

Bullerkartläggningar och enkätdata

**En pilotstudie om möjligheten att använda buller-
kartläggningar för att koppla bullerexponering till
enkätdata**

**Dag Stenkvist
Mats E. Nilsson
Helena Svensson
Rebecca Thorén
Magnus Lindqvist
Weronica Rydoff
Gösta Bluhm
Tom Bellander
Göran Pershagen**

Rapport från Arbets- och miljömedicin • 2008:3

Centrum för folkhälsa

Bullerkartläggningar och enkätdata

Stenkvist, Nilsson, Svensson, Thorén, Lindqvist, Rydoff, Bluhm, Bellander, Pershagen

Arbets- och miljömedicin • Norrbacka • 171 76 Stockholm
tfn 08-737 37 00 • fax 08-33 43 33 • amm@sll.se
Rapporten finns även på vår webbplats www.folkhalsoguiden.se

ISSN: 1651-0321

Förord

Trafikbuller är den miljöstörning som påverkar flest människor i Sverige. Buller orsakar besvärsupplevelser, sömnstörning och har en negativ inverkan på prestation och inläring. Det finns också belägg för att långvarig trafikbullerexponering kan orsaka förhöjt blodtryck och hjärt-kärlsjukdom. Det behövs mer forskning kring samband mellan hälsoeffekter och bullerexponering, särskilt forskning som utnyttjar omfattande befolkningsbaserade datamaterial och därmed kan ge generaliserbara och statistiskt säkerställda resultat. Det finns stora enkätmaterial som omfattar besvärsreaktioner av buller, bland annat Socialstyrelsens miljöhälsoenkäter. Det har dock hittills varit svårt att fastställa bullerexponering för enkätdeltagare spridda över större geografiska områden. Nya möjligheter har öppnats i och med EG:s direktiv om omgivningsbuller (2002/49/EC), som ålägger större kommuner att genomföra heltäckande bullerkartläggningar. Miljöförvaltningen i Stockholms stad har nyligen genomfört en sådan bullerkartläggning och har skapat digitala bullerkartor som anger trafikbullerexponering för samtliga platser i kommunen. Denna pilotstudie har genomförts för att undersöka möjligheten att använda Stockholms bullerkartläggning för att fastställa enskilda enkätdeltagares bullerexponering. Syftet har varit att ge vägledning för framtida studier kring samband mellan bullerexponering och ohälsa.

Studien har finansierats av ett särskilt anslag inom ramen för Stockholms läns landsting (SLL) arbete med ”10 miljöåtgärder för att förbättra hälsan i Stockholms län”. Arbetet har utförts i samarbete mellan Miljöförvaltningen i Stockholms stad, Miljömedicinska enheten vid Centrum för folkhälsa, Institutet för miljömedicin vid Karolinska Institutet, och Gösta Ekmans laboratorium vid Stockholms universitet. Arbetet med digitala kartor har utförts av företaget Podiceps på uppdrag av Forum för kunskap och gemensam utveckling, Arbets- och miljömedicin.

Tom Bellander
Enhetschef

Magnus Lindqvist
Avdelningsingenjör

Miljömedicinska enheten vid
Centrum för folkhälsa

Miljöförvaltningen i Stockholms stad

Innehåll

FÖRORD	3
INNEHÅLL	5
SAMMANFATTNING	7
1. METODER FÖR ATT FASTSTÄLLA LJUDNIVÅER	8
Inledning	8
Uppdrag	8
Uppdragets genomförande	9
Använda data	10
Använda data	10
Metod vid kartering	10
Olika typer av avvikelser från normalfallen	16
Tillämpning på stora datamängder.....	20
Sammanfattning avsnitt 1	25
2. JÄMFÖRELSE AV OLIKA METODER	26
Utvärderade metoder	26
Resultat.....	28
Sammanfattning avsnitt 2	34

Sammanfattning

Syftet med denna pilotstudie har varit att ge vägledning för studier där man vill använda digitala bullerkartor för att koppla enskilda individers enkätsvar till bostadens bullerexponering. Av särskilt intresse har varit att utvärdera möjligheterna att göra denna koppling på ett automatiserat sätt för stora datamängder. Flera metoder har testats för att bedöma deras genomförbarhet, kostnadseffektivitet och mätfel.

Utifrån Stockholm stads bullerkartläggning bestämdes ljudnivåer vid 101 slumpmässigt utvalda adresser i Stockholm. Adresser har karterats genom att adresspunkter har lagrats ovanpå byggnader. Ljudnivåer fastställdes med olika metoder: Vid *fastigheters* mest och minst bullerexponerade fasader, vid *byggnaders* mest och minst bullerexponerade fasader, och vid *adressers* samtliga fasader (inklusive mellanväggar). Ljudnivåer fastställdes med ett GIS-program för att hantera kartor och ett databasprogram för att sammanställa ljudnivåer som registrerats i kartprogrammet.

Resultaten visar att Stockholm stads bullerkartläggning kan användas för att koppla bullerexponering till information om enkätdeltagarnas fastighet, byggnad och adress. En rad problem behöver dock beaktas. Detta gäller främst sågtandade bullerkonturer i fasadliv, ljudnivåer under byggnader, förekomst av negativa värden, saknade bullervärden, överlappande bullerkartor, olika intervallbredd för olika delar av staden samt avsaknad av information om mellanväggar mellan adresser i samma byggnad.

Utifrån resultaten bedöms att det idag är möjligt att med en automatiserad metod fastställa bullerexponeringen på den fastighet respektive byggnad där enkätdeltagaren bor, förutsatt att varje enkät är kopplad till en fastighets- respektive adresskoordinat. Det är idag inte möjligt att på ett automatiserat sätt fastställa exponering på adressens mest och minst exponerade fasad, på grund av att information om mellanväggar mellan adresser inte finns tillgängliga i lämpligt format.

En utvärdering av tre metoder som idag kan automatiseras visade att det bästa alternativet är att fastställa ljudnivåer utifrån den byggnad där den svarandes bostad ligger ("byggnadsmetoden"). Denna metod är överlägsen en metod som utgår från fastigheter. Byggnadsmetoden är också att föredra framför en metod baserad på portuppgång, eftersom den senare metoden endast kan ge en uppskattning av bostadens mest exponerade fasad, inte av bostadens minst exponerade fasad. Vid tillämpning av byggnadsmetoden kan man dessutom utan större kostnad också få information om nivån vid portuppgången. Resultat baserat på byggnad respektive portuppgång kan då jämföras, och i de fall de två metoderna ger helt olika resultat kan man överväga en manuell bestämning av ljudnivåer.

1. Metoder för att fastställa ljudnivåer

Inledning

Miljöförvaltningen i Stockholms stad (MF) har genomfört en kommuntäckande bullerkartläggning i enlighet med EG:s direktiv om omgivningsbuller (2002/49/EC). Diskussioner har förts mellan MF och Miljömedicinska enheten vid Centrum för folkhälsa (MME), Institutet för miljömedicin vid Karolinska Institutet (IMM) och Gösta Ekmans Laboratorium vid Stockholms universitet (SU) om möjligheten att koppla bullerkarteringen till data från miljöhälsoenkäter från 1999, 2003 och 2007.

Denna pilotstudie har genomförts för att bedöma möjligheten att koppla Stockholm stads bullerdata till miljöhälsoenkätdata. Pilotstudiens syfte har varit att utifrån 101 slumpmässigt utvalda adresser i Stockholm:

1. fastställa trafikbullerexponering vid fastigheters mest och minst utsatta fasader
2. fastställa trafikbullerexponering vid byggnaders mest och minst utsatta fasader
3. fastställa trafikbullerexponering vid adressers samtliga fasader, samt
4. jämföra avvikelser i exponeringsbestämningar mellan olika metoder.

Avsnitt 1 i denna rapport redovisar hur punkt 1-3 har genomförts. Detta arbete har utförts av företaget Podiceps på uppdrag av Forum för kunskap och gemensam utveckling, Arbets- och miljömedicin. Avsnitt 2 redovisar resultaten av jämförelser av de olika metoderna (punkt 4). Dessa jämförelser är baserade på de data som levererats av Podiceps.

Uppdrag

Uppdraget har varit att genomföra en kartering av trafikbullerexponering enligt olika metoder, se figur 1.4 och 1.7 för schematisk beskrivning av metoder:

Fastighetsmetoden

För varje *fastighet* ska exponering bestämmas vid två fasader: mest respektive minst utsatta fasad. Detta ska göras utifrån Stockholm stads bullerkartläggning och utvalda adressers fastighetskoordinater. Den mest bullerexponerade fasaden i fastigheten kallas "maxfasad", den minst bullerexponerade fasaden kallas "minfasad".

Byggnadsmetoden

Som komplement till fastighetsmetoden ska nivåer också fastställas för varje *byggnad* där adressen ligger (många fastigheter består av flera byggnader). Detta för att kunna utvärdera skillnaden mellan exponeringsbestämningar baserade på fastighet respektive byggnad. Nivåer ska fastställas vid byggnadens maxfasad och minfasad.

Adressmetoden

För varje *adress* ska exponering bestämmas vid fyra fasader. Den fasad där adressens portuppgång eller huvudentré finns kallas "fasad 1", med fortsättning i klockans

riktning för ”fasad 2”, ”fasad 3” och ”fasad 4”. Det innebär att även innerväggar räknas som fasader i denna metod.

I uppdraget har även ingått att beskriva problem som har påträffats under karteringen samt att göra en bedömning av om det är möjligt att tillämpa de olika metoderna på större datamängder.

Urvalet av adresser har skett slumpmässigt ur en forskningsdatabas från IMM. Urvalet omfattar 101 adresser och motsvarande fastigheter, samtliga inom Stockholms stad.

Uppdragets genomförande

Uppdraget har i huvudsak omfattat momenten databearbetning och kartering. Under uppdraget har även avstämningsmöten hållits som syftat till att lösa frågor som uppkommit under karteringen.

Vid karteringen har arbetsgången varit följande:

1. Leverans av utvalda fastigheter från Miljöförvaltningen (MF).
2. Kartering av ljudnivåer vid fastighetens mest och minst bullerexponerade fasad.
3. Karterade fastigheter levereras till MF.
4. Adresser motsvarande fastigheter i punkt 1 levereras från MF.
5. Kartering av ljudnivåer vid byggnadens mest och minst bullerexponerade fasad och adressens samtliga fasader.
6. Karterade fastigheter, byggnader och adresser levereras till Stockholms universitet (SU) för jämförande analyser (redovisas i avsnitt 2 av denna rapport).

Karteringen av en ljudnivå för en viss fastighet gjordes alltså utan kännedom om motsvarande kartering för byggnad och adress.

Använda data

Urvalet av adresser och fastigheter kommer från MME. Urvalet av fastigheter har levererats som kartdata i form av shape-filer, vilket är ett vanligt format för kartdata. Fastigheterna har haft geometritypen yta vilket är behändigt vid denna typ av kartering då man ofta snabbt vill kunna se var urvalet finns grafiskt.

Adresser levererades som punkter i en shape-fil. Varje punkt representerar en entré till byggnaden. Adresspunkten ligger alltid innanför byggnadens yttre begränsningslinje. I många fall finns det flera adresspunkter på en och samma byggnad.

Byggnadsinformation från Stockholms stad har använts. Samtliga byggnader är levererade som ytor. Fastigheter utöver vad som ingått i urvalet har levererats som ytor och använts som bakgrundsinformation.

Exponeringsdata för buller utgörs av Stockholms stads bullerkartläggning. Bullerkartorna är uppdelade på olika områden. Sammanlagt omfattas 8 områden: Djurgården, Kungsholmen, Norra Djurgården, Södermalm, Gamla stan, City, Västerort och Söderort. Under varje område återfinns bullerkartor för väg- och spårtrafik. Under respektive väg- och spårtrafik finns tre typer av ljudnivåer angivet; $L_{Aeq, 24h}$, L_{eq} natt (22-06) och L_{DEN} . För områdena Västerort och Söderort är varje typ av ljudnivå uppdelad ytterligare på flera geografiska områden. Denna underindelning är inte uppdelad efter stadsdelar eller kvarter. Samtliga bullerkartor som har använts är av geometritypen "yta".

Metod vid kartering

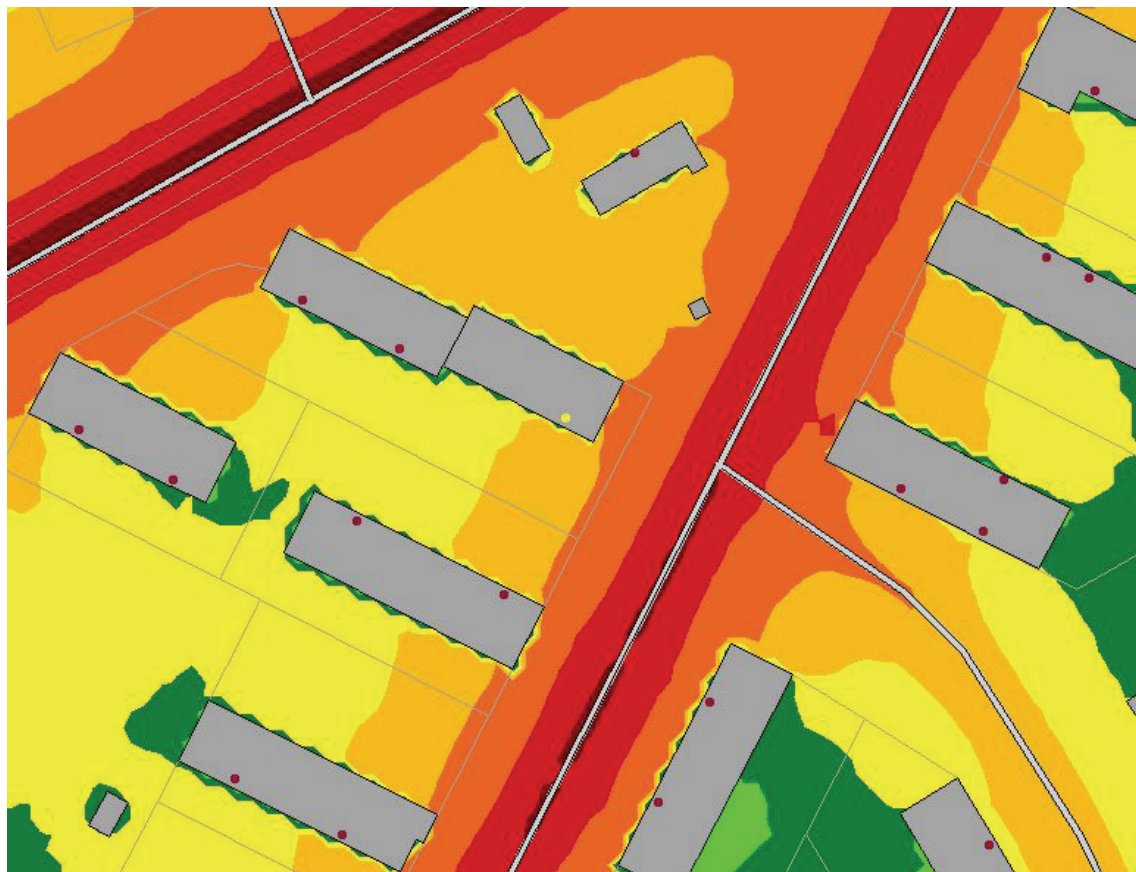
Karteringen har gjorts område för område. Inom varje område har urvalet av fastigheter och adresser presenterats grafiskt. Det innebär att utvalda fastigheter och adresser har getts en färg som har skiljt ut dem från övriga, se figur 1.1.

Figur 1.1. Exempel på färgkodning av utvalda fastigheter.

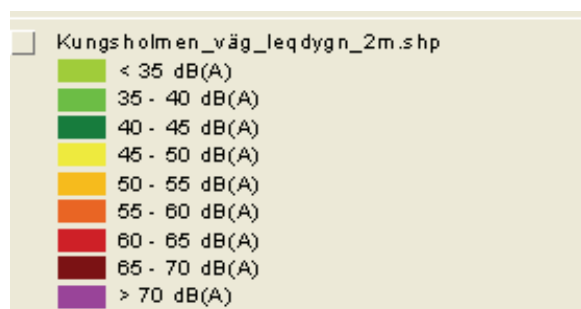


Från översiktskartan har sedan varje fastighet förstorats så att det har gått att i detalj se hur ljudnivåerna är vid en viss byggnad. Karteringen har skett genom att ljudnivåer i byggnaders fasadliv har tagits fram, se figur 1.2. Som hjälp vid detta arbete har färgkodning av bullerkartorna använts. Färgkodningen anger ljudnivåer i intervall om 5 dB. På så sätt går det ofta att exkludera ytor som inte är relevanta att ta ljudnivåer ifrån. Färgkodningen går från ljusgrönt, mörkgrönt, gult, orange, rött, lilarött till lila, där ljusgrönt är de lägsta nivåerna och lila de högst nivåerna. Intervallen för färgkodningen framgår av figur 1.3.

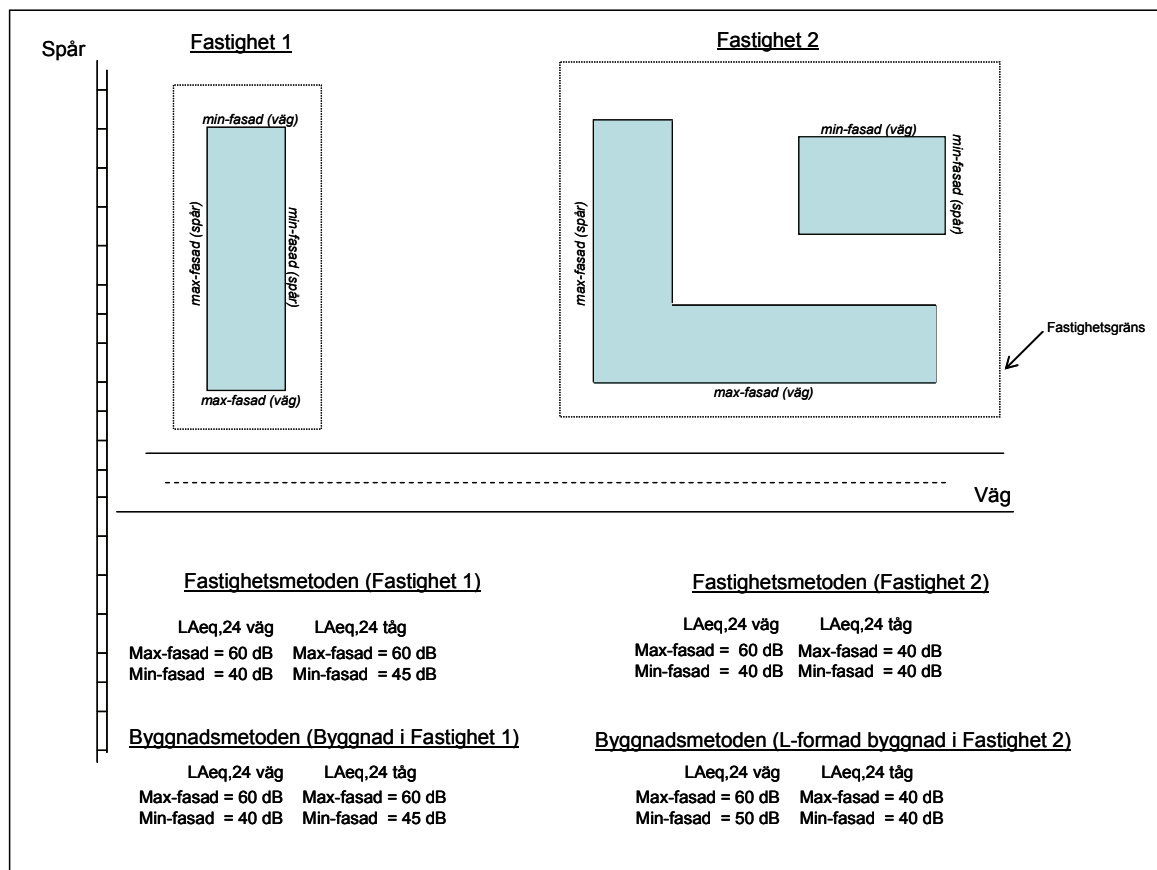
Figur 1.2. Exempel på bullerkarta med färgkodad bullerexponering.



Figur 1.3. Intervallindelning kopplat till färgkodning.



Figur 1.4. Typfall för hur ljudnivåer på fastighet och byggnad har fastställts. Fastighet 1 har endast en byggnad. Därför är ljudnivåer för fastighet ("fastighetsmetoden") och byggnad ("byggnadsmetoden") identiska. Detta gäller inte för fastighet 2, som består av två byggnader med olika exponering.



Varje fastighet har karterats med ett max- och ett minvärde för alla typer av ljudnivåer (fastighetsmetoden), separat för spår- och vägtrafikbuller. Maxfasadnivå och minfasadnivå kan ligga på två skilda byggnader, se figur 1.4. Dessutom har nivåer vid maxfasad och minfasad fastställts vid den *byggnad* där adressen ligger (byggnadsmetoden). För fastighet 1 i figur 1.4 ger dessa metoder samma resultat. Detta gäller inte för fastighet 2. Exempelvis kommer nivåbestämning utifrån fastighet att underskatta ljudnivån vid minfasad för boende i den L-formade byggnaden.

Figur 1.5. Accessformulär för inmatning av bullervärden på fastighet.

Microsoft Access

Arkiv Redigera Visa Infoga Format Poster Verktyg Fönster Hjälp

Skriv en fråga för hjälp

FRMFASTIGHETER_MED_BULLER

FASTIGHET: BJÖRKEN 18

FASTIGHETS_ID: 10061584

LEQ_DYGN_VÄG_MAXF	73	LEQ_DYGN_VÄG_MINF	43
LEQ_NATT_VÄG_MAXF	66	LEQ_NATT_VÄG_MINF	37
LEQ_DEN_VÄG_MAXF	76	LEQ_DEN_VÄG_MINF	45
LEQ_DYGN_SPÅR_MAXF	39	LEQ_DYGN_SPÅR_MINF	29
LEQ_NATT_SPÅR_MAXF	28	LEQ_NATT_SPÅR_MINF	24
LEQ_DEN_SPÅR_MAXF	43	LEQ_DEN_SPÅR_MINF	34

FASTIGHET: BJÖRKEN 18

Post: 11

adress...

Formulär

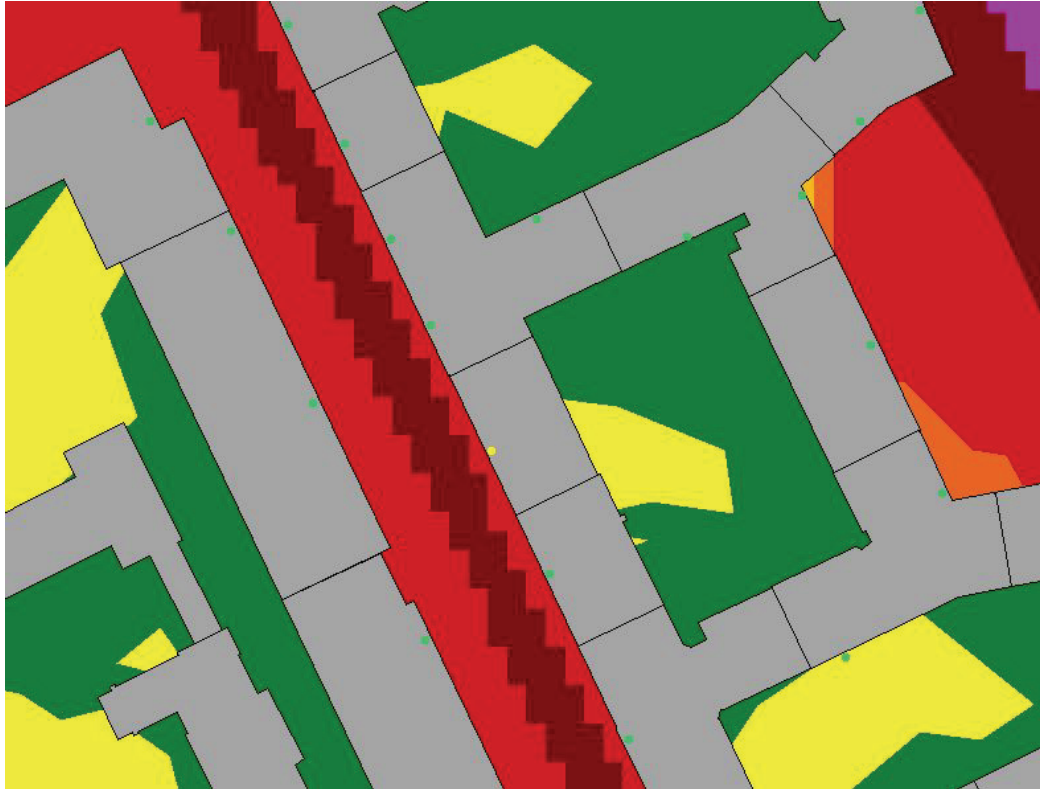
Start ArcView GIS 3.2 adresser : Databas (...) FRMFASTIGHETER_M... SV 09:28

Karteringen har genomförts med hjälp av ett GIS-program för att hantera kartor och en Accessdatabas för att samla in ljudnivåer som registrerats i kartprogrammet.

Insamlade data har lagrats i en Accessdatabas där några enkla formulär har tagits fram för att snabbt kunna söka fram specifika fastigheter, se figur 1.5.

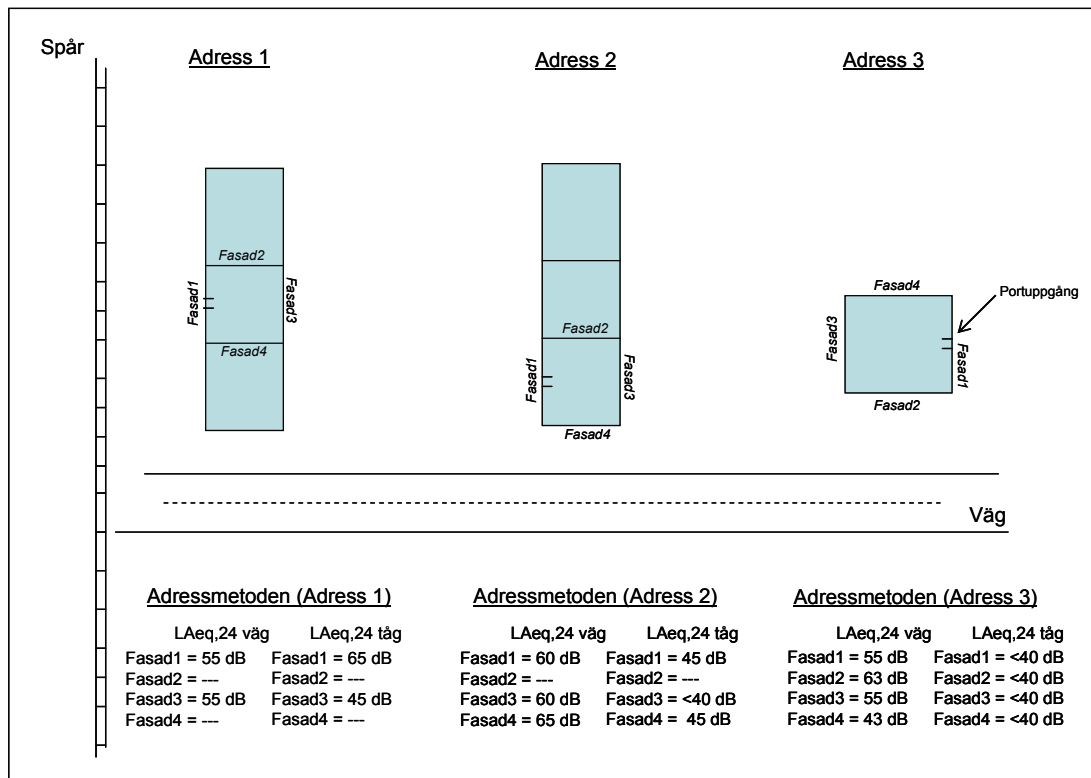
Adresser har karterats genom att adresspunkter har lagrats ovanpå byggnader (adressmetoden). I de fall där det bara finns en adresspunkt per byggnad är det i typfallet relativt enkelt att fastställa fasadnummer. Som fasad 1 har alltid använts den fasad som ligger närmast adresspunkten. Ett exempel på detta visas i figur 1.6.

Figur 1.6. Byggnad med en adresspunkt.



Vid denna adress har fasad 1 tilldelats en ljudnivå, fasad 2 har NULL (okänt) fasad 3 har tilldelats en ljudnivå och fasad 4 har NULL. I detta fall innebär NULL att fasaden är oexponerad för buller. Alla adresser har karterats på detta sätt. Till skillnad från ljudnivåer på fastighet ligger ljudnivåerna på adress alltid på en och samma byggnad. Tre typfall redovisas i figur 1.7.

Figur 1.7. Tre typfall på hur ljudnivåer för adresser fastställts ("adressmetoden").



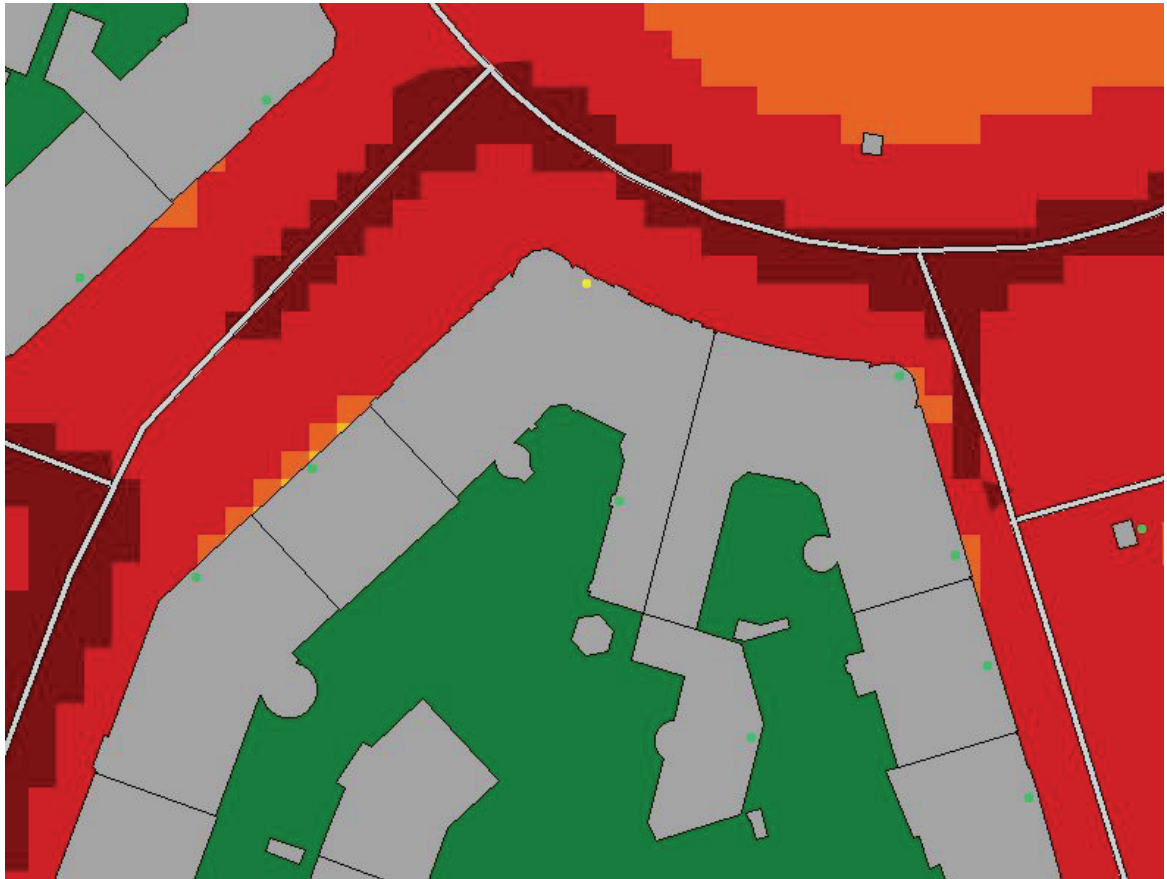
I samtliga fall har läget av innerväggar gjorts utifrån en subjektiv bedömning. Bedömningen är grundad på dels byggnadens form och dels på läget av eventuella andra adresspunkter i samma byggnad. Om två adresspunkter ligger symmetriskt längs en fasad har innerväggen satts mitt emellan adresspunkterna utifrån ett ögonmått.

Olika typer av avvikelser från normalfallen

Det finns ett antal avvikelser från ovan beskrivna normalfall som beror på bullerkartorna, olika byggnadsformer eller på hur adresspunkter är placerade i en byggnad. Nedan ges några exempel på hur det kan se ut vid olika fastigheter och byggnader.

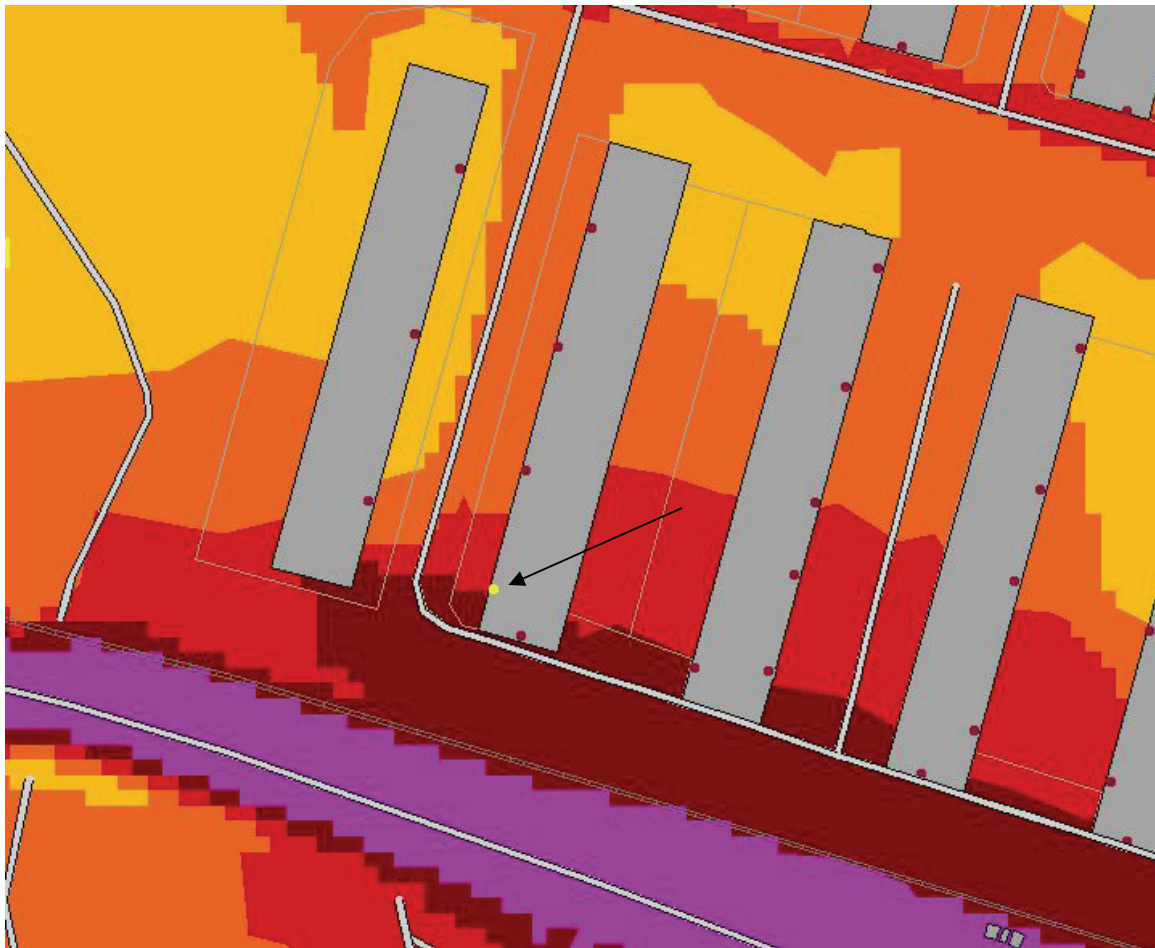
Ett stort problem med adressmetoden är att många byggnader har en form som gör att det är mycket svårt att bedöma var eventuella mellanväggar mellan olika adresser ligger, det är därför svårt att avgöra vilka delar av en byggnads fasad som hör till en specifik adress. En byggnad kan vara U- eller V-formad med slumpvis utplacerade adresspunkter, se figur 1.8.

Figur 1.8. Exempel på byggnad med svårbedömt läge av mellanvägg. En adresspunkt ligger mot gården och den utvalda mot gatan. Byggnader har grå färg. Övriga färger representerar ljudnivåer.



För att komma runt detta problem kan istället endast ytterväggar karteras (byggnadsmetoden). Denna metod kan dock ge en felaktig bild av bullernivåer vid vissa typer av byggnader. Ett sådant exempel är en mycket lång byggnad där den aktuella adressen ligger i ena änden av byggnaden, se figur 1.9.

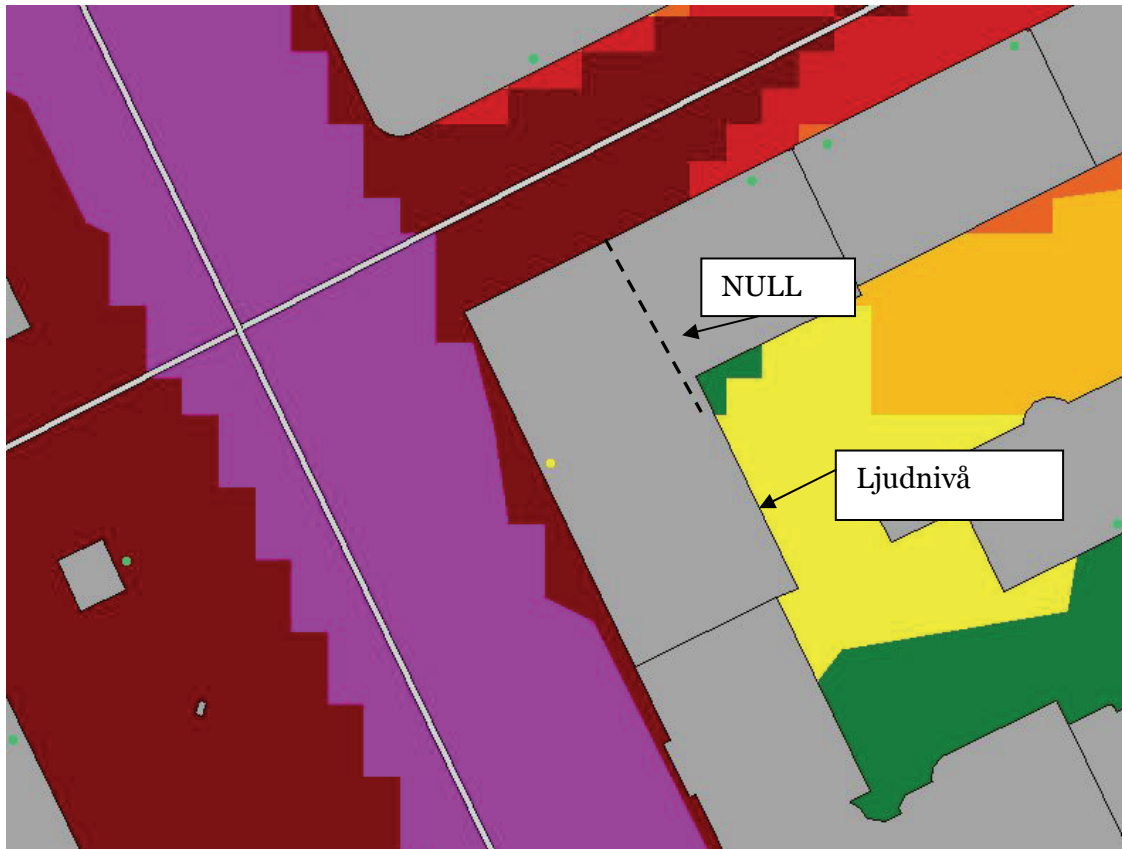
Figur 1.9. Ett exempel på en lång byggnad med adress i ena änden.



Enligt adressmetoden skulle denna byggnad få tre fasader med bullernivåer över 65 dBA och en innervägg med NULL. Med byggnadsmetoden skulle den istället få tre fasader med nivåer under 55 dBA och en fasad med 65 dBA.

En annan typ av byggnad som är relativt vanlig är L-hus. Dessa ligger ofta vid gat-hörn. Det går oftast att göra en rimlig tolkning av var mellanväggar ligger mellan olika byggnadskroppar. Dock blir man ofta tvungen att bestämma om en vägg ska få värdet NULL eller en ljudnivå, som i figur 1.10.

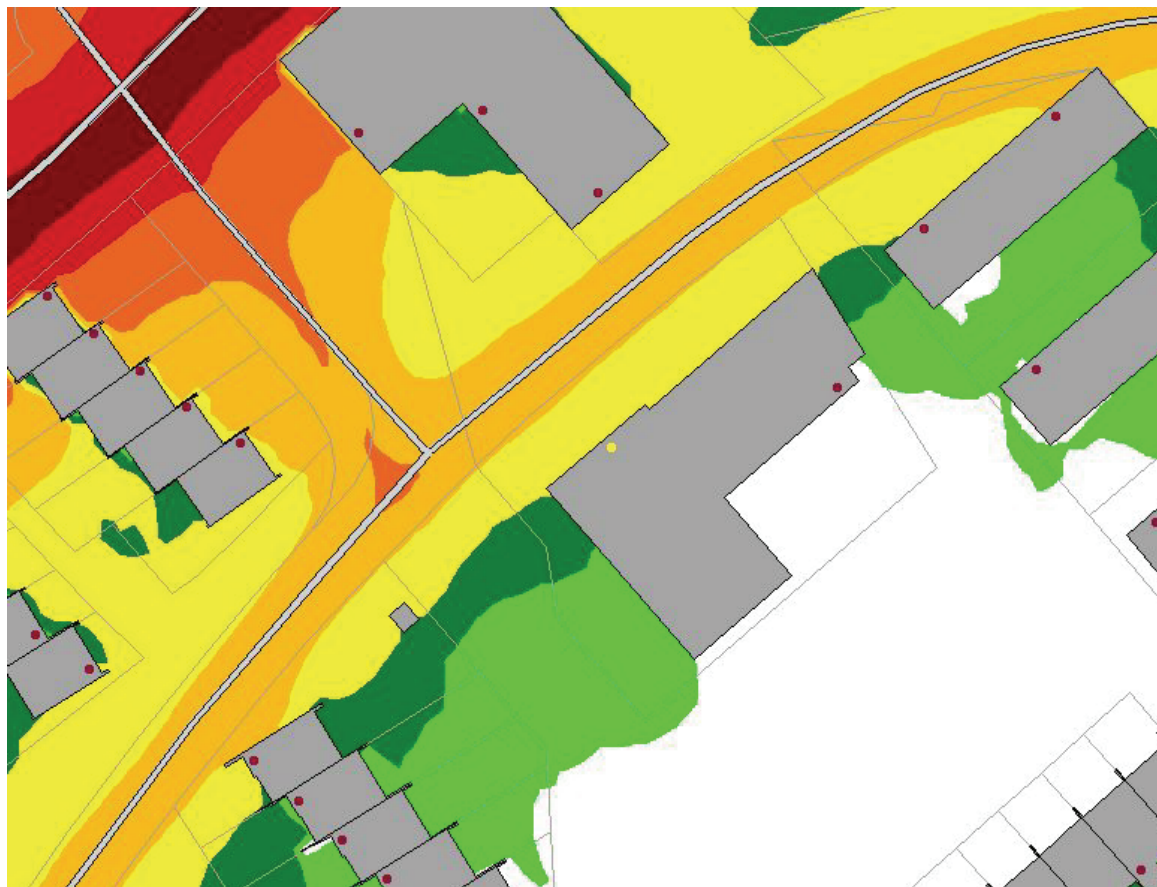
Figur 1.10. Byggnad med L-form vid gathörn.



I exemplet i figur 1.10 har vägg nummer 3 tilldelats en ljudnivå istället för NULL. Denna metod är helt manuell och således tidskrävande. I dagsläget finns inga data för byggnader där innerväggar är markerade och numrerade för att kunna skilja mellan olika adresser, vilket skulle krävas för att automatisera adressmetoden .

För områden i förorter förekommer det att enstaka byggnader helt eller delvis saknar bullerdata. Även detta blir NULL värden men med en annan betydelse än det som gäller innerväggar. Här betyder det att ingen ljudnivå finns beräknad. I projektet har det bestämts att dess väggar istället ska tilldelas 0 (noll), se figur 1.11.

Figur 1.11. Byggnad med väggar där bullernivåer saknas det vill säga är NULL.

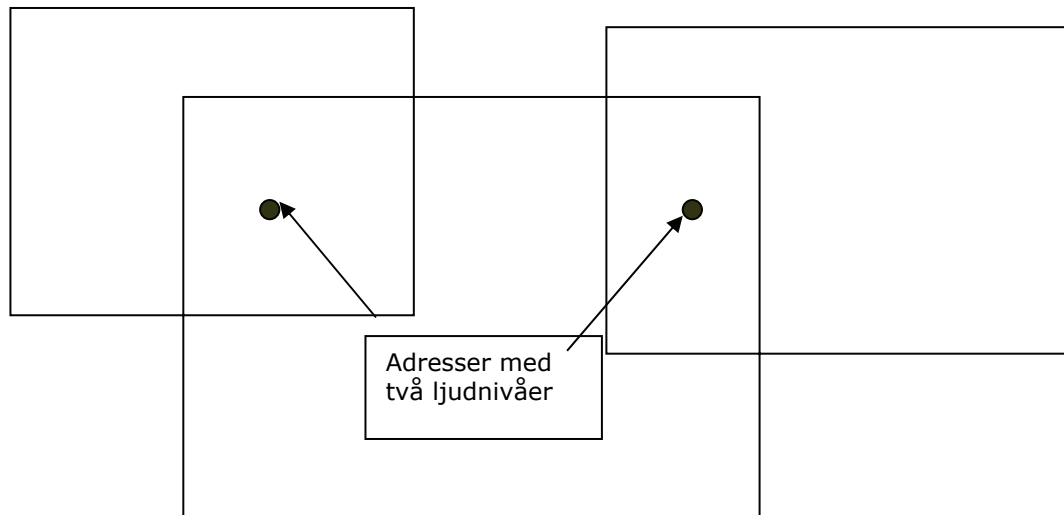


Tillämpning på stora datamängder

En del i uppdraget har varit att bedöma möjligheten att använda de undersökta metoderna för stora datamängder, genom att automatiskt ta fram bestämningar med datorbearbetning. Denna möjlighet finns definitivt för fastighetsmetoden, det vill säga exponeringsbestämning utifrån fastighetskoordinater. Även byggnadsmetoden kan automatiseras i dagsläget, förutsatta att adressinformation för enkäterna finns tillgänglig. Adressmetoden kan inte på något enkelt sätt automatiseras i dagsläget. En automatisering skulle kräva en omfattande bearbetning av data som beskriver adressers läge i byggnader inklusive mellanväggar. Det är osäkert om denna information i dag finns tillgänglig för samtliga adresser.

Innan någon av metoderna kan användas måste dock underlaget i Stockholm stads bullerkartläggning bearbetas. Vad som behöver beaktas beskrivs i följande avsnitt.

Figur 1.12. Tre överlappande kartor.



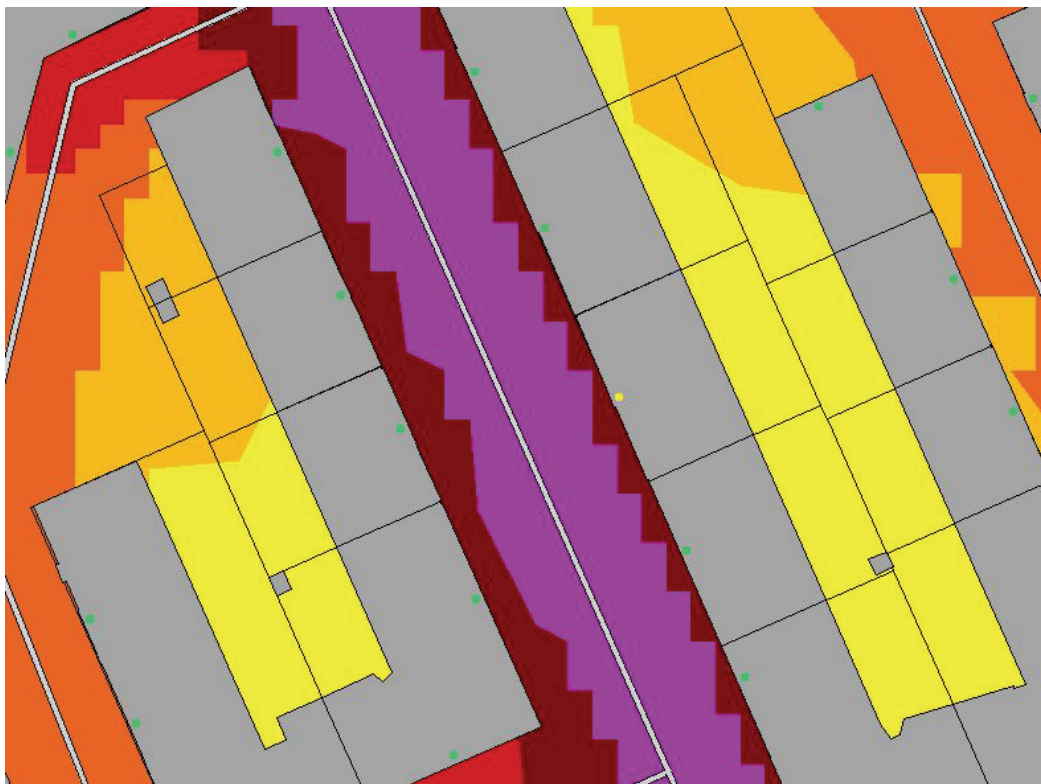
Överlagrade bullerkartor

I Västerort och i Söderort är bullerkartorna uppdelade i flera delar. En orsak till detta kan vara att det ska vara lättare att arbeta med kartorna. Kartorna är i flera fall stora (> 150 MB), vilket gör dem tunga att arbeta med. Uppdelning är gjord så att kartorna överlappar varandra. Ska man göra en bearbetning av exempelvis ett stort urval av adresser måste överlappningen tas bort. Detta bland annat för att slippa få två värden på samma adress. Problemet illustreras schematiskt i figur 1.12.

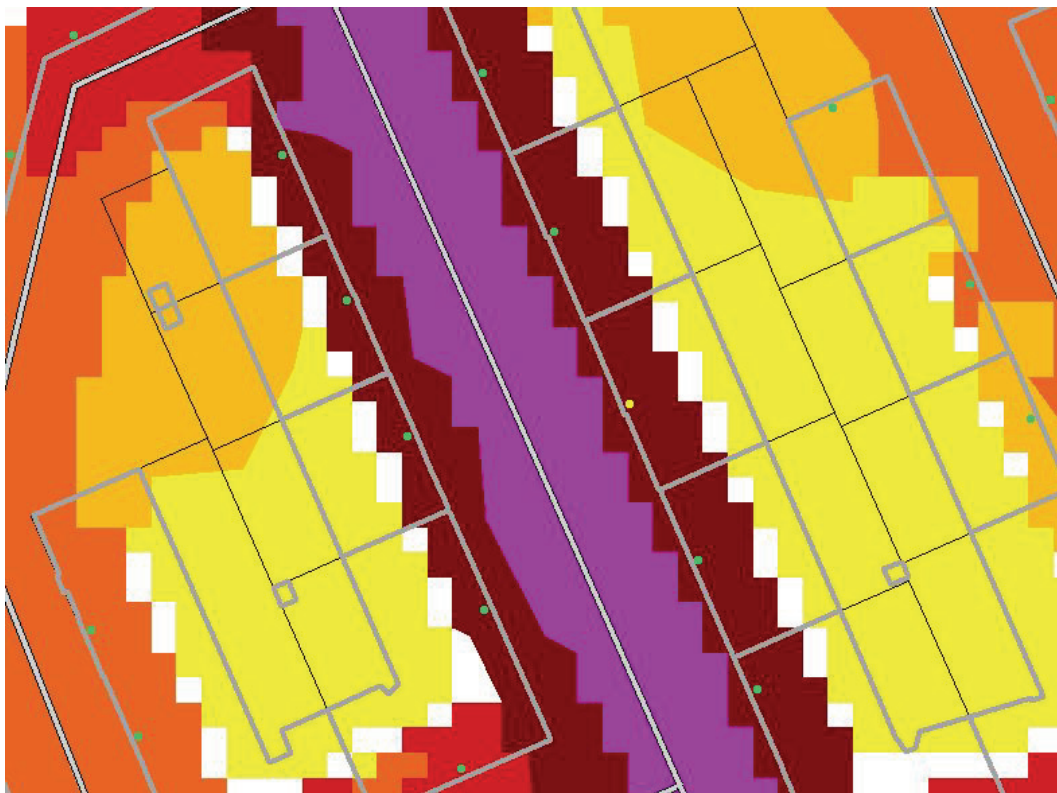
Ljudnivåer under byggnader

Bullerkartorna är något olika i hur de hanterar ljudnivåer i byggnaders fasadliv. I några områden saknas ljudnivåer under byggnader. Detta är då ett tomt område i kartan och representerar NULL. I andra fall finns det ljudnivåer som går in under eller över byggnader. Det innebär att rumsligt så finns det ljudnivåer där det står ett hus. Detta måste rättas till innan en kartering kan göras av ett större urval av adresser eller fastigheter. I annat fall kommer man få träff på ljudnivåer som ligger under byggnader, utöver de ljudnivåer som ligger i fasadliv. Ytterligare en komplikation av detta skulle bli att man inte skulle få NULL-värden på innerväggar utan en ljudnivå (gäller adressmetoden). Ljudnivåer under byggnader illustreras i figur 1.13 och figur 1.14.

Figur 1.13. Ljudnivåer vid fasad.



Figur 1.14. Ljudnivåer under byggnader.



Trösklade värden

I bullerkartor förekommer det att ljudnivåer är trösklade. I projektet har diskuterats hur trösklade värden ska hanteras. Trösklingen är gjord i 5 dB intervall. Antingen används intervallmitt eller så väljs övre intervallgräns eller undre intervallgräns. Detta måste beslutas om man ska göra en maskinell bearbetning av bullerexponering. I detta projekt har intervallets högsta värde använts.

Områden med NULL

Det finns flera områden inom Stockholm stads bullerkartläggning där det förekommer områden med blank i bullerexponeringsdata. Dessa områden har i denna studie karterats som 0 (noll), egentligen <35 dB. Om man skulle göra databearbetningen maskinellt skulle dessa områden istället registreras som NULL som betyder att värdet är okänt. För att komma runt detta bör dessa områden tilldelas ett värde. Detta skulle kunna göras som polygon som beräknas för alla de områden där ljudnivåer saknas. Denna polygon tilldelas sedan värde 0 (noll). NULL ska bara finnas under byggnader om fastighets- och byggnadsmetoderna ska fungera.

Hantera negativa ljudnivåer

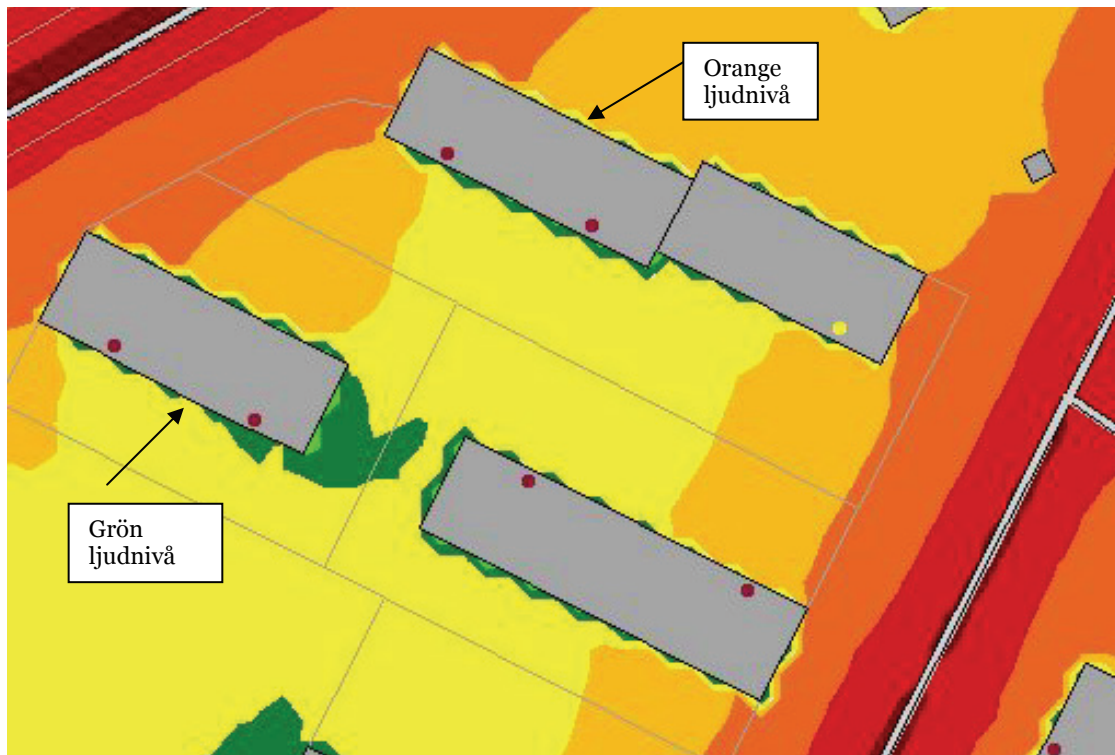
På enstaka ställen förekommer det negativa ljudnivåer. Dessa värden måste hanteras på något sätt. Vill man istället sätta dessa till 0 (noll) så är det fullt möjligt med enkla metoder. Man måste dock vara medveten om deras existens.

Sågtandsformer i fasadliv

Det förekommer bullerkartor där sågtandsformer uppträder i närheten av fasader. Dessa har i det generella fallet karterats så att det är den faktiska ljudnivån som tangerar fasaden som gett ljudnivån för den aktuella fasaden. Det finns dock alltid en bedömning av vad som verkar mest rimligt med tanke på hur det ser ut runt byggnaden. Om hela omgivningen har en viss ljudnivå har fasaden getts detta värde och inte det som ligger exakt i fasadliv. Problemet illustreras i figur 1.15.

För att komma runt problemet vid en automatiserad kartläggning kan man bestämma en buffert runt byggnader från vilken man hämtar sina ljudnivåer. En buffert skulle till exempel kunna vara 1 meter ut från fasadliv.

Figur 1.15. Sågtandsformer i fasadliv.



Byggnader måste finnas

Om man vill göra maskinell bearbetning av större datamängder måste det finnas byggnadskroppar i digital form. Med detta avses att alla byggnader måste ha en fasadlinje som beskriver byggnadens yttre avgränsning. Detta finns i de flesta kommuner inom tätorter. Stockholm och några kommuner till är heltäckande avseende byggnader inom kommunen. Har man inte tillgång till kommunalt heltäckande primärkartverk är man hänvisad till Lantmäteriets kartor. Dessa har inte samma fullständighet med avseende på byggnader. Byggnader är då ofta representerade som punkter. Problemet är då att man kommer ha flera fastigheter där det saknas byggnads kroppar och man kan således inte beräkna eller kartera några ljudnivåer i fasadliv.

Sammanfattning avsnitt 1

Exponeringsdata för byggnader är insamlat enligt tre metoder för sammanlagt 101 fastigheter och motsvarande 101 adresser. Alla insamling har skett manuellt, först för fastigheter och sedan, oberoende av detta, för byggnad och adress.

Efter att karteringen är gjord är pilotstudiens syfte 1–3 klarlagda.

1. Det är möjligt att fastställa trafikbullerexponering vid *fastigheters* mest och minst utsatta fasader (fastighetsmetoden).
2. Det är möjligt att fastställa trafikbullerexponering vid *byggnaders* mest och minst utsatta fasader (byggnadsmetoden).
3. Det är möjligt att fastställa trafikbullerexponering vid *adressers* samtliga fasader (adressmetoden).

Ska man göra en kartering på stora datamängder, som förutsätter en automatiserad process kan i dagsläget fastighets- och byggnadsmetoden användas, förutsatt att man behandlar underlaget enligt vad som beskrivs i denna rapport. Adressmetoden kräver dels att underlaget behandlas enligt vad som beskrivs i denna rapport och dessutom att man tar fram data som innehåller mellanväggar i byggnader. Att ta fram mellanväggar i byggnader är ett stort jobb som förmodligen bör samordnas med andra intressenter.

2. Jämförelse av olika metoder

Huvudsyftet med detta projekt har varit att ge vägledning för studier i vilka man vill använda digitala bullerkartor för att koppla enskilda individers enkätsvar till bostadens bullerexponering. I sådana studier är man i första hand intresserad av bullerkällans ljudnivå vid bostadens mest utsatta fasad ("maxfasad"). Denna nivå används som indikator på individens bullerbelastning. Även nivån på bostadens minst exponerade fasad ("minfasad") är av intresse, eftersom forskning visar att tillgång till en bullerskyddad sida kan ha en modererande effekt på upplevd bullerstörning och sömnbesvär. Dessutom kan enkelsidiga lägenheter vara riktade mot en tyst sida och därmed kan nivån vid byggnadens eller adressens minfasad vara en bättre uppskattning av en individs exponering än nivån vid maxfasad. Exponeringsbestämningar av maxfasad och minfasad bör alltså användas i kombination med enkätsvar om lägenhetens läge för att avgöra vilken eller vilka nivåer som är relevanta för en enskild individ.

Syftet med de analyser som redovisas nedan var att uppskatta det mätfel som följer av att använda olika metoder för att fastställa exponering vid maxfasad och minfasad. I samtliga analyser avser exponeringen den dygnsekvivalenta ljudnivån från vägtrafik ($L_{Aeq, 24h}$).

Utvärderade metoder

Under projektarbetets gång har olika metoder utkristalliserats för att fastställa bullerexponering för enskilda adresser utifrån Stockholm stads bullerkartläggning. I denna utvärdering används fyra olika metoder, nämligen fastighets-, byggnads- och adressmetoderna beskrivna i avsnitt 1, samt portuppgångsmetoden som endast tittar på exponering vid adresspunkten.

Adressmetoden ger den bästa uppskattningen av fasadnivåer och används därför som referensmetod. Nackdelen med denna metod är att den i dagsläget inte kan automatiseras, vilket innebär att den är mycket resurskrävande i fall med stora datamängder. De övriga tre metoderna är förenklade metoder som i dagsläget kan automatiseras. Analyserna ger en uppskattning av det mätfel som följer av att använda någon av de tre förenklade metoderna jämfört med att använda den bättre men resurskrävande referensmetoden. Referensmetoden och de tre förenklade metoderna beskrivs nedan.

Adressmetoden (referensmetod)

Adressmetoden används som referensmetod. Med "adress" menas de sidor av en byggnad som kan hänföras till en viss adresspunkt (gulmarkerad punkt i kartfigurer). I denna utvärdering används data för adressens maxfasad och minfasad. Avsnitt 1 ger en utförlig beskrivning av metoden. Metoden kan idag *inte* automatiseras utan förutsätter en manuell bedömning av vilka sidor, förutom adresspunktens sida, som ska räknas till adressen.

Potentiella felkällor

Metoden förutsätter en manuell uppskattning av vilka sidor, förutom adresspunktens sida, som ska räknas till adressen. Denna bedömning är i många fall ganska självklar men kan vara problematisk i fall med ovanliga byggnadsformer.

Fastighetsmetoden

Med fastighetsmetoden uppskattas maxfasad och minfasad med nivån vid fastighetens högst respektive lägst exponerade fasad. Denna metod kan idag genomföras automatiserat, förutsatt att varje enkätsvar är kopplat till en fastighetskoordinat. Fastighetskoordinaten identifierar i vilken fastighet en enkätsvarande person bor och sedan används alltså bullerkartan för att fastställa nivån vid fastighetens högst respektive lägst exponerade fasad.

Potentiella felkällor

Fastighetens högst respektive lägst exponerade fasad är ofta inte detsamma som adressens fasader. Problemet är påtagligt för stora fastigheter som inkluderar många byggnader.

Byggnadsmetoden

Byggnadsmetoden utgår från den byggnad i vilken adressen ligger. Med denna metod uppskattas maxfasad och minfasad med nivån vid byggnadens högst respektive lägst exponerade fasad. Denna metod kan idag genomföras automatiserat, under förutsättning att varje enkätsvar är kopplat till en adress. Adressen används för att identifiera i vilken byggnad en enkätsvarande person bor och sedan används alltså bullerkartan för att fastställa denna byggnads högst respektive lägst exponerade fasad.

Potentiella felkällor

Byggnadens högst respektive lägst exponerade fasad är ofta inte detsamma som adressens fasader. Ett uppenbart exempel är långa byggnader som är orienterade vinkelrätt mot en stor väg, se exempel i figur 1.9. Adresser nära vägen har hög exponering medan adresser i byggnadens bortre del har en låg exponering.

Portuppgångsmetoden

Ljudnivån vid adresspunkten, det vill säga vid adressens portuppgång eller huvudentré, kan användas som indikator på adressens bullerexponering. Denna metod kallas här portuppgångsmetoden. Observera att denna metod endast ger nivån vid en fasad, vilken alltså antas vara den mest exponerade. Metoden ger således ingen information om nivå vid minst exponerade fasad. Metoden förutsätter att varje enkätsvar är kopplat till en adress. För att kunna genomföras automatiserat krävs också en definition av hur stor del av fasaden vid portuppgång som ska inkluderas. Som alternativ kan man fastställa ljudnivån exakt vid adresspunkten, vilket ofta men inte alltid är detsamma som nivå vid den fasad där adresspunktens ligger. I följande analys är de eventuella fel som denna del av automatiseringen medför inte inkluderade, eftersom nivå vid portuppgång har beräknats enligt adressmetoden (manuellt bestämd ljudnivå vid "fasad 1", som alltid är adresspunktens fasad).

Potentiella felkällor

Portuppgången är ofta, men inte alltid lokaliserade på byggnadens mest exponerade fasad. Ett exempel är portuppgångar på gårdssidan.

Tabell 2.1. Sammanställning av de fem metodjämförelser, A–E, som redovisas nedan.

Fasad	Referensmetod	Förenklad metod		
		Fastighet	Byggnad	Portuppgång
Max-fasad	Adress	A	B	C
Min-fasad	Adress	D	E	---

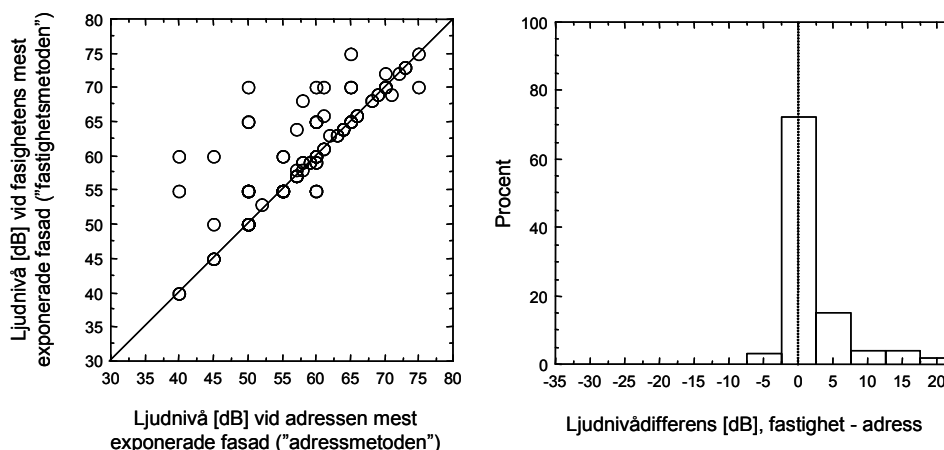
Resultat

Ljudnivåer fastställda med adressmetoden används som referensmetod, det vill säga värden bestämda med denna metod betraktas som "sanna". För varje adress beräknas skillnaden mellan ljudnivå bestämd med referensmetoden och ljudnivå bestämd med de förenklade metoderna. Detta görs separata för ljudnivåer på maxfasad och minfasad. Exponeringsbestämning utifrån portuppgång ger inga värden på minst exponerad fasad. Sammanlagt görs därför fem jämförelser, betecknade A–E i tabell 1.

För varje jämförelse presenteras tre figurer:

- (i) Scatterplot med resultat för referensmetoden på x-axeln och för den förenklade metoden på y-axeln. Datapunkter ovanför respektive nedanför huvuddiagonalen innebär att den förenklade metoden överskattat respektive underskattat exponeringen jämfört med referensmetoden.
- (ii) Histogram över differenser mellan förenklad metod och referensmetod. Positiva respektive negativa differenser innebär att den förenklade metoden överskattat respektive underskattat exponeringen jämfört med referensmetoden. Observera att histogrammets stapel vid differensen 0 på x-axeln innefattar värden ± 2 dB.
- (iii) Exempel på ett fall där den förenklade metoden och referensmetoden gav olika resultat.

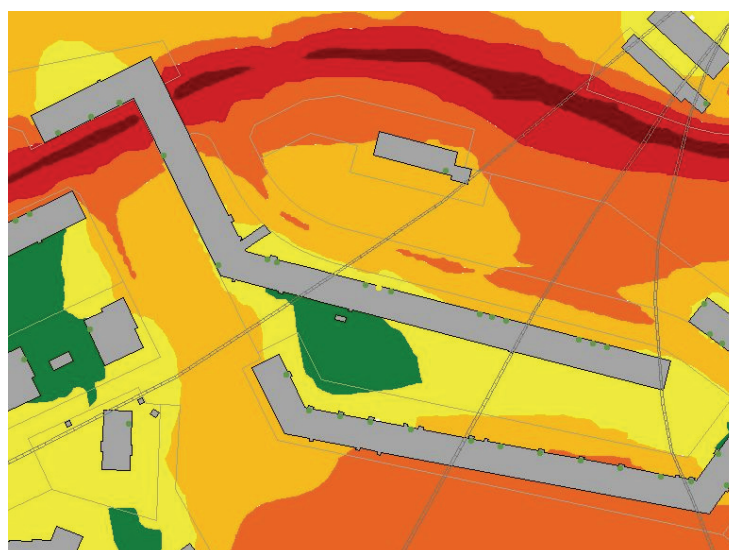
Figur 2.1. Vänster: Ljudnivå vid fastighetens mest exponerade fasad ("fastighetsmetoden") som en funktion av ljudnivå vid adressens mest exponerade fasad ("adressmetoden"). Höger: Histogram över differenser mellan ljudnivå fastställd med fastighetsmetoden och adressmetoden. Ljudnivåer avser vägtrafikbuller, $L_{Aeq, 24h}$.



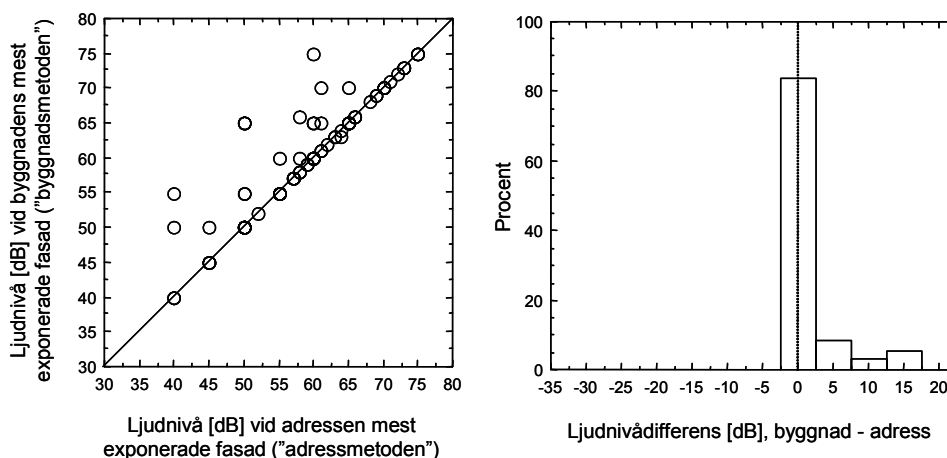
A. Maxfasad: Adress vs fastighet

I 72 procent av fallen gav metoderna samma resultat (± 2 dB), i övriga fall gav fastighetsmetoden högre värden, se figur 2.1. Som mest överskattade fastighetsmetoden ljudnivån med 20 dB jämfört med referensmetoden, se exempel i figur 2.2. Teoretiskt ska aldrig fastighetens maxfasadvärde vara lägre än adressens. Sex observationer var dock lägre. Detta beror på ljudnivåerna faststälts manuellt, vilket i svårtolkade situationer kan ge "omöjliga" resultat. Med en automatiserad process, som utgår från en entydig algoritm, skulle fastighetsvärdena aldrig vara lägre än adressens värden.

Figur 2.2. Exempel på ett fall där ljudnivå vid fastighetens mest exponerade fasad (mörkrött fält) är 20 dB högre än nivån vid adressens mest exponerade fasad (gult fält). Den tunna grå linjen visar fastighetsgränser. Den gula pricken visar adressens portuppgång.



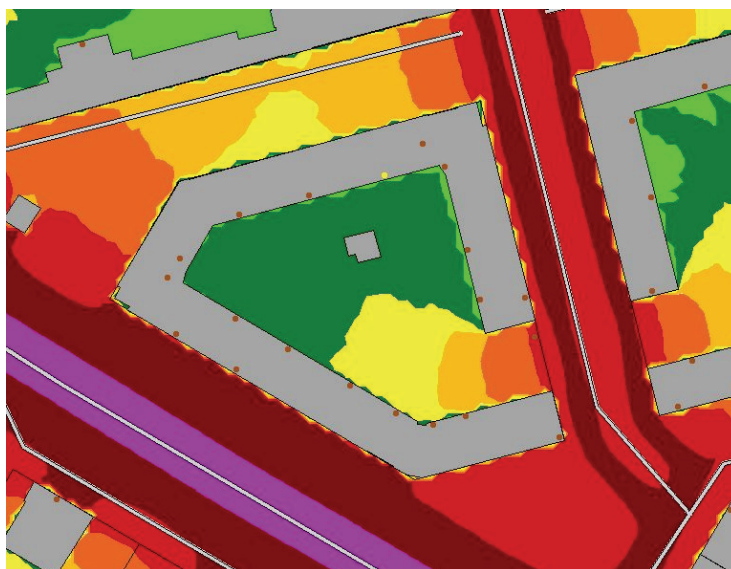
Figur 2.3. Vänster: Ljudnivå vid byggnadens mest exponerade fasad ("byggnadsmetoden") som en funktion av ljudnivå vid adressens mest exponerade fasad ("adressmetoden"). Höger: Histogram över differenser mellan ljudnivå fastställd med byggnadsmetoden och adressmetoden. Ljudnivåer avser vägtrafik, $L_{Aeq, 24h}$.



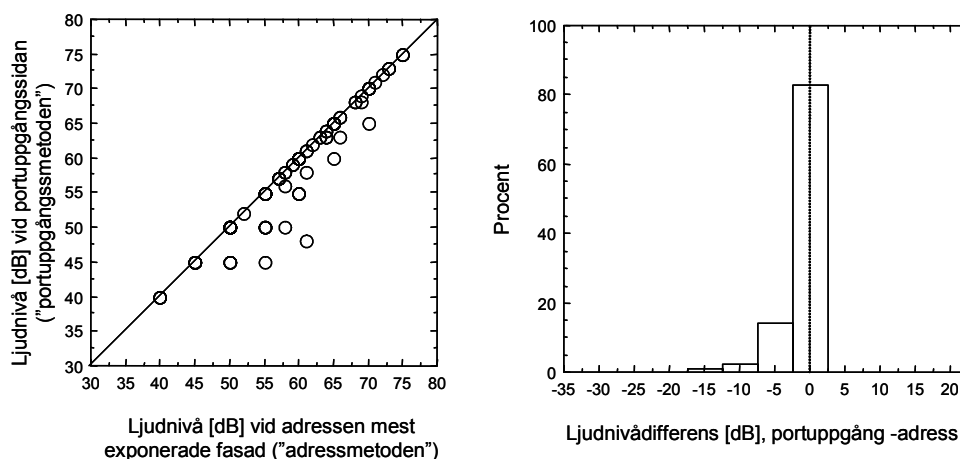
B. Maxfasad: Adress vs byggnad

I 84 procent av fallen gav metoderna samma resultat (± 2 dB), i övriga fall gav byggnadsmetoden högre värden, se figur 2.3. Som mest överskattade byggnadsmetoden ljudnivån med 15 dB jämfört med referensmetoden, se exempel i figur 2.4.

Figur 2.4. Exempel på ett fall där ljudnivå vid byggnadens mest exponerade fasad (mörkrött fält) är 15 dB högre än nivån vid adressens mest exponerade fasad (ljusorange fält). Byggnadskroppen är gråmarkerad. Den gula pricken visar adressens portuppgång, som i detta fall låg på gårdssidan. Den motstående sidan är i detta fall adressens mest exponerade fasad.



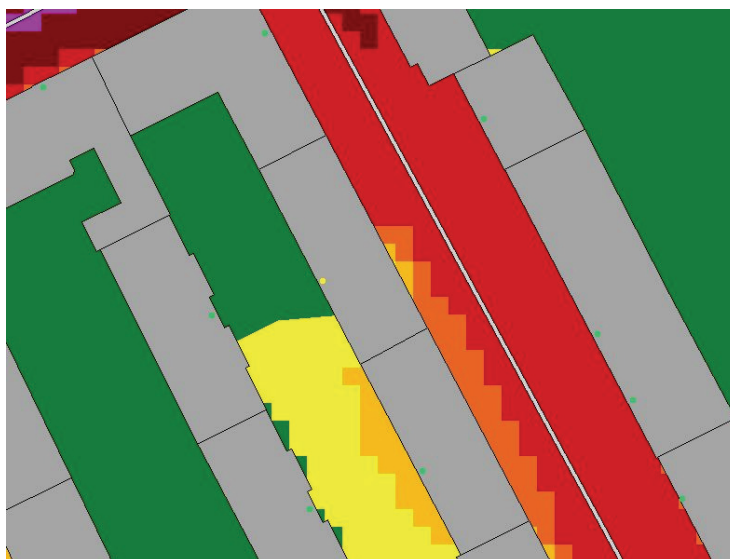
Figur 2.5. Vänster: Ljudnivå vid portuppgångssidan ("portuppgångsmetoden") som en funktion av ljudnivå vid adressens mest exponerade fasad ("adressmetoden"). Höger: Histogram över differenser mellan ljudnivå fastställd med portuppgångsmetoden och adressmetoden. Ljudnivåer avser vägtrafik, $L_{Aeq, 24h}$.



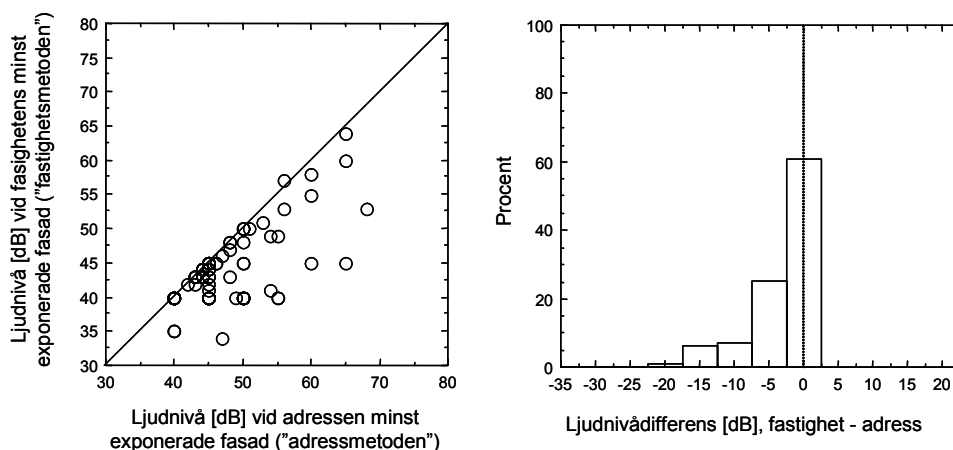
C. Maxfasad: Adress vs portuppgång

I 83 procent av fallen gav metoderna samma resultat (± 2 dB), i övriga fall gav portuppgångsmetoden lägre värden, se figur 2.5. Som mest underskattade byggnadsmetoden ljudnivån med 15 dB jämfört med referensmetoden, se exempel i figur 2.6.

Figur 2.6. Exempel på ett fall där ljudnivå vid portuppgångssidan (grönt fält) är 15 dB lägre än nivån vid adressens mest exponerade fasad (rött fält). Den gula pricken visar adressens portuppgång. Den motstående sidan är i detta fall adressens mest exponerade fasad.



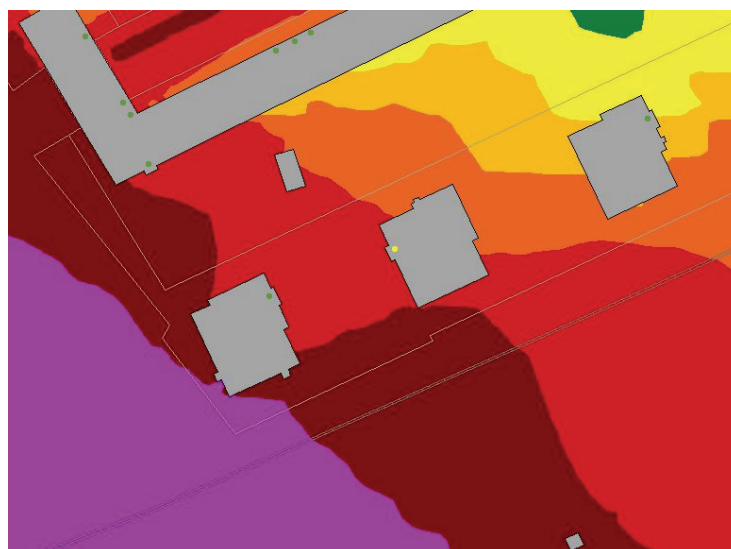
Figur 2.7. Vänster: Ljudnivå vid fastighetens mest exponerade fasad ("fastighetsmetoden") som en funktion av ljudnivå vid adressens mest exponerade fasad ("adressmetoden"). Höger: Histogram över differenser mellan ljudnivå fastställd med fastighetsmetoden och adressmetoden. Ljudnivåer avser vägtrafik, $L_{Aeq, 24h}$.



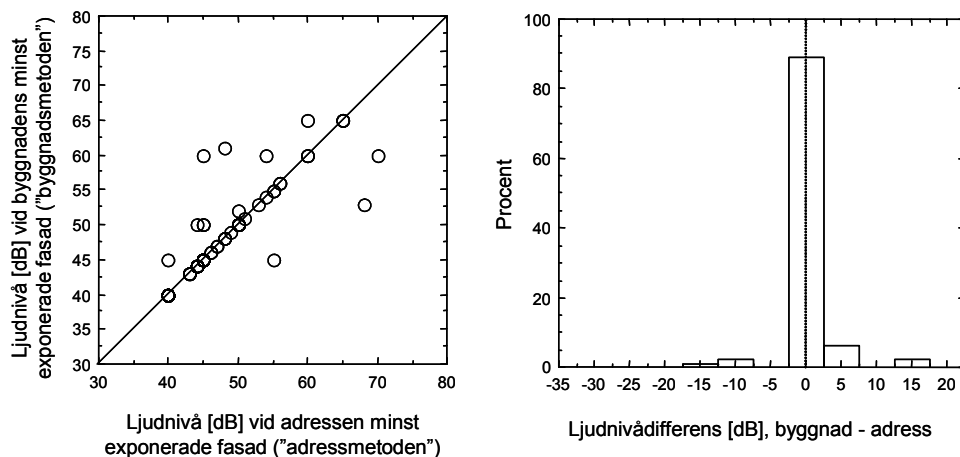
D. Minfasad: Adress vs fastighet

I 60 procent av fallen gav metoderna samma resultat (± 2 dB), i övriga fall gav fastighetsmetoden lägre värden, se figur 2.7. Som mest underskattade fastighetsmetoden ljudnivån med 20 dB jämfört med referensmetoden, se exempel i figur 2.8. Observera att ljudnivåer på fastighetens minfasad teoretiskt aldrig ska vara högre än adressens. En observation var dock 1 dB högre, vilket beror på ljudnivåerna fastställdes manuellt (se diskussion ovan i samband med jämförelse A).

Figur 2.8. Exempel på ett fall där ljudnivå vid fastighetens minst exponerade fasad (mörkgrönt fält, inte i bild) är 20 dB lägre än nivån vid adressens minst exponerade fasad (rött fält). Den tunna grå linjen visar fastighetsgränsen. Den gula pricknen visar adressens portuppgång.



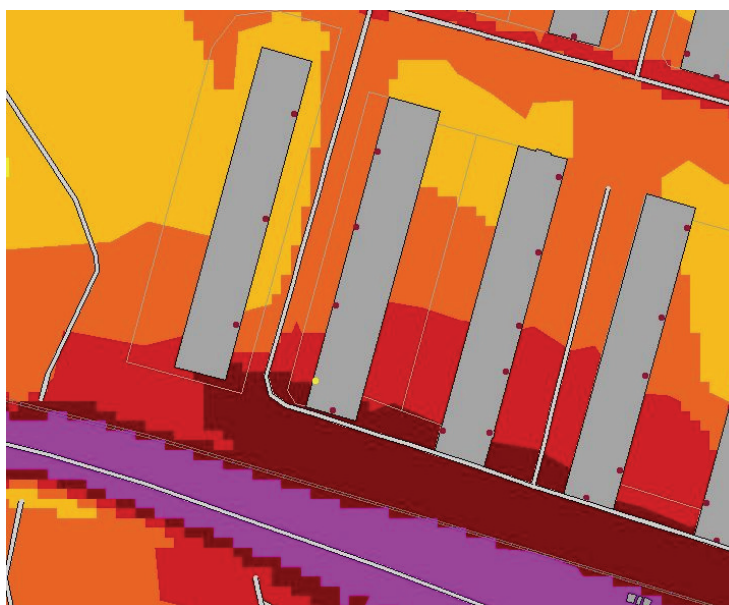
Figur 2.9. Vänster: Ljudnivå vid byggnadens minst exponerade fasad ("byggnadsmetoden") som en funktion av ljudnivå vid adressens minst exponerade fasad ("adressmetoden"). Höger: Histogram över differenser mellan ljudnivå fastställd med byggnadsmetoden och adressmetoden. Ljudnivåer avser vägtrafik, $L_{Aeq, 24h}$.



E. Minfasad: Adress vs Byggnad

I 89 procent av fallen gav metoderna samma resultat (± 2 dB), i nio fall gav byggnadsmetoden lägre värden, se figur 2.9. Teoretiskt ska byggnadsmetoden aldrig ge högre värden än adressmetoden, men beroende på att nivåerna fastställdes manuellt inträffade detta i tre fall (se diskussion ovan i samband med jämförelse A). Figur 2.10 visar ett fall där byggnadsmetoden gav en värde 15 dB lägre än referensmetoden.

Figur 2.10. Exempel på ett fall där ljudnivå vid byggnadens minst exponerade fasad (ljusorange fält) var 15 dB lägre än nivån vid adressens minst exponerade fasad (mörkrött fält). Byggnadskroppen är gråmarkerad. Den gula pricken visar adressens portuppgång.



Tabell 2.2 Andel fall där referens- och jämförelsemetod gav samma nivåbestämning, ± 2 dB.

Fasad	Referensmetod	Förenklad metod		
		Fastighet	Byggnad	Portuppgång
Maxfasad	Adress	72 %	84 %	83 %
Minfasad	Adress	60 %	89 %	---

N = 101

Sammanfattning avsnitt 2

Tabell 2.2 visar andelen adresser där referensmetoden och de förenklade metoderna gav samma resultat (± 2 dB). Nivåbestämningar utifrån fastighetskoordinater ger sämre resultat än metoderna baserad på byggnad och portuppgång. Fastighetsmetoden tycks särskilt dålig vid bestämning av nivåer på minfasad, endast 60 procent av bestämningarna var desamma som för referensmetoden, i ca 15 procent av fallen var skillnaden större än 5 dB.

För både byggnadsmetoden och portuppgångsmetoden överensstämde maxfasadnivåer i mer än 80 procent av fallen med motsvarande nivåer fastställda med referensmetoden. Observera att de två metoderna är behäftade med fel i motsatt riktning: Byggnadsmetoden ger överskattningar medan portuppgångsmetoden ger underskattningar relativt referensmetoden (jämför fig. 2.3 och 2.5). En fördel med byggnadsmetoden är förstås att den också ger information om nivåer vid minfasad. Dessa nivåer överensstämde i nästan 90 procent av fallen med motsvarande nivåer fastställda med referensmetoden.

Slutsatser avsnitt 2

I undersökningar med stora datamängder där det av resursskäl inte är möjligt att manuellt fastställa exponeringsnivåer kan man få en acceptabel uppskattning av fasadnivåer med hjälp av en automatiserad metod. Enligt denna undersökning, baserad på 101 slumpvis utvalda adresser i Stockholm, är det bästa alternativet en metod som för varje enkätsvar fastställer ljudnivåer utifrån den byggnad där den svarandes bostad ligger ("byggnadsmetoden"). Denna metod är överlägsen en metod som utgår från fastighetskoordinater ("fastighetsmetoden"). Byggnadsmetoden är också att föredra framför en metod baserad på adresspunkt ("portuppgångsmetoden"), eftersom den senare metoden endast kan ge en uppskattning av bostadens mest exponerade fasad, inte av bostadens minst exponerade fasad. Vid tillämpning av byggnadsmetoden kan man dessutom utan större kostnad också få information om nivå vid portuppgång. Resultat baserad på byggnad respektive portuppgång kan då jämföras, och i de fall de två metoderna ger helt olika resultat kan man överväga en manuell bestämning av ljudnivåer.

