58.8	60.7	59.7	59.8	58.7	56.9	57.2	54.2	52	49.8	46.6	45.3	39.8	33.2	69.6
Fält 3: 12 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		22.4	27.5	33.7	41.6	49.9	51.1	49.5	51.9	54.4	56.5	54.5	56.5	58.1	60.2	61.1	59.2	59.7	59	56.8	56.3	53.8	51.8	49.2	46	44.6	38.7	31.8	69.9
Fält 3: 18 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		21.9	27	33.2	40.9	49.2	50.4	48.6	50.8	53.2	55.2	53.7	56.6	58	59	60.2	59.1	59.2	58.2	55.8	55.7	53	51	48.4	45.1	43.5	37.3	29.9	68.6
Fält 2: 1,5 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		24.6	29.7	35.9	44.1	52.5	53.9	52.6	55.1	57.8	59.9	57.8	59.2	59	59.5	60.6	59.8	59.9	59.2	57.8	58.2	55.4	53	50.9	47.9	47.2	41.9	35.9	70.2
Fält 2: 6 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		24.2	29.3	35.5	43.5	51.8	53.1	51.6	53.9	56.5	58.7	56.6	58.3	59	61.1	63	61.4	60.9	60.7	58.5	58.6	55.8	53.6	51.5	48.5	47.4	42.1	36	71.2
Fält 2: 12 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		23.6	28.6	34.8	42.5	50.8	52	50.3	52.5	55	57	55.5	58.4	59.8	60.9	61.7	60.6	60.6	57.7	57.4	54.8	52.9	50.4	47.3	46	40.3	35.6	70.5	
Fält 2: 18 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		22.8	27.9	34.1	41.6	49.9	51	49.2	51.3	53.8	56	55	57.8	58.3	59.4	61.2	59.8	59.8	58.9	56.7	56.3	53.7	51.9	49.3	46	44.4	38.2	31	69.6
Fält 1: 1,5 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		25.4	30.5	36.8	45	53.4	54.8	53.6	56	58.8	61.1	59.1	60.8	60.8	61.3	62.4	61.3	61.2	60.8	59.1	59.2	56.6	54.5	52.3	49.8	48.9	44	38.4	72.2
Fält 1: 6 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		24.9	30	36.2	44.1	52.4	53.7	52.1	54.5	57.1	59.2	57.1	59.1	60.5	62.8	64	62	62.2	61.3	59.4	59.4	56.6	54.6	52.5	49.6	48.6	43.5	37.5	72.2
Fält 1: 12 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		23.9	28.9	35.1	42.8	51	52.2	50.4	52.5	55	57.2	56.1	59.2	60.1	60.9	62.4	61	61.1	60.4	58.1	57.8	55.2	53.5	51	47.9	46.7	41	34.4	70.5
Fält 1: 18 meter																													
Terband	25Hz	31.5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1.25kHz	1.6kHz	2kHz	2.5kHz	3.15kHz	4kHz	5kHz	6.3kHz	8kHz	10kHz	Totalt	
Leg		22.9	27.9	34.1	41.6	49.8	50.9	49	51.1	53.7	56.2	55.3	58	58.3	59.8	61.3	60.1	60.1	59.2	56.9	56.6	54	52.2	49.6	46.3	44.7	38.5	31.5	69.6

Med grön fasad på nytt kvarter och motsstående fasad med tre reflektioner																												
Fält 3: 1,5 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	22,7	27,9	34,2	42,5	50,7	52	50,6	52,7	55	56,6	53,9	54,6	53,8	54	55,5	55,4	55,8	54,8	53,6	54,8	52,1	48,9	47,1	44,7	42,2	37,4	30,8	66
IL	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,4	1,8	2,3	2,5	2,7	2,8	2,3	2,4	3	2,4	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	2	
Fält 3: 6 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	22,5	27,6	33,9	42	50,2	51,4	49,8	51,9	54,2	56,1	53,6	54,8	54,8	56,1	58,3	57,7	57,7	56	54,6	55,3	52,4	50,2	48	44,9	43,6	38,2	31,7	67,6
IL	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,4	1,9	2,3	2,6	2,7	2,4	2	2,1	2,7	2,3	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	2	
Fält 3: 12 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	22	27,2	33,5	41,4	49,5	50,7	48,9	50,9	53,1	54,8	52,3	54	55,4	57,7	58,7	57,1	57,4	56	54,4	54,4	51,9	49,9	47,4	44,3	42,9	37,1	30,2	67,7
IL	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	1	1,3	1,7	2,2	2,5	2,7	2,5	2,4	2,1	2,3	3	2,4	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	2,2	
Fält 3: 18 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	21,6	26,7	33	40,7	48,8	49,9	47,9	49,8	51,8	53,3	51,4	54,1	55,4	56,3	57,6	56,9	56,6	55,2	53,4	53,6	51	49	46,5	43,2	41,7	35,5	28,3	66,7
IL	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5	0,7	1	1,4	1,9	2,3	2,5	2,6	2,7	2,6	2,2	2,6	3	2,4	2,1	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,6	2,2
Fält 2: 1,5 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	24,3	29,4	35,7	43,9	52,3	53,7	52,4	54,8	57,5	59,6	57,5	59	58,8	59,2	60,2	59,4	59,4	58,7	57,4	57,8	55,1	52,8	50,7	47,7	47	41,8	35,8	70,3
IL	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Fält 2: 6 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	24	29	35,3	43,3	51,6	52,9	51,4	53,7	56,3	58,4	56,3	57,9	58,6	60,8	62,7	61,2	60,6	60,3	58,1	58,3	55,5	53,4	51,3	48,3	47,3	42	35,9	70,3
IL	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3
Fält 2: 12 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	23,2	28,3	34,5	42,3	50,6	51,8	50	52,2	54,6	56,5	54,9	57,9	59,4	60,5	61,3	60,3	60,1	59,4	57,2	57	54,4	52,5	50,1	47,1	45,8	40,2	33,5	70,1
IL	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Fält 2: 18 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	22,4	27,5	33,7	41,3	49,6	50,7	48,8	50,8	53,2	55,4	54,4	57,3	57,9	58,9	60,7	59,2	59,2	58,3	56,1	55,8	53,2	51,4	48,9	45,6	44,1	38	30,9	66,9
IL	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,6
Fält 1: 1,5 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	25,5	30,7	37	45,2	53,5	54,7	53,4	55,7	58,1	60	57,6	58,9	58,6	59,1	60,3	59,4	59,1	58,3	57,1	57,6	54,9	52,9	50,7	48,3	47,4	42,5	36,9	70,7
IL	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,7	1,1	1,5	1,9	2,2	2,2	2,1	1,9	2,1	2,5	2	1,6	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7
Fält 1: 6 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	24,9	30	36,3	44,3	52,5	53,7	51,9	54	56,3	58	55,5	57,1	58,3	60,6	61,8	60,1	60,2	58,8	57,4	57,7	55	53	50,9	48	47,1	42	36	70,9
IL	0	0	-0,1	-0,2	-0,1	0	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2	2,2	2,2	2,2	1,9	2	2,5	2	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8
Fält 1: 12 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	23,8	28,9	35,2	42,8	51	52	50,1	51,9	54	55,8	54,4	57,2	57,8	58,5	60,2	59	59	57,7	55,9	56	53,4	51,7	49,3	46,3	45,1	39,4	32,8	68,8
IL	0,1	0	-0,1	0	0	0,2	0,3	0,6	1	1,4	1,7	2	2,3	2,4	2,2	2	2,1	2,7	2,2	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2
Fält 1: 18 meter																												
Terband	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	Totalt
Leg	22,7	27,8	34,1	41,6	49,7	50,7	48,6	50,5	52,7	54,8	53,6	55,9	55,8	57,3	58,9	58	57,8	56,4	54,6	54,6	52,1	50,4	47,8	44,6	43	36,8	29,8	67,7
IL	0,2	0,1	0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,5	2,4	2,1	2,3	2,8	2,3	2	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	2,1