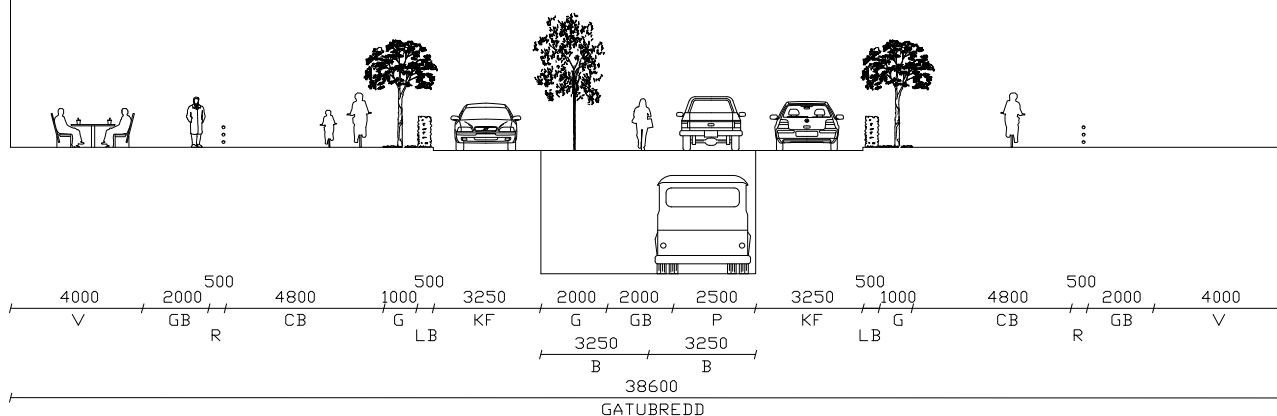




SEKTION 4.4
TRAFIKFLÖDE 30000 FÖRDON/DYGN
ANDEL TUNG TRAFIK 4 %
SKYLTAD HASTIGHET 50 KM/H

LJUDNIVÅ FÖR "NORMAL FASAD" VID HÖJD 1.6 M
L_{eqv}=64,6 dB(A)
L_{max}=79,4 dB(A)

B = BUSSFIL
CB = CYKELBANA
G = GRÄNSKA
GB = GÅNGBANA
KF = KÖRFÄLT
LB = LÅG BARRIÄR
P = PARKERING
R = RÄCKE
V = VERKSAMHET / VISTELSEYTA



Goda exempel på trafik- och byggnadsplanering med hänsyn till trafikbuller

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

MARCUS CEDERHOLM VON SCHMALENSÉE

ADAM DAHLIN

FABIAN FORSMAN

MARTIN HALLBERG

JOSEFIN KRÜGER

DAVID TENENBAUM

Kandidatarbete i Teknisk akustik

Goda exempel på trafik- och byggnadsplanering med hänsyn till
trafikbuller

MARCUS CEDERHOLM VON SCHMALENSÉE
ADAM DAHLIN
FABIAN FORSMAN
MARTIN HALLBERG
JOSEFIN KRÜGER
DAVID TENENBAUM

BMTX01-16-60
Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2016

Goda exempel på trafik- och byggnadsplanering med hänsyn till trafikbuller

MARCUS CEDERHOLM VON SCHMALENSÉE
ADAM DAHLIN
FABIAN FORSMAN
MARTIN HALLBERG
JOSEFIN KRÜGER
DAVID TENENBAUM

© MARCUS CEDERHOLM VON SCHMALENSÉE, ADAM DAHLIN,
FABIAN FORSMAN, MARTIN HALLBERG, JOSEFIN KRÜGER,
DAVID TENENBAUM, 2016

Kandidatarbete 2016
Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: +46 (0)31-772 1000

Omslag:
En av de framtagna tvärsektionerna ur rapporten
Göteborg
2016

Goda exempel på trafik- och byggnadsplanering med hänsyn till trafikbuller

MARCUS CEDERHOLM VON SCHMALENSÉE

ADAM DAHLIN

FABIAN FORSMAN

MARTIN HALLBERG

JOSEFIN KRÜGER

DAVID TENENBAUM

Avdelningen för teknisk akustik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Denna rapport är en studie genomförd på Avdelningen för teknisk akustik vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Syftet med rapporten är att utforma goda förslag på gatutformning med hänsyn till vägtrafikbuller i stadsmiljö. De presenterade förslagen är tänkta att kunna tillämpas i sin helhet eller fungera som inspiration för gatutformning vid nybyggnation.

Befolkningsmängden i Sverige har ökat sedan 1800-talet, detta har lett till att förtätning av städerna har blivit ett högst aktuellt ämne. Som följd av detta har vägtrafikbullernivåerna i städerna ökat och idag blivit ett problem som påverkar många svenskar. Idag uppskattas det att två miljoner svenskar påverkas av buller i sina boendemiljöer.

Långvarig exponering av buller kan leda till flera olika negativa hälsoeffekter. Enligt WHO är det största samhällsproblemet orsakat av vägtrafikbuller sömnstörningar och stress. Forskare har även kopplat hälsoeffekter som ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar samt högt blodtryck till omgivningsbuller.

Denna rapport syftar till att förklara och förtydliga de fenomen som behöver beaktas vid utformning av gaturum. I litteraturstudien behandlas ljud och dess fysikaliska egenskaper, möjliga bullerdämpande åtgärder och riktlinjer för både stads- och trafikutformning samt riktvärden för vägtrafikbuller.

Resultaten redovisas i form av tvärsektioner där fyra exempelgator har delats in i fyra alternativ; existerande, brett, realistiskt och innovativt alternativ. Dessa har sammanställts i ett kompendium i vilket gatuutformningen samt ljudtrycksnivåer presenteras för varje förslag. Ljudtrycksnivåerna beräknades genom simulationer i Matlab som bygger på Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996.

Slutsatserna som gick att bestyrka utöver de framtagna alternativen var att gällande vägtrafikbullervärden går att uppnå med befintliga tekniska lösningar i kombination med god trafikplanering. Även potentiella framtidslösningar som är under utveckling kommer bidra till att lättare nå en bra ljudmiljö. Slutligen kom rapporten fram till att en stads ljudbild skulle gå att förbättra betydligt genom en övergång från personbilstrafik till gång, cykel- och kollektivtrafik.

Nyckelord: byggnadsplanering, trafikplanering, akustik, buller, tekniska åtgärder.

Abstract

This report is a study done through the Division of Applied Acoustics at Chalmers University of Technology in Gothenburg. The aim is to create good examples of city planning on a street level regarding traffic noise. The examples of street canyons are meant to be used in their entirety or inspire good ideas for comfortable and innovative solutions.

Because of increased population in Sweden, cities are now trying to expand from within. This has led to more frequent traffic and troublesome sound levels for estimated 2 million of Sweden's residents and street occupants.

Sleep disorder and stress are the most common results of exposure to traffic noise according to WHO. Scientists can also connect longer exposure to disturbing sound levels to health issues such as increased risk for cardiovascular diseases and high blood pressure.

This report intends to clarify the important aspects of city planning on a street level. The literary study consists of sound and its traits, sound pressure reducing solutions and guidelines for sound, traffic and city planning.

The result of this work is four example streets suitable for different amounts of traffic. Each street have four different designs, the existing situation, a wide, a realistic and an innovative solution. These street canyon sections are presented in a compendium with respective sound pressure levels and an explanation of the street design. The sound pressure levels were calculated using Matlab simulations based on Nordic prediction method, revised 1996.

The conclusion that can be made from an analysis of the designed street canyons and the information in the literary study is that road noise can be managed by the existing noise reducing measures and good traffic planning. Future potential solutions which are in development could contribute to lower and more comfortable street sound pressure levels. Finally the report concluded that a city's sound situation can be significantly improved if parts of the car traffic is devolved into public transport, cyclists and pedestrians.

Förord

Vi författare till detta kandidatarbete studerar alla vårt tredje år Väg- och vattenbyggnad på Chalmers tekniska högskola. I arbetet med denna rapport har vi använt av oss kunskaper införskaffade från flera av de kurser vi tidigare studerat tillsammans med fördjupningar i ämnen som berör denna rapport. Denna fördjupning inom ämnen som ljudteori, vägtrafikbuller samt stads- och samhällsplanering har gett oss en förståelse för komplexiteten och svårigheterna som finns med att försöka skapa bra ljudmiljöer i städer.

Vid starten av arbetet bestämde vi att huvudmålet för rapporten var att de framtagna resultaten skulle vara applicerbara i verkligheten och inte enbart framtidsvisioner. Resultaten är tänkta att kunna användas i sin helhet eller som inspiration av berörda myndigheter eller aktörer i samband med byggnads-, stads- och trafikplanering.

Under arbetets gång har vi varit i kontakt med flertalet personer som hjälpt oss att förstå och analysera de problem som finns vid planering av goda ljudmiljöer i stadsrum med hänsyn till vägtrafikbuller. Vi vill rikta ett stort tack till Laura Estévez Mauriz på Avdelningen för teknisk akustik vid institutionen för Bygg- och miljöteknik på Chalmers tekniska högskola samt de personer på Göteborgs Stads olika förvaltningar som har hjälpt oss, Malin Ekstrand och Cecilia Tisell på Trafikkontoret, Martin Knape på Miljöförvaltningen och Peter Connell på Stadsbyggnadskontoret.

Avslutningsvis vill vi uttrycka vår ödmjukaste tacksamhet för all hjälp och diskussion kring frågor, idéer och alla typer av spörsmål vår handledare Jens Forssén och examinator Patrik Höstmad, Avdelningen för teknisk akustik vid institutionen för Bygg- och miljöteknik på Chalmers tekniska högskola, har bistått med.

Göteborg 17 maj 2016

Marcus Cederholm von Schmalensée
Adam Dahlin
Fabian Forsman
Martin Hallberg
Josefin Krüger
David Tenenbaum

Ordlista

Dränasfalt - Dränerade vägbeläggning som även reducerar bullernivåer.

DTS - Dimensionerande trafiksituation ska bestå av en normal, ofta förekommande, trafiksituation normal DTS - som ska kunna hanteras bekvämt. Den ska också kunna bestå av en exceptionell trafiksituation t.ex. att en buss ska kunna passera en stillastående lastbil ofta med lägre hastighet än referenshastigheten.

Epidemiologiska - Vetenskap om sjukdomars orsak, utbredning och förlopp.

Framdrivningsbuller - Buller från fordons kraftöverföring och motor.

Frifältsvärde - Värde av ljudtrycksnivå utan reflektioner från egen fasad.

Inkoherent – Osammanhängande.

Koherent – Sammanhängande.

Konservativa beräkningar - Beräkningar där ovissa parametrar väljs på ett sådant sätt att de ej bidrar till gynnsamma resultat.

Ljudkanjon - U-format tvärsnitt med akustiskt hårda ytor som reflekterar ljud som träffar dem.

Rekreation – Avkoppling, återhämtning.

Samåkningsfil - Syftar i denna rapport på ett reserverat körfält för kollektivtrafik samt personbilar med minst två resenärer.

Temperaturgradient - Storhet som anger i vilken riktning temperaturen förändras.

Tersband - Indelning av det hörbara frekvensspektrumet i olika fasta intervall. Intervallens bredd ökar med högre frekvenser för att efterlikna hur det mänskliga örat uppfattar ljud.

Verksamhet - Syftar i denna rapport på en yta för exempelvis handel, föreningslokaler eller restauranger som bidrar till en levande gatumiljö.

Vägning - Syftar i denna rapport på hur hörseln uppfattar ljud vid olika frekvenser.

World Health Organization – Världshälsoorganisationen.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 SYFTE	2
1.2 MÅL	2
1.3 AVGRÄNSNINGAR	2
1.4 METOD	3
2. LITTERATURSTUDIE.....	5
2.1 LJUDTEORI.....	5
2.1.1 Källtyper	6
2.1.2 Frekvenser	8
2.1.3 Reflektioner.....	9
2.1.4 Buller.....	9
2.1.5 Beskrivning av modeller för vägtrafikbullerberäkningar i Sverige.....	10
2.2 HÄLSOEFFEKTERS KOPPLING TILL BULLER.....	12
2.3 ÅTGÄRDER FÖR ATT REDUCERA VÄGTRAFIKBULLER	13
2.3.1 Trafikreglering	13
2.3.2 Tekniska åtgärder.....	15
2.3.3 Gröna och innovativa åtgärder	16
2.4 RIKTLINJER OCH KRAV FÖR VÄGTRAFIKBULLER	19
2.5 STRATEGIER FÖR STADS- OCH TRAFIKPLANERING FRÅN GÖTEBORGS STAD	22
3. RESULTAT OCH DISKUSSION	24
3.1 EXEMPELGATA 1	25
3.1.1 Existerande alternativ.....	25
3.1.2 Brett alternativ.....	26
3.1.3 Realistiskt alternativ.....	27
3.1.4 Innovativt alternativ.....	28
3.1.5 Sammanfattning exempelgata 1.....	29
3.2 EXEMPELGATA 2	30
3.2.1 Existerande alternativ.....	30
3.2.2 Brett alternativ.....	31
3.2.3 Realistiskt alternativ.....	32
3.2.4 Innovativt alternativ.....	33
3.2.5 Sammanfattning exempelgata 2.....	34
3.3 EXEMPELGATA 3	35
3.3.1 Existerande alternativ.....	35
3.3.2 Brett alternativ.....	36
3.3.3 Realistiskt alternativ.....	37
3.3.4 Innovativt alternativ.....	38
3.3.5 Sammanfattning exempelgata 3.....	39
3.4 EXEMPELGATA 4	40
3.4.1 Existerande alternativ.....	41
3.4.2 Brett alternativ.....	42
3.4.3 Realistiskt alternativ.....	43
3.4.4 Innovativt alternativ.....	44
3.4.5 Sammanfattning exempelgata 4.....	46
4. SLUTDISKUSSION	47
4.1 GATUUTFORMNING OCH TRAFIKFAKTORER SOM PÅVERKAR LJUDTRYCKSNIVÅERNA I GATUKANJONER	47
4.1.1 Asfaltsbeläggning.....	47
4.1.2 Hastighet.....	47

4.1.3 Antal och typ av fordon	48
4.1.4 Övriga inverkan­de faktorer	49
4.2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR STADSLIV OCH BOSTÄDER MED GODA LJUDMILJÖER	49
4.3 SLUTSATSER	51

1. Inledning

År 1800 levde mindre än 3 procent av jordens befolkning i städer med minst 20 000 invånare. År 2009 beräknades mer än hälften av jordens befolkning bo i städer av denna storlek (Franzén, Hubendick, Öberg, u.d.). Samma utveckling kan ses i Sverige då 90 procent av befolkningen i början av 1800-talet var bosatta på landet medan 85 procent av svenskarna idag bor i tätorter med minst 200 invånare. Denna utveckling kallas urbanisering (Svanström, 2015).

Göteborg står inför en stor omvandling då prognoser förutsäger att staden kommer att ha 150 000 nya invånare och 80 000 fler arbetstillfällen i staden år 2035. Det är viktigt att effekterna av dessa förändringar sker på ett långsiktigt hållbart sätt (Göteborgs Stad, 2016). Urbaniseringen, den ekonomiska tillväxten samt motordriven transport är några av de drivande krafterna för dagens ljudförorening (World Health Organization [WHO], 2011).

Den stora ljudalstringen som uppkommer i urbana miljöer är ett samhällsproblem. Ljud är tryckvariationer vars utbredning sker som vågrörelser i luften. När dessa tryckvariationer träffar örat uppfattas det som ljud. Buller brukar definieras som oönskat ljud. De vanligaste källorna till buller är väg-, spår-, och flygtrafik, industrier samt andra verksamheter. Dessa bullerkällor brukar gemensamt betecknas som omgivningsbuller (Boverket, 2014a). Exponering för höga bullernivåer har negativ inverkan på människors hälsa, främst kopplat till stressreaktioner i kroppen (Göteborg Stad, 2015).

Enligt WHO (2011) är det största samhällsproblemet till följd av omgivningsbullret sömnstörningar orsakade av vägtrafik. Det finns epidemiologiska bevis för att de som är regelbundet utsatta för omgivningsbuller har en ökad risk för kardiovaskulära sjukdomar. Både trafik- och flygplansbuller ökar därtill risken för högt blodtryck (WHO, 2011). Senare forskning har också kopplat buller till utveckling av diabetes typ 2 och vissa typer av bröstcancer (Göteborg Stad, 2015).

Buller är således inte bara att betrakta som ett störande inslag i den urbaniserade världen utan är ett direkt hot mot folkhälsan (WHO, 2011). Buller är enligt Boverket (2016) den miljöstörning som berör flest människor i Sverige. Två miljoner svenskar utsätts i sin boendemiljö för ljudtrycksnivåer som överskrider riktvärdena för buller utomhus (Boverket, 2016). Konservativa beräkningar gjorda av Trafikverket har uppskattat det totala samhällsekonomiska värdet av bullerstörningar till 4.59 miljarder kronor per år i 1999 års priser (Dahlström & Bångman, 2009).

Översiktsplanen från 2009 är enligt Göteborgs Stad (2016) det övergripande styrdokumentet för Göteborgs utveckling. I dokumentet anges att staden ska byggas inifrån och ut samt att nybyggnation av bostäder och arbetsplatser i första hand ska ske i den redan bebyggda staden. Därtill anges att nybyggnation bör ske i strategiska knutpunkter och längs kollektivtrafikstråk.

Det kan vidare, enligt Göteborgs Stad (2016), kortsiktigt finnas en konflikt mellan att bygga den täta transporteffektiva staden och minimera negativa folkhälsoeffekter på

grund av buller. Detta eftersom många av dessa platser ligger i anslutning till vägar, järnvägar och verksamhetsområden med höga ljudtrycksnivåer. Samtidigt skulle inte en glesare stad långsiktigt med säkerhet bidra till att uppnå uppsatta bullerriktvärden då detta skulle medföra ett ökat transportbehov.

Staden har ett mål specifikt för buller i miljö kvalitetsmålet för god bebyggd miljö. Det övergripande och långsiktiga målet är att göteborgarna har tillgång till goda ljudmiljöer såväl utomhus som inomhus. Detta har i sin tur förtydligats i ett antal mer konkreta delmål (Göteborgs Stad, 2016).

Då ett flertal myndigheter gemensamt ansvarar för bullerfrågorna är det angeläget med en väl fungerande samverkan. Detta görs bland annat genom en nationell samordning av omgivningsbuller som Naturvårdsverket ansvarar för (Boverket, 2014b).

1.1 Syfte

Rapportens syfte är att utarbeta goda förslag på gatutformning med hänsyn till vägtrafikbuller i stadsmiljö. De presenterade förslagen är tänkta att kunna tillämpas i sin helhet eller fungera som inspiration för gatutformning vid nybyggnation.

1.2 Mål

För att förtydliga och konkretisera syftet har följande delmål för rapporten formulerats:

- Redogör för:
 - ljudteori och ljudutbredning
 - vägtrafikbullers inverkan på människors hälsa
 - gällande krav och riktlinjer beträffande vägtrafikbuller samt stads- och trafikplanering
 - åtgärder som kan vidtas för att minska vägtrafikbullernivåer i stadsmiljö
 - de metoder för vägtrafikbullerberäkningar som är aktuella i Sverige idag
- Utarbeta förslag på gatanjorner formade med hänsyn till vägtrafikbuller och förutsättningar för ett levande stadsliv
- Beräkna förväntade vägtrafikbullernivåer i framtagna förslag och diskutera åtgärder som skulle kunna förbättra ljudtrycksnivåerna

1.3 Avgränsningar

Rapporten tar enbart hänsyn till vägtrafikrelaterat och luftburet buller och således har bland annat spår bunden trafik, vibrationer samt andra tänkbara tillfälliga bullerkällor exkluderats. Rapporten beaktar enbart det buller som genereras i varje enskild gatusektion och följaktligen förbises kringliggande gators bullerallstring. Beräkningar av ljudtrycksnivåer kommer endast genomföras för byggnaders utvändiga fasad och i alla tvärsektioners smalaste tvärsnitt. Skisser över tvärsektioner samt uppmätning av bredd för de befintliga gatorna har enbart utförts i det smalaste tvärsnittet. De framtagna förslagens ekonomiska konsekvenser behandlas ej i denna rapport. I beräkningarna antas fasaderna vara plana.

1.4 Metod

Teorin som ligger till grund för rapporten har erhållits genom en litteraturstudie bestående av rapporter, artiklar, styrdokument samt föreläsningmaterial från kursen *Introduction to Sound and Vibration* på Chalmers våren 2016. Intervjuer har därtill genomförts med ett flertal aktörer som på ett eller annat sätt är kopplade till bullerfrågor. De intervjuade aktörerna från Göteborgs Stad är Trafikkontoret, Stadsbyggnadskontoret och Miljöförvaltningen. Styrdokument och intervjuade aktörer är av praktiska skäl från Göteborgs Stad, målet är emellertid att de resultat som rapporten presenterar ska vara nationellt applicerbara. Utöver dessa har en intervju gjorts med en arkitekt och tillika akustiker vid Avdelningen för teknisk akustik på Chalmers tekniska högskola.

Fyra exempelgator från Göteborg har valts ut och tillsammans med teori från litteraturstudien legat till grund för utformningen av de framtagna förslagen. Exempelgatorna representerar olika typer av gator och skiljer sig åt beträffande faktorer såsom hastighet, trafikflöde samt procentandel tunga fordon. Denna trafikflödesstatistik har sammanställts i tabell 1.

Tabell 1: Trafikflödesstatistik för exempelgator (Göteborgs Stad, 2016)

	Hastighet [km/h]	Trafikflöde [fordon/dygn]	Andel tunga fordon [%]	Motsvarar:
Exempelgata 1	30	1 200	5	Andra Långgatan
Exempelgata 2	40	7 000	4	Odinsgatan
Exempelgata 3	50	15 000	6	Övre Husargatan
Exempelgata 4	50	30 000	4	Dag Hammarskjöldsleden (Annedal motet- Linnéplatsen)

Med utgångspunkt i trafikflödesstatistiken har fyra förslag utarbetats för varje exempelgata. Dessa förslag är indelade i följande kategorier:

- Existerande alternativ
 - Det existerande alternativet och dess funktioner såsom körbana, parkering och cykelbana, uppmätta från satellitbilder
- Brett alternativ
 - Alla önskvärda funktioner som är praktiskt tillämpbara i gaturummet medtas
- Realistiskt alternativ
 - Alla funktioner som behövs för att skapa förutsättningar att generera önskvärd typ av gata appliceras. Därtill värderas önskan om yteffektivitet för att skapa en realistisk tvärsnitt
- Innovativt alternativ
 - Gaturummet skapas utifrån ett innovativt sätt att disponera utrymmet i kanjonen. Tanken är att väcka inspiration på hur framtidens stads- och trafikplanering skulle kunna se ut

Sammantaget har 16 förslag framställts. Varje förslag presenteras i form av en tvärsektion med tillhörande tabell där beräknade ljudtrycksnivåer vid fasad redovisas. För att förtydliga har en profil och planvy tagits fram till några av förslagen. I Göteborg har Trafikkontoret skapat en Teknisk Handbok (TH 2015:2), se bilaga F, som har legat till grund för val av bredd på körfält, gångbanor och cykelbanor vid utformningen av förslagen.

Beräkningar och simuleringar av förväntade ljudtrycksnivåer har genomförts i Matlab där kod har erhållits från docent Jens Forssén vid Avdelningen för teknisk akustik på institutionen för Bygg- och miljöteknik på Chalmers tekniska högskola. Beräkningarna bygger på Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996, där en reflektion har beaktats. Resultat har analyserats och jämförts med teori från litteraturstudien och vid överskridna gränsvärden för vägtrafikbuller har nödvändiga åtgärder diskuterats.

2. Litteraturstudie

I följande avsnitt presenteras den teorin som ligger till grund för utförda simulationer och framtagna tvärsnitt. Litteraturstudien inleds med en beskrivning av vad ljud är och hur det fungerar (kapitel 2.1) för att sedan följas upp av hur det påverkar och upplevs av människan (kapitel 2.2). Efter detta redovisas vilka möjliga dämpningsåtgärder som går att applicera (kapitel 2.3), därefter beskrivs riktlinjer och krav på buller (kapitel 2.4) och slutligen vilka riktlinjer som finns för stadsplanering och gatutformning (kapitel 2.5).

2.1 Ljudteori

Ljud uppkommer av tryckskillnader som fortplantar sig som vågor i ett medium (Vigran, 2002). Det som människan uppfattar som ljud, den dynamiska tryckskillnaden, är de små förändringarna i tryck som sker över en kort tid. Tryckskillnader i atmosfären sker under längre tidsperioder och uppfattas därför inte som ljud. Denna tryckskillnad, den statiska tryckskillnaden, kan ses som konstant över tiden, se figur 1 (Andersson & Kropp, 2015). Trycket varierar alltså med tiden och definieras som:

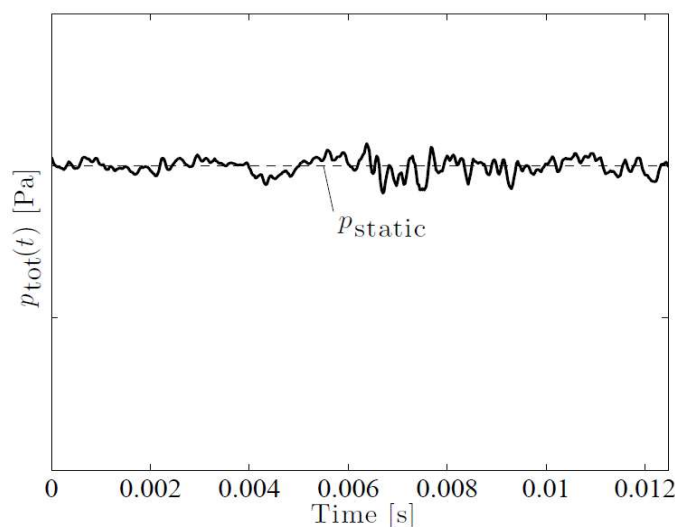
$$p_{\text{tot}}(t) = p_{\text{statisk}}(t) + p_{\text{dynamisk}}(t) \text{ [Pa]} \quad (1)$$

$$p_{\text{statisk}}(t) \approx 101,35 \text{ kPa} \quad (2)$$

där $p_{\text{statisk}}(t)$ är det atmosfäriska trycket, $p_{\text{dynamisk}}(t)$ är tryckskillnaden (Andersson & Kropp, 2015).

Ett konstant statiskt tryck genererar inga tryckskillnader vilket leder till att ekvation 1 endast är beroende av det dynamiska trycket:

$$p(t) = p_{\text{dynamisk}}(t) \text{ [Pa]} \quad (3)$$



Figur 1: Tryckvariationer över tiden (Andersson & Kropp, 2015)

Enligt Bies och Hansen (2010) uppfattar det mänskliga örat inte ljud linjärt och därför används den logaritmiska enheten decibel [dB] för att beskriva denna. Det minsta

Ljudtrycket ett mänskligt öra kan uppfatta är 20 μPa , vilket används som referensvärde för följande formel vid beräkningar av ljudtrycksnivån (Bies och Hansen, 2010):

$$Lp = 10 \log_{10} \left(\frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} \right) \text{ [dB]} \quad (4)$$

Där 10 är en skalfaktor, p_{rms} är tidsmedelvärdet av trycket och p_{ref} är referenstrycket på 20 μPa .

2.1.1 Källtyper

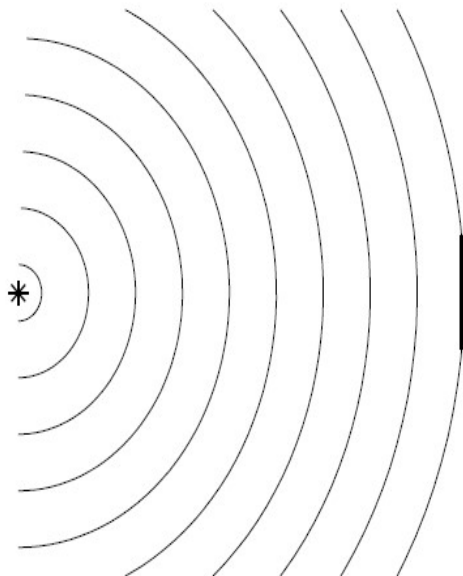
Inom ljudteorin behandlas två typer av ljudkällor, dessa är punktkälla och linjekälla. Vilken typ av klassificering en källa får beror på vilka egenskaper den har och i vilket sammanhang den modelleras. Ljudkällornas ekvationer gäller endast i fjärrfältet, där avståndet mellan mottagare och källa är substantiellt större än våglängden.

2.1.1.1 Punktkälla

En punktkälla är som en oändligt liten sfär som genererar ljud med samma styrka åt alla håll. För en sfärisk yta runt omkring källan lokalt på större avstånd, se figur 2, kan ljudtrycksnivån beräknas genom (Andersson & Kropp, 2008):

$$Lp = Lw - 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi r^2}{S_{ref}} \right) \text{ [dB]} \quad (5)$$

Där Lw är ljudeffektnivån, r är avståndet mellan källa och mottagare och S_{ref} är en referensyta som sätts till 1 m^2 (Andersson & Kropp, 2008). Ljudeffektnivån beskriver hur mycket energi källan strålar per sekund oavsett dess omgivning (Andersson & Kropp, 2015). Vid tillämpning av ekvation (5) fås tumregeln att vid dubbling av avståndet reduceras ljudtrycksnivån med 6 dB(A).



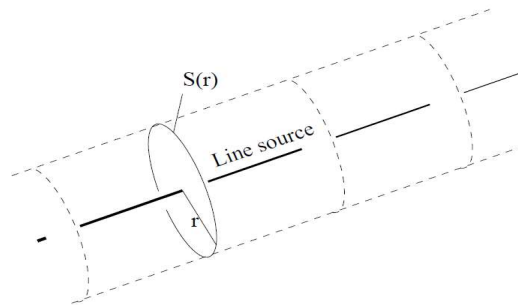
Figur 2: Vågutbredning från punktkälla (Andersson & Kropp, 2008)

2.1.1.2 Linjekälla

Om en oändlig linje av koherenta punktkällor med samma ljudeffektnivå läggs ut enligt figur 3 bildas en linjekälla som är definierad enligt:

$$L_p = L_{w'} - 10 \log_{10} \left(\frac{2\pi}{l_{ref}} \right) \text{ [dB]} \quad (6)$$

Där $L_{w'}$ är ljudeffektnivån per längdenhet, r är radien mellan källa och mottagare och l_{ref} är en längdreferens som väljs till 1 meter (Andersson & Kropp, 2008). Om avståndet mellan mottagare och källa fördubblas sker en reducering av ljudtrycksnivån med 3dB(A) enligt ekvation 6.

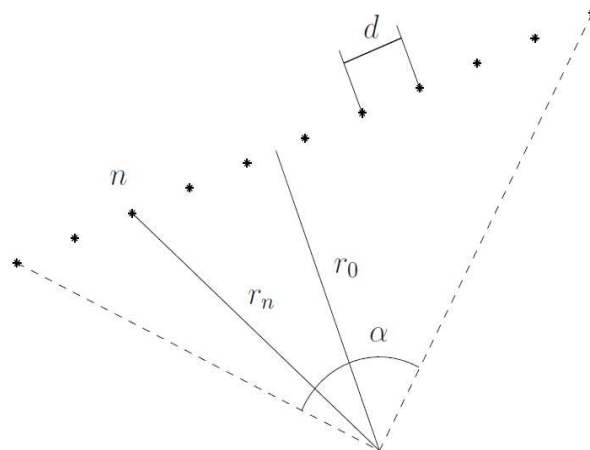


Figur 3: Koherent linjekälla (Andersson & Kropp, 2008)

Om linjen istället består av punktkällor med olika ljudeffektnivåer lagda längs en linje med avstånd sinsemellan enligt figur 4 fås en inkoherent linjekälla som definieras med:

$$L_p \approx L_{w'} + 10 \log_{10} \left(\frac{r_{ref}}{4r_0} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{\alpha}{\pi} \right) \text{ [dB]} \quad (7)$$

Där $L_{w'}$ är ljudeffektnivån per längdenhet, r_{ref} är ett referensavstånd som sätts till 1m, r_0 är avståndet från mottagarens position vinkelrätt till källan och α är vinkeln mellan de yttersta punkterna av källan (Andersson & Kropp, 2008). En dubbling av avståndet från en inkoherent linjekälla reducerar ljudtrycksnivån med 3 dB(A). För att ekvation 7 ska gälla krävs det att $r_0 \geq \frac{d}{\pi}$.



Figur 4: Inkoherent linjekälla, där α är vinkeln från de yttersta källorna (Andersson & Kropp, 2008)

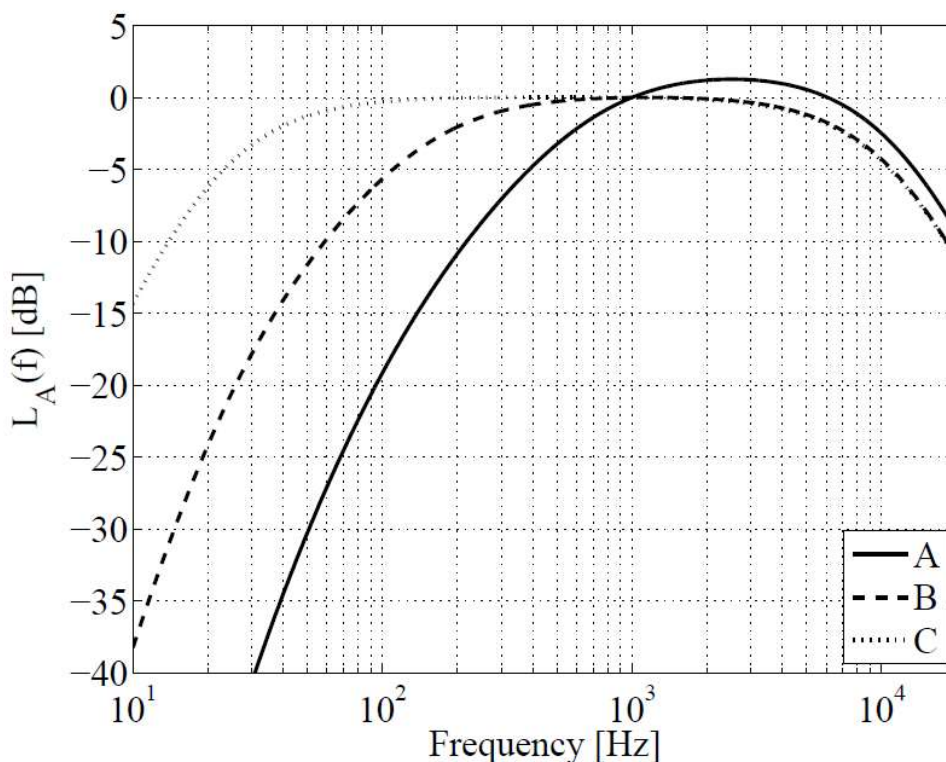
2.1.2 Frekvenser

Frekvens är antalet svängningar en ljudvåg gör per sekund och har enheten Hertz [Hz]. Det hörbara frekvensspektrumet för det mänskliga örat är från 20 till 20 000 Hz. Där en högre frekvens är vad människan uppfattar som en ljusare ton och en lägre frekvens är vad människan uppfattar som en mörkare ton. Det viktigaste frekvensspannet för att uppfatta tal är 500-2 000Hz (Bies & Hansen, 2010) och generellt beskrivs frekvens enligt:

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]} \quad (8)$$

Där T är periodtiden i sekunder.

Det mänskliga örat uppfattar ljudtrycksnivån på olika sätt beroende på ljudets frekvens. För att balansera den upplevda nivån har flera typer av vägningar tagits fram genom experiment. För nivåer under 55 dB används A-vägning, nivåer mellan 55 och 85 dB, B-vägning och för nivåer över 85 dB gäller C-vägning (Bies & Hansen, 2010). Figur 5 visar hur de olika vägningarna skiljer sig åt. A-vägning är en standard som används vid mätningar av ljudtrycksnivåer för att kompensera för den upplevda ljudtrycksnivån orsakad av dess frekvens.



Figur 5: Den relativa nivåskillnaden i dB för A-, B- och C-vägda kurvor som en funktion av frekvens (Andersson & Kropp, 2015)

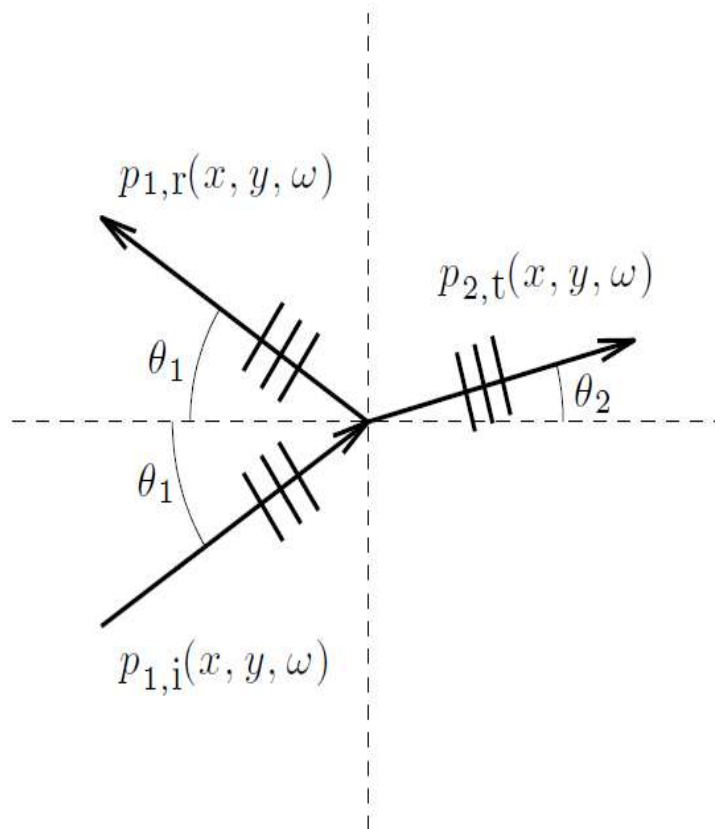
Den A-vägda ljudtrycksnivån är den vanligaste och kan beräknas enligt:

$$L_{pA} = L_p + L_A \text{ [dB]} \quad (9)$$

Där L_p är den icke filterade nivån och L_A är en frekvensberoende term som läses ur figur 5 (Andersson & Kropp, 2015).

2.1.3 Reflektioner

När en ljudvåg träffar en yta kommer den att reflekteras, absorberas eller båda delar, se figur 6. Hur stor andel av den inkommande vågen som reflekteras beror på ytans egenskaper. Om ytan inte absorberar någonting kommer den utgående vågen vara lika stark som den inkommande och reflektionskoefficienten kommer således vara lika med 1 (Vigran, 2002).



Figur 6: Illustration av inkommande/utgående våg med reflektion (Andersson & Kropp, 2008)

2.1.4 Buller

Ljud är tryckvariationer vars utbredning sker som vågrörelser i luften och buller brukar definieras som oönskat ljud. För att utvärdera vägtrafikbuller behövs den A-vägda ljudtrycksnivån som ett tidsmedelvärde, begreppet ekvivalent ljudtrycksnivå införs och definieras enligt:

$$L_{pAEq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p(t)/10} dt \right) \text{ [dB]} \quad (10)$$

Där T är integrationstiden och $L_p(t)$ är ljudtrycksnivån som varierar med tiden (Andersson & Kropp, 2015).

Den ekvivalenta ljudtrycksnivån används för att få ut ett värde på ett valt tidsintervall, vanligen sätts intervallet till 24 timmar för att få ett dygnsmedelvärde. Den ekvivalenta ljudtrycksnivån stämmer väl överens med hur människor upplever störningar från

bullerexponering, högre ekvivalent ljudtrycksnivå ger större störningar (Bendtsen, 1999). För bullerberäkningar av den ekvivalenta ljudtrycksnivån modelleras trafikflödet som en inkoherent linjekälla medan för den maximala ljudtrycksnivån betraktas en punktkälla.

Ett frifältsvärde är den ljudtrycksnivå som är opåverkad av reflexer vid mottagarens position och för riktvärden för vägtrafikbuller är det dessa som används (Naturvårdsverket, 2014). För mätningar av buller placeras en mikrofon vid en yta på platsen som ska mätas. Det uppmätta värdet korrigeras sedan för reflektioner genom att nivån reduceras med antingen 6 dB(A) eller 3 dB(A) beroende på om mikrofonen placeras på ytan eller två meter ifrån den (Forssén, 2007a).

2.1.5 Beskrivning av modeller för vägtrafikbullerberäkningar i Sverige

Enligt Ögren & Bengtsson Ryberg (2015) rapporterar samtliga medlemsländer i EU vart femte år in antalet invånare som utsätts för buller från väg- och tågtrafik, flyg samt större industrier. Länderna ska rapportera antalet exponerade för buller i tätbebyggda områden samt i närheten av större vägar, tågbanor, flygplatser och industrier. I Sverige är det Trafikverket och kommuner med fler än 100 000 invånare som står för denna kartläggning. De framräknade värdena bygger på beräkningar med olika nationella beräkningsmetoder (Ögren & Bengtsson Ryberg, 2015).

I Sverige är, enligt Ögren & Bengtsson Ryberg (2015), den nordiska beräkningsmodellen reviderad 1996, NV96, fortfarande den modell som rekommenderas av Naturvårdsverket för vägtrafikbullerberäkningar. I rapporten *Vägtrafikbuller* (1996) av Naturvårdsverket, Vägverket och Nordiska ministerrådet beskrivs hur modellen är uppbyggd och hur den används. Modellen är framtagen av en arbetsgrupp som representerar de nordiska väg- och miljömyndigheterna och används för beräkningar av ekvivalenta och maximala ljudtrycksnivåer.

Ljudtrycksnivåerna beräknas i fem steg, där det första steget är att beräkna det odämpade värdet på 10 meters avstånd från centrum av vägen med konstant flöde av trafik. I steg två och tre beräknas olika korrektionstermer för mark-, skärm- och avståndsdämpning. Det som skiljer beräkningsgångarna åt är avståndsdämpningen som blir 6 dB(A) för maxnivå och 3 dB(A) för ekvivalentnivå vilket visas i stycke 2.1.1. Steg fyra och fem består av korrektion för förenklade antaganden samt fasad (Naturvårdsverket et al., 1996).

Övriga nordiska länder har istället valt att övergå till den nyare New Nordic Prediction Method for Road Traffic Noise, NORD2000 (Ögren & Bengtsson Ryberg, 2015).

Till nackdelarna med NV96 hör att den underskattar ljudtrycksnivån på innergårdar och att den endast beräknar totala A-vägda nivåer. Ofta är det viktigt att kunna titta på tersbandsnivåer för bedömningar av ljudlandskapet. NORD2000 är därför på många sätt en bättre metod, främst då den beräknar ljudtrycksnivåer i tersband och har ett utökat källbiblioteket (Forssén, 2007b).

Från och med den 31 december 2018 blir det obligatoriskt att använda den nya EU-gemensamma beräkningsmetoden Common Noise Assessment Methods in EU, Cnossos-EU, vid den strategiska bullerkartläggningen (Ögren & Bengtsson Ryberg, 2015). För vägtrafik överensstämmer beräkningarna med NV96 och Cnossos-EU relativt väl. Dock

kräver Cnossos-EU mer indata i form av fler trafikklasser samt andel dubbdäcksanvändning vilket kräver ytterligare arbete (Ögren & Bengtsson Ryberg, 2015).

En annan principiell skillnad mellan Cnossos-EU och NV96 är att Cnossos-EU inte kan användas för beräkningar av maximal ljudtrycksnivå. För att kunna jämföra beräkningar med riktvärden för maximal nivå måste det göras två bullerkartläggningar, en med Cnossos-EU för att rapportera till EU och en med exempelvis NV96 för att använda i Sverige. Alternativt kan Cnossos-EU i framtiden utökas till att också fungera för beräkningar av maximal ljudtrycksnivå (Ögren & Bengtsson Ryberg, 2015).

NV96 och Cnossos-EU har det gemensamt att väderinformation såsom vindriktning, vindstyrka och temperaturgradienter inte behöver anges. Fördelen med Nord2000 är att beräkningarna blir mer rättvisande då noggrann statistik av väderparametrar i beräkningsområdet finns att tillgå. Nackdelen är att den typen av data kan vara svårt och kostsamt att få fram (Ögren & Bengtsson Ryberg, 2015).

2.2 Hälsoeffekters koppling till buller

Buller är en stressfaktor som påverkar människans hälsa och livskvalitet negativt. Boverket (2016) hävdar att det idag enbart i Sverige är drygt två miljoner människor som utsätts för ljudtrycksnivåer som överskrider de riktvärden som riksdagen har satt upp för buller. Därmed är buller ett utav de största folkhälsoproblemen.

De negativa hälsoeffekterna av buller utgörs av sömnsvårigheter, ökad stress, minskad inlärning och försämrad koncentrationsförmåga. Buller kan både ha en temporär och permanent påverkan på människans fysiska funktioner (Torsmark, 2008).

Hur stora hälsoeffekterna blir beror på ett antal faktorer såsom vilken typ av buller det är samt dess styrka, frekvens, variationen över tiden, tid på dygnet (Boverket, 2008) och exponeringstid (Öhrström, 2007). Vissa grupper är generellt mer känsliga för buller och bland dessa räknas barn och ungdomar, skiftarbetare samt individer med hörselskador eller anlag för blodtryckssjukdomar (Persson, 2014). Två andra faktorer som också spelar roll för hur individer påverkas är vilken typ av aktivitet som utförs och i vilken miljö den bullerexponerade befinner sig i. Till exempel påverkas individer inte lika mycket av bullret i en stad som i en lugn miljö (Torsmark, 2008).

Den allra vanligaste och allvarligaste effekten av vägtrafikbuller är sömnstörningar (Öhrström, 2007). Det är under vilan kroppen återhämtar och bygger upp sig och en ostörd sömn är en förutsättning för att människor ska fungera både psykiskt och fysiskt. Vid dålig sömn påverkas det psykologiska välmåendet och risken för högt blodtryck ökar (Torsmark, 2008). Effekterna på sömnen kan delas in i primära och sekundära effekter. De primära är svårigheter att somna, uppvaknanden under natten, höjt blodtryck, ökad hjärt- och pulsfrekvens. De sekundära effekterna uppstår först dagen efter och består av trötthet, nedstämdhet samt försämrad koncentrations- och prestationsförmåga (Persson, 2014).

Vägtrafikbullret har även en negativ effekt på prestationsförmågan i olika tankekrävande uppgifter som läsning, minnesförmåga, uppmärksamhet och problemlösning. Mentala underliggande problem tros också förstärkas och/eller påskyndas av bullret (Persson, 2014).

Öhrström (2007) påstår att genom vistelse i ett bullrigt område en längre period framkallas stressreaktioner såsom höjd hjärtfrekvens, ökad utsöndring av stresshormoner samt försämrad sömn. Detta kan leda till högt blodtryck som i sin tur kan utvecklas till hjärt- och kärlsjukdomar. Studier på sambandet mellan hjärt- och kärlsjukdomar och buller har utförts i Tyskland och Danmark. Översatt till svenska värden skulle det motsvara 350-800 dödsfall per år i hjärt- och kärlsjukdomar som direkt följd av bullerexponering (Torsmark, 2008).

Risken för hörselskador till följd av trafikrelaterat buller är relativt liten då dessa nivåer sällan överstiger 70 dB(A) vilket flertalet människor klarar av utan hörsselförsämring. Kraftiga ljudtoppar från motorcyklar eller passerande tåg på nära håll kan dock ge upphov till hörselskador (Boverket, 2008).

2.3 Åtgärder för att reducera vägtrafikbuller

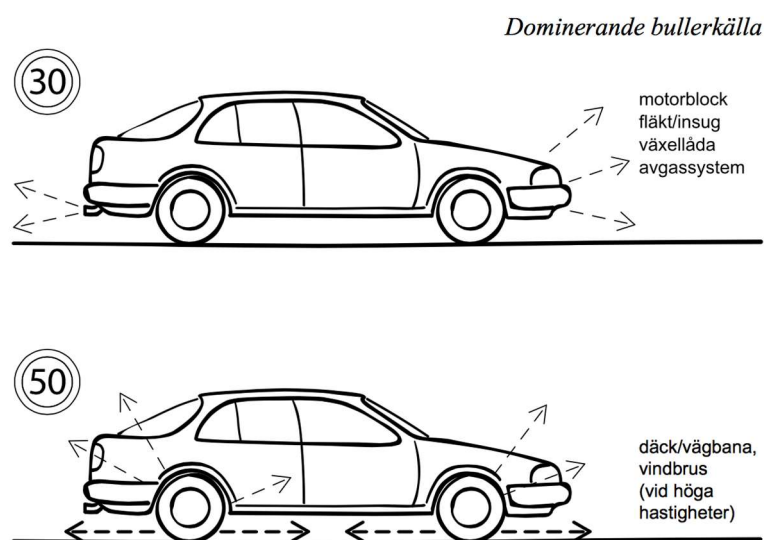
Bullernivån beror på ett flertal faktorer såsom fordonens hastighet, avstånd mellan mottagare och källa, vägutformning, fordonsmängd och fordonsslag medan bullerutbredningen beror på faktorer såsom omgivning, väder och vind (Trafikverket, 2015a).

M. Ekstrand (personlig kommunikation, 2 maj 2016) förklarar att det finns olika typer av bullerreducerande åtgärder för att uppnå sänkt bullerexponering vid mottagaren. Åtgärderna menar hon kan ske vid tre olika positioner; vid ljudkällan, längs utbredningsvägen och/eller vid mottagaren. Bäst visad effekt har det förstnämnda alternativet som därför är att föredra.

2.3.1 Trafikreglering

Genom att göra diverse trafikåtgärder går det att minska ljudtrycksnivåerna i stadsområden från vägtrafiken. Detta kan göras på olika sätt, till exempel genom att flytta fordonen längre bort från mottagaren, minska hastigheten, minska flödet genom att införa tidsrestriktioner eller fordonsskatter (Forssén, 2007c).

Boverket (2008) hävdar att vägtrafikbullret kan uppstå på två olika sätt. Antigen från fordonets motor och kraftöverföring, framdrivningsbuller, eller från kontakten mellan däcken och körbanan. Vilken av dessa som dominerar beror på hastigheten på fordonet, se figur 7. Då hastigheten är under 30km/h för personbilar och 50km/h för tunga fordon dominerar ljudet från framdrivningsbullret. Det är först över dessa hastigheter det dominerande bullret kommer ifrån däckens kontakt med körbanan. Detta resulterar i att en sänkning under 30km/h inte medför några större sänkningar av vägtrafikbullret eftersom framdrivningsbullret då dominerar.



Figur 7: Dominerande bullerkälla vid 30 respektive 50 km/h (Boverket, 2008)

Förarens körsätt har också stor betydelse för bullernivån. Körning i jämn hastighet ger mindre buller än hackig körning med kraftiga accelerationer och inbromsningar (Boverket, 2008).

Forskningsprojektet COMPETT har gjort en jämförelse mellan förbrännings- och elfordon. Resultatet visar att eldrivna fordon enbart bidrar till en lägre bullernivå vid låga hastigheter (Marbjerg, 2013) eftersom framdrivningsbullret då är dominerande. Fördelen med eldrivna fordon ur bullersynpunkt är också att de alstrar högfrekventa ljud (Svedjeholm, 2014) vilka är enkla att dämpa relativt lågfrekventa ljud (Ljudskolan, u.d.).

2.3.1.1 Trafikmängd

Det krävs relativt stora ändringar av trafikmängden för att minska bullernivån, detta visas i tabell 2 (Stockholms Länsstyrelsen, 2012). En halvering av trafiken ger 3 dB(A) lägre ekvivalent ljudtrycksnivå. Däremot påverkas ej den maximala ljudtrycksnivån eftersom den orsakas av ett enda fordon (Trafikverket, 2004).

Tabell 2: Korrektion i av ekvivalent nivå dB(A) för ändrad trafikmängd

Fordon/dygn, %	Skillnad mot 100 %
25	-6
50	-3
65	-2
80	-1
100	0
125	+1
160	+2

2.3.1.2 Tung trafik

Enligt Göteborgs Stad (2015a) är tung trafik ofta det som orsakar de maximala ljudtrycksnivåerna och står för en stor del av störningen i ett område. Ett förbud mot tung trafik kan reducera vägtrafikbullernivåerna, framförallt den maximala ljudtrycksnivån. Enligt Trafikverket (2004) är skillnaden mellan personbil och tung trafik cirka 10 dB(A).

2.3.1.3 Hastighetsändring

En förändring av hastighet har stor inverkan på bullernivån (Trafikverket, 2004). I tabellen nedan, tabell 3, går det att utläsa hur bullret kontinuerligt minskar med minskad hastighet ner till och med 30 km/h. Skälet till att bullernivån inte avtar vid de lägre hastigheterna är, som tidigare nämnts, att bullret mellan väg och däck är så pass litet att framdrivningsbullret från bilen istället är dominerande. Ur tabellen går det även att utläsa

att de maximala nivåerna inte ändras särskilt mycket då tung trafik fortfarande finns på vägen medan det blir större förbättringar när den tunga trafiken förbjuds.

Tabell 3: Inverkan av hastighetssänkning på ljudtrycksnivå utomhus enligt Nordiska beräkningsmodellen. (Tunga fordon förutsätts köra högst 80 km/tim) (Vägverket, Sveriges kommuner och landsting, 2008)

Hastighets- sänkning km/tim	Korrektion för ekvivalent ljudnivå (dBA)			Korrektion för maximal ljudnivå (dBA)		
	10 % tunga fordon	5 % tunga fordon	Inga tunga fordon	10 % tunga fordon	5 % tunga fordon	Inga tunga fordon
90 → 80	-0,8	-1,0	-1,3	0	0	-1,1
80 → 70	-1,5	-1,5	-1,5	-1,0	-1,0	-1,3
70 → 60	-1,8	-1,8	-1,6	-1,1	-1,1	-1,5
60 → 50	-2,2	-2,0	-2,0	-1,2	-1,2	-1,8
50 → 40	-1,4	-1,8	-2,4	0	0	-2,3
40 → 30	0	0	0	0	0	-2,9

Lägre hastighet på vägarna bidrar också till färre hårda inbromsningar och snabba accelerationer som leder till minskade emissioner och drivmedelskostnader (Trafikverket, u.d.). Detta resulterar också till en förhöjd livskvalitet i staden genom att gång- och cykeltrafiken ökar då området kring vägen blir tryggare.

2.3.2 Tekniska åtgärder

I detta avsnitt presenteras de tekniska åtgärder som går att utföra för att minska ljudtrycksnivån från vägtrafik.

2.3.2.1 Bullerreducerande vägbeläggning

Det finns olika typer av bullerreducerande vägbeläggningar. Jacobson & Viman skriver i rapporten *Erfarenheter av bullerreducerande beläggningar* (2015) från VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, att den vanligaste, dränerande asfaltsbetong, kan absorbera ljud och leda bort vatten. Detta på grund av ett sammanhängande porsystem som till mestadels består av grovballast (85 %) och har en hög porositet. Det är i vägbeläggningens hålrum ljudvågorna från kontakten mellan däck och vägbanan sprids och absorberas istället för att reflekteras. Enligt rapporten minskar dränasfaltens initialt vägtrafikbullret med 7-8 dB(A) på vägsträckor med hastigheten 90-110 km/h men effekten avtar med 0.5-1 dB(A) per år eftersom vägbeläggning slit och dess porer sätts igen. Dess livslängd påverkas av trafikmängd, skyltad hastighet, ytbeläggningens stenstorlek, porositet och underhåll.

M. Ekstrand (personlig kommunikation, 2 maj 2016) menar att anledningen till att dränasfalt i dagsläget inte används i en större utsträckning är den höga driftskostnaden och de omfattande underhållskraven för att bullerdämpningen ska kvarstå. Enligt Jacobsson & Wiman (2015) kan det dock i vissa fall vara samhällsekonomiskt lönsamt om många närboende berörs mycket illa av den rådande bullernivån. Författarna skriver dessutom att det, för att bestämma lönsamheten, krävs en samhällsekonomisk beräkning för varje enskilt fall.

2.3.2.2 Bullerskärmar

En annan teknisk åtgärd för reducering av vägtrafikbuller är utplacering av bullerskärmar. Enligt Trafikverket (2015b) bör skärmar föras ner minst ett par decimeter under markytan och placeras så nära vägen som möjligt för effektiv dämpning. Vid avskärmning av enstaka hus kan det dock vara fördelaktigt att placera skärmen nära huset för att minimera den skärmlängd som krävs för att täcka siktinkeln. Avskärmningen bör därtill vara tillräckligt hög och lång för att bryta siktinkeln mellan bullerkälla och mottagare. I praktiken finns dock ofta annan bebyggelse eller topografi som hjälper till att delvis skärma av siktinkeln.

Bullerskärmar och dess anslutning mot mark, bro, fundament eller dylikt ska enligt Trafikverket (2015b) vara helt tät. Den sida av skärmen som vetter mot vägen, framförallt då bebyggelse finns på båda sidor, bör förses med ljudabsorberande material. Avslutningsvis bör bullerskärmar anpassas till bebyggelsens material, färger samt formspråk. För att minimera det visuella intrånget kan förslagsvis genomskinliga skärmar användas.

Enligt Trafikverket (2004) kan en 2 meter hög bullerskärm som täcker hela siktinkeln (180 grader) mot vägen ge en ljudtrycksreduktion på upp till 10 dB(A). Denna ljudtrycksreduktion minskar dock kraftigt om inte hela siktinkeln täcks av skärmen. En avskärmning på 150 respektive 90 grader kan bidra med en ljudtrycksreduktion på cirka 6 respektive 3 dB(A) (Trafikverket, 2004).

2.3.3 Gröna och innovativa åtgärder

Nedan beskrivs gröna och innovativa lösningar som utnyttjar naturliga material för bullerdämpande åtgärder. Flera av dessa åtgärder skulle kunna appliceras mer än vad som sker i dagsläget för att skapa en bättre ljudmiljö samt en mer tilltalande stadsbild. Åtgärderna är sammanställda från det EU-finansierade forskningsprojektet, HOSANNA, *HOListic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means* (Nilsson et al., 2013).

2.3.3.1 Låga barriärer

Enligt rapporten *Novel solutions for quieter and greener cities* (2013), publicerad i det europeiska forskningsprojektet HOSANNA, kan låga barriärer reducera ljudtrycksnivåerna med 3-12 dB(A). Denna reduktion gäller för en barriär tillverkad av en blandning mellan naturliga fibrer och mineralmaterial med dimensionerna en meters höjd och 0,4 meters tjocklek samt där barriärens inre består av ett styvt material. Reduktionen gäller för området 2-50 meter bakom barriären och 1-5 meter över källan. Vidare presenteras att barriärer i form av buskar sällan ger mer än någon enstaka dB(A) reduktion. Häckar kan bidra med en minskning på 1-3 dB(A) beroende på densitet och tjocklek (Nilsson et al., 2013).

2.3.3.2 Markbeläggningar

Genom att ersätta hårdgjord yta med någon form av mjuk mark, exempelvis gräs, för ett 45 meter brett område som startar 5 meter från den närmaste körfilen kan enligt Nilsson et al. (2013) en ljudtrycksreduktion på mellan 5-9 dB(A) fås för en 1.5 meter hög mottagare, 50 meter ifrån vägen. En bred remsa eller ett flertal smalare remsor av grus mellan hårdgjorda ytor vid en tvåfilig väg kan ge en ljudtrycksreduktion på 3-9 dB(A) för en mottagare på 1.5 meters höjd, 50 meter ifrån vägen. Om ett flertal smalare grusremsor används kan de hårdgjorda ytorna däremellan exempelvis fungera som gång- eller cykelbanor (Nilsson et al., 2013).

2.3.3.3 Träd och buskar

Ljudtrycksnivåer i stadsmiljö sänks enligt Nilsson et al. (2013) vid interaktion med träd och buskar på två olika sätt. Antingen absorberas ljudet eller så sprids samt reflekteras det. Desto tätare lövverk och större lövvikt/-area som kan åstadkommas desto större ljudtrycksreduktioner kan uppnås. Därtill spelar lövens orientering i förhållande till källan viss roll.

Träd kan i en stadsmiljö ha en viss ljudtrycksdämpande effekt om de placeras mycket tätt (Nilsson et al., 2013). Den totala ljudreduktionen förväntas dock inte uppgå till mer än 2 dB(A). För implementering av buskar förväntas minskning av ljudtrycksnivåer inte uppgå till mer än 2-3 dB(A) inklusive effekten från den mjukgjorda marken undertill. Buskarna bör vara täta och ha hög densitet nära marken för att undvika att ljudet transmitteras undertill.

2.3.3.4 Gröna fasader

I situationer där multipla reflektioner är förekommande kan vegetation på fasaderna enligt Nilsson et al. (2013) reducera ljudtrycksnivåerna. Ljudabsorptionseffekten ökar i smala kanjoner och är mer effektiv högre upp i fasaderna. Hur mycket ljudtrycket minskar beror på vilken typ av växtlighet som används samt hur stor andel av fasadens yta som täcks. Enligt beräkningar för en 19 meter hög gatukanjon beklädd med växtställning, jord och vegetation kan en ökad ljudtryckreduktion på 2-3 dB(A) fås vid höjden 1.5-4 meter jämfört med motsvarande kanjon utan vegetation (Nilsson et al., 2013).

2.3.3.5 Samverkan av åtgärder

Enligt Nilsson et al. (2013) kan det generellt påstås vara mindre effektivt att applicera ett flertal istället för en välriktad åtgärd. En implementering av flera olika gröna åtgärder kan resultera i antingen lägre eller högre ljudtrycksnivåer till stor del på grund av deras förmåga att sprida samt reflektera ljud. I värsta fall kan en åtgärd till och med förstöra effekten från en annan.

För störst resultat bör åtgärderna fokusera på att reducera ljudtrycket i de frekvenser där de A-vägda ljudtrycksnivåerna viktas som högst. Åtgärder som dämpar dåligt i dessa frekvenser kommer ha en begränsad effekt på den totala ljudtrycksnivån i dB(A). Ett bra resultat kan åstadkommas genom en balanserad strategi där de olika åtgärderna

kompletterar varandra över hela frekvensregistret (Nilsson et al., 2013).

Många av de gröna åtgärderna förbättrar den visuella miljön. Till vilken nivå den upplevda ljudmiljön påverkas av detta kan diskuteras. Oavsett är de åtgärder som, förutom att reducera ljudtrycksnivån, också förbättrar den estetiska upplevelsen bättre än de som inte gör det. Experiment genomförda med simulerade miljöer tyder på att de urbana områden där gröna åtgärder har implementerats uppfattas som trivsammare och tystare än de utan (Nilsson et al., 2013).

2.4 Riktlinjer och krav för vägtrafikbuller

Bebyggelse i Sverige ska enligt Plan- och bygglagen (PBL, SFS 2010:900), 5§, kap 2, uppföras på mark som är lämplig för ändamålet samt med hänsyn till människors hälsa, säkerhet och där det finns möjlighet till att förebygga buller. Bullerproblemen behandlas också i det svenska miljö kvalitetsmålet *God bebyggd miljö* där det står att läsa att “Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö” (Naturvårdsverket, 2015a). I preciseringar av miljö kvalitetsmålet går det vidare att läsa att “Människor utsätts inte för skadliga luftföroreningar, kemiska ämnen, ljudtrycksnivåer och radonhalter eller andra oacceptabla hälso- eller säkerhetsrisker” (Naturvårdsverket, 2012).

Det finns idag krav i PBL att bullervärden ska redovisas vid planläggning och bygglovsprövning. Dessa krav togs fram i den antagna propositionen *Samordnad prövning av buller enligt miljöbalken och plan-och bygglagen* (Prop. 2013/14:128). Syftet med förslagen i propositionen var att förbättra samordningen av miljöbalken och PBL och därmed underlätta planprocessen för byggande av bostäder i bullerutsatta områden.

Som stöd i planering av att utforma goda boendesituationer med hänsyn till vägtrafikbuller finns rapporten *Buller i planeringen* (2008) från Boverket. Genom konkreta råd och förslag på hur riktvärden ska tolkas är rapporten tänkt att ge stöd i både planering och bedömning av planärenden vid både nybyggnation och ombyggnation av befintliga byggnader. Då rapporten är skriven 2008 och den senaste förordningen om trafikbuller kom 2015 samspelar inte rapporten med de senaste riktvärdena. Boverket tar i rapporten upp tre olika intervall med ekvivalenta ljudtrycksnivåer vid fasad och i vilken utsträckning nybyggnation ska möjliggöras inom de olika intervallen, se tabell 4. Rapporten behandlar också begreppet tyst sida och ljuddämpad sida, vilket har använts i planering av bostäder tidigare då ljudtrycksnivåer vid en fasad inte kunnat reduceras till godkända riktvärden. Vid en tyst sida överskrider den ekvivalenta ljudtrycksnivån ej 45 dB(A) och vid ljuddämpad sida är kravet 50 dB(A).

Tabell 4: Redovisar de ljudtrycksnivåer som tidigare gällde i Sverige

55-60 dB(A)	Bostäder bör medges med förutsättningen att det går att åstadkomma en tyst sida eller en ljuddämpad sida för hälften av bostadsrummen
60-65 dB(A)	Bostäder bör endast i vissa fall medges med förutsättningen att det går att skapa en tyst sida eller en ljuddämpad sida för hälften av bostadsrummen
>65 dB(A)	Vid synnerliga skäl kan bostäder medges med förutsättningen att det går att skapa en tyst sida eller en ljuddämpad sida för hälften av bostadsrummen

Utöver ljudkraven ska dessa sidor vara estetiskt tilltalande och trivsamma för att skapa en rekreativ miljö. De tysta och ljuddämpade sidor ska ses som råd och är ej lagstadgade.

Syftet med tyst sida är att möjliggöra mer flexibilitet i planeringen av bostäder och möjlighet att bygga bostäder i bullerutsatta lägen (Boverket, 2008).

De riktvärden som finns för ljudtrycksnivåer orsakade av vägtrafikbuller regleras idag av den senaste förordningen om trafikbuller från 2015 *Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggande* (2015:216). Denna ska användas för att bedöma kravet på förebyggande av olägenhet för människors hälsa vid planläggning. I tabell 5 ses riktvärdena som enligt förordningen ej ska överskridas, alla riktvärden gäller för frifältsvärden.

Tabell 5: Redovisar de olika kraven beroende på ytstorlek och ljudtrycksnivåer

	Ekvivalent ljudtrycksnivå vid fasad (ekvivalent ljudtrycksnivå vid uteplats/balkong) dB(A)	Maximal ljudtrycksnivå vid fasad dB(A)
Lägenhetsyta >35 m ²	55, (50)	70
Lägenhetsyta <35 m ²	60, (50)	70

Den lägre kravnivån för lägenheter under 35 m² ska enligt Regeringen underlätta byggandet av mindre lägenheter som endast har fönster mot en fasad (Regeringen, 2015). Om ovanstående ljudtrycksnivåer överskrids bör minst hälften av bostadsrummen vara vända mot en fasad med högst 55 dB(A) ekvivalent ljudtrycksnivå och där maximal ljudtrycksnivå på 70 dB(A) ej överskrids mellan klockslag 22.00–06.00. Då den maximala ljudtrycksnivån överskrids under dessa timmar bör detta inte ske med mer än 10 dB(A) fler än fem gånger per timme mellan 06.00-22.00 (SFS 2015:216).

Med avsaknaden av ett övre riktvärde för både ekvivalent och maximal ljudtrycksnivå i förordningen kan ljudtrycksnivån på en fasad i teorin vara hur hög som helst. Detta förutsatt att kraven för ljudtrycksnivåerna inomhus ej överskrids och att riktvärdena utomhus nås för minst hälften av bostadsrummen på en annan fasad. I de fall som riktvärden utomhus inte kan nås gäller riktvärdena inomhus, som alltid ska klaras. De fall där riktvärdena utomhus bortses från uppkommer vanligast i tätorter och stadsmiljöer (Naturvårdsverket, 2015b). Riktvärdena för ljudtrycksnivåer inomhus beskrivs i Boverkets Byggregler, BBR, avsnitt 7,21 (Boverket, 2011). I rum för samvaro och sömn är kraven för ekvivalent ljudtrycksnivå 30 dB(A) och för maximal ljudtrycksnivå 45 dB(A) nattetid. Till rum för samvaro och sömn avses alla rum i bostad där låg ljudtrycksnivå eftersträvas, till dessa räknas ej kök eller kök med matplats.

Som komplement till Sveriges miljö kvalitetsmål har Göteborgs Stad tolv lokala miljömål. Ett av dessa tolv miljömål, *God bebyggd miljö*, behandlar ljudmiljön. Staden har satt upp tre delmål för att förbättra ljudmiljön i Göteborg (Göteborgs Stad, 2016)

- Minst 90 % av Göteborgs invånare ska senast år 2020 ha en utomhusnivå under 60 dB(A).
- Minst 95 % av Göteborgs skolor och förskolor ska senast år 2020 ha tillgång till lektyta med högst 55 dB(A).
- Samtliga stadsparker ska senast år 2020 ha nivåer under 50 dB(A) på större delen av parkytan.

För att underlätta planering av bostäder med bra ljudmiljöer har Göteborgs Stad antagit en ny bullerpolicy, *Ny vägledning för trafikbuller i planeringen* (Göteborgs Stad, 2015a). Dokumentet stödjer sig på både förordning (2015:216) och PBL:s krav på förebyggande av olägenhet för människors hälsa. Utgångspunkten är att staden ska förtätas enligt de styrdokument som tagits fram för markplanering i Göteborg, *Strategi för Utbyggnadsplanering, Trafikstrategi för en nära storstad* och *Grön strategi för en tät och grön stad*. Utöver de krav som finns i förordning (2015:216) fokuserar bullerpolicyen på skapandet av rekreativa områden och platser. Möjligheten till rekreation ska finnas i anslutning till boendet, exempelvis balkong eller uteplats. Dessutom ska det finnas platser, så som parker och grönområden, på rimligt avstånd från boendet som erbjuder goda ljudmiljöer (Göteborgs Stad, 2015a).

2.5 Strategier för stads- och trafikplanering från Göteborgs Stad

I styrdokument, *Trafikstrategi för en grön och nära storstad*, *Grönstrategi för en tät och grön stad* och *Strategi för utbyggnadsplanering*, har Göteborgs Stad tagit fram ett program som gäller stadens planering och framtida utveckling. Som planeringsunderlag gjordes 2011 en stadslivsanalys av Göteborg, *Stadslivet i centrala Göteborg - Upplevelsen, användning och förutsättningarna* av Spacescape och Trivector på uppdrag av Göteborgs Stad. I styrdokumentet finns övergripande mål för hur staden och dess offentliga rum, så som vägar och gator, ska användas nu och i framtiden.

Stadslivsanalysen beskriver relationen mellan stadsrummet och stadslivet i centrala Göteborg. Utifrån webbenkäter, gatuobservationer och analyser av rumsliga förutsättningar beskrivs stadslivet och dess förutsättningar. Stadslivsanalysens webbenkäter visar att en av de mest efterfrågade förbättringarna är att staden ska bli mer gångprioriterad, något som samspelar väl med en av analysens slutsatser; att den största begränsningen för Göteborgs stadsliv är biltrafiken. I analysen går också att finna att utbudet av utåtriktade verksamheter beror till stor del på områdets boende- och arbetandtäthet, antal boende eller arbetande inom ett visst geografiskt område, samt att områden som till stora delar består av enbart arbetandtäthet riskerar att upplevas som otrygga och ödsliga kvällstid.

I trafikstrategin går att finna flera konkreta exempel på vad framtidens stads- och trafikplanering ska bestå av. Ytan i stads- och gatumiljöer ska omdisponeras, gående och cyklister ska prioriteras och hastigheter för bilar ska anpassas efter i första hand gående (Göteborgs Stad, 2014a). Enligt trafikstrategin ska gång-, cykel- och kollektivtrafik vara de vanligaste transportmedlen. Vidare beskrivs hur fotgängares möten med cyklister och kollektivtrafik ska hanteras. Dessa tre grupper är alla prioriterade och det kommer kräva olika lösningar för olika platser. Detta kommer leda till lösningar där kollektivtrafiken eller cyklister prioriteras på ett ställe och fotgängare på ett annat. För att förenkla mötet mellan cyklister och fotgängare ska dessa två så ofta som möjligt vara separerade i form av upphöjda cykelbanor. Det samma gäller mötet mellan cyklister och motorfordonstrafik.

Trafikstrategin beskriver också hur gaturummet ska omdisponeras för att skapa mer yta där människor vill röra sig. Ett vanligt förekommande problem är att gator och större infrastruktur kan bli barriärer för gående och cyklister i staden. En annan följd av att mer plats ska ges till människor är att parkering i första hand ska ske i parkeringshus eller garage. Både *Strategi för utbyggnadsplanering* och *Trafikstrategi för en grön och nära storstad* beskriver att möjligheten att utträta ärenden i närmiljön måste öka vilket kräver en ökning av antalet lokaler för handel (Göteborgs Stad, 2014b).

I *Grönstrategi för en tät och grön stad* beskrivs hur de gröna kopplingarna ska stärkas i staden (Göteborgs Stad, 2014c). Genom gröna stråk bestående av till exempel trädrader mellan större gröna ytor ökar känslan av en naturnära stad som lockar människor till att röra sig utomhus. Vidare beskriver strategin att vegetation i form av buskage, träd och fasadvegetation i urbana miljöer kan bidra till sociala och kulturella värden. Samtidigt kan vegetationen bidra med positiva effekter såsom minskad klimatpåverkan i form av utjämnad temperatur, bättre luftkvalitet och förenklad hantering av regnvatten. Vidare

beskrivs i grönstrategin att upplevelsen av vägtrafikbuller kan minska om källan, i detta fall fordonen, ej är synliga.

Planering och utformning av trafik regleras i Sverige av flertalet lagar och förordningar (Göteborgs Stad, 2015b). Vid planering och projektering av vägar och gator i Sverige kan olika dokument användas som stöd. Trafikverket har tillsammans med Sveriges kommuner och landsting tagit fram Vägar och gators utformning, VGU, (Trafikverket, 2015b). Reglerna i VGU är obligatoriska för Trafikverket medan de för kommunerna är rådgivande. I Göteborg har Trafikkontoret skapat en Teknisk Handbok (TH 2015:2) som varje gata som faller under stadens ansvar ska projekteras efter. Majoriteten av vägarna i centrala Göteborg och närliggande tätbebyggda områden ansvarar Göteborgs Stad för medan de större trafiklederna runt staden tillhör Trafikverket (Göteborgs Stad, 2015c).

3. Resultat och diskussion

För att bedöma de framtagna sektionernas ekvivalenta ljudtrycksnivåer kommer de klassificeras efter följande intervall:

Mycket bra ljudtrycksnivå < 55 dB(A)
55 dB(A) < Bra < 60 dB(A)
60 dB(A) < Godkänd < 65 dB(A)
Icke godkänd > 65 dB(A)

Nivåerna är valda med utgångspunkt i de rekommendationer som Boverket ger i rapporten *Buller i planeringen* (2008). Klassificeringen ska ses som ett sätt att systematiskt bedöma ljudtrycksnivåerna i varje alternativ och ej om de är möjliga att bygga med dagens riktvärden för vägtrafikbuller. Detta eftersom möjligheten att nå riktvärdena vid minst utsatta fasad ej har beräknats. Beträffande maximala ljudtrycksnivåer rekommenderar den senaste förordningen om trafikbuller vid bostadsbyggande, förordning (2015:216), att 70 dB(A) ej ska överskridas vid minst utsatta fasad, något resultaten i rapporten kommer utvärderas ifrån.

Nedan presenteras exempelgator och tillhörande alternativ. Hänvisningarna till alternativen har generaliserats enligt följande:

- 1.1 - Exempelgata 1; Existerande alternativ
- 1.2 - Exempelgata 1; Brett alternativ
- 1.3 - Exempelgata 1; Realistiskt alternativ
- 1.4 - Exempelgata 1; Innovativt alternativ
- 2.1 - Exempelgata 2; Existerande alternativ
- 2.2 - Exempelgata 2; Brett alternativ

Hänvisning till resterande alternativ följer samma analogi.

Nedan åskådliggörs alternativen i tvärsektioner och i vissa fall plan- samt profilvyer. Som komplement till dessa finns illustrationer i större format att tillgå i bilaga G-J samt ljudtrycksdiagram, bilaga A-D.

3.1 Exempelgata 1

Trafiksituation för gatan är 1200 fordon/dygn, 5 % tunga fordon, 30 km/h. Målet är att skapa en väl fungerande lokalgata i ett bostadsområde.

Cykel- och framförallt gångtrafikanter ska främjas. Gatan dimensioneras ej för att vara en del av kollektivtrafiken.

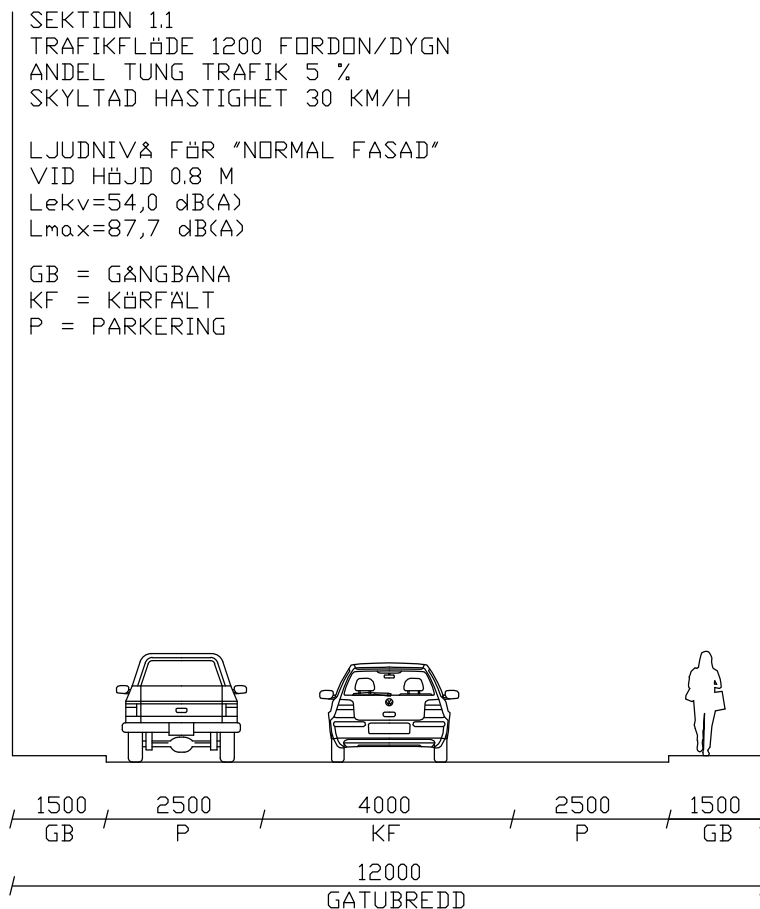
Breda vistelsezoner och gångbanor ska gynna verksamheter i husens gatuplan för att skapa förutsättningar för ett rikt stadsliv och promenadstråk. Gatan ska kunna användas för biltransport till och från bostad men detta ska huvudsakligen ske på andra sätt.

3.1.1 Existerande alternativ

För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 1.

Som kan ses i figur 8 är gatan enkelriktad med parkering på båda sidor av vägen. Ingen separat cykelväg finns att tillgå vilket medför att cykeltrafikanter och bilar gemensamt delar på vägen.

Gatans ytterkanter består av smala trottoarer med begränsad vistelseyta.



Figur 8: Alternativ 1.1

3.1.2 Brett alternativ

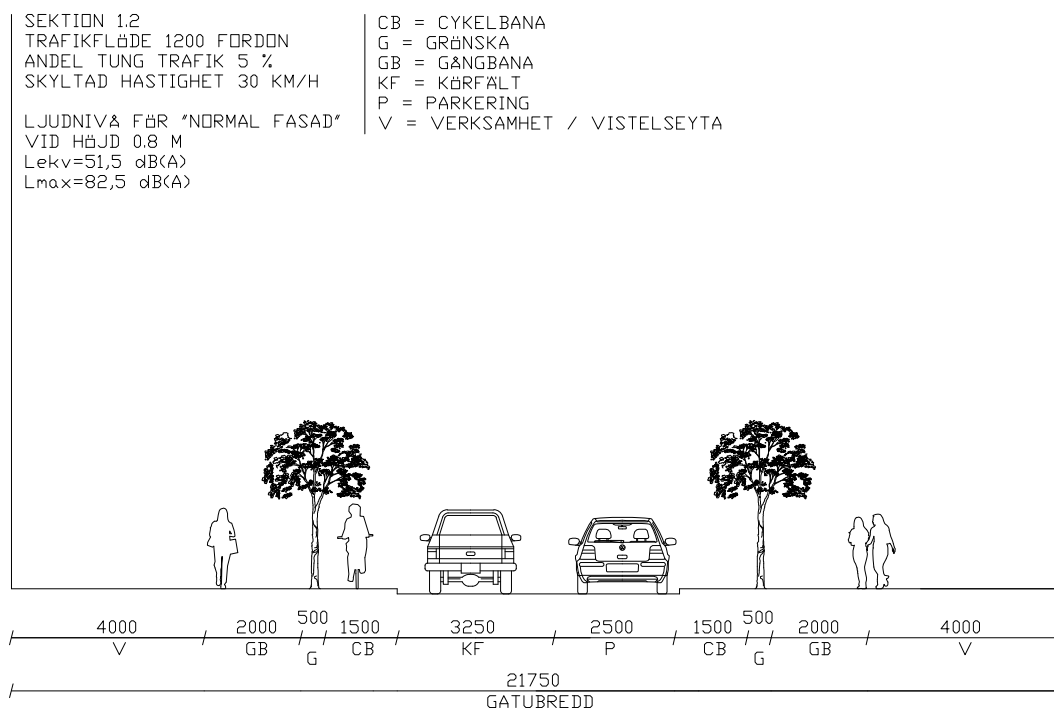
För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 1.

Som kan ses i figur 9 är gatan enkelriktad med möjlighet till parkering på passagerarsidan.

En trädallé har anlagts för att separera gångtrafik och vistelseytor från övrig trafik samt gynna en tilltalande stadsbild.

På båda sidorna av vägen finns enkelriktade cykelbanor separerade från gångbana med hjälp av upphöjning.

Väl tilltagen gångbana och vistelseyta främjar verksamheter i gatuplanet för att skapa förutsättningar för liv och rörelse.



Figur 9: Alternativ 1.2

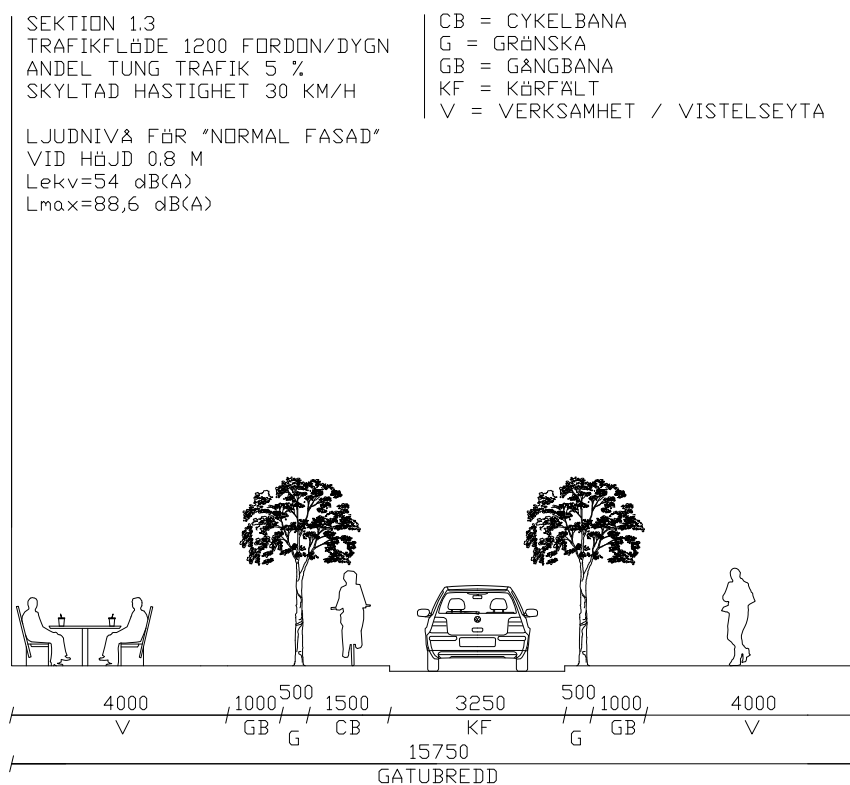
3.1.3 Realistiskt alternativ

Då gatan inte är symmetrisk är körbanan ej centrerad vilket medför att ljudtrycksnivåerna på den ena fasaden i tvärsektionen är lägre än de beräknade. För övriga kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 1.

Som kan ses i figur 10 delar cykeltrafikanter och bilar gemensamt på den enkelriktade vägen i ena färdriktningen. För att främja cyklisterna finns därtill en enkelriktad cykelbana att tillgå i den motsatta färdriktningen.

En trädallé har anlagts för att separera gångtrafik och vistelseytor från övrig trafik samt gynna en tilltalande stadsbild.

Parkeringsplatser har inte medtagits i gatuplan utan kommer behöva ordnas på annan plats. Detta har medfört möjligheten att expandera vistelseytor och cykelbanor.



Figur 10: Alternativ 1.3

3.1.4 Innovativt alternativ

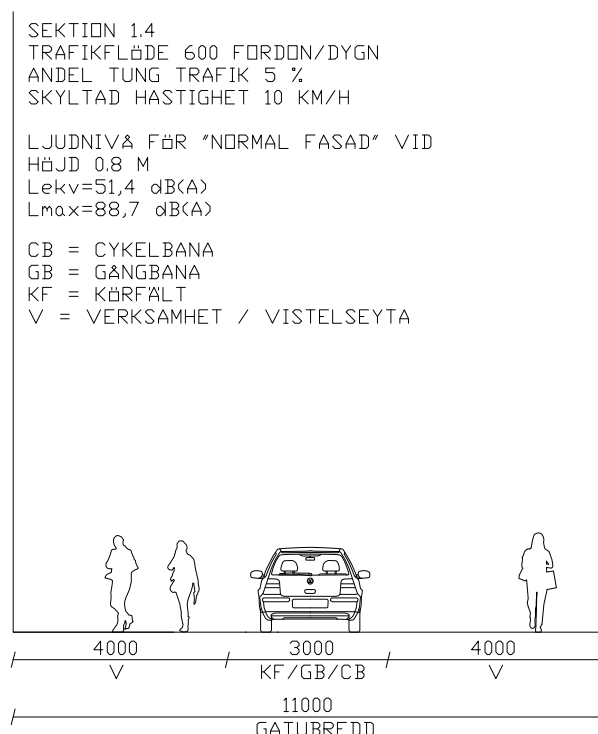
Gatan utformas som gångfartsområde och fordon får därför inte framföras med högre hastighet än gångfart och har väjningsplikt mot gående. Flödet är av den anledningen reducerat till 600 bilar/dygn och hastigheten till 10 km/h i beräkningarna vilket kan ses i figur 11.

För övriga kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 1.

Det kan ifrågasättas hur innovativt detta alternativ är men eftersom ljudtrycksnivåerna beräknades vara relativt oproblematiske för exempelgatan krävdes inga större åtgärder. Gatan ger möjlighet till stora vistelseytor för att främja diverse funktioner såsom uteserveringar, marknadsstånd och dylikt.

Det kan vara önskvärt att markera en gräns för var cykel- och biltrafik får framföras. En sådan gräns bör dock utformas så att gångtrafikanter känner sig inbjudna att gå över hela gatan. Detta kan göras genom någon typ av refug, målad vägyta eller skyltning men exakt lösning bör väljas av den som ansvarar för utformning av vägen och anpassas efter rådande omständigheter. Cykel- och biltrafik bör oavsett vald lösning framföras i ett tre meter brett område i gatans mitt.

Gröna inslag kan implementeras i tvärsektionen men bör placeras på ett sådant sätt att gångtrafikanter känner sig inbjudna att gå över hela gatan.



Figur 11: Alternativ 1.4

3.1.5 Sammanfattning exempelgata 1

För samtliga alternativ uppnår de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna mycket bra värden vid fasadernas hela höjd. Detta medför stor frihet vid utformningen av lägenheternas planlösning då genomgångslägenheter ej krävs enligt gällande riktlinjer. Här kan således större och mindre ensidiga lägenheter samt genomgångslägenheter förläggas. På grund av riktvärdet för en enskild bostads uteplats skulle en sådan behöva placeras mot en sida där de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna ej överskrider 50 dB(A). Trots att bostäder skulle kunna förläggas längs fasadens hela höjda kommer bottenvåningen förslagsvis användas till verksamheter. Eftersom gatorna är relativt smala och tung trafik kan tänkas passera är de maximala ljudtrycksnivåerna högre än vad som rekommenderas av gällande förordning. Förmodligen kommer detta medföra att åtgärder måste vidtas i husens väggar för att undgå för höga ljudtrycksnivåer inomhus. Alternativt måste förbud för tung trafik införas nattetid.

Alternativ 1.2 har lägst maximala ljudtrycksnivåer och har tillsammans med alternativ 1.4 också lägst ekvivalenta ljudtrycksnivåer. De låga ljudtrycksnivåerna för alternativ 1.2 beror på gatans stora bredd. Alternativ 1.4 är utformad som en gågata och har därför en lägre hastighet och ett lägre trafikflöde än övriga alternativ. Det är det lägre trafikflödet som förklarar de låga ekvivalenta ljudtrycksnivåerna. Dock är alternativ 1.4 smalast vilket leder till att den har de högsta maximala ljudtrycksnivåerna.

I alternativ 1.3 och 1.4 saknas parkeringsplatser för att främja gång- och cykeltrafikanter samt skapa förutsättningar för ett rikt stadsliv. Parkering är tänkt att istället förläggas till närliggande parkeringshus vilket är i linje med Göteborgs gällande trafikstrategi. I alternativ 1.4 har ett gångfartsområde utformats för att till fullo prioritera låga bullernivåer, gångtrafikanter och för att skapa förutsättningar för ett rikt stadsliv.

3.2 Exempelgata 2

Trafiksituationen för gatan är 7000 fordon/dygn, 4 % tunga fordon, 40 km/h. Målet är att skapa en väl fungerande uppsamlingsgata i ett bostadsområde.

Gatan ska dimensioneras för gång-, cykel-, bil- samt viss kollektivtrafik men cykel- och framförallt gångtrafikanter ska prioriteras. Kollektivtrafiken kommer bestå av busslinjer som trafikerar samma körfält som bilarna.

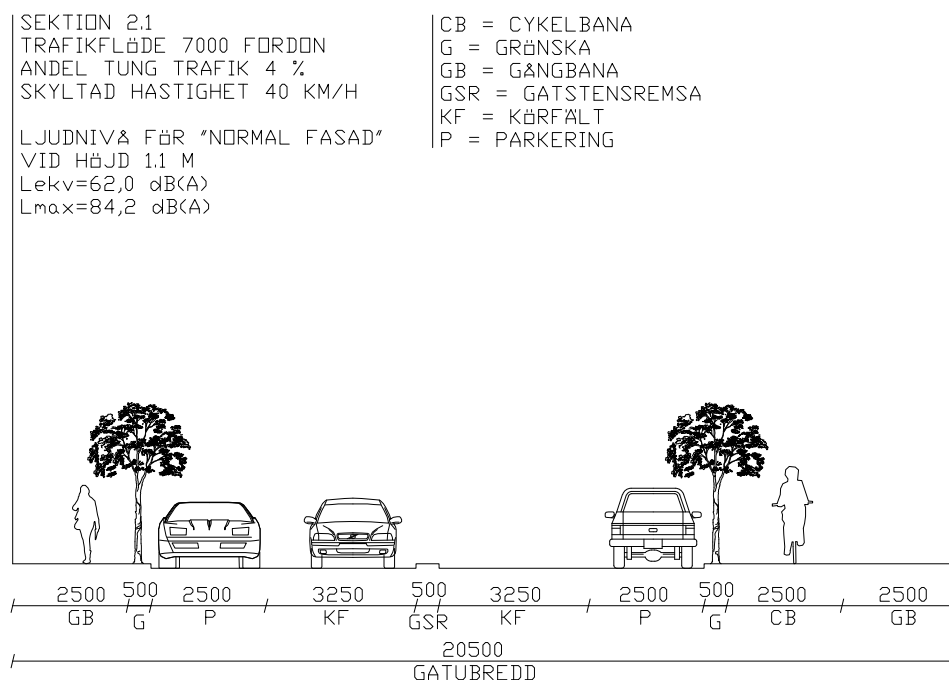
Fördelningen av funktionerna i gatuplan tillsammans med tekniska lösningar ska därtill skapa förutsättningar för en god boendemiljö och gynna ett rikt stadsliv och promenadstråk.

Vägtrafiken på gatan antas mestadels bestå av biltransport till och från bostad samt verksamheter.

3.2.1 Existerande alternativ

Då gatan inte är symmetrisk är körbanan ej centrerad vilket medför att ljudtrycksnivåerna på den ena fasaden i tvärsektionen är lägre än de beräknade. För övriga kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 2.

Körbanan består av två körfält och kantas på båda sidorna av parkeringsplatser. På ena sidan av gatan finns en dubbelriktad cykelbana och båda sidorna omges av breda gångbanor. På den sida där det finns en cykelbana är träd planterade mellan cykelbana och parkeringsplats. På andra sidan är träd planterade mellan gångbana och parkeringsplats, se figur 12.



Figur 12: Alternativ 2.1

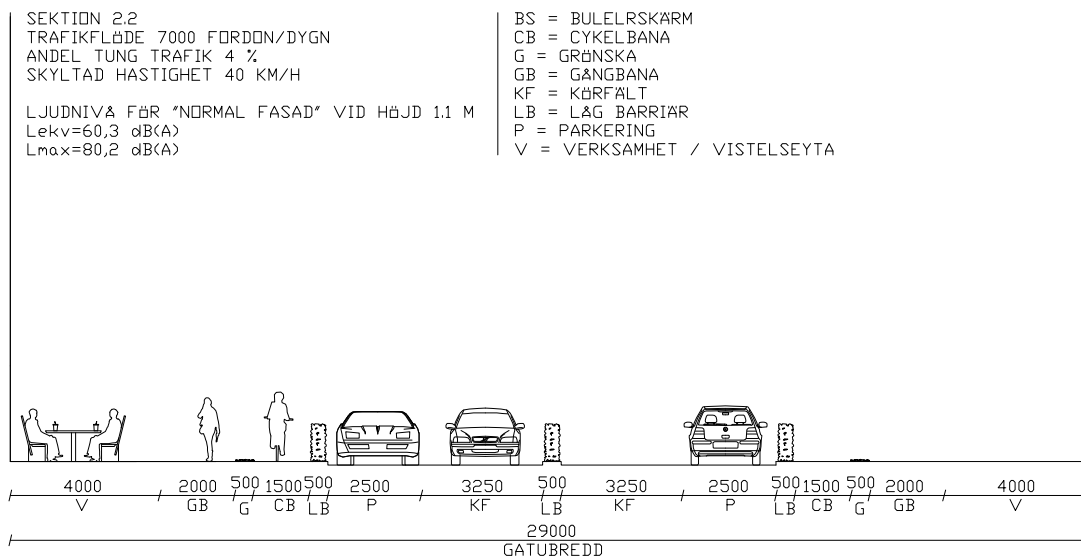
3.2.2 Brett alternativ

För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 2.

Som kan ses i figur 13 finns i gatans mitt två körfält som omges av parkeringsplatser och avskiljs med en låg barriär.

På båda sidorna av gatan finns gång- och cykelbana som separeras med en grönyta. Cykelbanorna är enkelriktade och separeras från parkeringsplatserna med låga barriärer.

De låga barriärerna i kombination med väl tilltagen gångbana och vistelseyta främjar verksamheter i gatuplanet för att skapa förutsättningar till ett rikt stadsliv och promenadstråk. För optimal effekt bör låga barriärer förläggas så nära körbanan som möjligt vilket försvåras i detta alternativ på grund av parkeringsplatserna. Av den anledningen bör vidare utredningar avgöra om de låga barriärerna i det här fallet är ekonomiskt försvarbara samt värda det intrång de gör i gatumiljön.



Figur 13: Alternativ 2.2

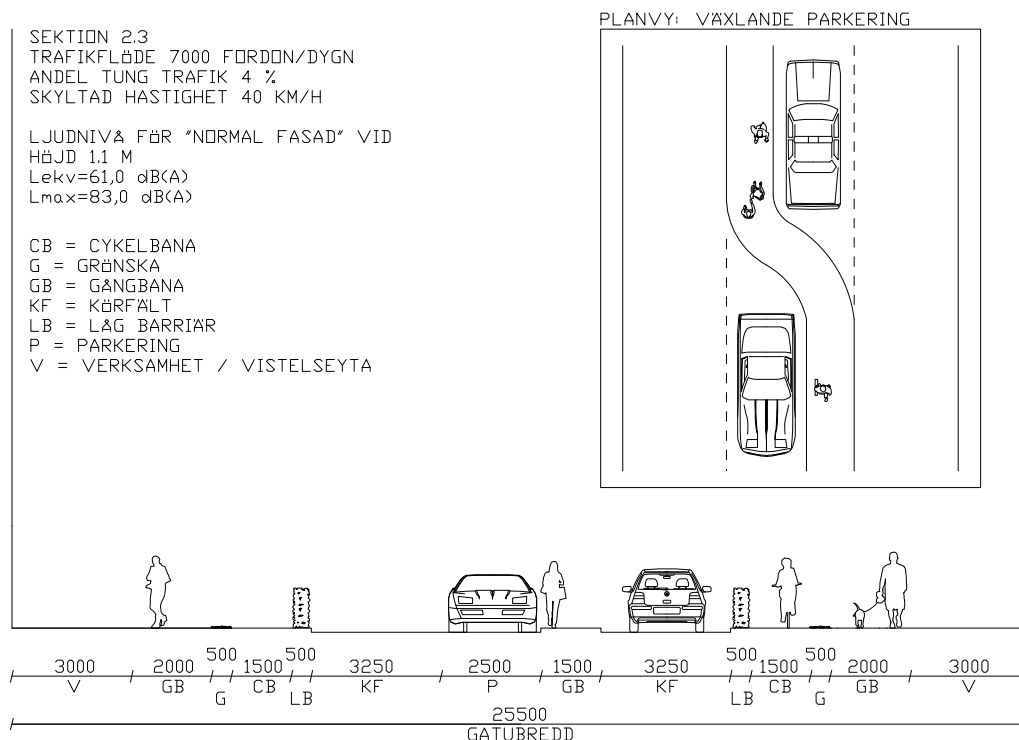
3.2.3 Realistiskt alternativ

För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 2.

Som kan ses i figur 14 finns i gatans mitt två körfält som avskiljs av en yta bestående av parkeringsplatser som växlar sida så att parkering finns att tillgå för båda körfälten. I ytan finns också en gångbana för transport till och från fordon. Placeringen av parkeringsplatserna i mitten medför att låga barriärer kan placeras i direkt anslutning till körfälten vilket maximerar deras ljuddämpande effekt. Noterbart är också att detta innebär att det kommer vara nödvändigt att stiga ur fordonet på vänster sida i färdriktningen.

På båda sidorna av gatan finns gång- och cykelbana som separeras med grönyta. Cykelbanorna är enkelriktade och separeras från körfälten med de låga barriärerna.

De låga barriärerna i kombination med väl tilltagen gångbana och vistelseyta främjar verksamheter i gatuplanet för att skapa förutsättningar till ett rikt stadsliv och promenadstråk.



Figur 14: Alternativ 2.3

3.2.4 Innovativt alternativ

Koden som har använts för beräkning av ljudtrycksnivåer var ej tillämpbar för detta alternativ och därför har inga beräkningar utförts.

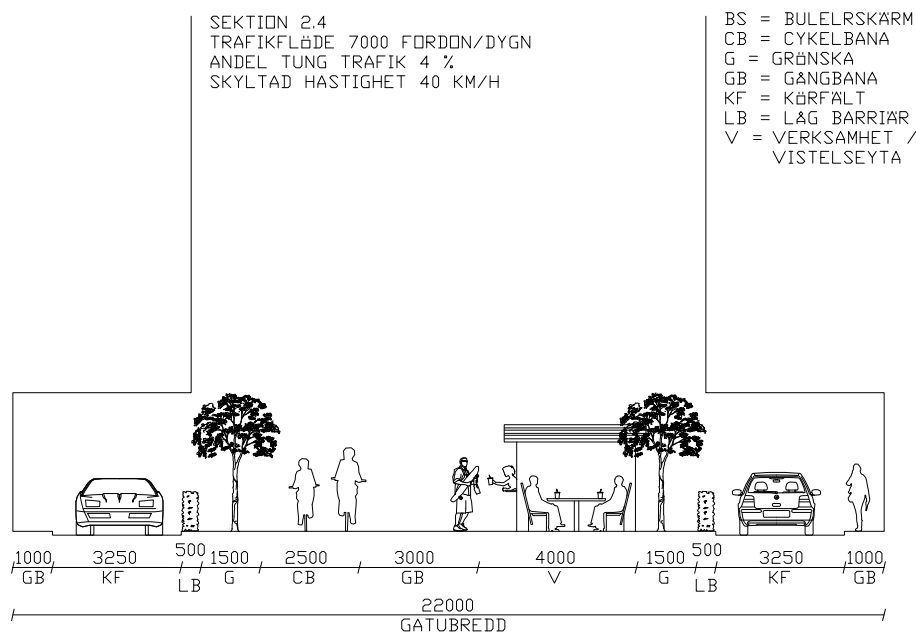
Grundkonceptet i det här alternativet är att körfälten placeras under överhängen från byggnaderna för effektivare dämpning av vägtrafikbullret vilket kan ses i figur 15. I gatans mitt finns en trädallé med gångbana, dubbelriktad cykelbana samt vistelseyta.

Eventuell verksamhet såsom kiosker, caféer och gatukök förläggs till vistelseytan. Mellan träden och körfälten finns grönområden samt låga barriärer för att avskärma vägtrafiken från allén. Barriärerna är placerade i direkt anslutning till körfälten för optimal effekt. En mindre gångbana finns under överhänget mellan körfält och byggnad för att stiga av bussar samt kunna ta sig in i byggnaderna men gångtrafik sker huvudsakligen i allén.

Det finns två tänkbara fördelar med att förlägga körfälten till överhängen. För det första skulle taken i överhängen med hjälp av effektiva absorbenter kunna bidra till minskade vägtrafikbullernivåer i gatan. För det andra avskärmas vägtrafiken från allén och byggnaderna vilket skulle kunna bidra till en visuellt attraktivare miljö. En ökad andel elbilar skulle förbättra resultatet ytterligare då de alstrar en större andel högfrekvent ljud vilket är enklare att dämpa än lågfrekvent ljud. För att bekräfta att ljudtrycksnivåerna verkligen sänks med denna lösning och för att optimera utformningen krävs dock vidare efterforskningar.

Höjden på överhänget har ej specificerats då detta beror på vilken typ av fordon gatan ska dimensioneras för.

På grund av närheten till vägtrafik kan bottenvåningen i byggnaderna anses vara olämplig för bostäder. Här skulle mindre bullerkänslig verksamhet kunna förläggas.



Figur 15: Alternativ 2.4

3.2.5 Sammanfattning exempelgata 2

För alternativ 2.4 har varken maximala eller ekvivalenta ljudtrycksnivåer beräknats. För alternativ 2.1-2.3 uppnår de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna godkända värden längs fasadernas hela höjd. Enligt gällande riktlinjer krävs genomgångslägenhet i de nedre delarna av byggnaderna eftersom de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna överskrider. Ensidiga lägenheter större än 35 m² bör förläggas till den övre delen av byggnaderna. Vid vilka höjder detta är möjligt skiljer sig åt i alternativen. På grund av riktvärdet för en enskild bostads uteplats skulle en sådan behöva placeras mot en sida där de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna ej överskrider 50 dB(A). Trots att bostäder skulle kunna förläggas längs fasadens hela höjda kommer bottenvåningen förslagsvis användas till verksamheter. Eftersom gatorna är relativt smala och tung trafik kan tänkas passera är de maximala ljudtrycksnivåerna för alternativ 2.1-2.3 högre än vad som rekommenderas av gällande förordning. Förmodligen kommer detta medföra att åtgärder måste vidtas i husens väggar för att undgå för höga ljudtrycksnivåer inomhus. Alternativt måste förbud för tung trafik införas nattetid.

Alternativ 2.2 har lägst maximala och ekvivalenta ljudtrycksnivåer av de beräknade alternativen vilket beror på gatans stora bredd och att körfältens avstånd till fasaden.

I alternativ 2.1-2.3 har parkeringsplats medtagits för enkel tillgång till verksamheter. Boendeparkering är dock tänkt att förläggas till närliggande parkeringshus. I alternativ 2.4 kommer all parkering att förläggas till närliggande parkeringshus vilket är i linje med Göteborgs gällande trafikstrategi.

I alternativ 2.2-2.4 har låga barriärer placerats ut för att minska störningar orsakade av vägtrafikbuller i gatuplan och därmed främja ett rikt stadsliv. Ljudtrycksnivåerna kan förväntas reduceras med 3-12 dB(A) 2-50 meter bakom samt på en höjd av 1-5 meter. En viss dämpning kan också förväntas vid fasad men detta är ej medtaget vid beräkningarna av ljudtrycksnivåer. I alternativ 2.2 har gatan kompletterats med en låg barriär i mitten vilket bör leda till ytterligare dämpning. Bäst effekt kan dock förväntas i alternativ 2.3-2.4 då barriärerna har placerats i direkt anslutning till körfälten. I alternativ 2.3 har detta lösts genom att placera parkeringsplatserna i mitten av gatan. Notera att detta medför att det kommer vara nödvändigt att stiga ur på vänster sida i fordonets färdriktning.

Kollektivtrafiken kommer i samtliga alternativ bestå av busslinjer som trafikerar samma körfält som bilarna. Hållplatser har ej medtagits i tvärsektionerna men kommer för alternativ 2.1-2.3 placeras på samma position i som parkeringarna. För alternativ 2.4 kommer avstigning ske på gångbanan i överhänget. Notera att avstigning för alternativ 2.3 kommer att behöva ske på vänster sida i bussens färdriktning.

3.3 Exempelgata 3

Trafiksituationen för gatan är 15 000 fordon/dygn, 6 % tunga fordon, 50 km/h. Målet är att skapa en väl fungerande uppsamlingsgata med viss genomfartstrafik.

Gatan ska dimensioneras för gång-, cykel-, bil- samt kollektivtrafik där cykel- och kollektivtrafik ska prioriteras. Cykeltrafiken kommer prioriteras genom att anordna breda, dubbelriktade cykelbanor. Gatan ska dimensioneras för ett snabbnät av kollektivtrafikresor mellan stadens knutpunkter och viktiga målpunkter.

Fördelningen av funktionerna i gatuplan tillsammans med tekniska lösningar ska därtill skapa förutsättningar för en god boendemiljö och gynna ett rikt stadsliv trots det relativt stora trafikflödet.

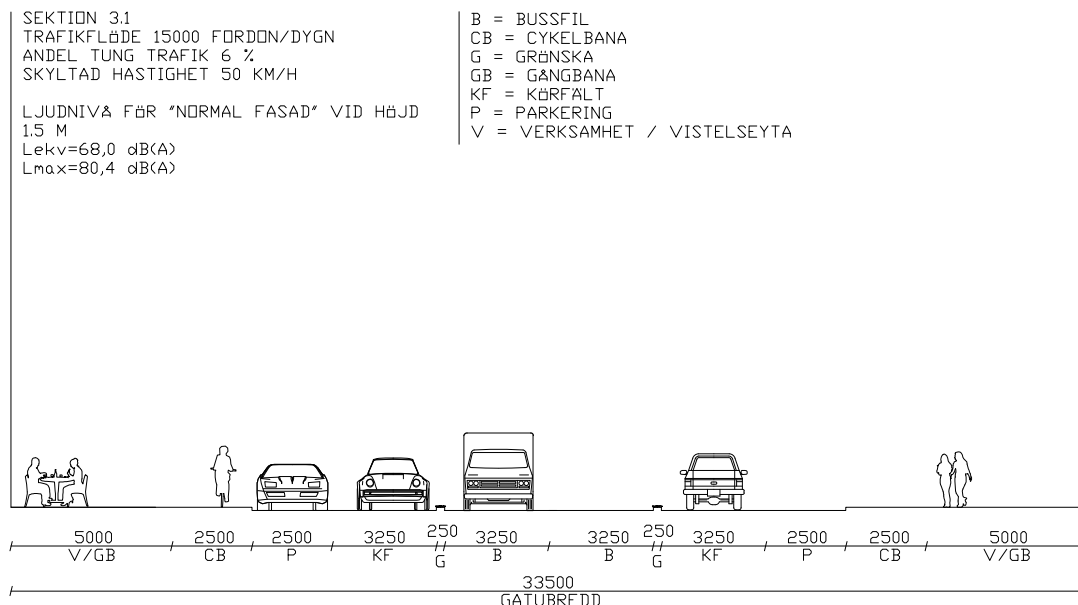
Vägtrafiken på gatan antas mestadels bestå av kollektivtrafik samt biltransport till och från bostad samt verksamheter. Därtill förväntas en viss genomfartstrafik.

3.3.1 Existerande alternativ

För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 3.

Som kan ses i figur 16 består körbanan av sammanlagt fyra körfält varav de två mittersta är bussfiler. Mellan bussfilerna och de vanliga körfälten finns ett grönområde. De vanliga körfälten angränsar till parkeringsplatser som ligger i direkt anslutning till upphöjda och dubbelriktade cykelbanor. Mellan cykelbanorna och byggnaderna finns vistelseytor och gångbanor.

Notera att inga busshållplatser syns i tvärsektionen då den endast visar det smalaste tvärsnittet. Vid busshållplatserna är alltså gatan bredare än vad tvärsektionen visar.



Figur 16: Alternativ 3.1

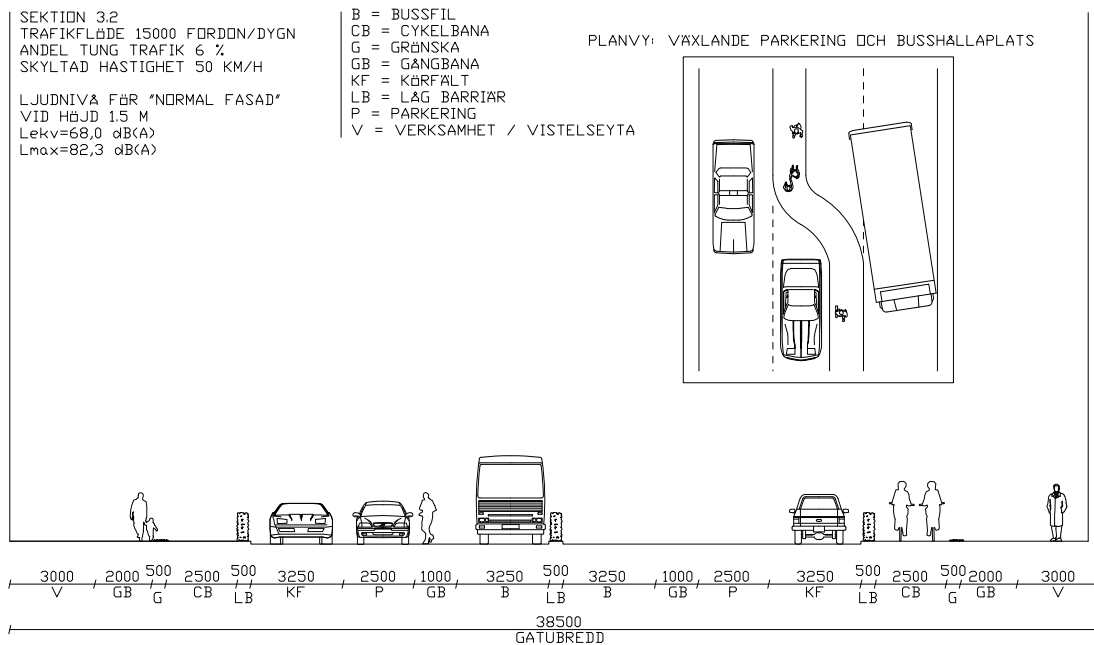
3.3.2 Brett alternativ

För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 3.

Som kan ses i figur 17 består körbanan av sammanlagt fyra körfält varav de två mittersta är bussfiler som avskiljs med en låg barriär. Mellan bussfilerna och de vanliga körfälten finns en yta som växelvis är parkeringsplats för bilar och busshållplats. I samma yta finns en mindre gångbana för transport till och från fordon. Placeringen av parkeringsplatserna i mitten medför att låga barriärer kan placeras i direkt anslutning till körfälten vilket maximerar deras ljuddämpande effekt. På båda sidorna av gatan finns gång- och cykelbanor som separeras med en grönyta. Cykelbanorna är dubbelriktade och separeras från körfälten med låga barriärer. Mellan gångbanorna och byggnaderna finns breda vistelseytor.

De låga barriärerna i kombination med väl tilltagna gångbanor och vistelseytor främjar verksamheter i gatuplanet för att skapa förutsättningar till ett rikt stadsliv.

Beräkningarna visar att trafiken i de vanliga körfälten står för en större del av de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna än bussarna. Därför är det försvarbart att införa låga barriärer trots att de, på grund av det stora avståndet, förmodligen inte påverkar ljudet från bussfilerna nämnvärt.



Figur 17: Alternativ 3.2

3.3.3 Realistiskt alternativ

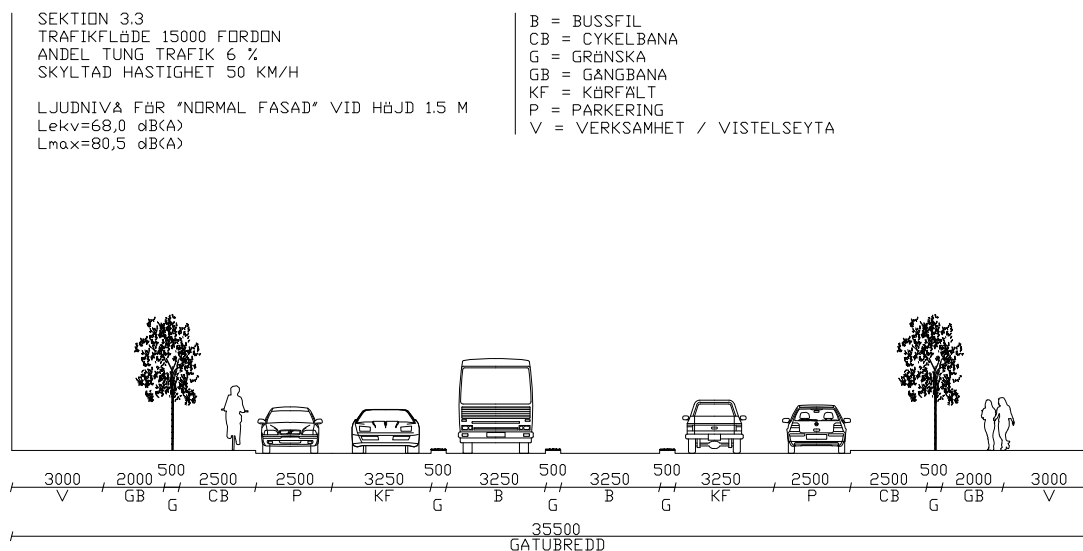
För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 3.

Som kan ses i figur 18 består körbanan av sammanlagt fyra körfält varav de två mittersta är bussfiler som separeras med en grönyta. De vanliga körfälten angränsar på båda sidorna till parkeringsplatser. På gatans båda sidor finns gångbana och dubbelriktad cykelbana som separeras med en trädallé. Mellan gångbanorna och byggnaderna finns breda vistelseytor.

I det här alternativet skulle en låg barriär kunna införas mellan bussfilen och det vanliga körfältet utan att kompromissa gatans funktionalitet nämnvärt. Beräkningar visar att trafiken i de vanliga körfälten stod för en större del av de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna än bussfilerna. Därtill har förslag på mer övergripande åtgärder för samtliga alternativ för exempelgata 3 föreslagits i sammanfattningen nedan. Av dessa anledningar ansågs en låg barriär inte motiverad.

Noterbart är att inga busshållplatser syns i tvärsektionen då den endast visar det smalaste tvärsnittet. Vid busshållplatserna är alltså gatan bredare än vad tvärsektionen visar.

De låga barriärerna i kombination med väl tilltagen gångbana och vistelseyta främjar verksamheter i gatuplanet för att skapa förutsättningar till ett rikt stadsliv och promenadstråk.



Figur 18: Alternativ 3.3

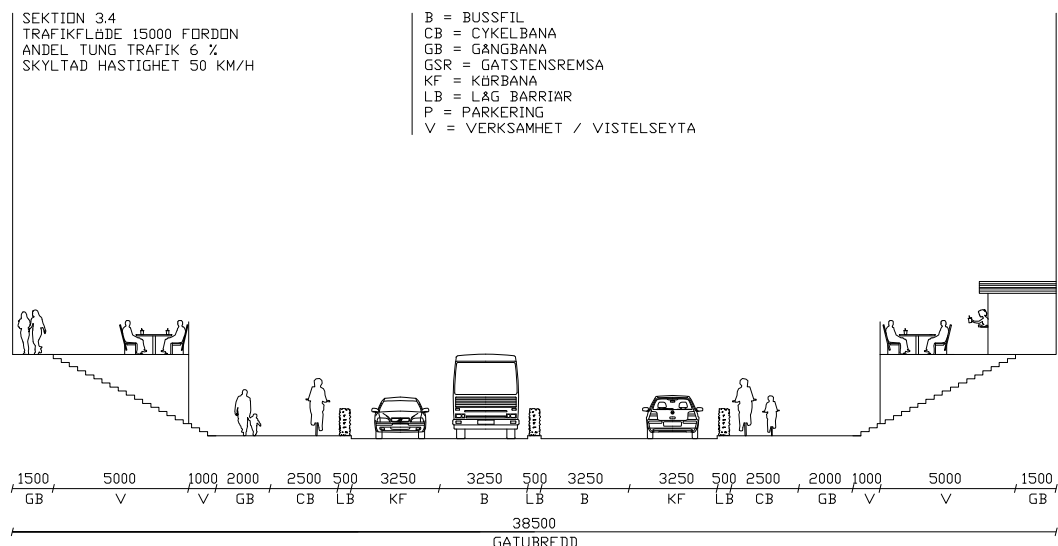
3.3.4 Innovativt alternativ

Koden som har använts för beräkning av ljudtrycksnivåer var ej tillämpbar för detta alternativ och därför har inga beräkningar utförts.

Grundkonceptet i det här alternativet är att fasaderna ovanför bottenvåningen är indragna vilket kan ses i figur 19. Detta möjliggör en skärmning från vägtrafikbuller på terrassen samt ytterligare en bit upp på fasaden. Bottenvåningens fasad fortsätter därtill upp en bit och bildar en mur vid terrassens kant. Detta skulle kunna fungera både som fallskydd och som ytterligare avskärmning mot vägtrafikbuller. För att bekräfta att ljudtrycksnivåerna verkligen sänks med denna lösning och för att optimera utformningen krävs dock vidare efterforskningar.

Körbanan består av sammanlagt fyra körfält varav de två mittersta är bussfiler som avskiljs med en låg barriär. Bussfilerna ligger direkt bredvid de vanliga körfälten som separeras från de dubbelriktade cykelbanorna med låga barriärer. Gångbanor och en mindre vistelseyta finns nedanför terrasserna på gatans båda sidor. I de tvärsnitt där det går trappor upp till terrasserna går de dock hela vägen ut till gångbanan och där finns således ingen vistelseyta. Lutningen och utformningen på trapporna samt hur ofta de upprepas behandlas inte i rapporten. Detta får avgöras för varje enskilt fall utifrån en avvägning mellan öppet gaturum och behov av ljudtrycksdämpning samt tillgänglighetsanpassning. Ovanpå terrassen finns breda vistelsezoner där det finns möjlighet att anlägga förträdgårdar till bostäder eller diverse olika funktioner till verksamheter såsom uteserveringar och marknadsstånd.

De låga barriärerna är främst till för att skapa en behagligare ljudmiljö för gång- och cykeltrafikanter samt eventuella verksamheter.



Figur 19: Alternativ 3.4

3.3.5 Sammanfattning exempelgata 3

För alternativ 3.4 har varken maximala eller ekvivalenta ljudtrycksnivåer beräknats. För alternativ 3.1-3.3 beräknas de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna vara icke godkända vid fasadens hela höjd. Enligt gällande riktlinjer krävs genomgångslägenhet längs hela fasadens höjd eftersom de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna överskrider. På grund av riktvärdet för en enskild bostads uteplats skulle en sådan behöva placeras mot en sida där de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna ej överskrider 50 dB(A). De maximala ljudtrycksnivåerna för alternativ 3.1-3.3 är högre än vad som rekommenderas av gällande förordning. Detta kan eventuellt lösas genom åtgärder i husens väggar för att undgå för höga ljudtrycksnivåer inomhus. Alternativt måste förbud för tung trafik införas nattetid.

Alla de beräknade alternativen har approximativt samma ekvivalenta ljudtrycksnivåer. Alternativ 3.2 har de högsta maximala ljudtrycksnivåerna trots att det är bredast av de beräknade alternativen. Detta beror på att avståndet mellan körfält och byggnad är som kortast här.

För att främja kollektivtrafiken har separata bussfiler medtagits i samtliga alternativ.

I alternativ 3.2-3.3 har parkeringsplatser medtagits för enkel tillgång till verksamheter. Boendeparkering är dock tänkt att förläggas till närliggande parkeringshus. I alternativ 3.4 kommer all parkering att förläggas till närliggande parkeringshus vilket är i linje med Göteborgs gällande trafikstrategi.

I alternativ 3.2 och 3.4 har låga barriärer placerats ut för att minska störningar orsakade av vägtrafikbuller och därmed skapa en behagligare ljudmiljö för gång- och cykeltrafikanter samt eventuella verksamheter i vistelseytan i gatuplan. Ljudtrycksnivåerna kan förväntas reduceras med 3-12 dB(A) 2-50 meter bakom samt på en höjd av 1-5 meter. En viss dämpning kan förväntas också vid fasad men detta är ej medtaget vid beräkningarna av ljudtrycksnivåerna. I båda fallen har de låga barriärerna placerats i direkt anslutning till körfält och kompletterats med en extra barriär i mitten vilket borde resultera i ytterligare dämpning.

För att skapa en bättre ljudmiljö för bostäder samt i gaturummet skulle införandet av någon form av bullerreducerande vägbeläggning kunna vara befogat. Dränasfalt skulle bidra med en reduktion av ljudtrycksnivåerna, hur stor den kan tänkas vara tas upp i slutdiskussionen. En sänkning av ljudtrycksnivåerna skulle medföra en större frihet vid utformningen av lägenheternas planlösning längs fasadens hela höjd. Om det beslutas att en sådan åtgärd är motiverad och beräkningar gör gällande att godkända ljudtrycksnivåer uppnås kan det vara befogat att överväga att avlägsna några av alternativens låga barriärer.

3.4 Exempelgata 4

Trafiksituation för gatan är 30 000 fordon/dygn, 4 % tunga fordon, 50 km/h. Målet är att skapa en väl fungerande uppsamlingsgata med genomfartstrafik.

Gatan ska fungera som en koppling mellan olika områden i staden där många människor färdas.

Cykeltrafiken kommer prioriteras genom att anordna breda, fyrfiliga cykelbanor och gatan ska därtill dimensioneras för en omfattande kollektivtrafik. Gångtrafikanter och personbilar ska också ges god möjlighet att färdas på gatan. Gångtrafikanter ska känna sig trygga med avseende på trafiksituationen och vistelseytor för verksamheter ska bjuda in till deras närvaro i gaturummet

Fördelningen av funktionerna i gatuplan tillsammans med tekniska lösningar ska därtill skapa förutsättningar för en god boendemiljö och i största möjliga mån gynna verksamheter i gatuplan trots det stora trafikflödet.

Vägfrafiken på gatan antas mestadels bestå av genomfarts- och kollektivtrafik.

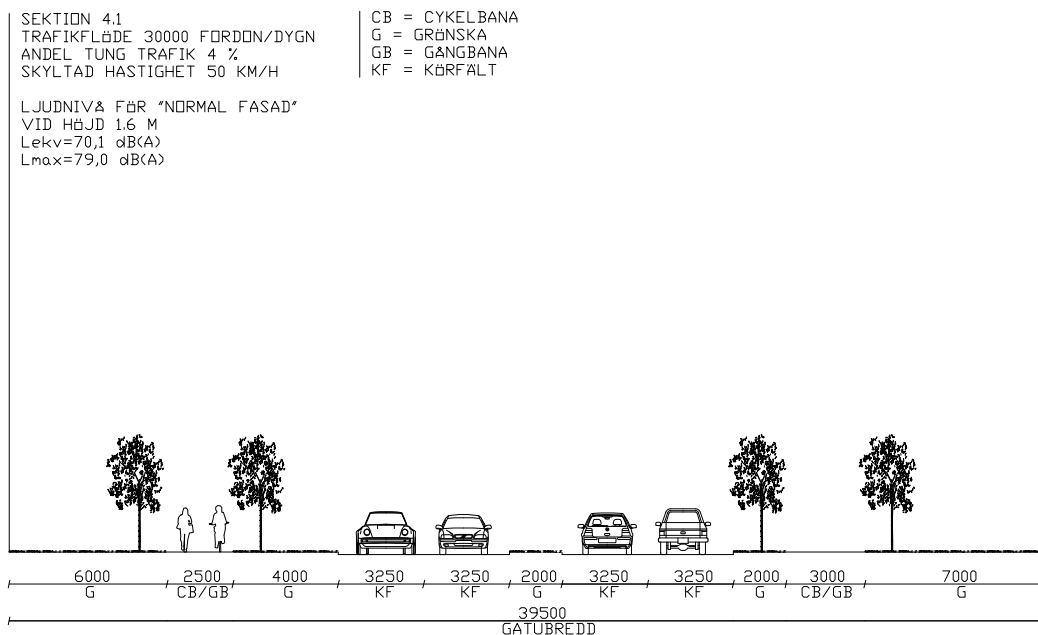
3.4.1 Existerande alternativ

Då gatan inte är symmetrisk är körbanan ej centrerad vilket medför att ljudtrycksnivåerna på den ena fasaden i tvärsektionen är lägre än de beräknade. För övriga kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 4.

Som kan ses i figur 20 består körbanan av sammanlagt fyra körfält, två i vardera riktning, där de två mittersta skiljs av en bred grönyta.

På båda sidorna av gatan finns gångbanor samt fyrfiliga cykelbanor som separeras från både körbanan och byggnaderna med breda grönytor. Gång- och cykelbanornas samt grönområdenas bredd skiljer sig något på gatans båda sidor vilket gör att tvärsektionen inte är symmetrisk.

Bussar trafikerar de mittersta körfälten men inga busshållplatser syns i tvärsektionen då den endast visar det smalaste tvärsnittet. Vid busshållplatserna är alltså gatan bredare än vad tvärsektionen visar.



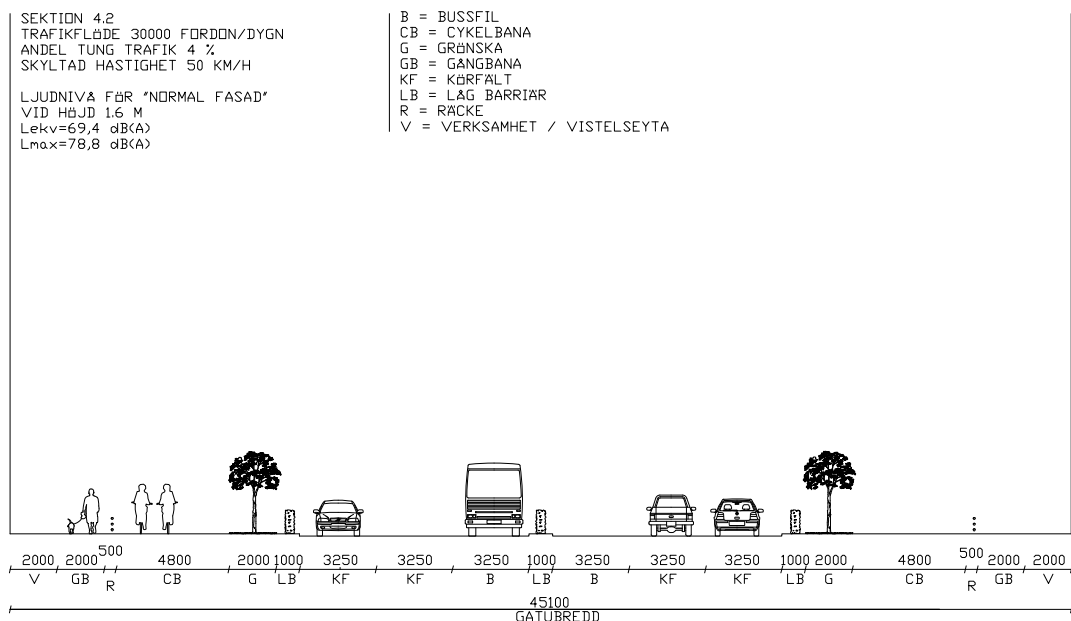
Figur 20: Alternativ 4.1

3.4.2 Brett alternativ

För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 4.

Som kan ses i figur 21 består körbanan av sammanlagt sex körfält varav de två mittersta är bussfiler som separeras med en låg barriär. Bussfilerna och de vanliga körfälten är inte separerade. På båda sidorna av gatan finns breda gång- och cykelbanor som separeras med räcken. Cykelbanorna är fyrfiliga och separeras från körfälten med breda grönytor och låga barriärer. Mellan gångbanorna och byggnaderna finns vistelseytor.

De låga barriärerna i kombination med breda cykelbanor samt väl separerade cykel- och gångbanor främjar genomfart för cykel- och gångtrafikanter samt gynnar verksamhet i gatuplanet.



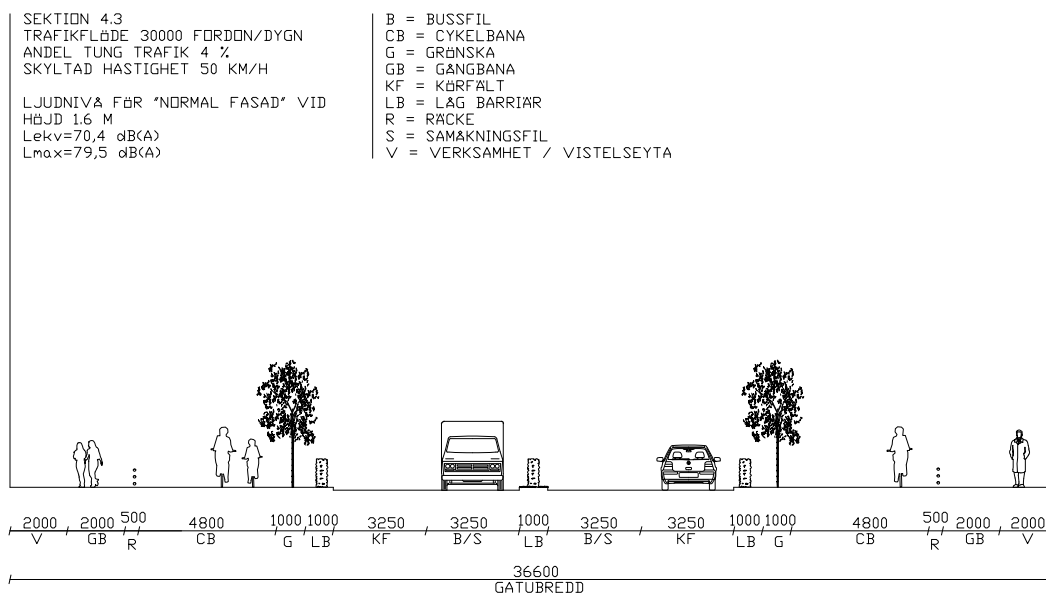
Figur 21: Alternativ 4.2

3.4.3 Realistiskt alternativ

För kommentarer om ljudtrycksnivåerna, se sammanfattningen för exempelgata 4.

Som kan ses i figur 22 består körbanan av sammanlagt fyra körfält varav de två mittersta är samåkningsfiler som separeras med en låg barriär. Bussfilerna och de vanliga körfälten är inte separerade. På båda sidorna av gatan finns breda gång- och cykelbanor som separeras med räcken. Cykelbanorna är fyrfiliga och separeras från körfälten med breda grönytor och låga barriärer. Mellan gångbanorna och byggnaderna finns vistelseytor.

De låga barriärerna i kombination med breda cykelbanor samt väl separerade cykel- och gångbanor främjar genomfart för cykel- och gångtrafikanter samt gynnar verksamhet i gatuplanet.



Figur 22: Alternativ 4.3

3.4.4 Innovativt alternativ

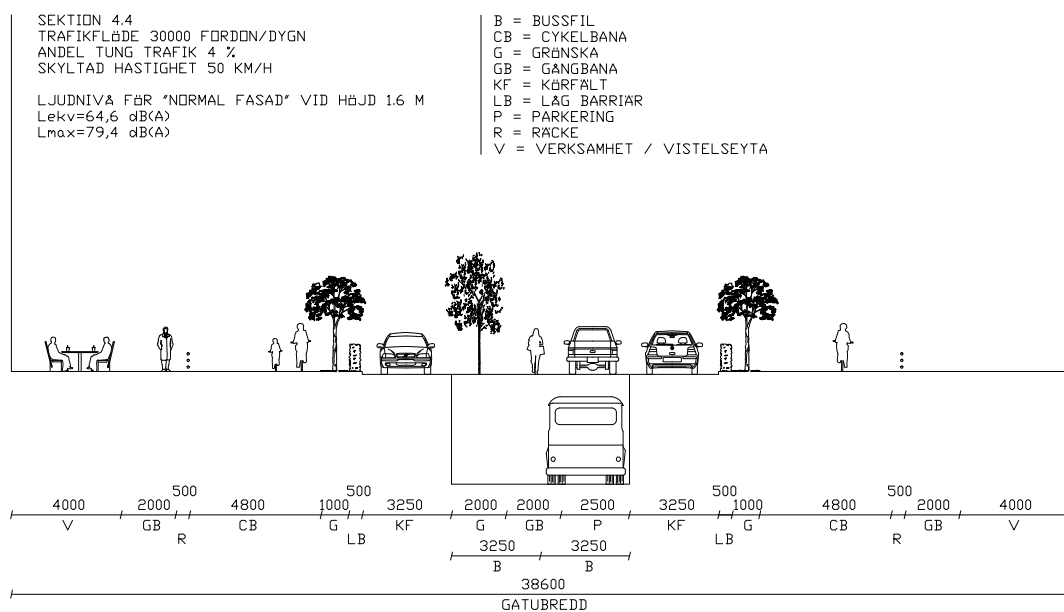
De ekvivalenta ljudtrycksnivåerna uppnår godkända värden längs fasadernas hela höjd.

Grundkonceptet i det här alternativet är att kollektivtrafiken förläggs till separata, överdäckade körfält för effektivare dämpning av vägtrafikbuller, vilket kan ses i figur 23.

Ovanpå de överdäckade körfälten finns en yta bestående av parkeringsplatser som växlar sida så att parkering finns att tillgå för båda körfälten. Ytan angränsar till två motriktade körfält och innehåller förutom parkering också en gångbana för transport till och från fordon samt en grönyta. På båda sidorna av gatan finns breda gång- och cykelbanor som separeras med räcken. Cykelbanorna är fyrfiliga och separeras från körfälten med breda grönytor och låga barriärer. Mellan gångbanorna och byggnaderna finns väl tilltagna vistelseytor.

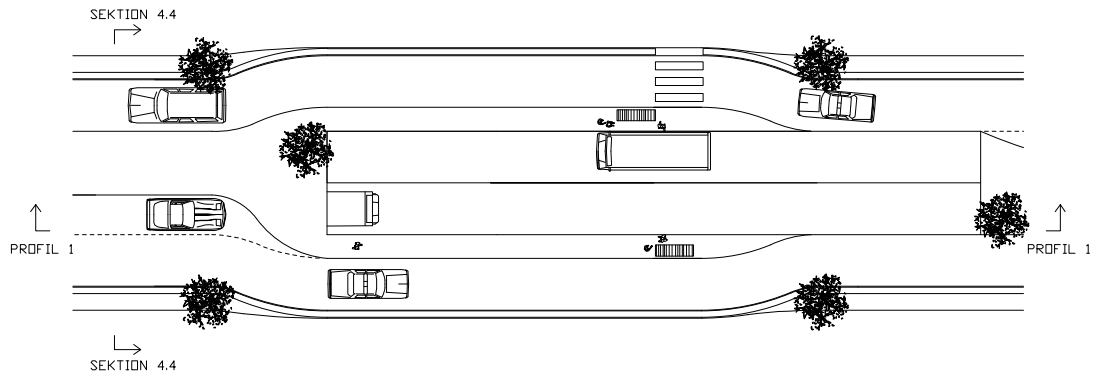
Hållplatser finns i markplan och vid dessa stiger de överdäckade körfälten upp, se figur 24 samt figur 25. Av den anledningen är gatan här något bredare än i övrigt vilket inte syns i tvärsektionerna. Vid beräkningar av ljudtrycksnivåerna har en halvering av trafikflödet antagits i körfälten ovan mark. De överdäckade körfälten har antagits ej bidra till ljudtrycksnivåerna. För att bekräfta att dessa beräkningsförutsättningar är rimliga och att ljudtrycksnivåerna verkligen sänks med denna lösning samt för att optimera utformningen krävs dock vidare efterforskningar.

De låga barriärerna är främst till för att skapa en behagligare ljudmiljö för gång- och cykeltrafikanter samt eventuella verksamheter i vistelseytan i gatuplan.



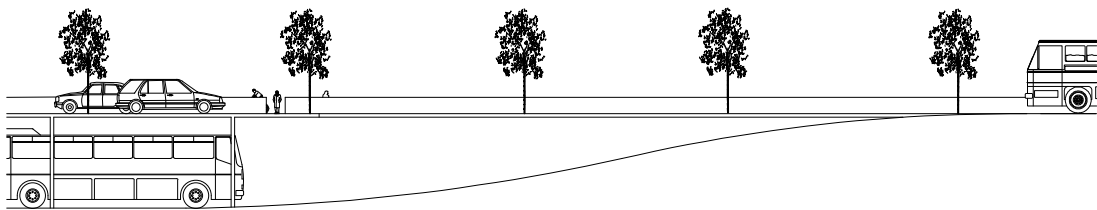
Figur 23: Alternativ 4.4

PLANRITNING 1, SEKTION 4.4
TRAFIKFLÖDE 30000 FORDON/DYGN
ANDEL TUNG TRAFIK 4 %
SKYLTAD HASTIGHET 50 KM/H



Figur 24: Planvy 1

PROFILRITNING 1, SEKTION 4.4
TRAFIKFLÖDE 30000 FORDON/DYGN
ANDEL TUNG TRAFIK 4 %
SKYLTAD HASTIGHET 50 KM/H



Figur 25: Profil 1

3.4.5 Sammanfattning exempelgata 4

Alternativ 4.4 uppnår godkända värden för de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna längs fasadernas hela höjd.

För alternativ 4.1-4.3 beräknas de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna vara icke godkända vid fasadens hela höjd. Enligt gällande riktlinjer krävs genomgångslägenhet längs hela fasadens höjd eftersom de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna överskrider. På grund av riktvärdet för en enskild bostads uteplats skulle en sådan behöva placeras mot en sida där de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna ej överskrider 50 dB(A). De maximala ljudtrycksnivåerna är högre än vad som rekommenderas av gällande förordning för samtliga alternativ. Detta kan eventuellt lösas genom åtgärder i husens väggar för att undgå för höga ljudtrycksnivåer inomhus. Alternativt måste förbud för tung trafik införas nattetid.

Alla alternativen har approximativt samma beräknade maximala ljudtrycksnivåer. Alla alternativ förutom 4.4 har dessutom approximativt samma beräknade ekvivalenta ljudtrycksnivåer.

Cykeltrafik gagnas i alla alternativen med breda och fyrfiliga cykelbanor.

I alternativ 4.1-4.3 kommer all parkering att förläggas till närliggande parkeringshus vilket är i linje med Göteborgs gällande trafikstrategi. I alternativ 4.4 har parkeringsplatser medtagits i gatumiljön för enkel tillgång till verksamheter vilket främjas av de lägre ekvivalenta ljudtrycksnivåerna. Boendeparkering är dock tänkt att förläggas till närliggande parkeringshus.

I alternativ 4.2-4.4 har låga barriärer placerats ut för att minska störningar orsakade av vägtrafikbuller och därmed skapa en behagligare ljudmiljö för gång- och cykeltrafikanter samt eventuella verksamheter i vistelseytan i gatuplan. Ljudtrycksnivåerna kan förväntas reduceras med 3-12 dB(A) 2-50 meter bakom samt på en höjd av 1-5 meter. En viss dämpning kan förväntas också vid fasad men detta är ej medtaget vid beräkningarna av ljudtrycksnivåer. För samtliga alternativ har de låga barriärerna placerats i direkt anslutning till körfält och alternativ 4.2 och 4.3 har kompletterats med en extra barriär i mitten vilket borde resultera i ytterligare dämpning.

För att skapa en bättre ljudmiljö för bostäder samt i gaturummet skulle införandet av någon form av bullerreducerande vägbeläggning kunna vara befogat. Dränasfalt skulle bidra med en reduktion av ljudtrycksnivåerna, hur stor den kan tänkas vara tas upp i slutdiskussionen. En sänkning av ljudtrycksnivåerna skulle medföra en större frihet vid utformningen av lägenheternas planlösning längs fasadens hela höjd. Om det beslutas att en sådan åtgärd är motiverad och beräkningar gör gällande att godkända ljudtrycksnivåer uppnås kan det vara befogat att överväga att avlägsna några av sektionernas låga barriärer.

4. Slutdiskussion

I slutdiskussionen presenteras analyser och reflektioner som berör alla olika exempelgator som rapporten har behandlat samt övergripande åtgärder. I ett avslutande delkapitel presenteras också ett antal slutsatser som rapporten har kommit fram till.

4.1 Gatuutformning och trafikfaktorer som påverkar ljudtrycksnivåerna i gatukanjoner

Ljudtrycksnivåerna mellan de olika gatutyperna varierar relativt mycket. Utifrån resultaten ses att det framförallt är hastighet, antal och typ av fordon som är de variabler som påverkar mest. Resultaten visar också att det krävs relativt stora förändringar i bredd för att få en märkbar skillnad i ljudtrycksnivå, detta ses exempelvis i resultaten från exempelgata 3. För att förbättra resultaten i tvärsektionerna finns ett antal metoder.

4.1.1 Asfaltsbeläggning

En metod som skulle resultera i en reduktion av ljudtrycksnivån är en dränasfalt där källstyrkan enligt tidigare försök, sammanställda av VTI, skulle minska källstyrkan med 7-8 dB(A). Eftersom försöken gjordes på vägar där hastigheten var 90-110 km/h är det ej fastställt om samma reduktion av ljudtrycksnivån skulle kunna uppnås vid de aktuella hastigheterna i rapporten. Hur stor reduktionen hade kunnat bli i de framtagna alternativen får vidare efterforskningar visa. Om samma reduktion av ljudtrycksnivåerna, som i VTI:s rapport, uppnås skulle samtliga framtagna alternativ nå ekvivalenta ljudtrycksnivåer under 65 dB(A) och därmed klassas som godkända nivåer enligt denna rapport. Som framkommit i kontakt med Göteborgs Trafikkontor är dock dränasfalt en dyr och underhållskrävande investering även om den enligt VTI kan vara samhällsekonomiskt vinstgivande i de fall där många boende berörs av vägtrafikbuller. Den ekvivalenta ljudtrycksnivån minskar mycket lite med höjden, i de tvärsektioner som är icke-godkända gäller att den ekvivalenta ljudtrycksnivån överskrider 65 dB(A) längs hela fasadens höjd på 30 meter. En dränasfalt hade i detta fall kunnat förbättra ljudtrycksnivån på den mest utsatta fasaden och dessutom ökat möjligheten att nå riktvärdena på den minst utsatta fasaden.

4.1.2 Hastighet

En annan metod för att minska ljudtrycksnivån är genom en sänkning av hastigheten i de olika alternativen. Som tabell 3 från Vägverket visar skulle en sänkning av hastigheten från 50 km/h till 40 km/h minska den ekvivalenta ljudtrycksnivån med 1-2 dB(A). En sådan minskning av de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna på exempelgata 3 och 4 hade dock inte lett till någon ändring i klassificering. Ljudtrycksnivåer från hastigheter under 30 km/h betraktas enligt beräkningsmetoderna som konstanta vilket gör att en sänkning av hastigheten inte skulle ha någon inverkan på resultaten. I utformandet av körbanorna har i första hand hänsyn tagits till möjlighet att två bussar ska kunna mötas i alla tvärsektioner förutom på exempelgata 1, detta för att möjliggöra kollektivtrafik. Huruvida detta är en bredd som skulle kunna medföra att förare kör i en hastighet högre än den skyltade och därmed generera högre ljudtrycksnivåer har rapporten ej undersökt.

I den tekniska handboken från Göteborgs Stad ses det att exempelgata 4 har den minsta möjliga bredd som anges, medan det för exempelgata 2 och 3 finns en smalare körfältsbredd. En mindre bredd vid möte för två bussar skulle i det fallet klassificeras som låg standard enligt handboken, varför den därmed inte har valts. En trafikseparerad gata med bred körbana, bra siktlinjer och få korsningar kommer med största sannolikhet generera högre hastigheter, därmed också en högre ljudtrycksnivå än en gata med smal körbana där olika typer av fordon och trafikanter möts och korsas ofta. I de framtagna alternativen har ej vägbulor eller andra hastighetsdämpande åtgärder använts. Detta framförallt på grund av de ökade antalet accelerationer och inbromsningar det skulle medföra som i sin tur höjer ljudtrycksnivåerna. En studie i hur utformningen av en gata manar förare att hålla en låg och jämn hastighet ligger utanför ramen för denna rapport.

4.1.3 Antal och typ av fordon

Utformningen av vägen påverkar också antalet fordon som nyttjar den. Sambandet mellan förändringen i antal fordon och den ekvivalenta ljudtrycksnivån beskrivs i tabell 2 från Trafikverket. En halvering av antalet fordon leder till en minskning på 3 dB(A) och således krävs relativt stora förändringar i flödet av fordon för att åstadkomma en märkbar förändring i den ekvivalenta ljudtrycksnivån. Noterbart är att den maximala ljudtrycksnivån ej påverkas av antalet fordon då den endast beräknas utifrån ett specifikt fordon.

Hur en minskning av antal fordon skulle åstadkommas påverkar också utfallet av förändringen. Att enbart förflytta fordonsflödet till andra gator och vägar skulle kunna medföra ett ökat problem med vägtrafikbuller på dessa platser. Fördelaktig hade varit om fordonsflödet minskar genom en ökning av antalet kollektivtrafikresenärer, cykel- och gångtrafikanter, något som försökt främjas vid utformning av alternativen. I samtliga gator är cykel- och gångbanor separerade och undantaget exempel 1.3, där cykeltrafikanter och biltrafikanter delar körfält i ena riktningen, är cykelbanor också separerade från bil- och busstrafik.

En övergång till eldrivna fordon hade på flera sätt varit fördelaktig i målet om minskade nivåer av vägtrafikbuller. Vid hastigheter under 30 km/h skulle det nu dominerande framdrivningsbullret minska markant och dessutom skulle det svårämpade lågfrekventa bullret minska. Även på gator i stadsmiljö där hastigheter över 30km/h tillåts skulle en övergång till eldrivna fordon kunna vara fördelaktig. På grund av frekvent förekommande korsningar, gatuutformningen med mera kan hastigheten vara lägre än den tillåtna. I rapporten är det framförallt i alternativ 2.4 som hänsyn har tagits till en eventuell framtid med ökat antal eldrivna fordon.

Exempelgatorna 2, 3 och 4 är dimensionerade för att ge utrymme för kollektivtrafik. Skillnaden i hur kollektivtrafiken behandlas i de olika exempelgatorna beror på vilken funktion gatan ska fylla i ett större perspektiv. På exempelgata 2 som ska fungera som en lokal uppsamlingsgata finns det inga separerade busskörfält utan bussarna delar körfält med personbilarna. I utformningen av hållplatser för denna typ av kollektivtrafik skulle dessa kunna placeras sådana att bussen stannar i körfältet eller att parkering vid sidan av körfälten försvinner. På exempelgatorna 3 och 4 där genomfartstrafik i olika mängder ska

ske har kollektivtrafik prioriterats genom antingen körfält exklusivt för bussar och delade körfält mellan bussar och så kallade samåkningsfiler. Detta dras till sin spets i exempel 4.4 där kollektivtrafik är nedgrävd och överdäckad. På så sätt minimeras det genererade vägtrafikbullret och antalet interaktioner mellan kollektivtrafik och annan trafik minskas.

4.1.4 Övriga inverkanse faktorer

Med hjälp av absorberande fasader skulle ljudtrycksnivån i de framtagna tvärsektionerna enligt beräkningarna minska marginellt. Absorbenters betydelse ska dock inte förringas eftersom de i ett större perspektiv skulle kunna bidra till att minska det omgivande vägtrafikbullret. Ett sätt att uppnå denna absorberande effekt är genom att implementera gröna fasader. Dessa hade dessutom bidragit till en förbättrad visuell miljö i stadsrummet.

En annan metod som rapporten arbetat med är de låga barriärerna som använts i ett antal av alternativen. För att dessa ska fungera effektivt gäller att barriärerna placeras så nära källan som möjligt, något som i praktiken ibland kan vara svårt att genomföra. För att åstadkomma detta har parkeringsplatser i gaturummet på ett antal alternativ bortprioriterats medan alternativ 2.3 visar en annan placering av parkeringen för att låta barriärerna placeras nära källan.

Att inte applicera bullerskärmar i något av alternativen har valts med motiveringen att det i ett sådant fall skulle vara svårt att skapa en stadsmässig gatumiljö. Med en bullerskärm som sträcker sig över huvudhöjd riskeras att ytterligare en barriär skapas som försämrar möjligheten till att enkelt förflytta och orientera sig i gaturummet. På exempelgata 4 ligger det närmast till hands att applicera en bullerskärm. Här är trafikflödet tillräckligt stort att möjligheten till att korsa gatan utan signalreglering får ses mycket otroligt varför barriäreffekten inte skulle få samma inverkan.

För att öka möjligheten att ej överskrida riktvärdena på den tystaste sidan kan diskussioner föras kring kvartersstrukturer kontra punkthus. Som kandidatarbetet *Hälsoeffekter och samhällskostnader till följd av trafikbuller vid öppna respektive slutna kvarter i stadsmiljö* från Chalmers tekniska högskola visar kan en sluten kvartersstruktur bidra till minskad risk för hjärtinfarkt, sömnstörningar och på så vis ge en mindre samhällsekonomisk belastning jämfört med en öppen kvartersstruktur (Arnesson, Engström, Feghali, Jönebratt och Palmberg, 2013).

4.2 Förutsättningar för stadsliv och bostäder med goda ljudmiljöer

En förutsättning för att bostäder ska kunna placeras där den ekvivalenta ljudtrycksnivån överstiger 55 dB(A) vid den mest utsatta fasaden är att samma värde ej överstigs vid den minst utsatta fasaden. Detta gäller således för alla alternativ för exempelgatorna 2,3 och 4. Om riktvärdet uppnås vid minst utsatta fasad eller ej beror på flera olika faktorer, bland annat närliggande gators alstring av vägtrafikbuller, kvartersstruktur och ljudtrycksnivå vid den mest utsatta fasaden. Trots avsaknaden av ett övre riktvärde för ljudtrycksnivån vid den mest utsatta fasaden begränsas denna av ljudtrycksnivån vid den minst utsatta fasaden.

I planeringen av olika funktioner i de hus som omger gatukanjonerna har rapporten fokuserat på att visa var det finns goda förutsättningar att skapa goda ljudmiljöer för boende. Som stadslivsanalysen och utbyggnadsstrategin för Göteborg dock påpekar är det, för att skapa ett rikt stadsliv, fördelaktigt att blanda olika funktioner som boende, kontor och verksamheter i samma kvarter. Med olika tekniska lösningar kan godkända ljudtrycksnivåer nås vid fasad för alla de i rapporten studerade trafikmängderna. Detta innebär dock inte att placering av boende i varje sådant fall är det bästa alternativet.

Kontor, verksamheter och andra mindre ljudkänsliga funktioner kan med fördel placeras utmed de gator och fasader med högst ljudtrycksnivåer. Bostäder kan då placeras där förutsättningarna för att kunna skapa tystare miljöer är bättre. Även olika typer av lägenheter kan diskuteras då en genomgångslägenhet som vetter mot två fasader skapar större förutsättningar för att lyckas nå bra ljudtrycksnivåer på någon sida av lägenheten.

De riktvärden för ljudtrycksnivåer för bostäder som idag finns i Sverige beräknas över ett 24 timmars intervall. Möjligheten att dela upp riktvärden för bostäder i flera olika tidsintervall, såsom dagtid, kvällstid och nattetid, skulle kunna bidra till att ge en mer rättvis utvärdering av vägtrafikbullernivåerna. I strävan efter att ljudtrycksbilden i gatuplan ska bli bra skulle ett införande av riktvärden kunna diskuteras.

De i flera av alternativen medtagna parkeringsplatserna är tänkta att fungera som korttidsparkering för att nå de verksamheter som ligger på gatan. Fördelaktigt hade varit om fler parkeringsplatser flyttats till parkeringshus eller garage i enlighet med Göteborgs Stads trafikstrategi. Rapporten har dock valt att prioritera parkeringsplatser i några av alternativen på grund av den stora användningen av personbilar idag. Vid en minskning av antalet personbilar och således också behovet av antal parkeringsplatser skulle den frigjorda ytan kunna användas för till exempel andra trafikslag, större verksamhet- eller vistelseytor i gaturummet eller vid behov större vägtrafikbullerdämpande åtgärder.

Som trafikstrategin påpekar är det viktigt att hastighet och flöde av bilar inte blir högre eller större än att gångtrafikanter relativt enkelt kan ta sig över gatan så att en barriäreffekt inte skapas. För att lyckas skapa liv och rörelse på båda sidor av gatan har det varit ett genomgående mål att skapa liknande förutsättningar oavsett sida av gatan. Det skulle kunna frångås i de fall där ljus- och väderförhållanden ger bättre förutsättningar på ena sidan. I ett sådant fall skulle en prioritering av stadsliv på ena sidan kompletteras med att trafiken flyttas närmare den andra fasaden där absorbenter skulle kunna sättas upp. På detta sätt minskas reflektionerna och samtidigt maximeras avståndet till majoriteten av människorna i gaturummet. Förslagsvis skulle mindre bullerkänsliga verksamheter placeras på sidan med högre ljudtrycksnivåer.

De framtagna alternativen visar förslag på hur hela eller delar av gaturummet kan disponeras. De föreslagna bredderna på vistelseytor, trottoarer, cykelbanor och körbanor kan varieras på flera olika sätt. Det finns svårigheter i att skapa gatukanjoner i städerna som ska utnyttja den tillgängliga ytan effektivt samtidigt som de funktioner som behövs för att skapa ett rikt stadsliv ska få plats i gaturummet. Rapportens mål har varit att försöka skapa förutsättningar för ett stadsliv så som de är beskrivna i den stadslivsanalys och de styrdokument som Göteborgs Stad tagit fram. De förutsättningar rapporten har fokuserat på är ytor för verksamhet och vistelse i gatuplanet, att cykel- och gångtrafik ska vara

prioriterade samt bostäders placering vilket är en viktig del för att lyckas skapa tät blandstad.

4.3 Slutsatser

- Gällande vägtrafikbullerriktvärden går att uppnå med tekniska lösningar och bra trafikplanering.
- Det finns innovativa och tekniska lösningar, exempelvis elbilar, dränasfalt, som i framtiden kan skapa förutsättningar för bra stads- och trafikplanering.
- Det är svårt att dämpa vägtrafikbuller och samtidigt skapa förutsättningar för ett rikt stadsliv.
- En övergång från personbil till ökad cykel-, gång och kollektivtrafik skulle förenkla målet om en tystare ljudmiljö i staden.
- Tvärsektioner beskriver delar av gaturummet men ger ej en övergripande bild av hela staden.

Referenser

Andersson, P. & Kropp, W. (2008). Lecture 2-3. *Applied Acoustics – Introduction to Sound and Vibration*. Hämtad från

http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture0203.pdf

Andersson, P. & Kropp, W. (2015). Lecture 1. *Applied Acoustics – Introduction to Sound and Vibration*. Hämtad från

http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture01.pdf

Bendtsen, H. (1999). The Nordic prediction method for road traffic noise. *The Science of the Total Environment*, volym(255), 331-338. Hämtad från

http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/1-s2.0-S0048969799002168-main.pdf

Bies, D.A. & Hansen, C.H. (2010). *Engineering Noise Control Theory and practice* (4. uppl.). Abingdon: Spon Press.

Boverket. (2008). *Buller i planeringen - Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik*. Boverket

Hämtad från

http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/buller_i_planeringen_allmanna_rad_2008_1.pdf

Boverket (2008). [Elektronisk bild]. Hämtad från

http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/buller_i_planeringen_allmanna_rad_2008_1.pdf

Boverket. (2011). *Boverkets byggregler 22: Bullerskydd (BFS, 2011:6)* Hämtad från

<http://www.boverket.se/globalassets/vagledning/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-7>

Boverket. (2014a). *Ljud och buller*. Hämtad från

<http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/halsa-och-klimat-i-samhallsplaneringen/buller-beror-manga/ljud-och-buller/>

Boverket. (2014b). *Nationell bullersamordning*. Hämtad från

<http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/halsa-och-klimat-i-samhallsplaneringen/buller-beror-manga/buller-i-planeringen1/nationell-bullersamordning/>

Boverket. (2016). *Buller berör många människor*. Hämtad från

<http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/halsa-och-klimat-i-samhallsplaneringen/buller-beror-manga/>

Dahlström, K. & Bångman, G. (2008 rev. 2009). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4*. SIKÅ. Hämtad från

http://www.trafikverket.se/contentassets/f250787d665a41f6ad73f76c95b70c9a/asek_4_samhallsekonomiska_principer_och_kalkylvarden_for_transportsektorn.pdf

Forssén, J. (2007b). *Fördelar och nackdelar hos olika modeller*. Ljudlandskap. Hämtad från

http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_8&rubrik=rubrik7

Forssén, J. (2007c). *Trafikomläggning*.

Hämtad från

http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=specialister&kapitel=kapitel_10&rubrik=rubrik4

Forssén, J. (2007a). *Utrustning och mätplats*. Hämtad från

http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=nyfikna&kapitel=kapitel_7&rubrik=rubrik1_2

Franzén, M., Hubendick, B., Öberg, S. (u.d.) Urbanisering. *Nationalencyklopedi*.

Hämtad från

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/urbanisering>

Göteborgs Stad. (2014a). *Göteborg 2035: Trafikstrategi för en nära storstad*. Hämtad från

http://goteborg.se/wps/wcm/connect/32f1301c-7e10-4f6d-a0fa-ee4f1c2f3f3a/Trafikstrategi_Slutversion_swe_web_140402.pdf?MOD=AJPERES

Göteborgs Stad. (2014c). *Göteborg 2035: Grönstrategi för en tät och grön stad*.

Hämtad från http://goteborg.se/wps/wcm/connect/0bbf9fb8-a6a9-43bf-9548-34e7697d8f0e/Gr%C3%B6nstrategi_20140324.pdf?MOD=AJPERES

Göteborgs Stad. (2014b). *Göteborg 2035: Strategi för utbyggnadsplanering*. Hämtad från

http://goteborg.se/wps/wcm/connect/2b48a33f-df7f-4109-8f7e-6a188582c2cc/up_slutrapport_lag.pdf?MOD=AJPERES

Göteborgs Stad. (2015a). *Vägledning för trafikbuller i planeringen*. Hämtad från

https://goteborg.se/wps/wcm/connect/abd0adee-9a5d-437f-8b2d-5194d7b1213b/V%C3%A4gledning+f%C3%B6r+trafikbuller+i+planeringen_2015.pdf?MOD=AJPERES

Göteborgs Stad. (2015b). *Lagar och föreskrifter*. Hämtad från <http://th.tkgbg.se/sv-se/planering/lagarochf%C3%B6reskrifter.aspx>

Göteborgs Stad. (2015c). *Teknisk Handbok*. Hämtad från

<http://th.tkgbg.se>

Göteborgs Stad. (2016). *Delmål - God bebyggd miljö*. Hämtad från

http://goteborg.se/wps/portal/invanare/miljo/goteborgs-miljomal/god-bebyggd-miljo/god-ljudmiljo!/ut/p/z1/04_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziAwy9Ai2cDB0N_N0t3Qw8

Q7wD3Py8ffw9Q431w8EKDFCAo4FTkJGTsYGBu7-RfhQx-
vEoiMIwHtki_YLc0FAAD_nh-Q!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

Jacobson, T. & Viman, L. (2015). *Erfarenheter av bullerreducerande beläggningar*.
Linköping: VTI. (VTI rapport 843). Hämtad från
<https://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/erfarenheter-av-bullerreducerande-belaggnings.pdf>

Ljudskolan. (u.d.). *Så sänker man ljudnivån i ett klassrum*.
Hämtad från <http://www.ljudskolan.se/ljudfakta/sa-sanker-man-ljudnivan-i-ett-klassrum/>

Länsstyrelsen. (2012). *Trafikbuller och planering IV*.
Hämtad från
<http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2012/trafikbuller-och-planering-4.pdf>

Marbjerg, G. (2013). *Noise from electric vehicles - a literature survey*
Hämtad från
http://www.compett.org/documents/wp_3_report_noise_from_electric_vehicles_a_literature_survey.pdf.

Naturvårdsverket. (2012). *God bebyggd miljö: Preciseringar av God bebyggd miljö*.
Hämtad från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/15-god-bebyggd-miljo/Preciseringar-av-god-bebyggd-miljo/>

Naturvårdsverket. (2014). *Nationell samordning av omgivningsbuller*. Hämtad från
<https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/buller/buller-vibrationer-vag-spar-150904.pdf>

Naturvårdsverket. (2015a). *God bebyggd miljö*. Hämtad från
<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/>

Naturvårdsverket. (2015b). *Buller från vägar och järnvägar vid nybyggnation: Nybyggnation av vägar och spår*. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Buller/Buller-fran-vagar-och-jarnvagar-nybyggnation/>

Naturvårdsverket, Vägverket, Nordiska ministerrådet. (1996). *Vägtrafikbuller* (Rapport: 4653). Stockholm: NATURVÅRDSVERKET FÖRLAG. Hämtad från
https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-4653-5_del1.pdf?pid=2723

Nilsson, M., Kløeboe, R., Bengtsson, J., Forssén, J., Hornikx, M., Van der Aa, B., Rådsten-Ekman, M., Defrance, J., Jean, P., Koussa, F., Maillard, J., Van Maercke, D., Attenborough, K., Bashir, I., Taherzadeh, S., Benkreira, H., Horoshenkov, K., Khan, A., Kang, J., Smyrnova, Y., Botteldooren, D., De Consel, B., Van Renterghem, T., Mosslemi, M., Veisten, K., Männel, M., Vincent, B., Jeon, J.Y., Suk Jang, H., Young Hong, J., (2013), *Novel solutions for quieter and greener cities*, Hämtad från http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/208780/local_208780.pdf

Persson, A. (2014). *Buller*. Hämtad från <http://ki.se/imm/buller>

Proposition 2013/14:128. *Samordnad prövning av buller enligt miljöbalken och plan- och bygglagen*. Hämtad 21 april, 2016, från <http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Utskottens-dokument/Betankanden/Arenden/201314/CU33/>

Regeringen. (2015). *Nya bullerregler gör det enklare att bygga fler lägenheter*. Hämtad från <http://www.regeringen.se/artiklar/2015/04/nya-bullerregler-gor-det-enklare-att-bygga-fler-lagenheter/>

SFS 2010:900. *Plan-och bygglag*. Hämtad 21 april, 2016, från https://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900/#K2

SFS 2015:216. *Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggande*. Hämtad 21 april, 2016, från https://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Forordning-2015216-om-trafi_sfs-2015-216/?bet=2015:216

Svanström, S. (2015). Urbanisering: från land till stad. *Statistiska centralbyrån, 2015:96*. Hämtad från http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Artiklar/Urbanisering--fran-land-till-stad/

Svedjeholm, Å. (2014). *Tyst elbil målet för ljudforsare*. Hämtad från <http://www.ltu.se/ltu/media/news/Tyst-elbil-malet-for-ljudforskare-1.115864>

Torsmark, U. (2008). *Buller - ett hot mot vår hälsa*. Hämtad från <http://miljoforskning.formas.se/sv/Nummer/Augusti-2008/Innehall/Tema/Buller---ett-hot-mot-var-halsa/>

Trafikverket. (2015a). *Källor till trafikbuller*. Hämtad från <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/trafikbuller-och-vibrationer/Fakta-om-buller-och-vibrationer/Kallor-till-vagtrafikbuller/>

Trafikverket. (2015b). *Vägar och gatorsutformning version 2*. Hämtad från <http://online4.ineko.se/trafikverket/Product/Category/12443>

Trafikverket. (u.d.). *Rätt hastighet på vägen skonar miljön*. Hämtad från http://www.trafikverket.se/contentassets/587763fa70424ec495013a3eb8cfeaa4/informat ionsblad_hastighet_miljo.pdf

Trafikverket. (2004). *Bullerskydd*. Hämtad från http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument_vag_och_gatuutformning/Vagar_och_gators_utformning/Vag_och_gatu utrustning/07_bullerskydd_gatuutrustning.pdf

Vigran, T.E. (2002). *Byggningsakustikk - et grunnlag*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Vägverket, Sveriges kommuner och landsting. (2008). *Rätt fart i staden - Hastighetsnivåer i en attraktiv stad. 2:a upplagan*. Hämtad från <http://www.mypaper.se/show/text.asp?pid=345294465866295&page=41>

World Health Organization. (2011). *Burden of disease from environmental noise: Quantifications of healthy life years lost in Europe*. Hämtad från http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf

Ögren, M. & Bengtsson Ryberg, J. (2015). *Bullerberäkningar med Cnossos-EU i Sverige*. Västra Götalandsregionen, Miljömedicinskt Centrum. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/buller/kartlaggning/bullerkartlaggning-cnossos-.pdf>

Öhrström, E. (2007). *Allmänt om hälsoeffekter av ljud/buller*. Hämtad från http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=nyfikna&kapitel=kapitel_5&rubrik=rubri

Alternativ 1.1: Existerande alternativ

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

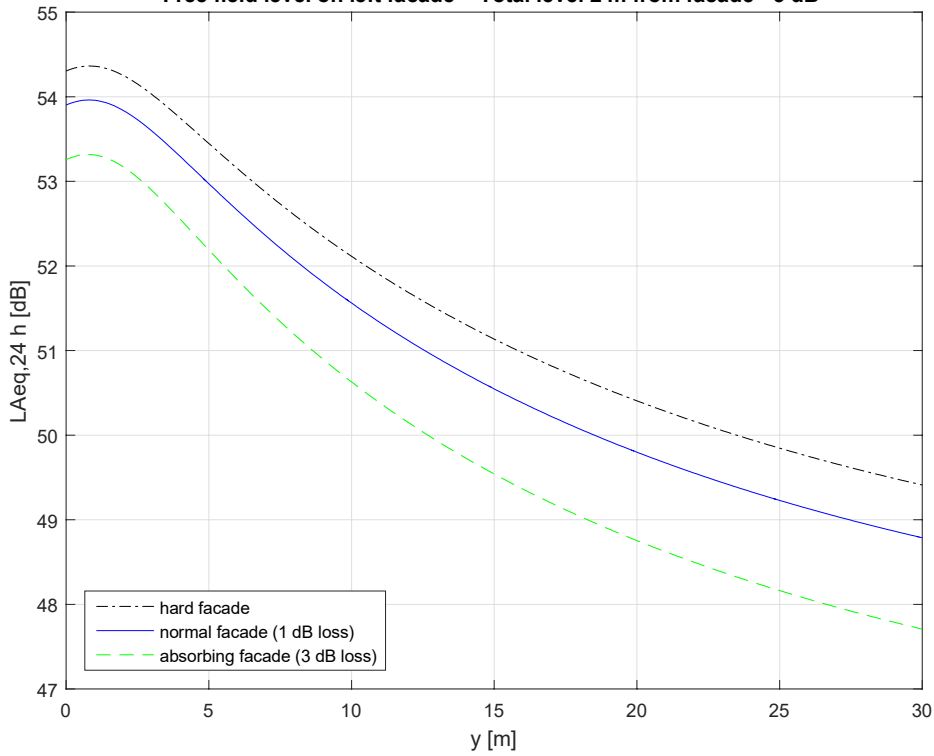


Diagram 1: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

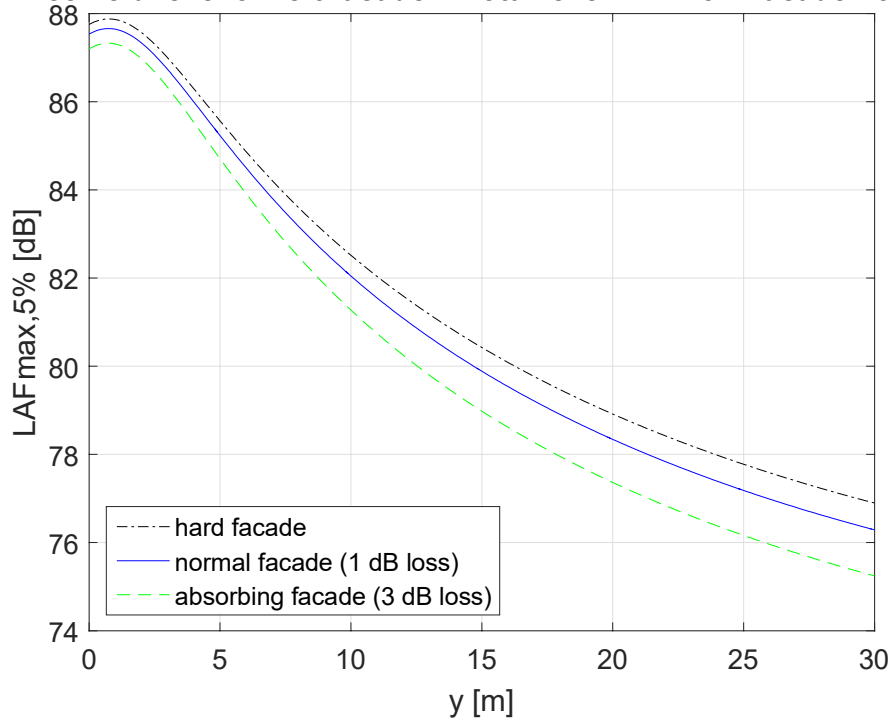


Diagram 2: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

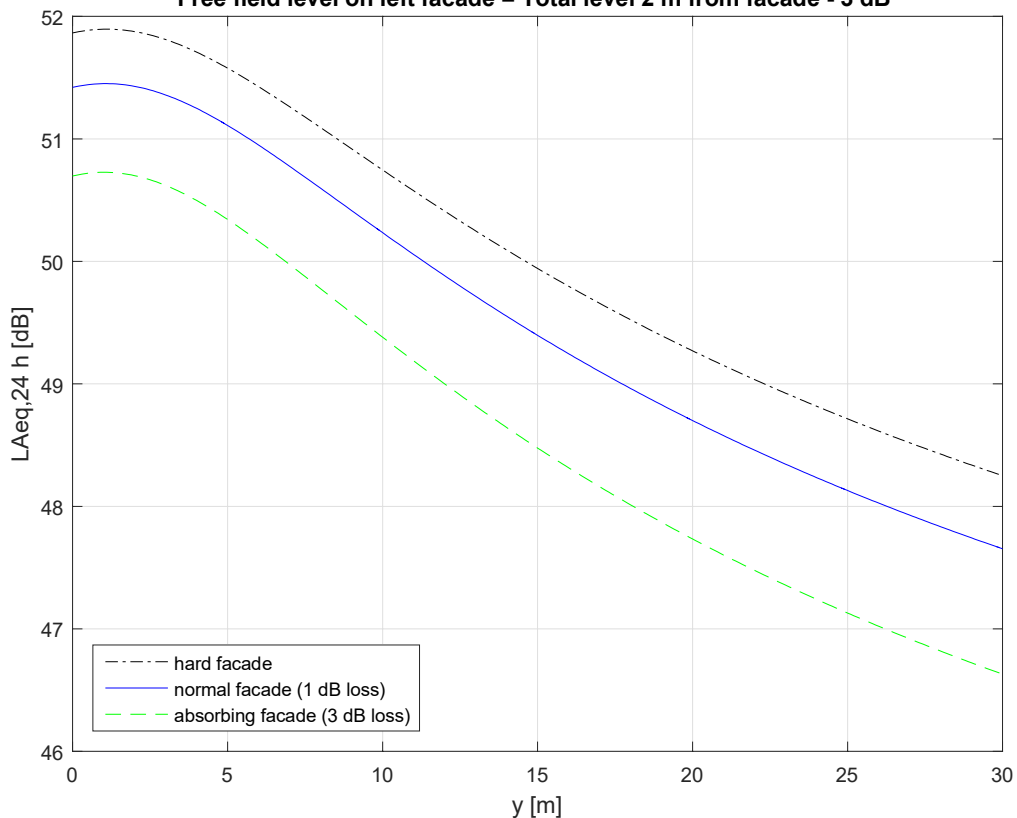


Diagram 3: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

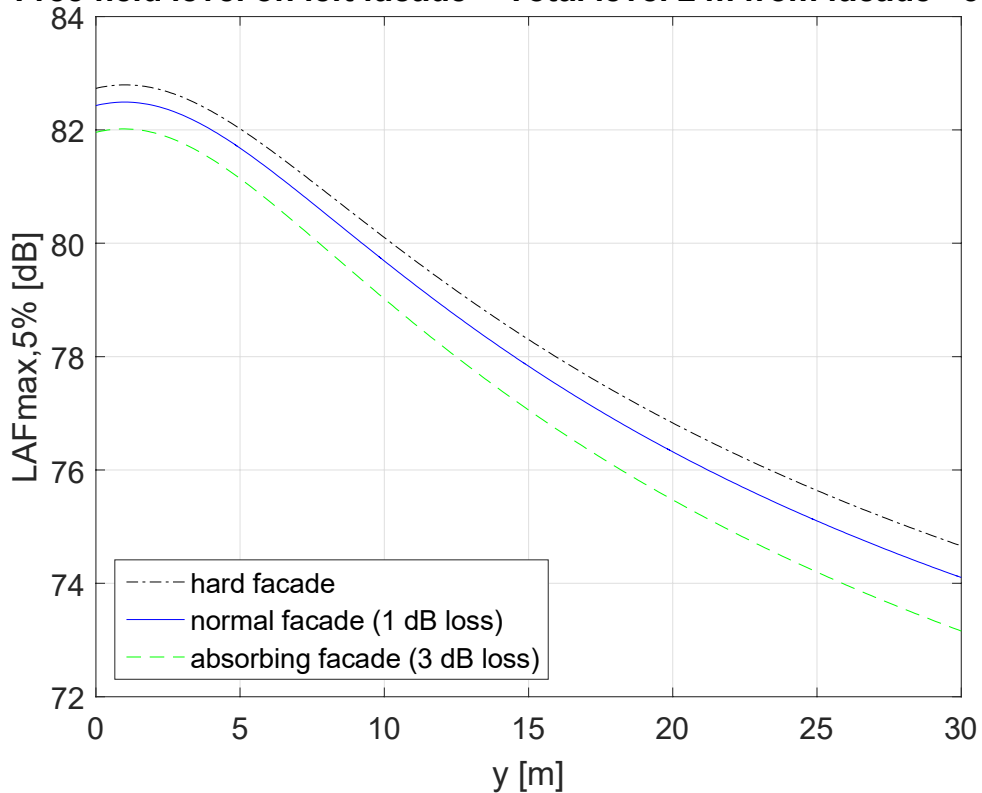


Diagram 4: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

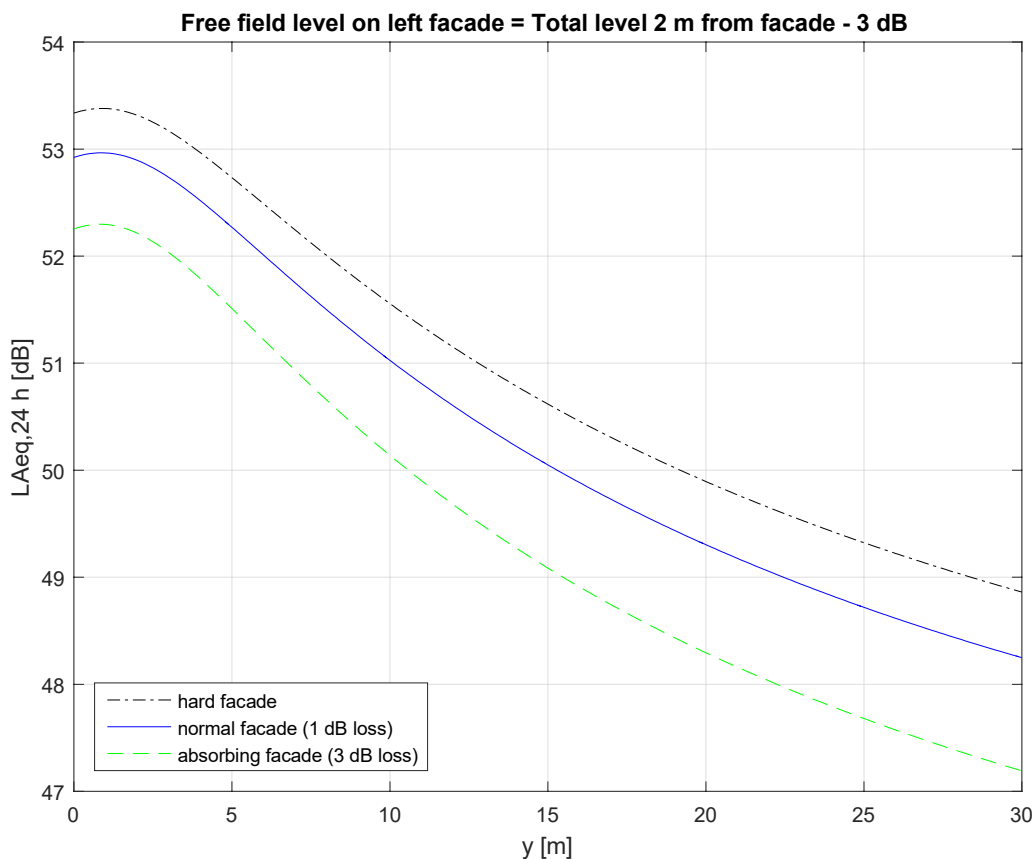


Diagram 5: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

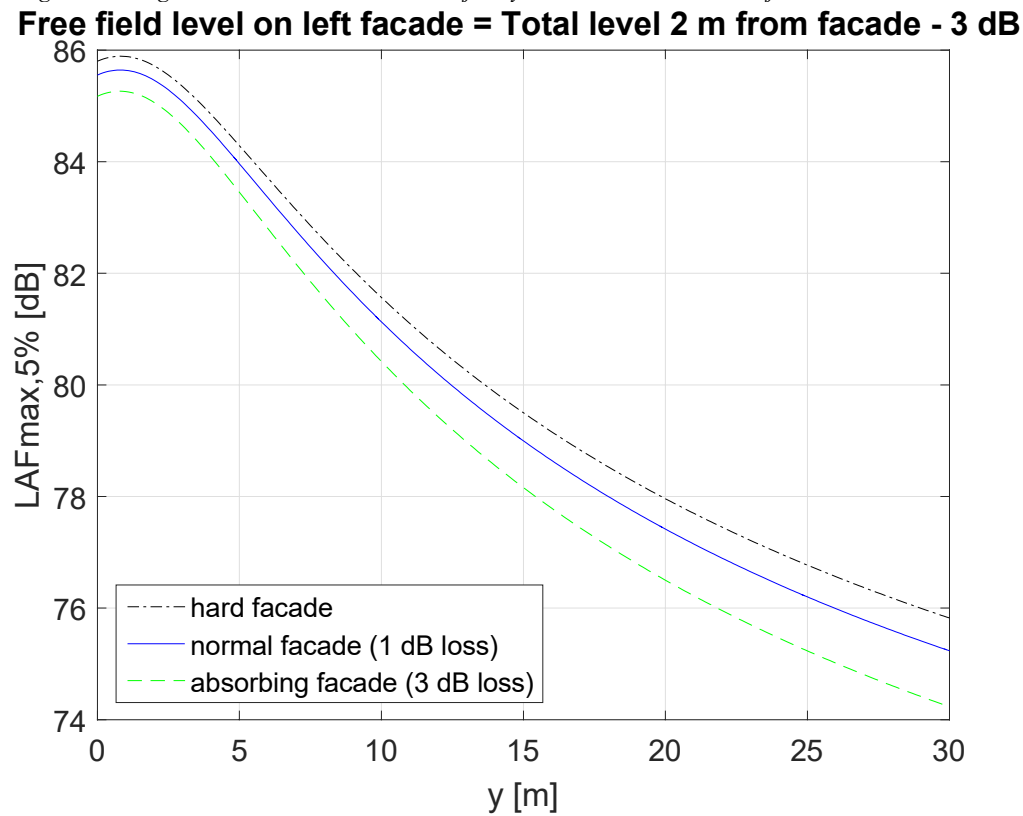


Diagram 6: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

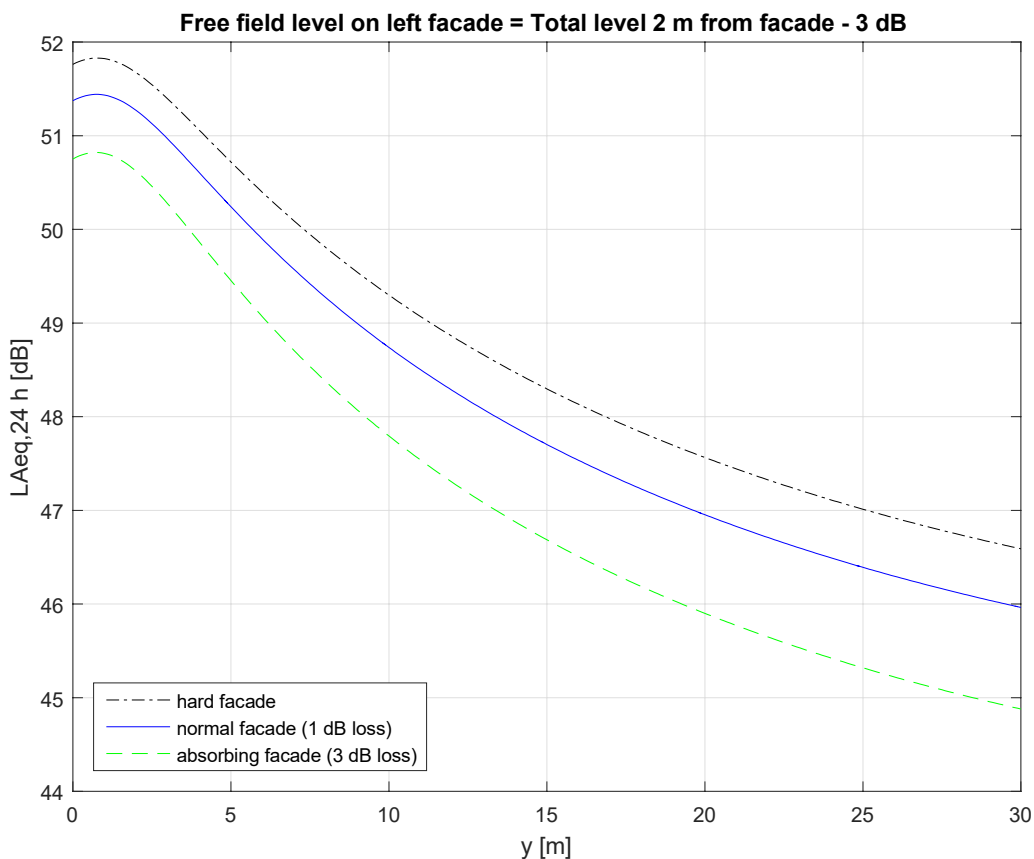


Diagram 7: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

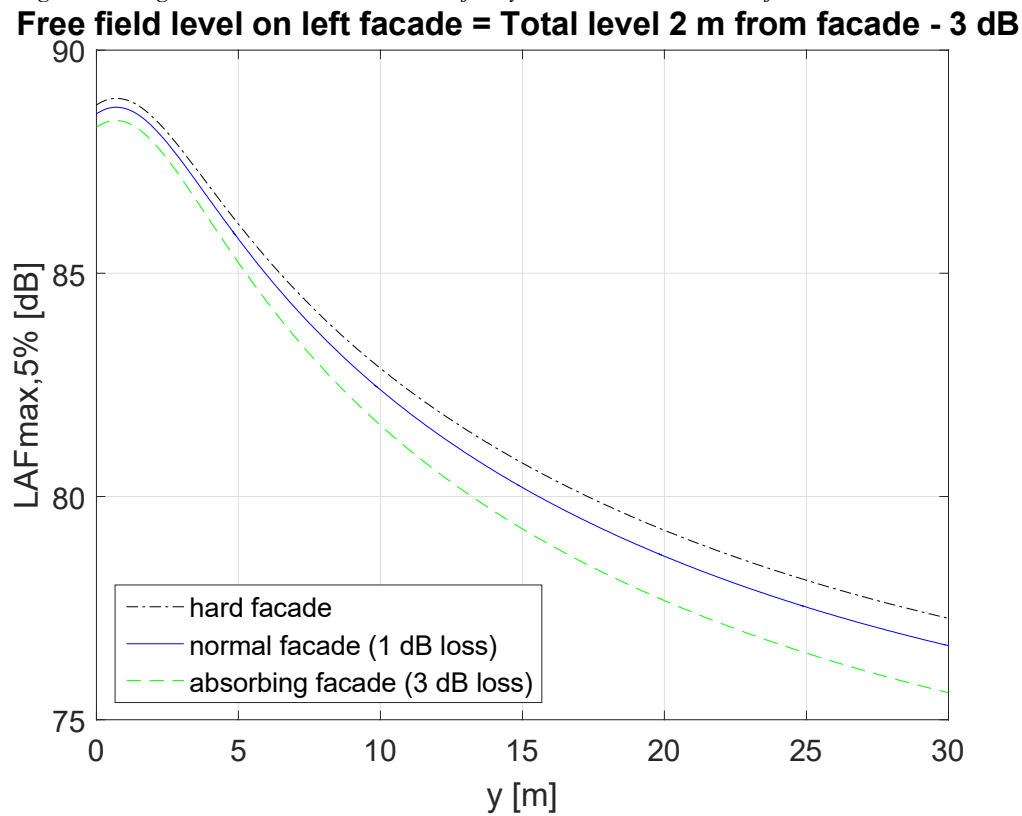


Diagram 8: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Alternativ 2.1: Existerande alternativ

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

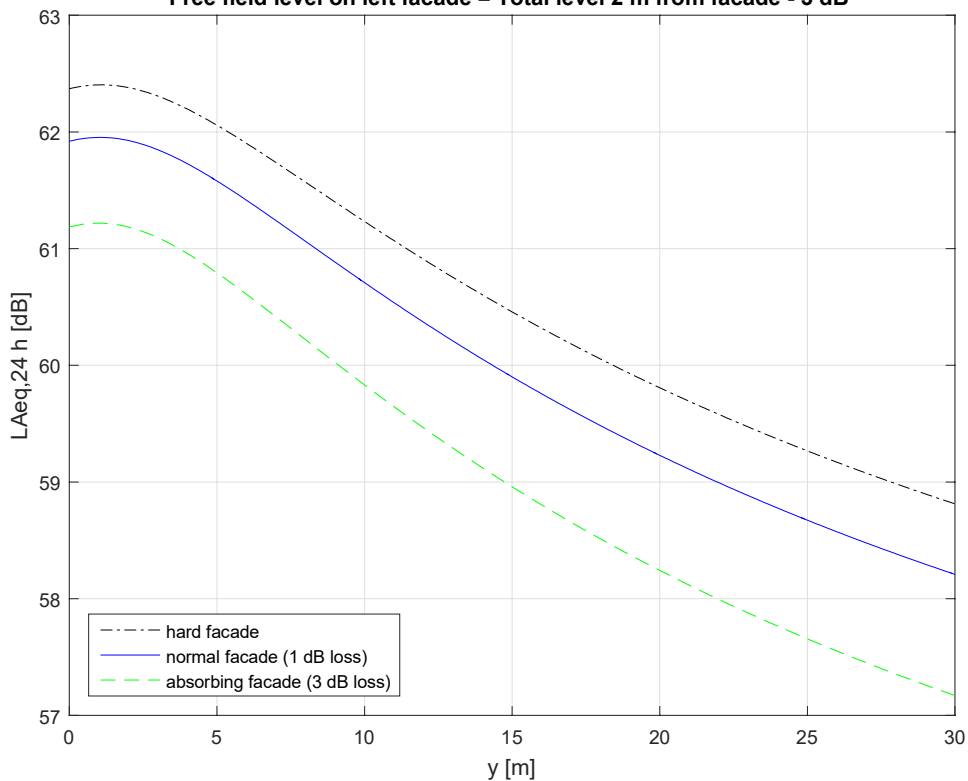


Diagram 9: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

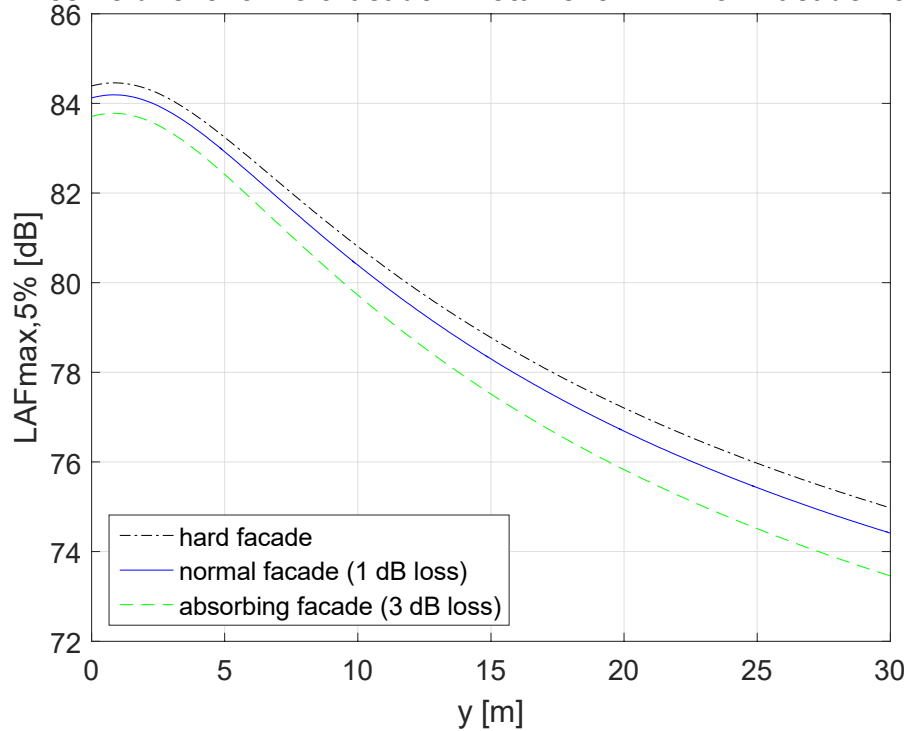


Diagram 10: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Alternativ 2.2: Brett alternativ

sida 2 (3)

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

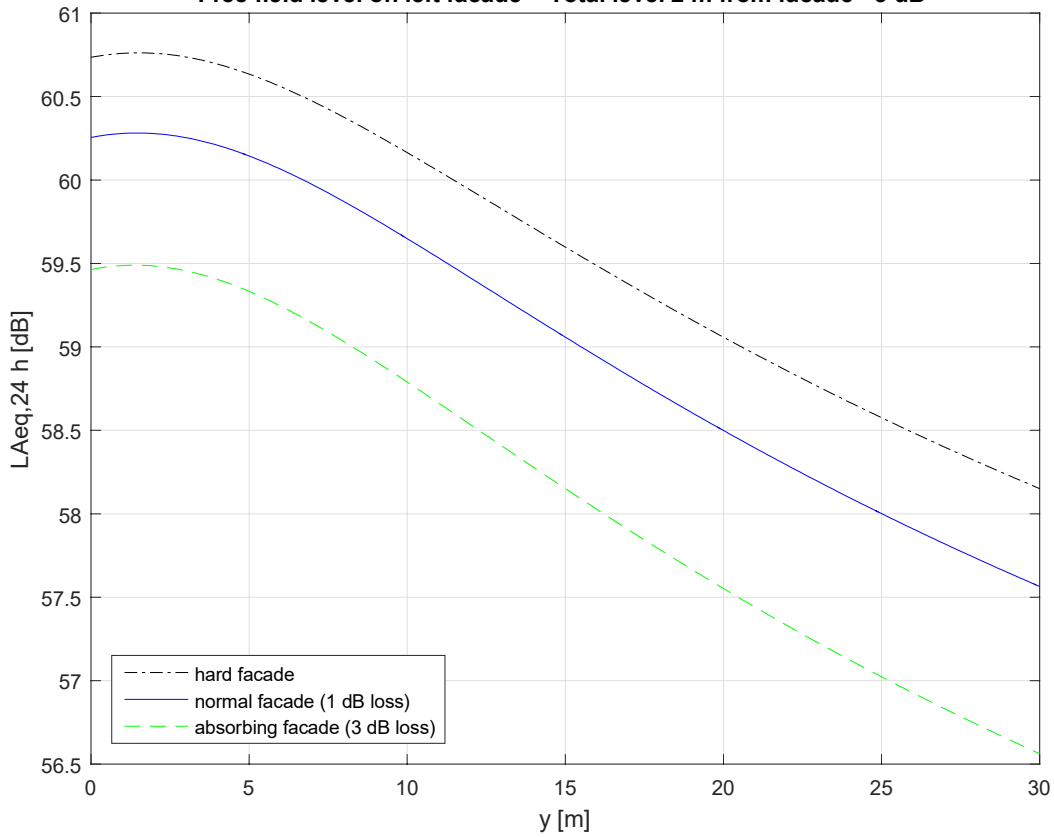


Diagram 11: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

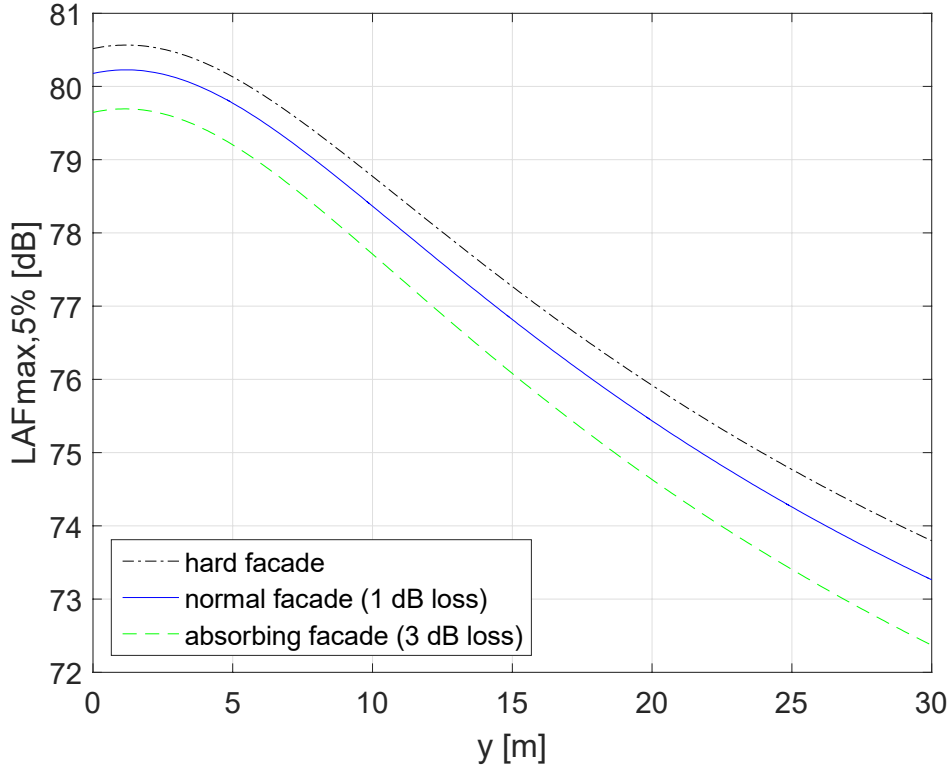


Diagram 12: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

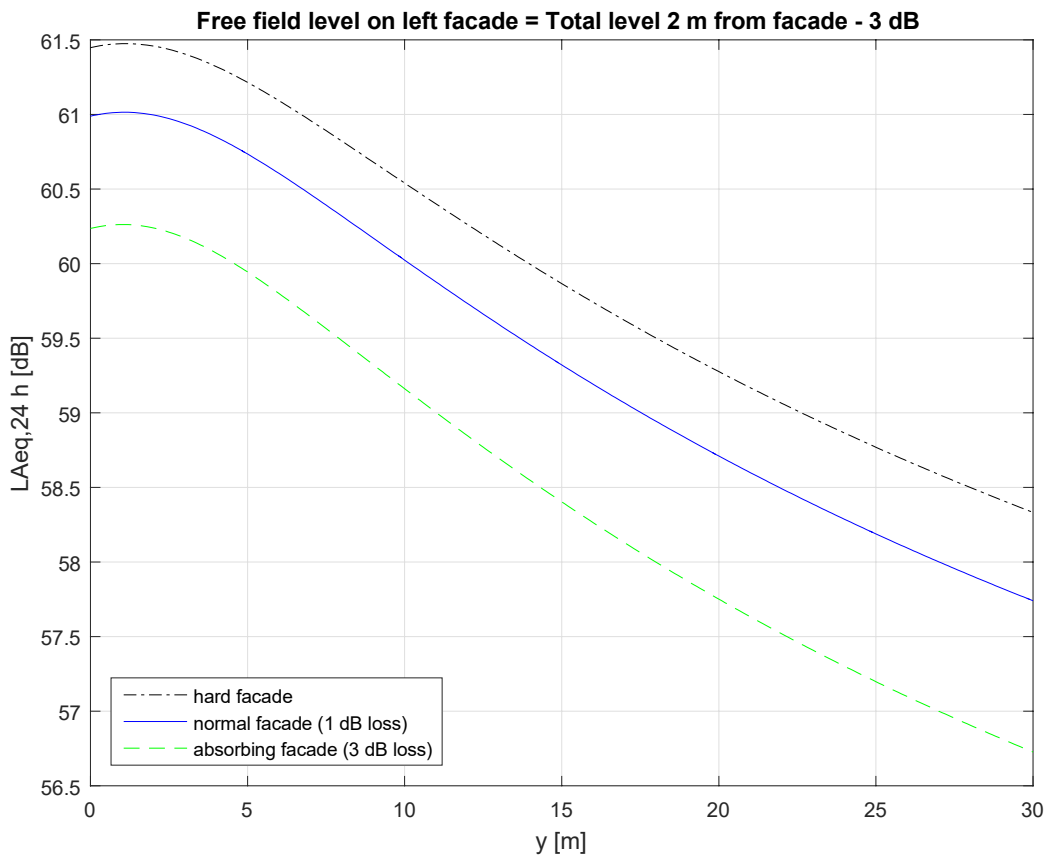


Diagram 13: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

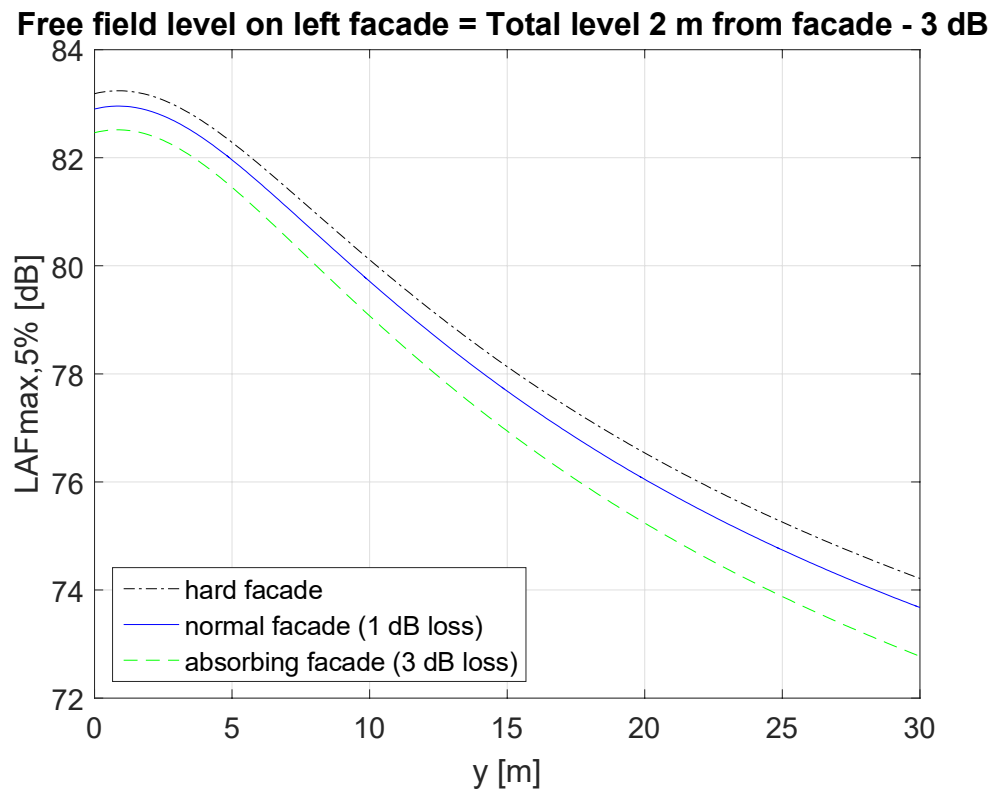


Diagram 14: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Alternativ 3.1: Existerande alternativ

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

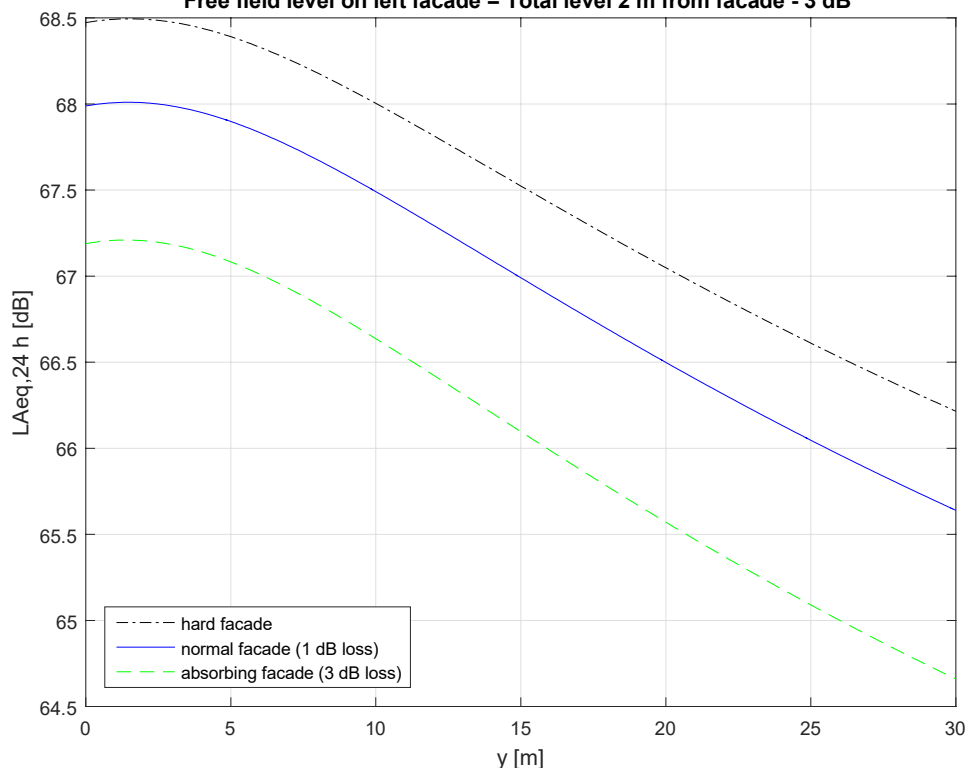


Diagram 15: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

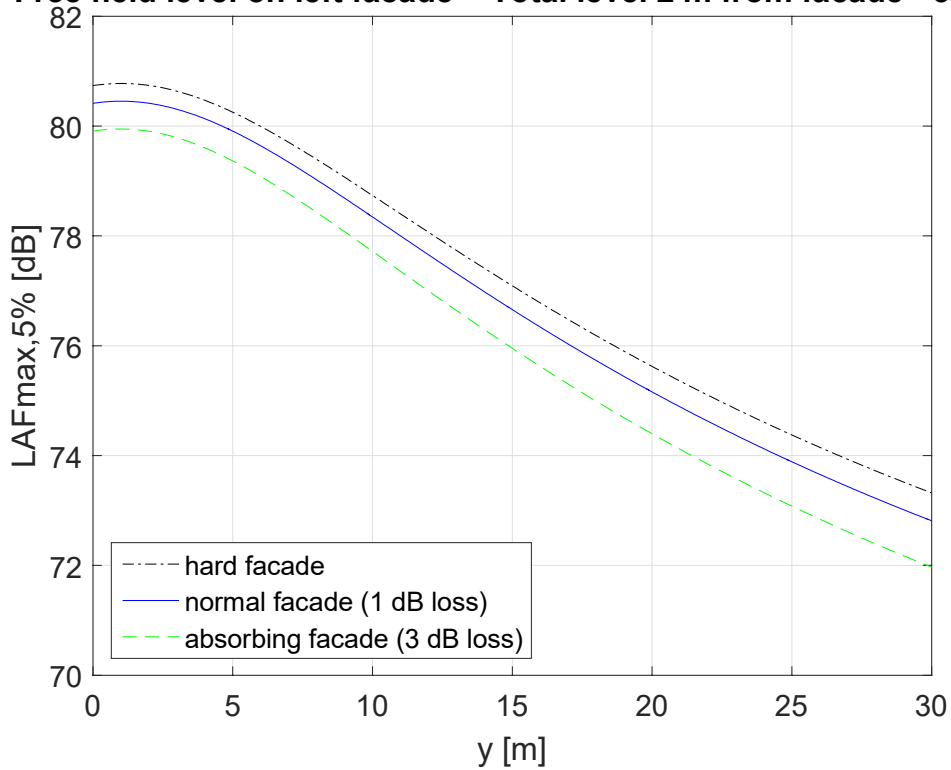


Diagram 16: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Alternativ 3.2: Brett alternativ

sida 2 (3)

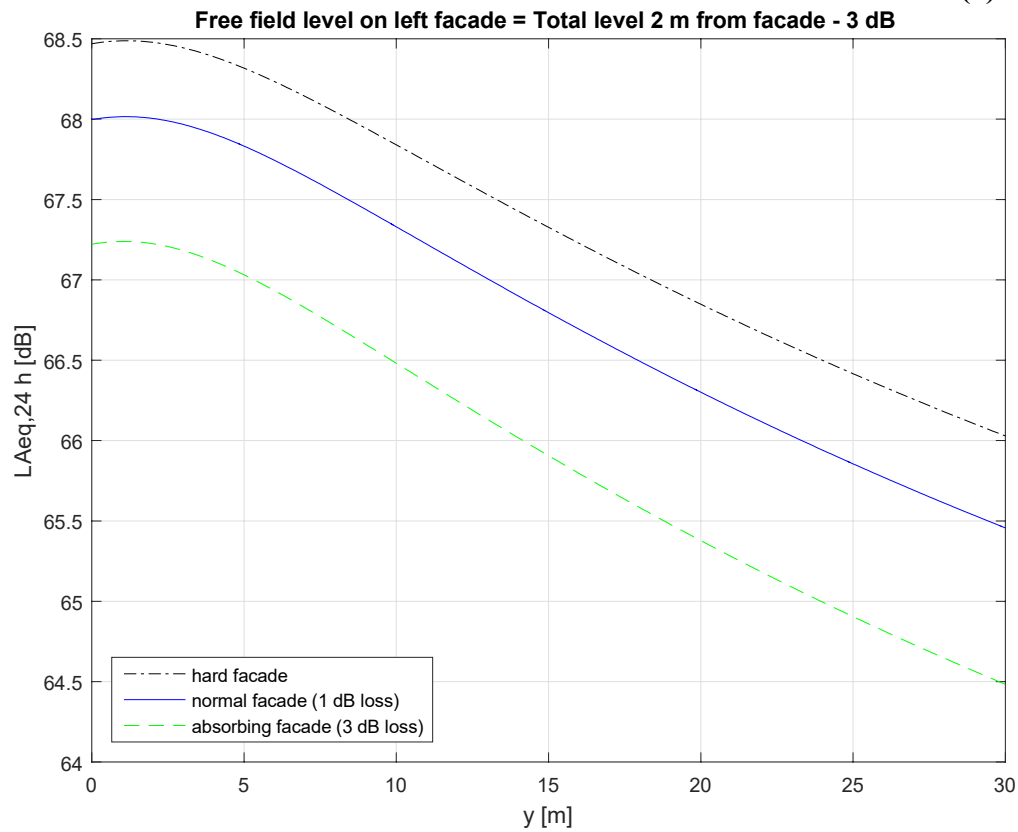


Diagram 17: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

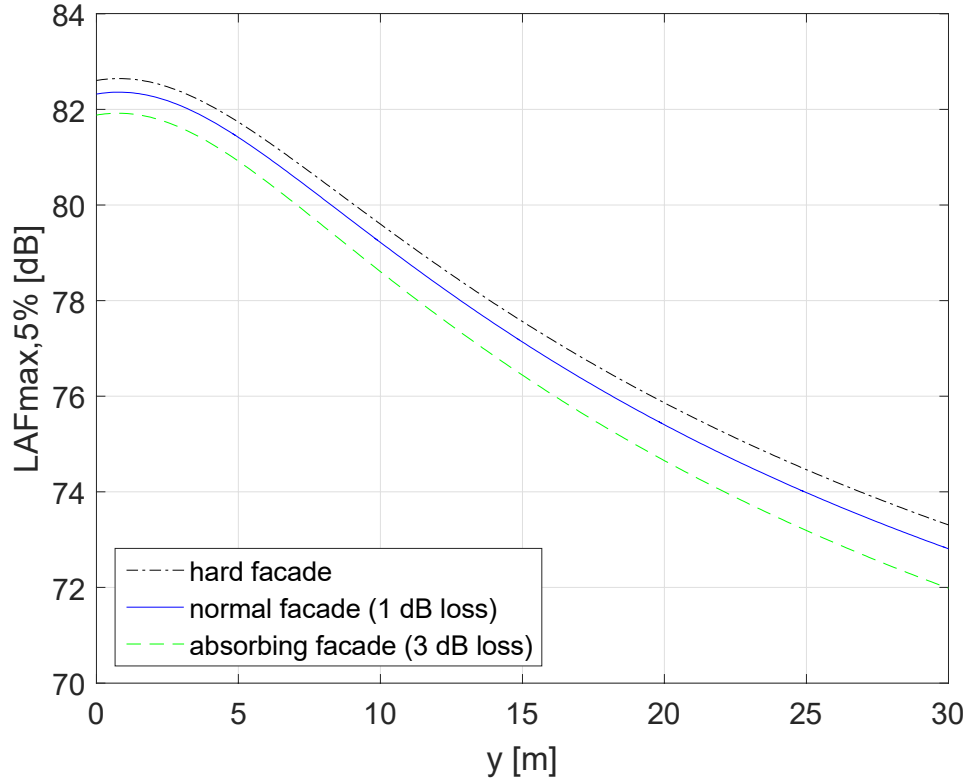


Diagram 18: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

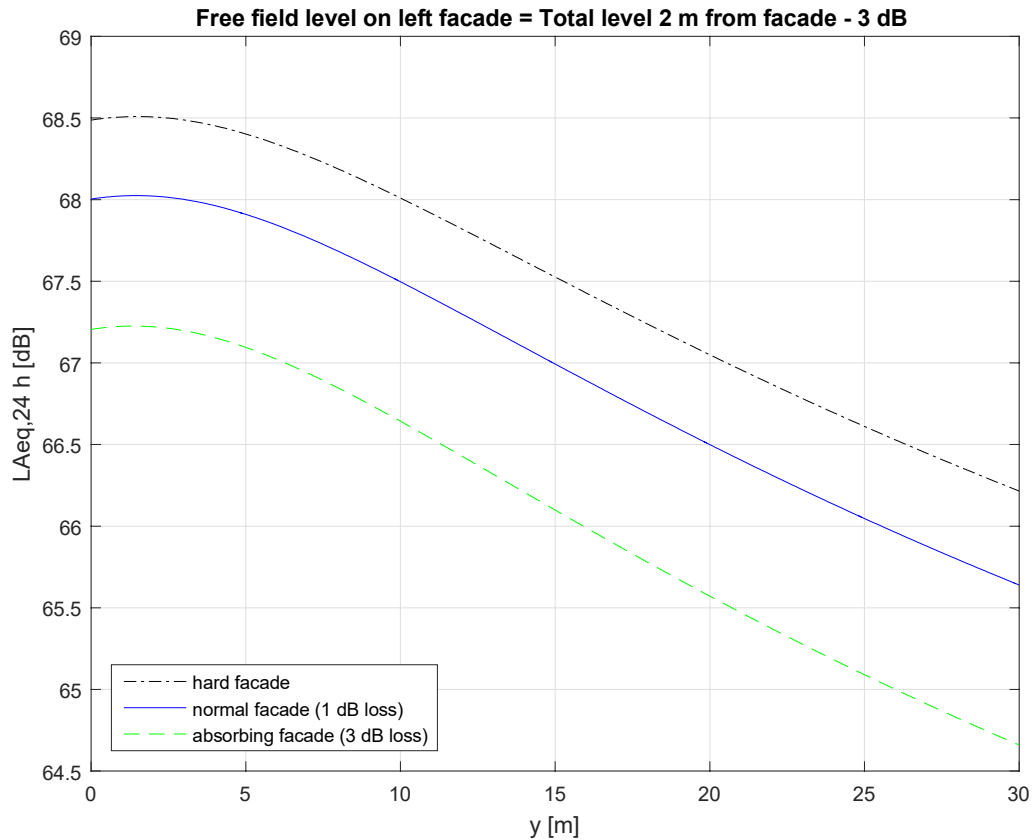


Diagram 19: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

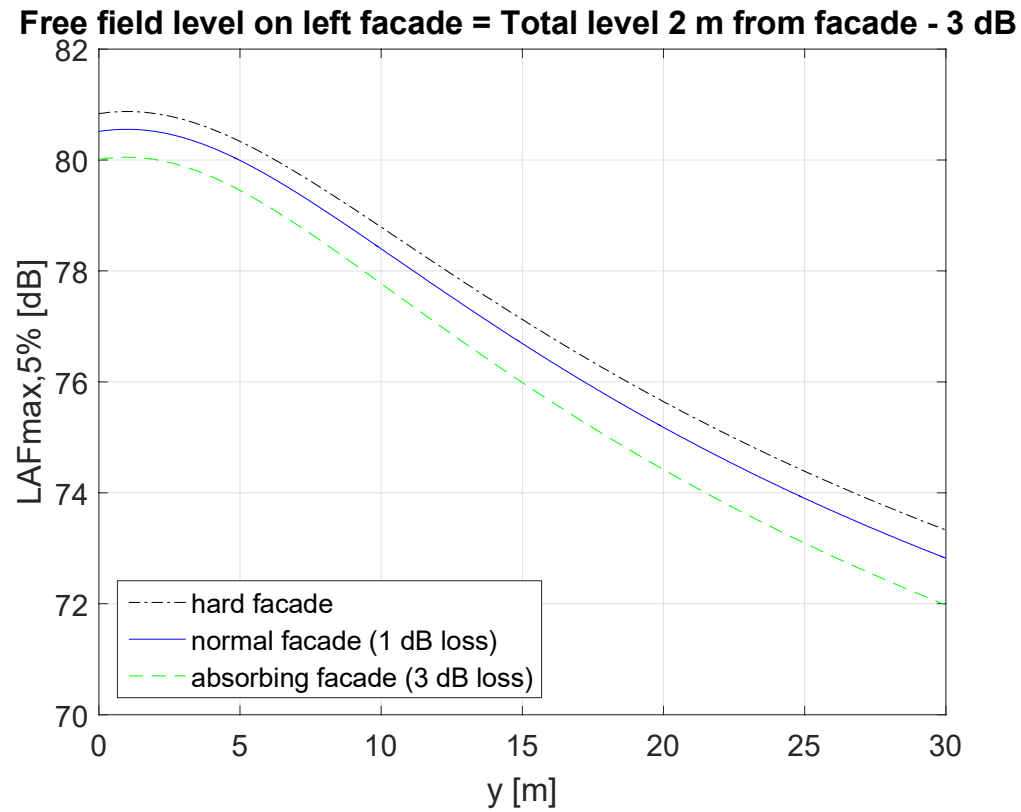


Diagram 20: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Alternativ 4.1: Existerande alternativ

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

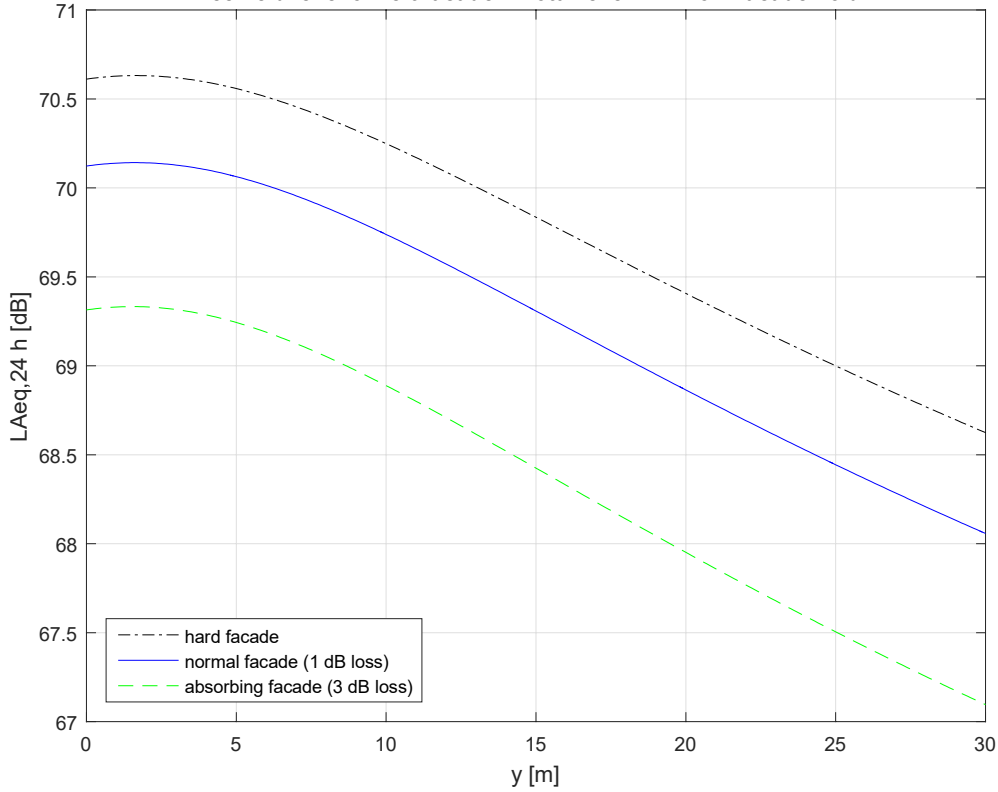


Diagram 21: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Free field level on left facade = Total level 2 m from facade - 3 dB

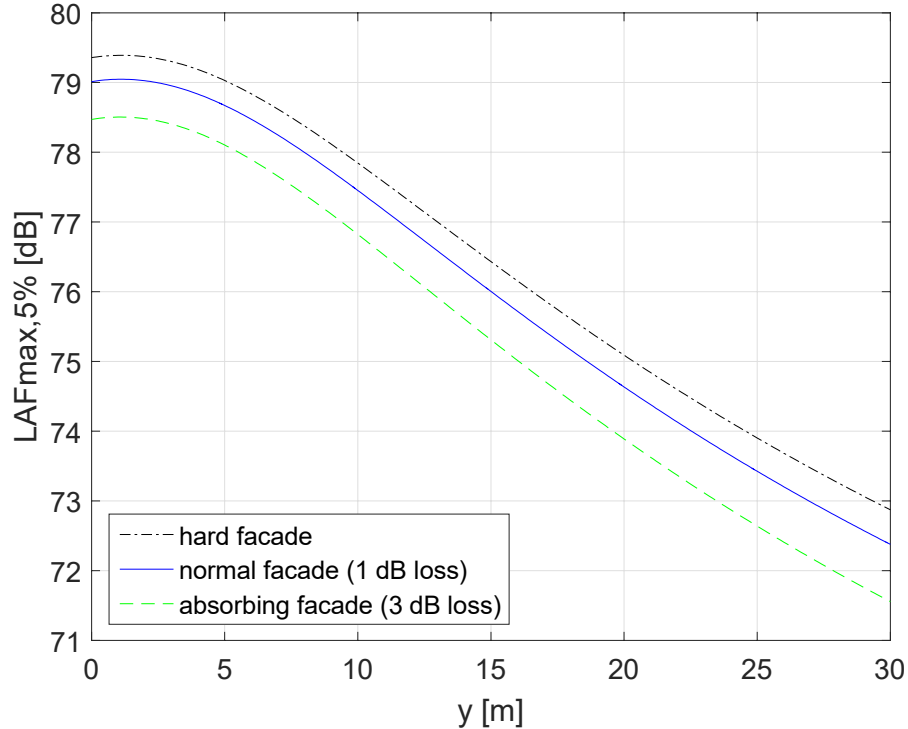


Diagram 22: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

Alternativ 4.2: Brett alternativ

sida 2 (4)

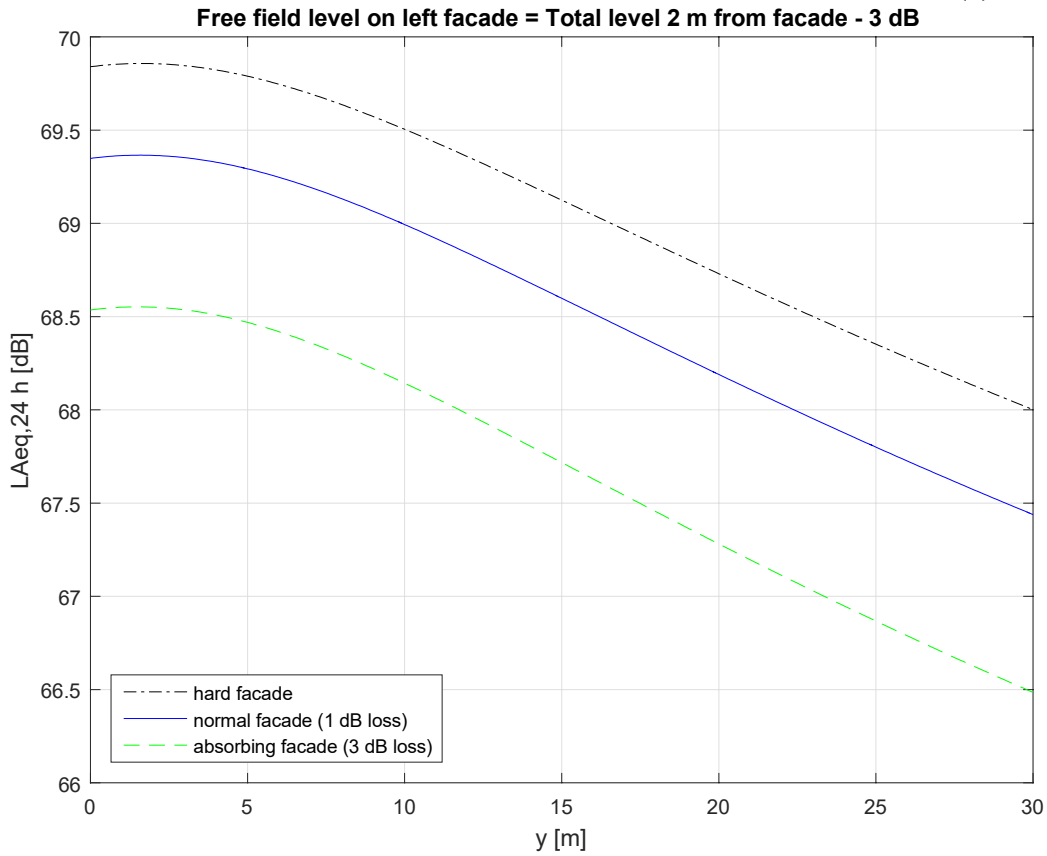


Diagram 23: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

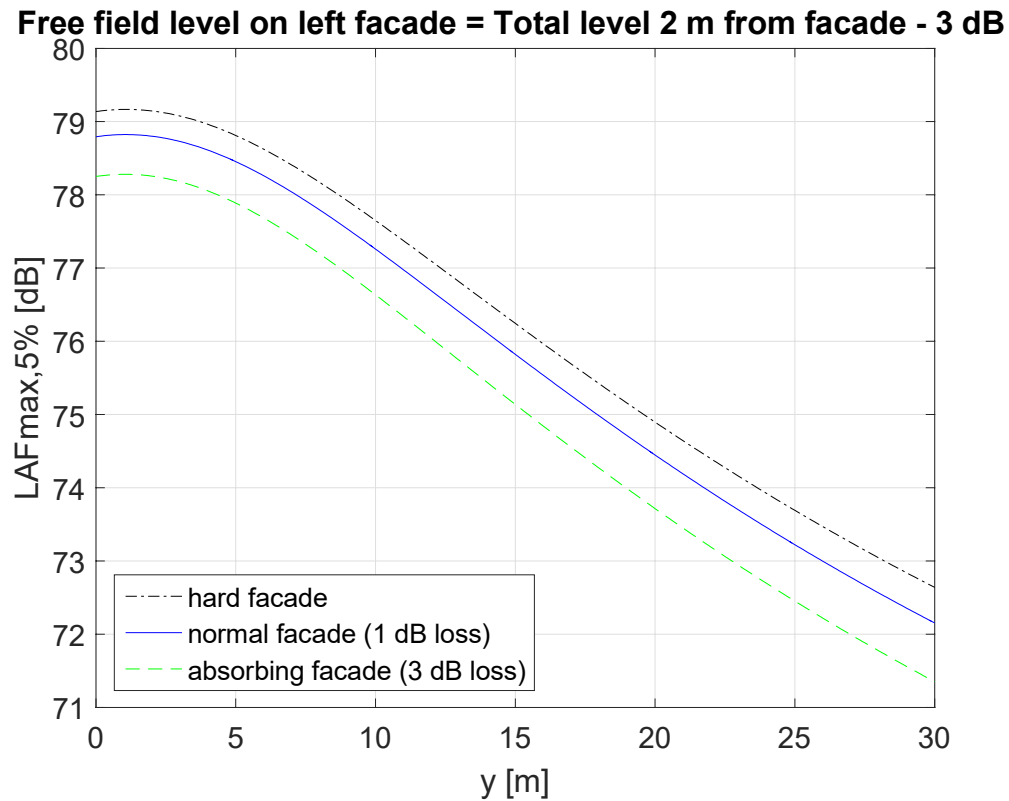


Diagram 24: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

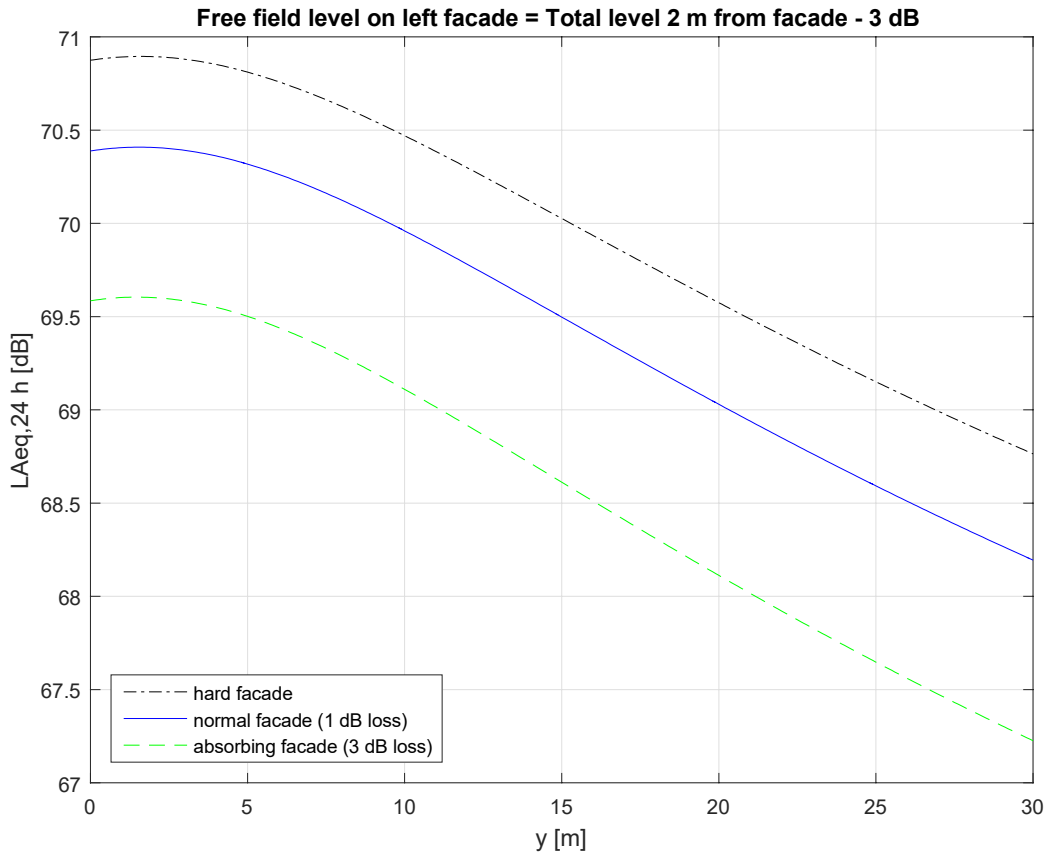


Diagram 25: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

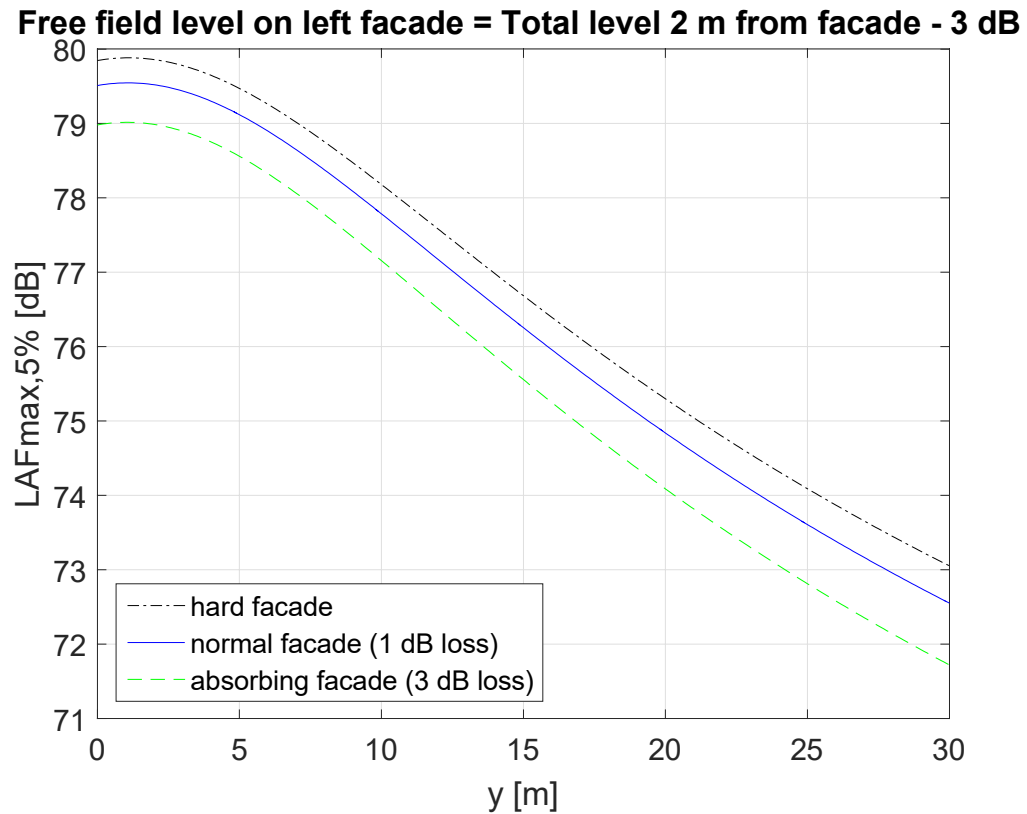


Diagram 26: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

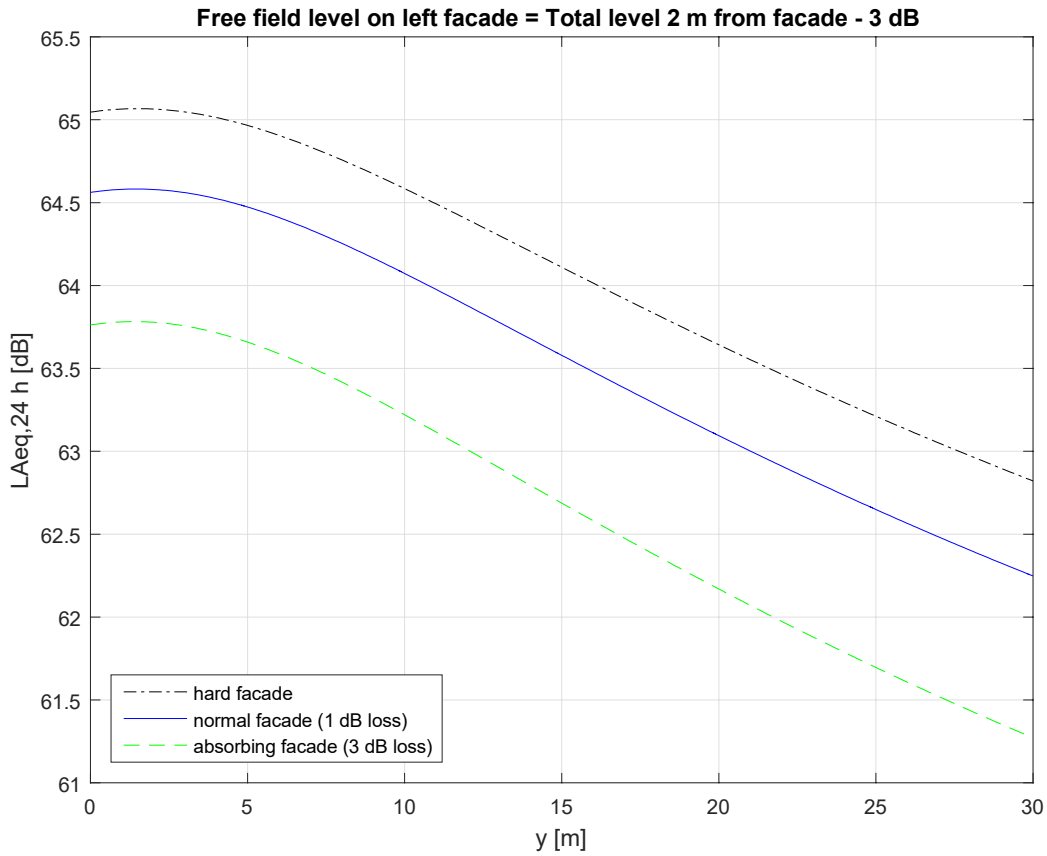


Diagram 27: Diagram över hur den ekvivalenta ljudtrycksnivån varierar med höjden.

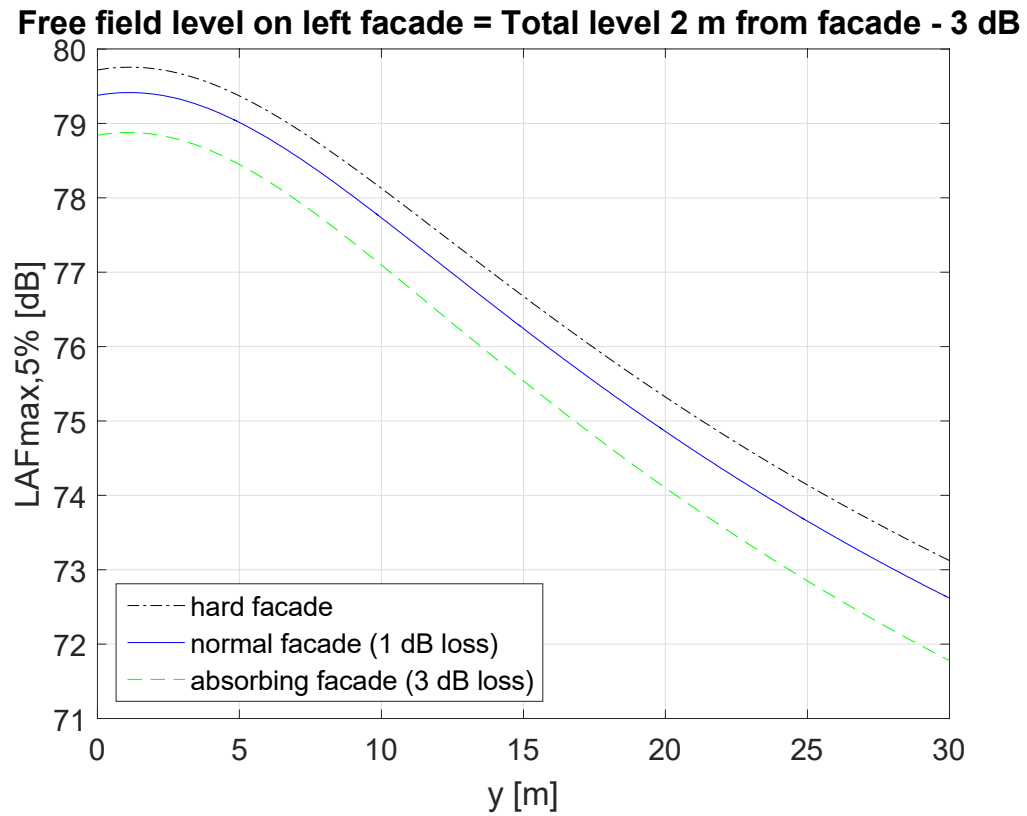


Diagram 28: Diagram över hur den maximala ljudtrycksnivån varierar med höjden.

sida 2 (8)

```
figure(100)
plot(xs,ys,'k.')
axis([0 L 0 H])
title('Geometry [m]')
xlabel('x')
ylabel('y')
legend('sources')
grid on

% make square mesh of geometry
X=0:dx:L;
Y=0:dy:H;
[XX,YY]=meshgrid(X,Y); % XX and YY are matrices of meshed
coordinates

%%%
%%% Propagation model: ray model, one reflection in each
facade
%%%

% Calculate the transfer in free space, from (line) source
to area of canyon
ns=1; % source 1
LL0s1=Gff2d(xs(ns),ys(ns),XX,YY); % direct ontribution,
from source 1
LL1Ls1=Gff2d(-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, left facade, from source 1
LL1Rs1=Gff2d(2*L-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, right facade, from source 1
ns=2; % source 2
LL0s2=Gff2d(xs(ns),ys(ns),XX,YY); % direct ontribution,
from source n
LL1Ls2=Gff2d(-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, left facade, from source n
LL1Rs2=Gff2d(2*L-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, right facade, from source n
ns=3; % source 3
LL0s3=Gff2d(xs(ns),ys(ns),XX,YY); % direct ontribution,
from source n
LL1Ls3=Gff2d(-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, left facade, from source n
LL1Rs3=Gff2d(2*L-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, right facade, from source n
ns=4; % source 4
LL0s4=Gff2d(xs(ns),ys(ns),XX,YY); % direct ontribution,
from source n
LL1Ls4=Gff2d(-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, left facade, from source n
```

sida 3 (8)

```
LL1Rs4=Gff2d(2*L-xs(ns),ys(ns),XX,YY); % reflected
contribution, right facade, from source n
%           |
%           position of image source = 2*L - xs

%%%
%%% Traffic flow setup (assuming same flow in each lane)
%%%

N=1000           % total nr of vehicles per 24 h
fraction_heavy=0.05; % fraction of vehicles that is
heavy-duty type of vehicles (i.e. buses, trucks)
v=50;           % driving speed (km/h)

%%%
%%% Source model: Nordic model (from 1996) (- includes
ground reflection):
%%%
N3=N*fraction_heavy/86400; % heavy vehicles per second
N1=N*(1-fraction_heavy)/86400; % light vehicles per second

% light:
LAE_N96_1=73.5+25*log10(max(40,v)/50); % constant below 40
km/h
LAeq_10m_N96_1=LAE_N96_1+10*log10(N1);

% heavy:
LAE_N96_3=80.5+30*log10(max(50,v)/50); % constant below 50
km/h
LAeq_10m_N96_3=LAE_N96_3+10*log10(N3);

% mix:
LAeq_10m_N96_mix=10*log10(10^(LAeq_10m_N96_1/10)+10^(LAeq_1
0m_N96_3/10));

%%%
%%% calculate level
%%%
L0=10; % reference distance used in Nordic model

%%% Correction for multiple reflections in street
environment: dLmg
a=L/2; % assumed mean distance from sources to facade
dLmg=min(Y/3*a,2); % linear up to its max val of 2 dB

%%% Noise levels from different lanes (here one has to
consider the kind of
```

sida 4 (8)

```
%% traffic on each lane, i.e. choose 'LAeq_10m_N96_1',
'LAeq_10m_N96_3', or 'LAeq_10m_N96_mix'
%% - case now for two lanes with only hvy in the centre
and the other two with light vehicles
LAeq_10m_N96_lane1=LAeq_10m_N96_mix-10*log10(2); % -
10*log10(2) since lane 4 has the other half of the traffic
LAeq_10m_N96_lane2=LAeq_10m_N96_mix-10*log10(2);
LAeq_10m_N96_lane3=LAeq_10m_N96_mix-10*log10(2);
LAeq_10m_N96_lane4=LAeq_10m_N96_mix-10*log10(2);
LAeq_0_s1=LL0s1+LAeq_10m_N96_lane1+10*log10(L0); %
direct ontribution, from source 1
LAeq_1L_s1=LL1Ls1+LAeq_10m_N96_lane1+10*log10(L0); %
reflected contribution, left facade, from source 1
LAeq_1R_s1=LL1Rs1+LAeq_10m_N96_lane1+10*log10(L0); %
reflected contribution, right facade, from source 1

LAeq_0_s2=LL0s2+LAeq_10m_N96_lane2+10*log10(L0); %
direct ontribution, from source n
LAeq_1L_s2=LL1Ls2+LAeq_10m_N96_lane2+10*log10(L0); %
reflected contribution, left facade, from source n
LAeq_1R_s2=LL1Rs2+LAeq_10m_N96_lane2+10*log10(L0); %
reflected contribution, right facade, from source n

LAeq_0_s3=LL0s3+LAeq_10m_N96_lane3+10*log10(L0); %
direct ontribution, from source n
LAeq_1L_s3=LL1Ls3+LAeq_10m_N96_lane3+10*log10(L0); %
reflected contribution, left facade, from source n
LAeq_1R_s3=LL1Rs3+LAeq_10m_N96_lane3+10*log10(L0); %
reflected contribution, right facade, from source n

LAeq_0_s4=LL0s4+LAeq_10m_N96_lane4+10*log10(L0); %
direct ontribution, from source n
LAeq_1L_s4=LL1Ls4+LAeq_10m_N96_lane4+10*log10(L0); %
reflected contribution, left facade, from source n
LAeq_1R_s4=LL1Rs4+LAeq_10m_N96_lane4+10*log10(L0); %
reflected contribution, right facade, from source n

%% total level, hard facades:

LAeq_tot=10*log10(...
    10.^(LAeq_0_s1/10)+...
    10.^(LAeq_0_s2/10)+...
    10.^(LAeq_0_s3/10)+...
    10.^(LAeq_0_s4/10)+...
    10.^(LAeq_1L_s1/10)+...
    10.^(LAeq_1L_s2/10)+...
    10.^(LAeq_1L_s3/10)+...
```

sida 5 (8)

```
10.^(L_Aeq_1L_s4/10)+...
10.^(L_Aeq_1R_s1/10)+...
10.^(L_Aeq_1R_s2/10)+...
10.^(L_Aeq_1R_s3/10)+...
10.^(L_Aeq_1R_s4/10)...
)+dLmg;

L_Aeq_facade_level=L_Aeq_tot(:,1); % noise level (vector) on
left facade; including reflection

% so-called free field level:
idx_2m=max(find(X<=2));
X(idx_2m)% Check this is about 2 m
L_Aeq_facade_level_free_field_hard=L_Aeq_tot(:,idx_2m)-3; %
noise level (vector) on left facade; "free field level",
i.e. removing 3 dB

%% total level typically reduced facade reflections (both
sides) by 1 dB:
dLp=1; % improvement in facade reflection, e.g. using
absorber material [dB]
L_Aeq_tot_facade_improvement_both_sides_1dB=10*log10(...
10.^(L_Aeq_0_s1/10)+...
10.^(L_Aeq_0_s2/10)+...
10.^(L_Aeq_0_s3/10)+...
10.^(L_Aeq_0_s4/10)+...
10.^( (L_Aeq_1L_s1-dLp)/10)+...
10.^( (L_Aeq_1L_s2-dLp)/10)+...
10.^( (L_Aeq_1L_s3-dLp)/10)+...
10.^( (L_Aeq_1L_s4-dLp)/10)+...
10.^( (L_Aeq_1R_s1-dLp)/10)+...
10.^( (L_Aeq_1R_s2-dLp)/10)+...
10.^( (L_Aeq_1R_s3-dLp)/10)+...
10.^( (L_Aeq_1R_s4-dLp)/10)...
)+dLmg;

L_Aeq_facade_level_facade_improvement_both_sides_1dB=L_Aeq_to
t_facade_improvement_both_sides_1dB(:,1); % noise level
(vector) on left facade; including reflection
L_Aeq_facade_level_free_field_1dB=L_Aeq_tot_facade_improvement
both_sides_1dB(:,idx_2m)-3;

%% total level of direct sounds only:
L_Aeq_tot_direct_only=10*log10(...
10.^(L_Aeq_0_s1/10)+...
10.^(L_Aeq_0_s2/10)+...
10.^(L_Aeq_0_s3/10)+...
10.^(L_Aeq_0_s4/10));
```

sida 6 (8)

```
LAeq_facade_level_direct_only=LAeq_tot_direct_only(:,1); %  
noise level (vector) on left facade; including reflection
```

```
%% total level for example improvement of facade  
reflections (both sides) improved by 3 dB:  
dLp=3; % improvement in facade reflection, e.g. using  
absorber material [dB]
```

```
LAeq_tot_facade_improvement_both_sides=10*log10(...  
    10.^(LAeq_0_s1/10)+...  
    10.^(LAeq_0_s2/10)+...  
    10.^(LAeq_0_s3/10)+...  
    10.^(LAeq_0_s4/10)+...  
    10.^((LAeq_1L_s1-dLp)/10)+...  
    10.^((LAeq_1L_s2-dLp)/10)+...  
    10.^((LAeq_1L_s3-dLp)/10)+...  
    10.^((LAeq_1L_s4-dLp)/10)+...  
    10.^((LAeq_1R_s1-dLp)/10)+...  
    10.^((LAeq_1R_s2-dLp)/10)+...  
    10.^((LAeq_1R_s3-dLp)/10)+...  
    10.^((LAeq_1R_s4-dLp)/10)...  
) +dLmg;
```

```
LAeq_facade_level_facade_improvement_both_sides=LAeq_tot_fa  
cade_improvement_both_sides(:,1); % noise level (vector) on  
left facade; including reflection  
LAeq_facade_level_free_field_improvement_both_sides=LAeq_to  
t_facade_improvement_both_sides(:,idx_2m)-3;
```

```
%% plot  
FTSZ=10; % font size
```

```
figure(1) % direct sound from one lane  
pcolor(X,Y,LAeq_0_s1)  
shading flat  
xlabel('x [m]', 'fontsize',FTSZ)  
ylabel('y [m]', 'fontsize',FTSZ)  
title('LAeq,24 h [dB] - direct sound from one  
lane', 'fontsize',FTSZ-2)  
colormap('hot')  
colorbar('vert')  
set(gca, 'fontsize',FTSZ)  
caxis([50 80])
```

```
figure(2) % total sound from both lanes  
pcolor(X,Y,LAeq_tot)  
shading flat
```

sida 7 (8)

```
xlabel('x [m]', 'fontsize', FTSZ)
ylabel('y [m]', 'fontsize', FTSZ)
title('LAeq,24 h [dB] - total sound from both lanes
(hard)', 'fontsize', FTSZ-2)
colormap('hot')
colorbar('vert')
set(gca, 'fontsize', FTSZ)
caxis([50 80])

figure(3) % total sound from both lanes
pcolor(X,Y,LAeq_tot_facade_improvement_both_sides_1dB)
shading flat
xlabel('x [m]', 'fontsize', FTSZ)
ylabel('y [m]', 'fontsize', FTSZ)

title('LAeq,24 h [dB] - total sound from both lanes normal
facades (1 dB)', 'fontsize', FTSZ-2)
colormap('hot')
colorbar('vert')
set(gca, 'fontsize', FTSZ)
caxis([50 80])

figure(4) % total sound from both lanes, with facade
improvements
pcolor(X,Y,LAeq_tot_facade_improvement_both_sides)
shading flat
xlabel('x [m]', 'fontsize', FTSZ)
ylabel('y [m]', 'fontsize', FTSZ)
title('LAeq,24 h [dB] - total sound from both lanes,
absorbing facades (3 dB)', 'fontsize', FTSZ-2)
colormap('hot')
colorbar('vert')
set(gca, 'fontsize', FTSZ)
caxis([50 80])




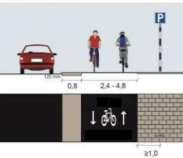
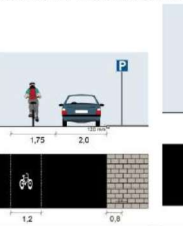
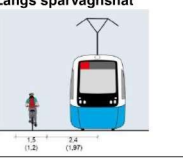
figure(5)
plot(Y,LAeq_facade_level_free_field_hard,'k-
.',Y,LAeq_facade_level_free_field_1dB,'b',Y,LAeq_facade_lev
el_free_field_improvement_both_sides,'g--')
xlabel('y [m]', 'fontsize', FTSZ)
ylabel('LAeq,24 h [dB]', 'fontsize', FTSZ)
title('Free field level on left facade = Total level 2 m
from facade - 3 dB', 'fontsize', FTSZ)
set(gca, 'fontsize', FTSZ)
legend('hard facade','normal facade (1 dB loss)','absorbing
facade (3 dB loss)','direct sound
only','Location','southwest')
grid on
%saveas(gcf, '43laeq', 'eps')
```

sida 8 (8)

```
figure(6)
plot(Y,LAeq_facade_level,'k-.')
hold on
plot(Y,LAeq_facade_level_facade_improvement_both_sides_1dB,
'b-')
plot(Y,LAeq_facade_level_facade_improvement_both_sides,'g--')
plot(Y,LAeq_facade_level_direct_only,'r:')
grid on
legend('hard facade','normal facade (1 dB loss)','absorbing
facade (3 dB loss)','direct sound only','direct sound
only','Location','southwest')
xlabel('y [m]','fontsize',FTSZ)
ylabel('LAeq,24 h [dB]','fontsize',FTSZ)
title('Total level on left facade','fontsize',FTSZ)
set(gca,'fontsize',FTSZ)
```


Bilaga F: Utdrag ur Teknisk handbok från Göteborg Stad sida 1 (2)

Typsektioner med bilder

TYP	STANDARD (meter)		Anmärkning
	Normal	Låg	
GÅNGBANA	Gångväg, i terräng, parker mm	2,5 m	
	Invid körbana	2 m	1,8** m
	Kort avsmalning		0,9 m
GÅNG- OCH CYKELBANA	Gång- och cykelväg, i terräng, parker, mm. 	3 m	
	Dubbelriktad, ej centrala stråk	Gång 1,7 m Cykel 2,4-4,8 m	Gång 1,6 m Cykel 2,0 m
	Dubbelriktad, centrala och halvcentrala stråk 	Gång 2 m Cykel 2,4-4,8 m	Gång 1,7 m Cykel 2,3 m
CYKELBANA	Enkelriktad 	1,6- 2,4 m	1,2 m
	Dubbelriktad 	2,4- 4,8 m	2 m
CYKELFÄLT	Enkelriktad, avmätat fält i körbana 	1,75 m	
	Enkelriktad, tillfällig lösning	2,0 m + 0,4 m väglinje	
	Längs spårvagnsnät 	1,5 m	

Funktion	Klass 3		Klass 4		Klass 5		Klass 6		Klass 7		Klass 8		
	Led/Genomfartsgata - regionala start/målpunkter		Huvudgata		Uppsamlingsgata (gaturum) - lokaltrafik i områden		Uppsamlingsgata		Lokalgata		Bostadsgator	Gångfartsområde	
Karakär - TKs definition	Betydande genomfarts/mårttrafik som har nationella eller regionala start- och målpunkter. Funktionella förbindelse för arbetspendling och långväga person- och godstransport		Genomfartsgata (vägrum) - viktig förbindelse mellan områden Tillhör ej klass 3. Dessutom får inte vara: -Del av stommät för koltrafik (kan förekomma men utgör ej stommät) och/eller: -Del av huvudnät för cykel med cykeltrafik på körbana. och/eller: del av gångfartsområde		Huvudnät som ej tillhör klass 3 eller 4. Dessutom måste vara ett av följande: -Del av stommät för koltrafik och/eller: -Del av huvudnät för cykel med cykeltrafik på körbana. och/eller: del av gångfartsområde		Länk i lokalnät för biltrafik som anslutar till huvudnätet och som är uppsamlade gata med stor andel extern trafik. Dessutom kan vara: -Förmedla trafik till/från stadens centrala/ kommersiella delar -Förmedla trafik till/från viktiga handels/industriområden -Del av kollektivtrafikens linjenät uppsamlade gata till/från bostadsområden		Länk i lokalnät som förmedlar trafik inom ett bostadsområde och som har intilliggande fastigheter som start- och målpunkt.		Länk i lokalnät som förmedlar trafik inom ett bostadsområde och som har intilliggande fastigheter som start- och målpunkt.		Gångfartsområde
Trafikverkets definition	70 km/h		50 km/h		50 km/h		30 km/h		30 km/h (skyllas rekommenderad 30)		30 km/h (skyllas rekommenderad 30)		
Hastighet	Minst 70 km/h		50 km/h		50 km/h		30 km/h		30 km/h (skyllas rekommenderad 30)		30 km/h (skyllas rekommenderad 30)		
Trafikflöde	Minst 6000 f/d		Minst 6000 f/d		3500-6000 f/d		< 3500 f/d		< 3500 f/d		< 3500 f/d		
Körfält	2-4		2-4		2		2		2		2		
Rekommenderad sektionsbredd*	V0,5+K6,5+ V0,5=7,5**		V0,25+K6,5+V 0,25=7,0** V0,25+K6+V0, 25=6,5**		K7		K6,5		K6,5		K5,5		
DTS, dim	(LBr+LBr)A		(LBr+LBr)A		(LBr+LBr)A		(LBr+LBr)A el (LBr+LBr)C		(LBr+P)A el (LBr+LBr)C		(LBr+P)A el (LBr+LBr)C		
Cykel	Cykelbana		Cykelbana el blandtrafik Cykelbana		Cykelbana		Blandtrafik Cykelbana		Cykelbana eller blandtrafik		Blandtrafik		
Gångbana	Måste ha		Måste ha		Måste ha		Måste ha		Kan finnas		Kan finnas		
Blåboken***	Kan vara med		Kan vara med		Kan vara med		Kan vara med		Inte med		Inte med		
Kollektivtrafik	Kan finnas		Kan finnas		Kan finnas		Kan finnas		Kan finnas		Nej		
Timglas hållplats	Nej		Nej		Kan finnas		Kan finnas		Kan finnas		-		
Farthinder	Inga		Inga		Efter diskussion		Kan finnas		Kan finnas		Kan finnas		

Värdena i tabellen ger normal standard för sektionsbredd. För lokalgatorna uppsamlingsgata och bostadsgata finns även låg standard beroende på DTS, dim (dessa är rödmarkerade)

* Till sektionsbredd tillkommer stödresa enligt tabell längre ned i detta kapitel, kapitel 1HA1 Gata och väg i Teknisk Handbok.

** Sektionsbredd inklusive vägren på gator utan kanstien

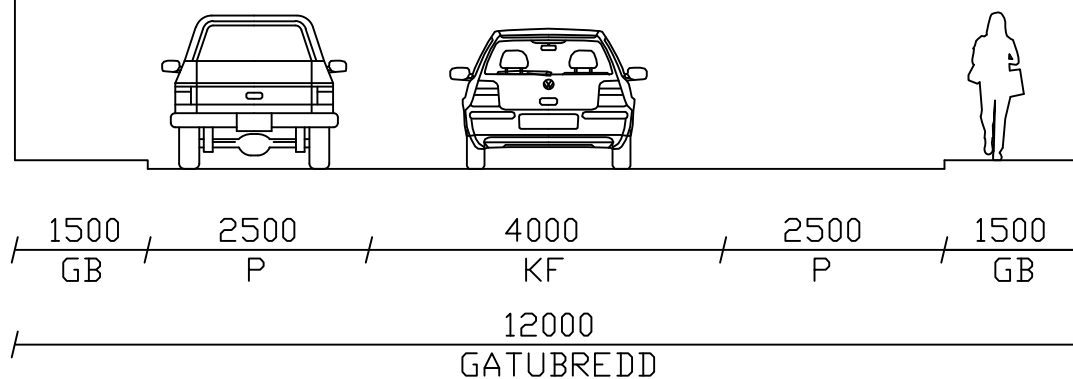
*** Bestämmelser för drift och underhåll av gatu- och spårströmmen i Göteborg

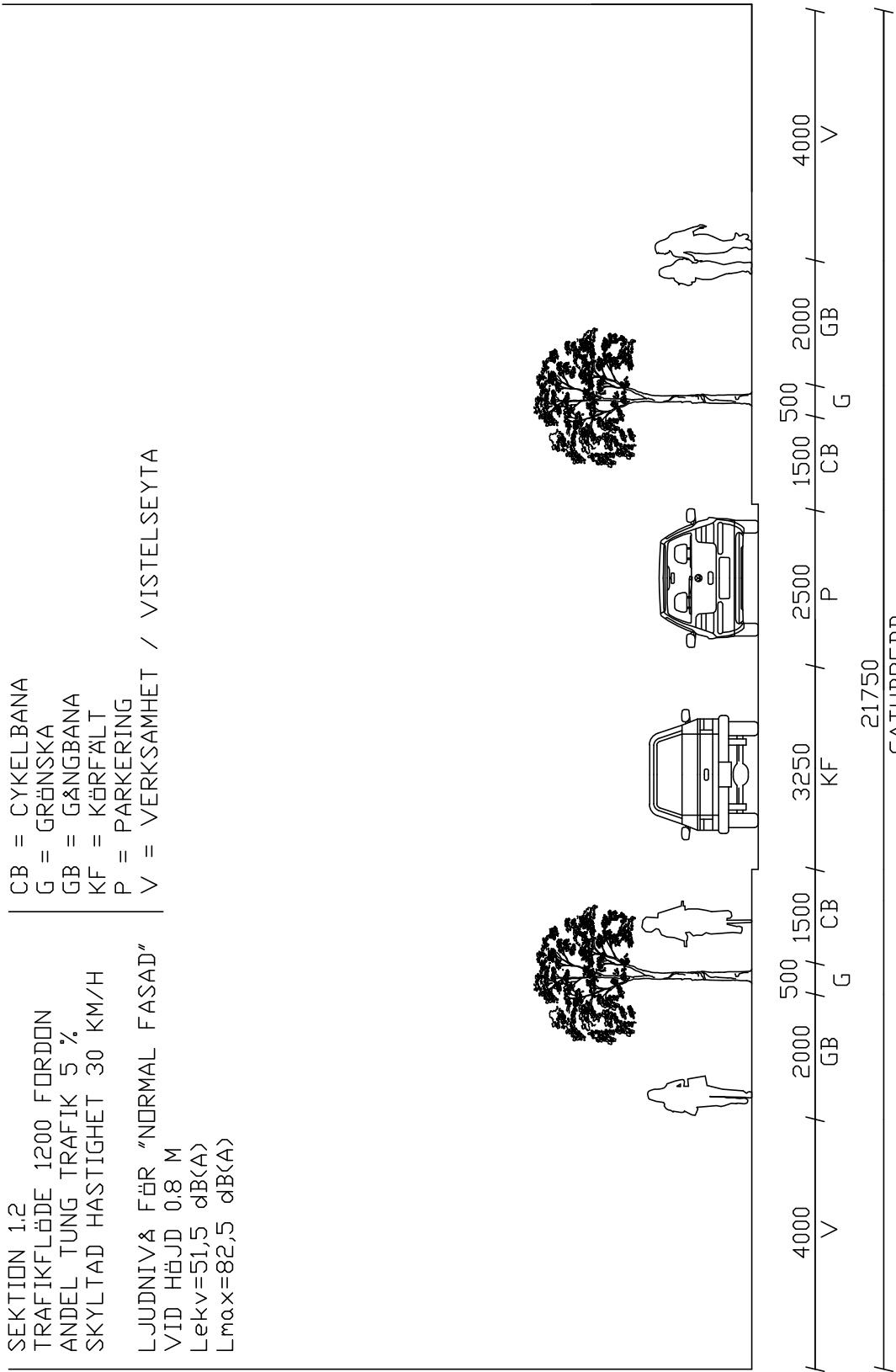
1.1 Existerande alternativ:

SEKTION 1.1
TRAFIKFLÖDE 1200 FORDON/DYGN
ANDEL TUNG TRAFIK 5 %
SKYLTAD HASTIGHET 30 KM/H

LJUDNIVÅ FÖR "NORMAL FASAD"
VID HÖJD 0.8 M
 $L_{ekv}=54,0$ dB(A)
 $L_{max}=87,7$ dB(A)

GB = GÅNGBANA
KF = KÖRFÄLT
P = PARKERING

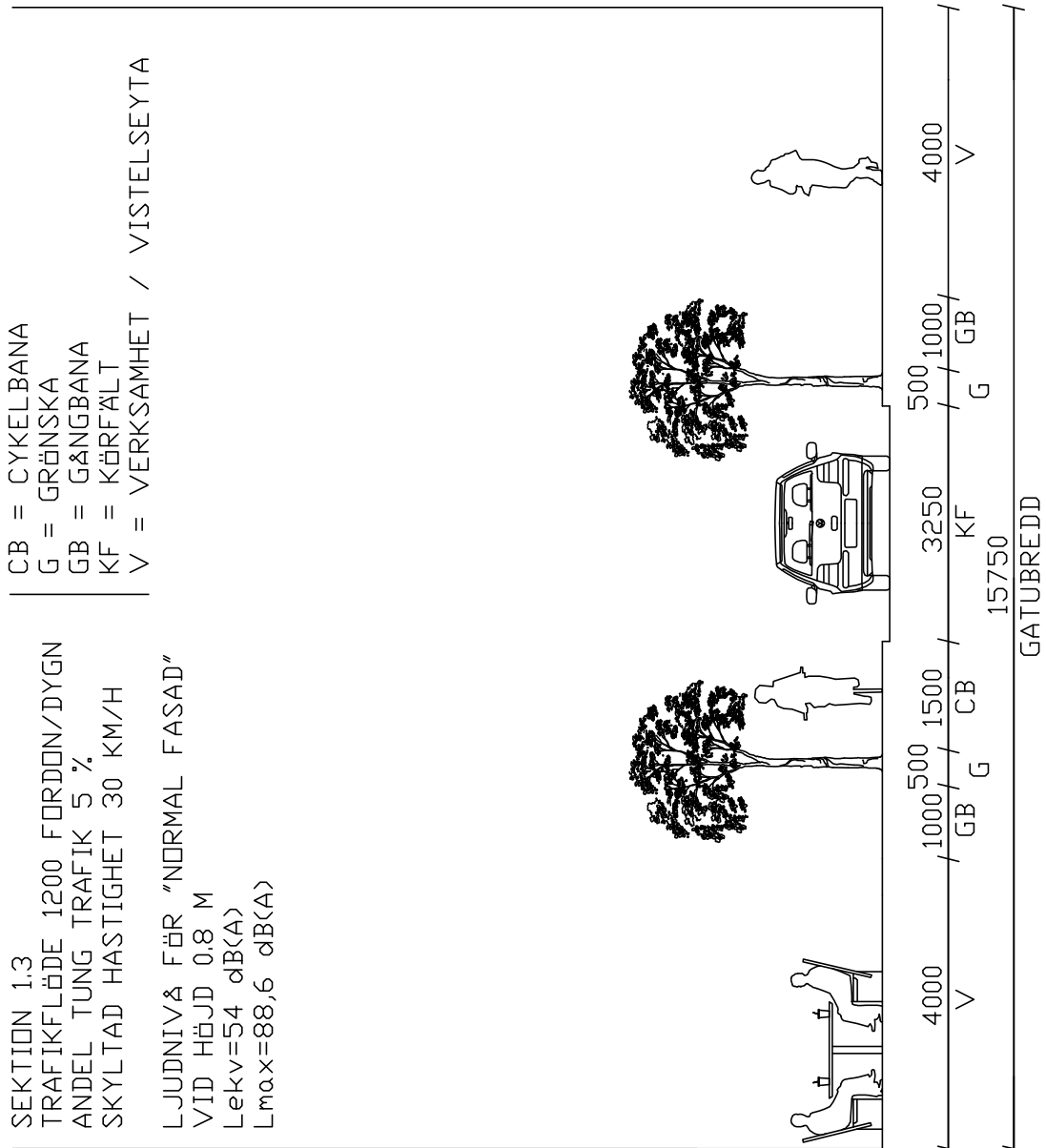




SEKTION 1.2
 TRAFIKFLÖDE 1200 FÖRDON
 ANDEL TUNG TRAFIK 5 %
 SKYLTAD HASTIGHET 30 KM/H

CB = CYKELBANA
 G = GRÖNSKA
 GB = GÅNGBANA
 KF = KÖRFÄLT
 P = PARKERING
 V = VERKSAMHET / VISTELSEYTA

LJUDNIVÅ FÖR "NORMAL FASAD"
 VID HÖJD 0,8 M
 L_{ekv}=51,5 dB(A)
 L_{max}=82,5 dB(A)



SEKTION 1.4
TRAFIKFLÖDE 600 FORDON/DYGN
ANDEL TUNG TRAFIK 5 %
SKYLTAD HASTIGHET 10 KM/H

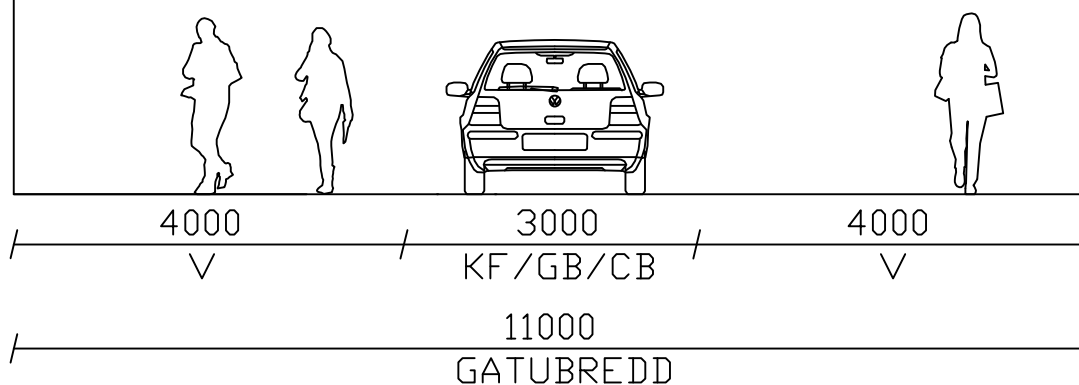
LJUDNIVÅ FÖR "NORMAL FASAD" VID
HÖJD 0,8 M
 $L_{ekv}=51,4$ dB(A)
 $L_{max}=88,7$ dB(A)

CB = CYKELBANA

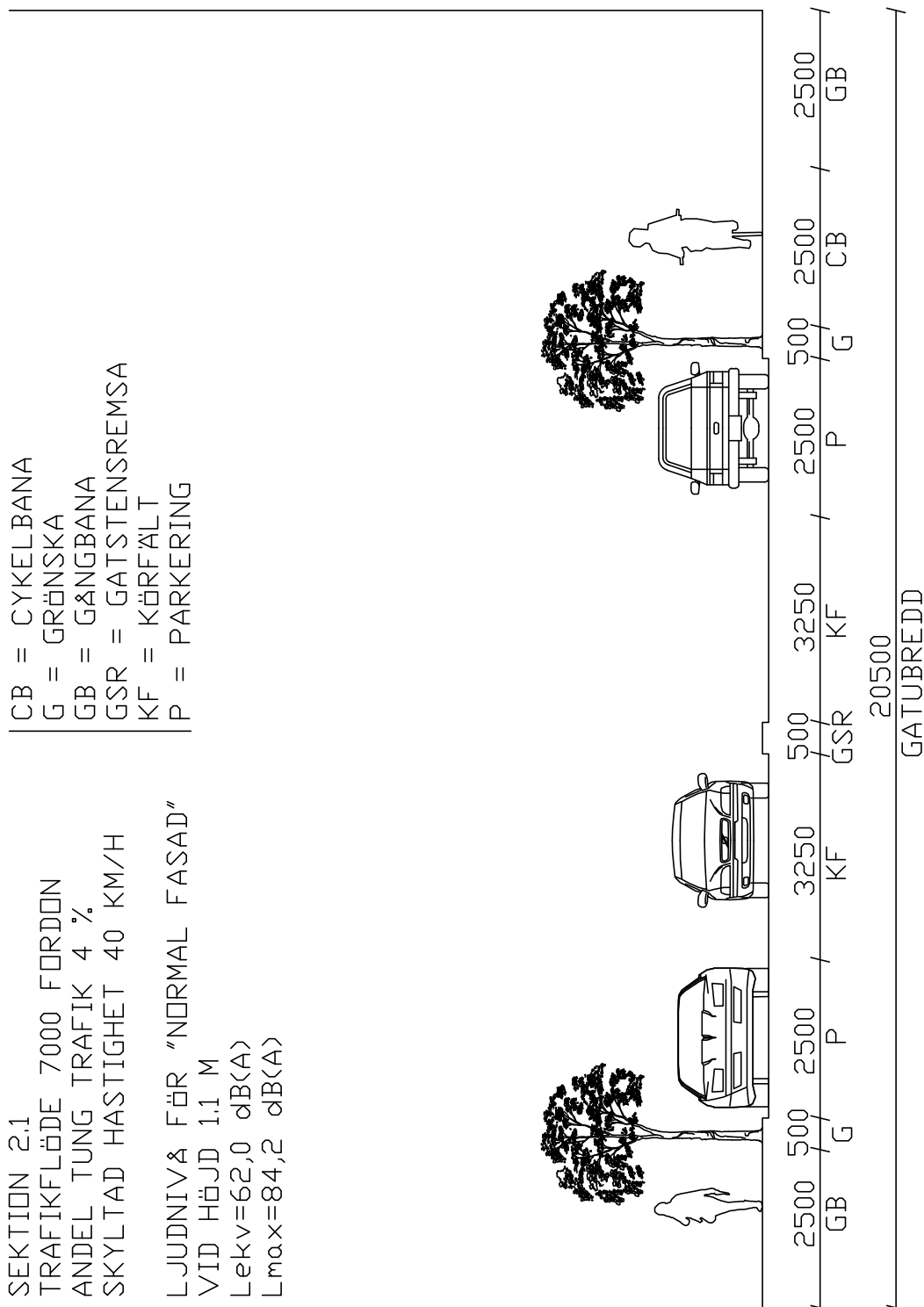
GB = GÅNGBANA

KF = KÖRFÄLT

V = VERKSAMHET / VISTELSEYTA

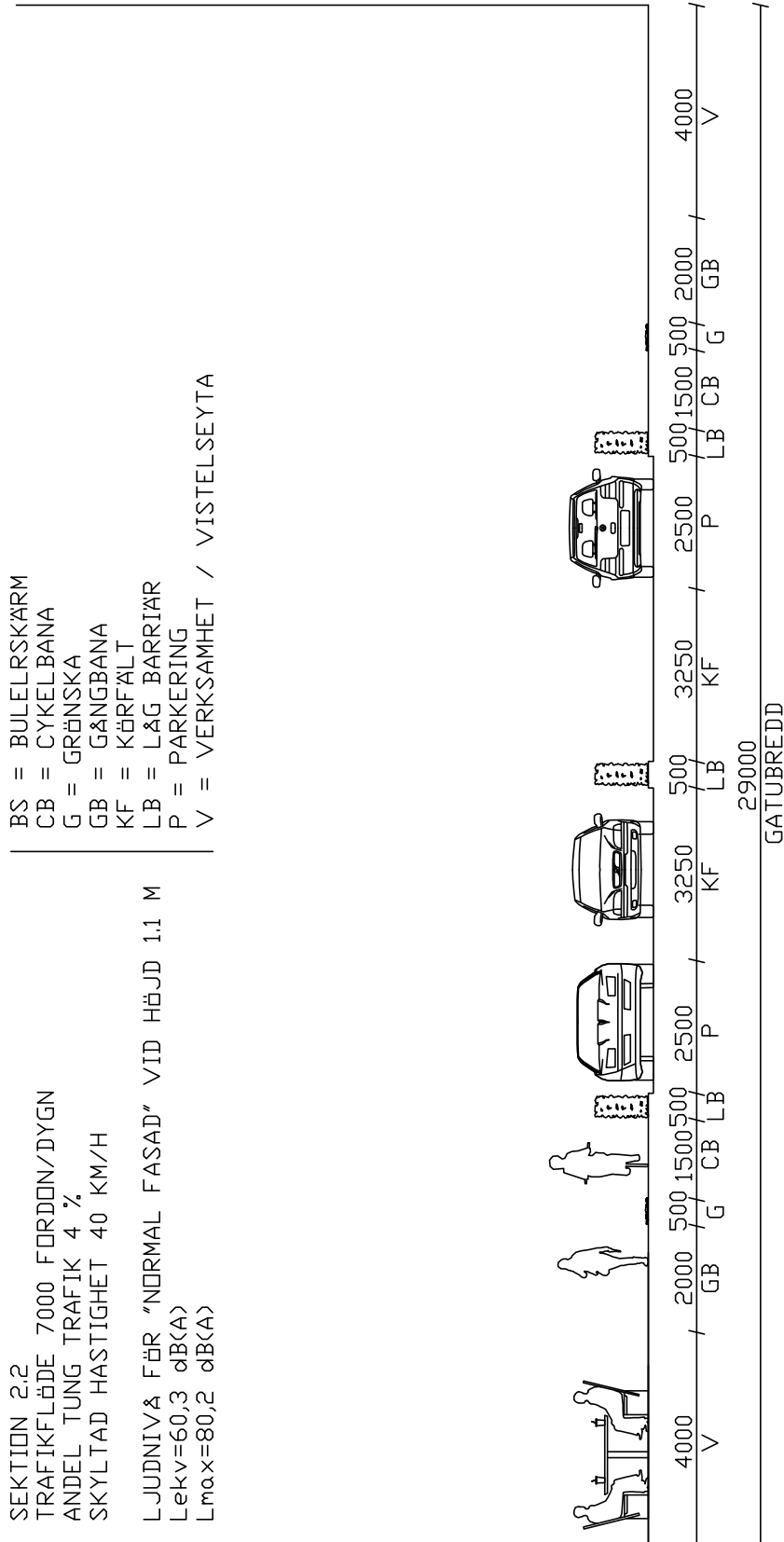


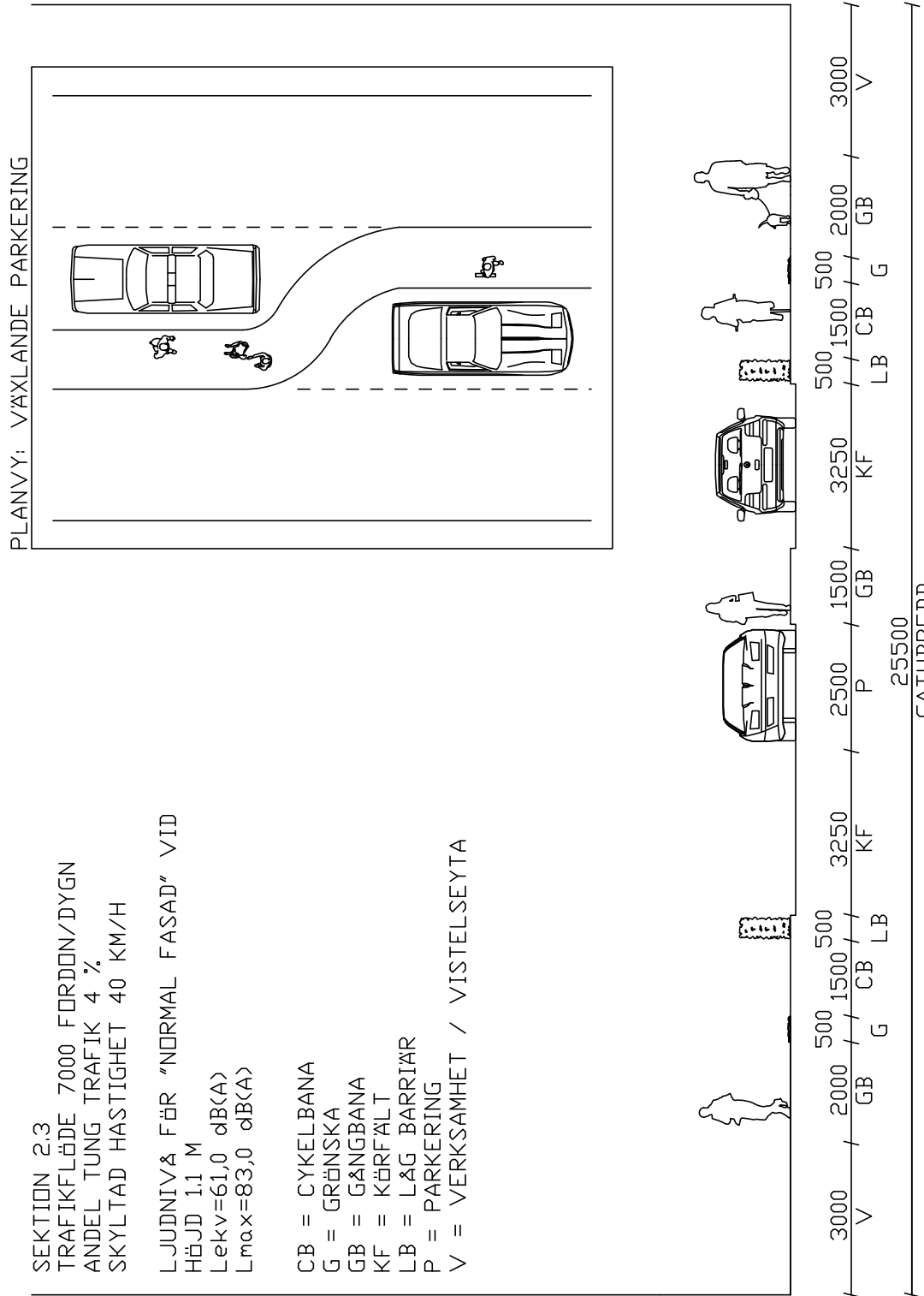
2.1 Existerande alternativ:



2.2 Brett alternativ:

sida 2 (4)

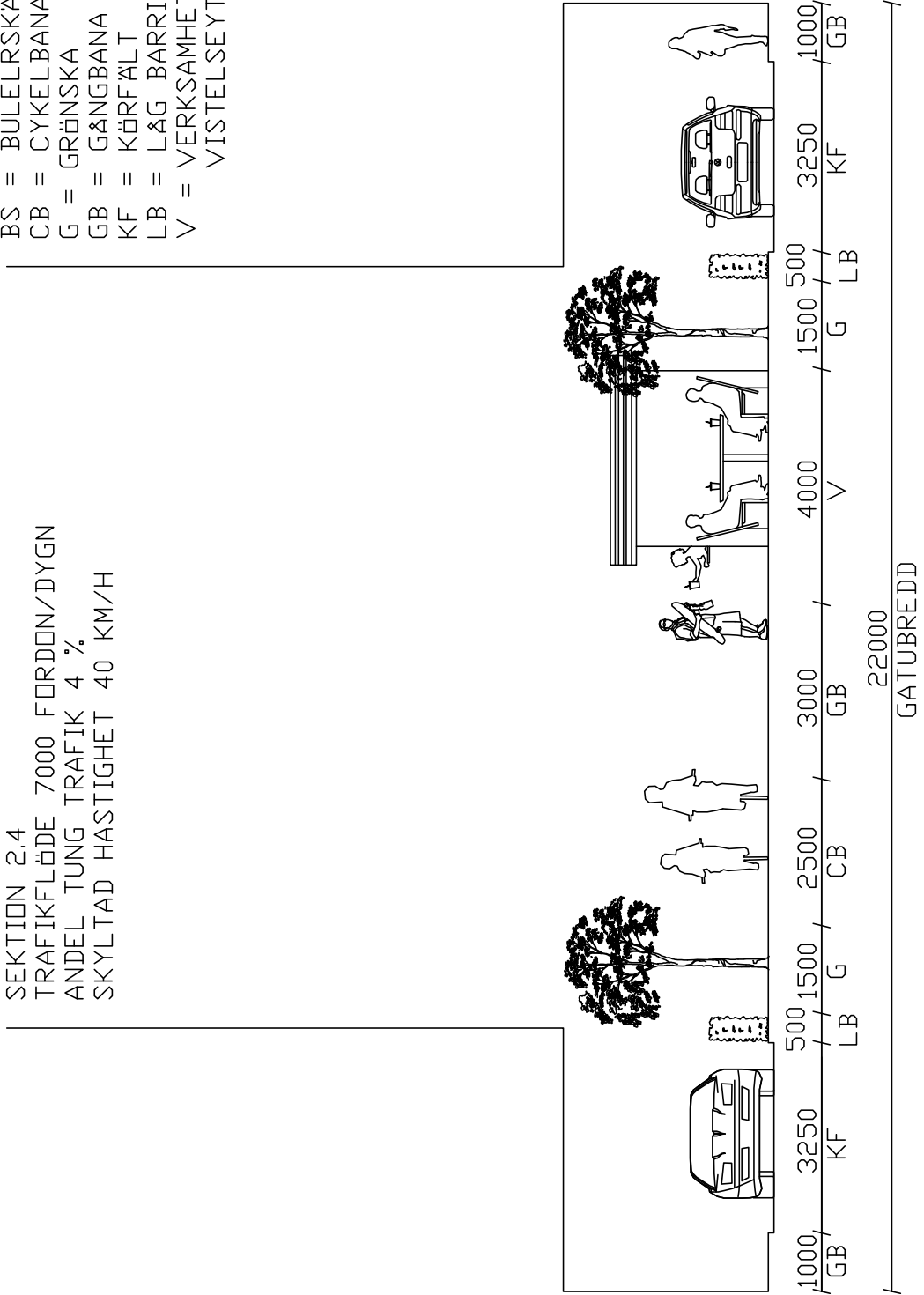




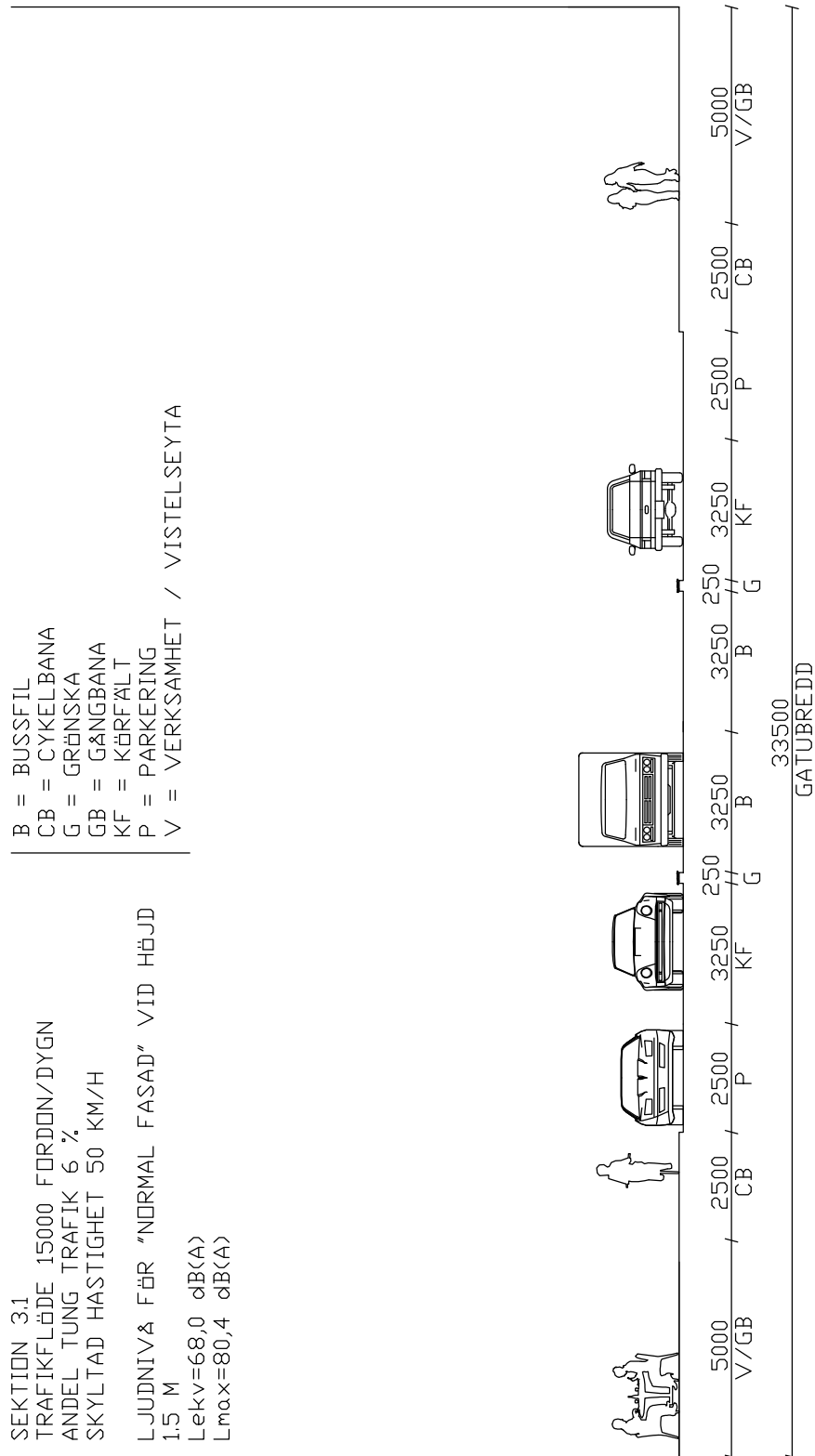
2.4 Innovativt alternativ:

BS = BULELRSKÄRM
 CB = CYKELBANA
 G = GRÖNSKA
 GB = GÅNGBANA
 KF = KÖRFÄLT
 LB = LÅG BARRIÄR
 V = VERKSAMHET /
 VISTELSEYTA

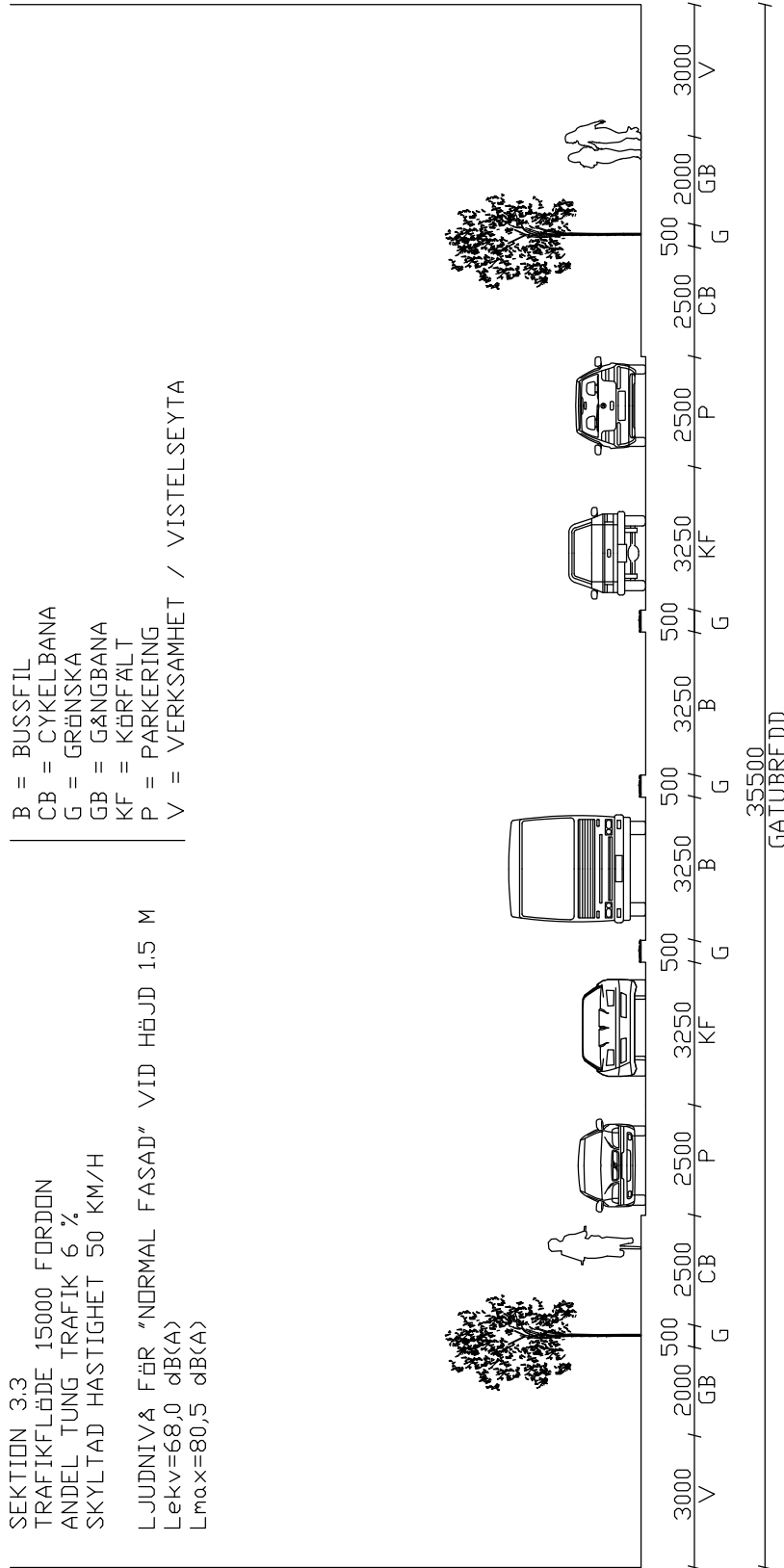
SEKTION 2.4
 TRAFIKFLÖDE 7000 FORDON/DYGN
 ANDEL TUNG TRAFIK 4 %
 SKYLTAD HASTIGHET 40 KM/H



3.1 Existerande alternativ:

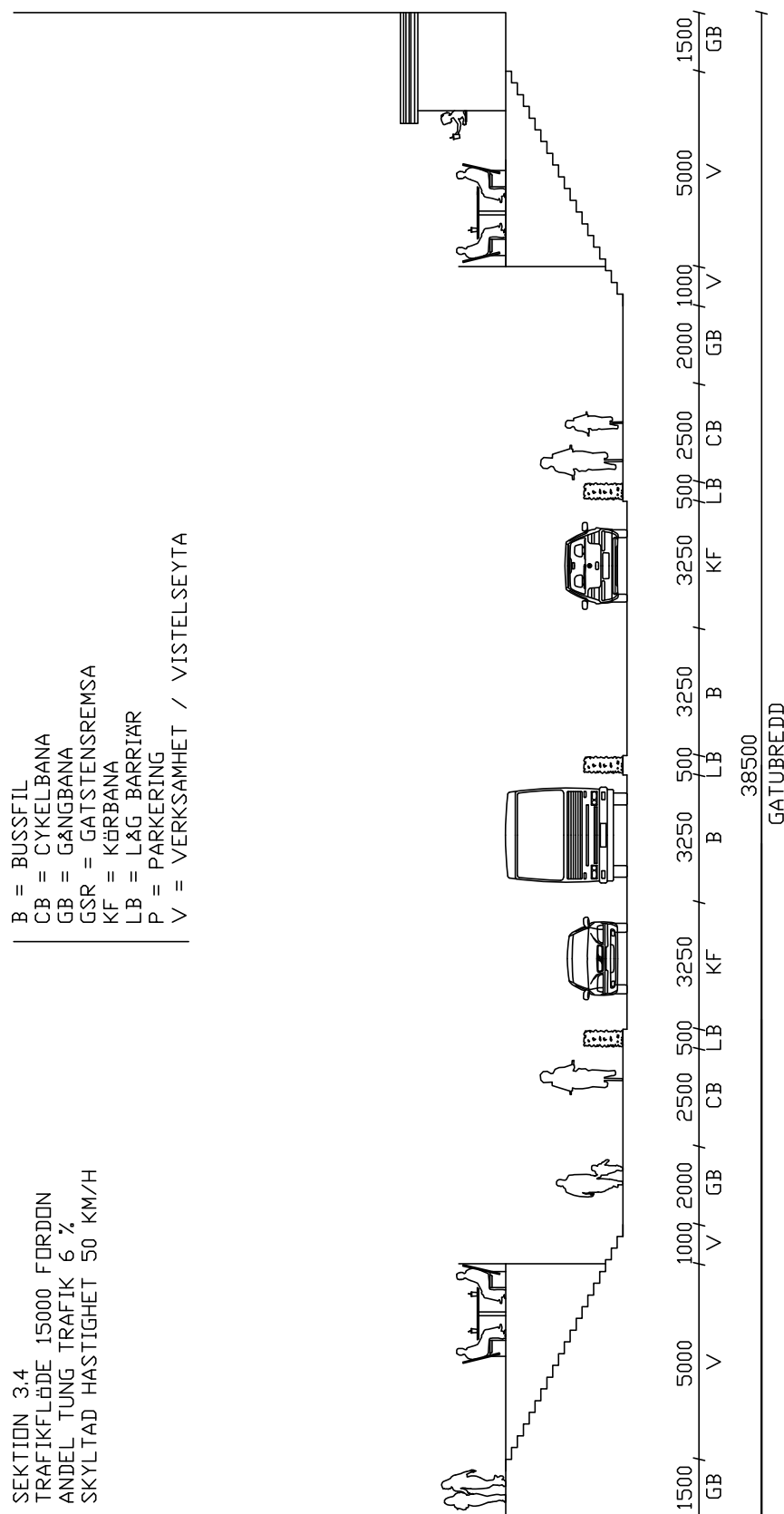


3.2 Brett alternativ:

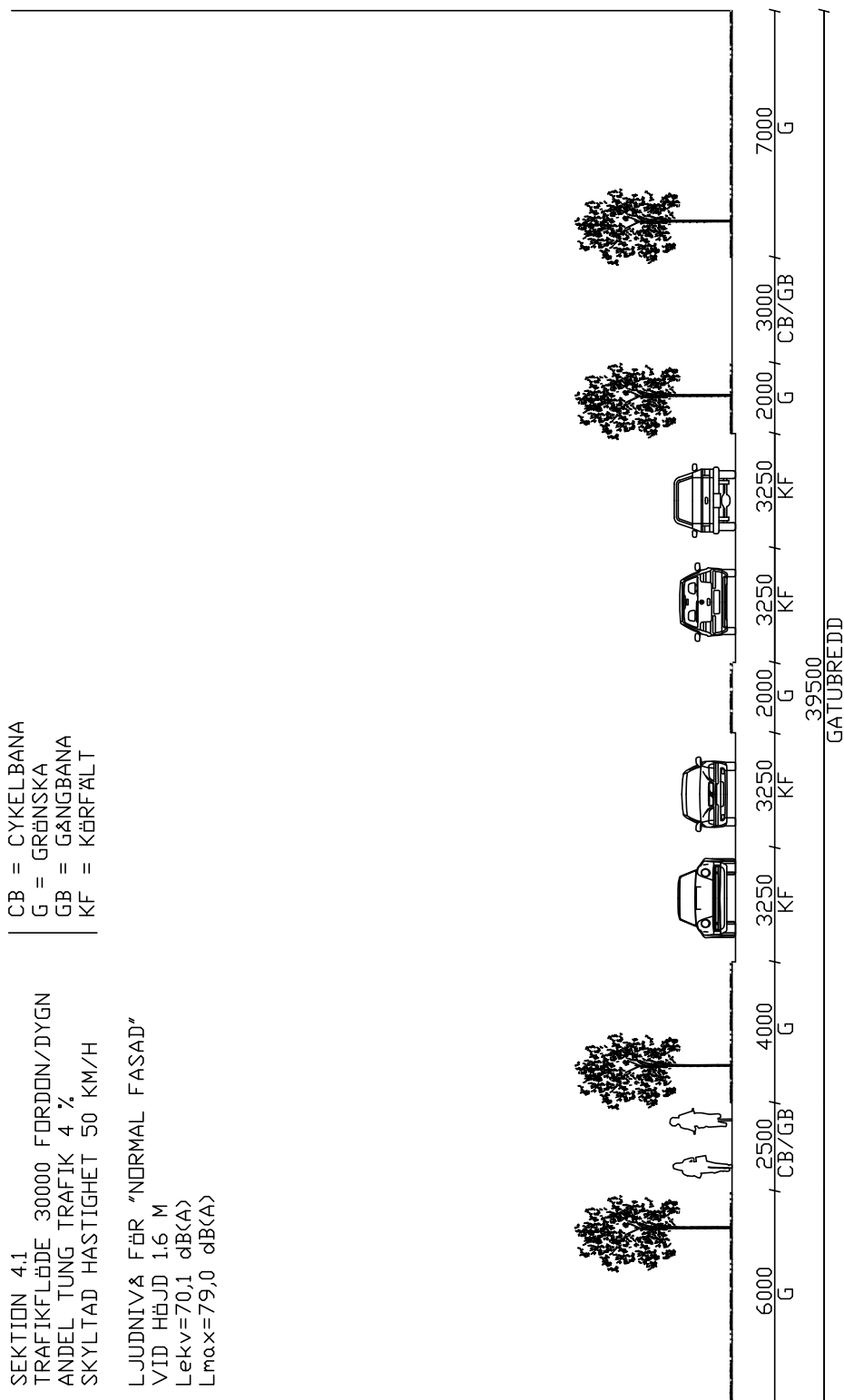


3.4 Innovativt alternativ:

sida 4 (4)

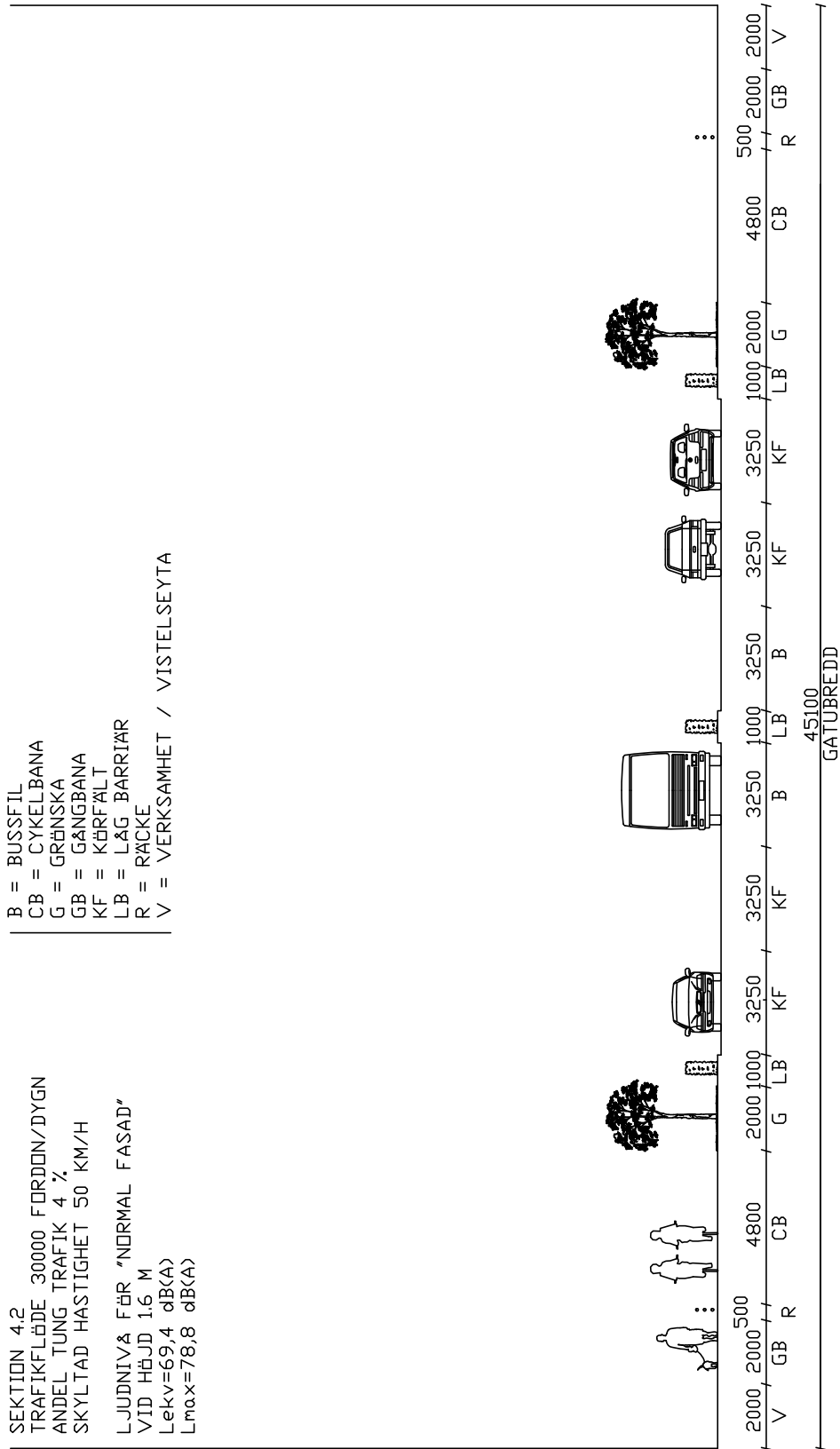


4.1 Existerande alternativ:



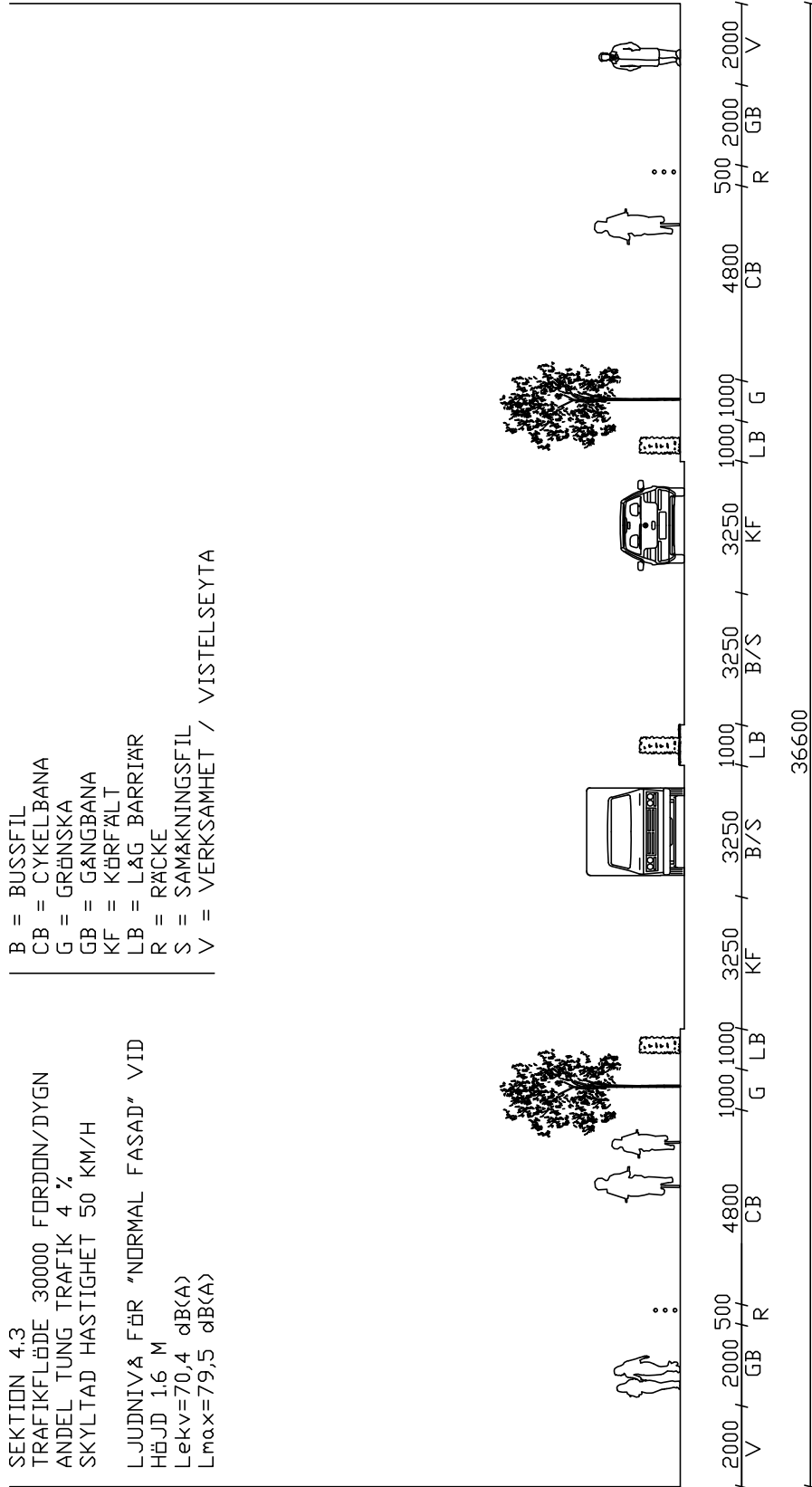
4.2 Brett alternativ:

sida 2 (6)



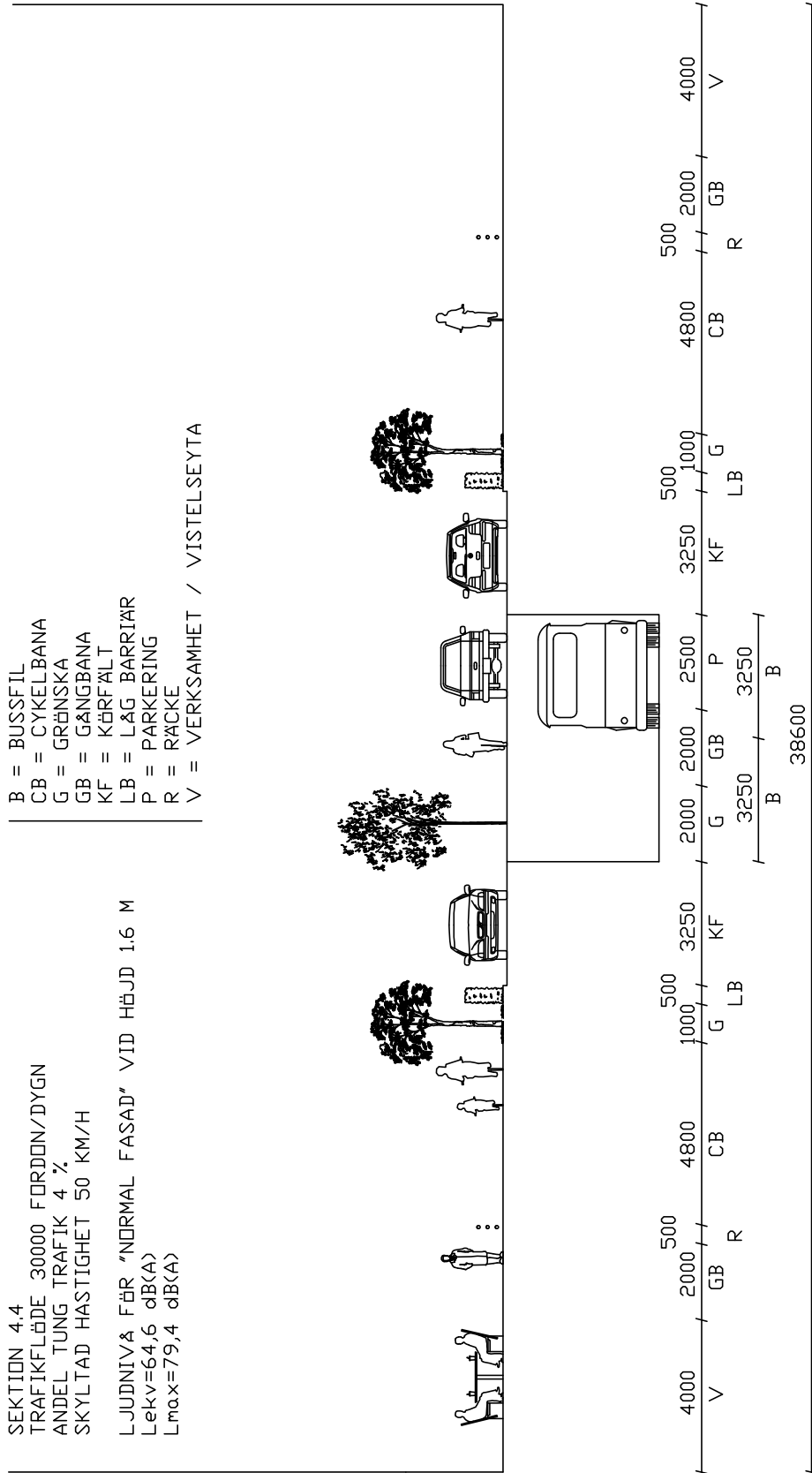
SEKTION 4:3
 TRAFIKFLÖDE 30000 FÖRDON/DYGN
 ANDEL TUNG TRAFIK 4 %
 SKYLTAD HASTIGHET 50 KM/H
 LJUDNIVÅ FÖR "NORMAL FASAD" VID
 HÖJD 1,6 M
 L_{ekv}=70,4 dB(A)
 L_{max}=79,5 dB(A)

B = BUSSFIL
 CB = CYKELBANA
 G = GRÖNSKA
 GB = GÅNGBANA
 KF = KERFÄLT
 LB = LÅG BARRIÄR
 R = RÄCKE
 S = SAMÅKNINGSFIL
 V = VERKSAMHET / VISTELSEYTA

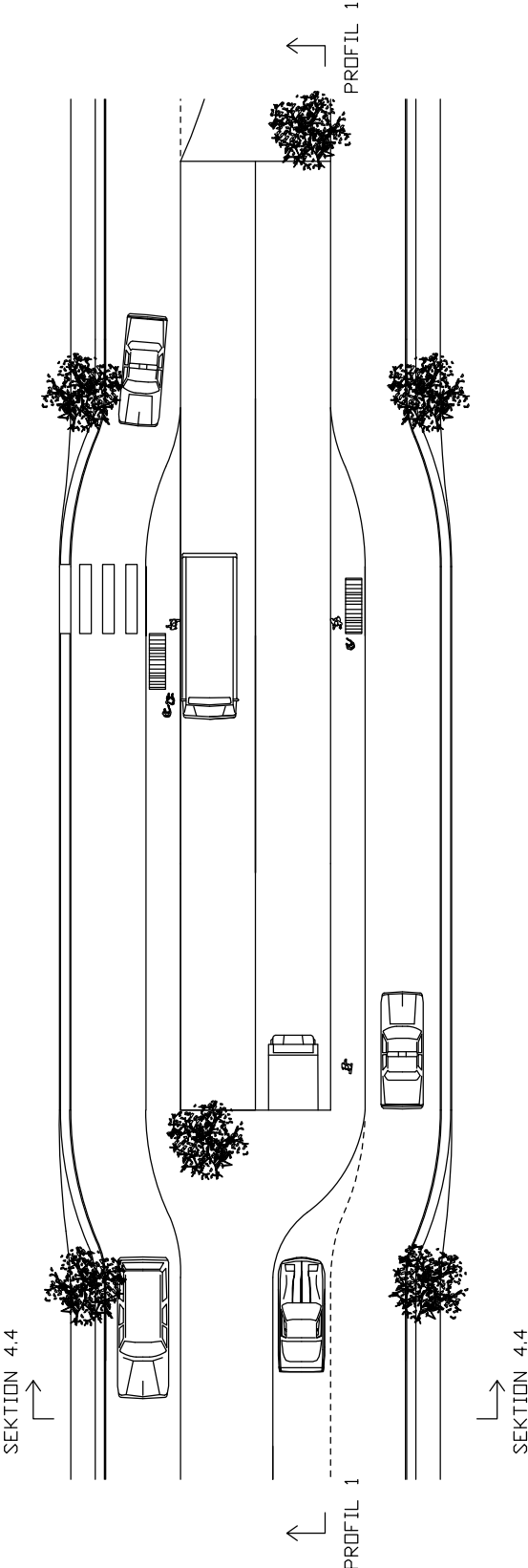


4.4 Innovativt alternativ:

sida 4 (6)



PLANRITNING 1, SEKTION 4.4
TRAFIKFLÖDE 30000 FÖRJDIN/DYGN
ANDEL TUNG TRAFIK 4 %
SKYLTAD HASTIGHET 50 KM/H



PROFILRITNING 1, SEKTION 4,4
TRAFIKFLÖDE 3000 FORDON/DYGN
ANDEL TUNG TRAFIK 4 %
SKYLTAD HASTIGHET 50 KM/H

