

7/65

BS

Hans Elvhammar och Stig Ingemansson:

## BULLERPROBLEM VID TRAFIKLEDER

Särtryck ur tidskriften Väg- och vattenbyggaren 10:1964 och 3:1965

Rapport från Byggforskningen, Stockholm



Hans Elvhammar  
Stig Ingemansson

## Bullerproblem vid trafikleder

Nordiska Kommittén för Byggnadsbestämmelser tillsatte 1959 en arbetsgrupp för "Buller och samhällsplanering". Gruppens akustiker civilingenjör Stig Ingemansson samt civilingenjör Hans Elvhammar redogör här för arbetsgruppens problem samt för undersökningar utförda vid Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg.

UDK 656.13: 534.83

Man möter ofta den inställningen att ett ökande buller är ofrånkomligt i det industrialiserade samhället, och att människorna är villiga att acceptera dessa bullerstörningar för att få del i den standardhöjning, som industrialiseringen ger. Mot detta kan man invända att också bullret är en standardfråga, och att ett ökat välstånd rimligtvis bör innebära en höjd standard även på detta område.

I vissa situationer kan man emellertid räkna med att människorna är beredda att tolerera kraftigt buller — nämligen där detta hänger samman med och är ett villkor för att de själva skall åtnjuta vissa förmåner.

De kan t ex finna sig i bullret på en motorväg då de färdas på den, men de skulle inte vilja bo intill en sådan trafikled. De kommer kanske till och med att acceptera ökat buller inne i flygplanen om det blir nödvändigt för en snabbare och bekvämare befordran; däremot kommer de inte att godta ökade flygbullerstörningar i bostadsområden. Detta gäller givetvis för det stora flertalet människor. Det finns personer som har svårt att acceptera buller över huvud taget, och andra som är ganska oberörda även av starkt buller. Ur andra synpunkter har emellertid bullerproblemet allvarligare aspekter. Den bullerexposition som vi dagligen utsätts för syns nämligen ge skadeverkningar även då inga klagomål uppträder.

En lösning av det alltmera ökande trafikbullerproblemet kräver dels en medicinsk bedömning av hur kraftiga bullernivåer som kan tolereras i olika situationer, dels en teknisk utredning av vilka ljudnivåer som normalt uppträder intill en gata eller väg och hur man skall kunna bringa ned bullret till en acceptabel nivå.

Såväl när det gäller de medicinska bedömningsgrunderna som det tekniska underlaget för beräkning av uppkommande ljudnivåer är kunskaperna tämligen bristfälliga. Nedan och i en följande artikel redovisas, dels det existerande *tekniska* bedömningsunderlaget dels resultaten av några olika undersökningar som utförts på uppdrag av Göteborgs och Örebro stad, samt som forskningsuppgift från Statens Råd för Byggnadsforskning. Som en allmän orientering ges dock först en redovisning av det *medicinska* bedömningsunderlaget.

### *Buller ur medicinsk synpunkt*

Buller kan påverka människans hälsa dels genom att skada hörselorganet — s k bullerdövhet — dels genom att utöva irritation och störverkan som utlöser reaktioner i organismen.

Man kan konstatera att det buller som utifrån tränger in i våra bostäder och där förorsakar störningar utgör det allra största problemet, då det kan ge upphov till sömnrubbingar. Förkortning

av sömnen medför, om störningarna uppträder ofta och länge, en nedsättning av arbetsförmåga och välbefinnande. I skolor, på kontor etc kan det vara andra funktioner som man måste ta hänsyn till, då det gäller att avgöra hur kraftigt buller som kan tolereras; möjligheterna till undervisning, till att föra telefonsamtal osv.

Organismens reaktion mot buller kan så småningom leda till sjukdomstillstånd och kan uppträda oavsett om den utsatta personen anser sig störd och irriterad av bullret eller ej. Den personliga attityden mot bullerkällan inverkar dock avsevärt; detta framgår redan av att buller ofta definieras som "icke önskvärt ljud". Det buller som uppfattas som "onödigt" och buller som uppträder ofta men ändå oväntat och oregelbundet är mest störande. Om ett sådant buller har tillräcklig styrka förekommer knappast någon tillvänjning vare sig i fråga om de omedvetna eller de medvetna reaktionerna.

För att framkalla bullerdövhet fordras förhållandevis höga bullernivåer och långvarig exposition (såsom är fallet i många fabriker). För hygienisk bedömning av sådant buller finns en tämligen god vetenskaplig grund, även om det inte alltid är möjligt att ange exakta gränsvärden.

De skadeverkningar, som kan orsakas av buller med betydligt lägre styrkor är, som nämnts, mycket vanskliga att kartlägga, och det är förstäligt att någon allmängiltig gräns mellan oskadligt och skadligt buller aldrig kan uppställas.

Den samtalsstörande effekten av buller är tämligen väl undersökt och när det gäller den väckande effekten av nattligt buller finns ävenledes vissa undersökningsresultat tillgängliga. Så kan exempelvis nämnas att undersökningar visat att en bullerexposition (upp till tre minuters varaktighet) av 35 dB(A) — se nedan — väcker omkring 20 % av antalet sovande försökspersoner.

Det är dock troligt att bullrets psykiska skadeverkningar främst orsakas av den irritation och aggression, som det framkallar hos individen. I så fall är det uppenbarligen riktigt att använda intervjuundersökningar som en kompletterande bedömningsgrund vid försöken att fastlägga hygieniska gränsvärden. En hög frekvens av allvarligt störda individer inom en grupp som utsätts för störande buller, måste tolkas som tecken på att skadeverkningar i längden kommer att uppstå. Utländska sådana intervjuundersökningar pekar på att den så kallade "lika-expositionsprincipen" är tillämpbar vid bullerbedömningar. Denna princip innebär att expositionen för samma "bullermängd" (ljudintensitet  $\times$  expositionstid) åstadkommer samma störande inverkan vare sig den kommer i form av ett fåtal starka bullerstörningar eller som svagare bullerstörningar vid flera tillfällen.

I det betänkande som framlagts av 1956 års Flygbullerutredning till bedömning av flygbuller-

störningar, anges en metod att beräkna högsta tillåtna nivåer vid överflygning av bostadsområden, vilken grundas på lika-expositionsprincipen. Man har därvid fastlagt vissa gränsvärden för bullret runt startande flygplan. Dessa gränsvärdens storlek är beroende av flygfrekvensen, så att högre värden tillåts vid litet antal flygningar och omvänt.

Sammanfattningsvis möjliggör kunskaperna om bullrets inverkan på människan f n endast följande bedömningsalternativ:

- a. Hörselskadande verkan
- b. Väckningseffekt
- c. Samtalsstörande effekt
- d. Omräkning av störningars styrka och varaktighet enligt lika-expositionsprincipen.

Som framgår av denna sammanställning saknas underlaget för bedömning av bullrets skadliga inverkan på det mänskliga psyket.

För tillfället syns intervjuundersökningar vara den mest framkomliga vägen att öka våra kunskaper, och genom samarbete mellan ett flertal institutioner, bl a Institutionen för Hygien vid Lunds Universitet och Institutionen för Byggnadsakustik vid Chalmers Tekniska Högskola har nu igångsatts en undersökning, varvid man genom trafikbullermätningar och samtidig intervjuundersökning söker närmare klarlägga sambandet mellan störningens styrka och personens reaktion.

Avsikten är att man — om ekonomiska medel ställs till förfogande — skall utföra mycket omfattande sådana undersökningar, som kan ge möjlighet för en säkrare gränsdragning acceptabelt — icke acceptabelt buller.

#### **Tekniskt underlag för trafikbullerbedömningar**

##### *Allmänt*

Trafikbullret är redan ett svårt problem på många håll — inte minst i våra storstäder — och kommer att bli det i ännu högre grad om inte motåtgärder nu snabbt sätts in.

Orsaken till att störningsproblemet accentueras är att söka i den oerhört snabbt ökande trafikintensiteten. Däremot har ljudalstringen hos de enskilda fordonen under en lång följd av år varit i stort sett oförändrad.

Som redan nämnts erbjuder det svårigheter att ange de ljudnivåer som kan tolereras ur hygienisk synpunkt. Den tekniska problemställningen är måhända något mindre komplicerad, men även här saknas undersökningsresultat på en rad väsentliga punkter.

För att vara ett problem som på många håll utomlands — främst i USA — blivit uppenbart för åtskilliga år sedan, finns förvånansvärt litet publicerat i facktidskrifterna om trafikbullret.

För tre år sedan tillsattes i Nordiska Kommittén för Byggnadsbestämmelser en särskild arbetsgrupp



*"Den bullerexposition som vi dagligen utsätts för, syns nämligen ge skadeverkningar, även då inga klagomål uppstår."*

för "Buller och samhällsplanering", med uppgift bl a att redovisa och sprida de kunskaper som finns om trafikbullret. I maj 1960 avgav arbetsgruppen en första rapport med titeln "Støj og byplan" till kommittén. Denna rapport innehåller vissa regler för bullerskyddande åtgärder samt en sammanställning av angelägna forskningsuppgifter. Genom att forskningsuppgifterna nu fördelas på medlemsländerna, kan man hoppas att det inom en tämligen kort tidsrymd skall föreligga resultat som kan användas i arbetet att minska trafikbullerstörningarna.

#### *Störningsmått*

Rent fysikaliskt kan man mäta buller med mycket stor precision, men vid omvandling till de styrkemått som gäller för människans hörsel, uppstår stora svårigheter.

Framför allt bullrets tonsammansättning inverkar här. Ett buller med övervägande låga (bas) toner uppfattas i allmänhet mindre störande än ett buller med övervägande höga (diskant) toner, även om styrkan fysikaliskt är densamma.

Också teknikern måste ta hänsyn till ton- eller frekvenssammansättningen, spektrum, eftersom låg- och högfrekvent ljud alstras på olika sätt och utbredningsegenskaperna utomhus är helt skiljaktiga.

För det praktiska arbetet är det emellertid mycket otympligt att alltid använda spektrum och man söker därför utnyttja godtagbara enkla styrke- och störningsmått. Ur frekvensspektrum kan olika sådana uträknas efter ofta tämligen omfattande räkneoperationer. Ett av de först använda och enklaste måtten, dB(A) (utläses deciBel-A), har i de flesta fall visat sig vara fullt användbart, och kan dessutom mätas direkt med ljudnivåmätare.

Eftersom man i andra sammanhang använder dB(A)-mättet, och detta är internationellt rekommenderat vid vissa mätningar av motorfordonsbuller bör detta om möjligt användas. Under arbetet med trafikbullerproblem finner man att dB(A) i allmänhet beskriver bullerstörningarna på ett tillfredsställande sätt. Ofta måste man dock som kontroll, och för att kunna bedöma verkan av åtgärder mot bullret, utföra s k frekvensanalys, dvs bestämma bullrets tonsammansättning.

#### *Arbetsnorm för tillåten störnivå*

I många länder bl a Sverige finns utförliga bestämmelser om ljudisoleringen mellan olika lägenheter i ett hus — däremot inga om isolering mot utifrån kommande buller. Man kan således inte åberopa några bestämmelser, för att avgöra vad

som hos en byggnad är "normal" ljudisolering mot utomhusbuller.

Härav framgår ytterligare en av de svårigheter som möter den som börjar arbeta med trafikbullerproblemen.

På likartat sätt gör bristen på normer för vilka högsta utifrån kommande bullernivåer som kan tolereras i bostäder etc, att målsättningen för bullerbekämpningen är ytterligt svårdefinierad.

I Byggnadsstyrelsens Anvisningar till Byggnadsstadgan, BABS 1960, rekommenderas att ljudnivån i boningsrum från anläggningar i huset (pumpar, fläktar etc) högst bör uppgå till 30 dB(A) inom "särskilt tyst distrikt" och 40 dB(A) inom "särskilt bullrande distrikt". Härvid avses *varaktigt* buller. Vid många tillfällen har hälsovårdsnämnderna använt dessa rekommendationer som riktvärden för vad som kan tolereras även i fråga om utifrån kommande buller. Detta har främst gällt buller från industrier, men även från markverksamheten på flygplatser intill bostadsområden, dvs bullerkällor med tämligen kontinuerlig utstrålning.

Erfarenheterna från tillämpningen av BABS värden är goda vad beträffar relationen ljudnivå—klagomål, även för utomhusbuller. Det bör därför vara försvarligt att tillämpa dem även vid bedömning av trafikbullerstörningar. Då emellertid gränsdragningen "tyst" resp "bullrande" distrikt alltid är mycket vansklig, har det ansetts rimligt att för bostadsområden (ytterområden) välja 35 dB(A) som kompromissvärde. I innerstadsområden kan däremot diskuteras att tillämpa 40 dB(A), om man förutsätter att människorna här måste acceptera en något högre bullerexposition. För vårdtrum i sjukhus gäller att bestämmelsernas 25 dB(A) alltid tillämpas.

Det är uppenbart att trafikbullerstörningar inte direkt kan relateras till BABS värden för varaktigt buller, då trafikintensiteten och därmed bullret varierar kraftigt under dygnet. Mätningar på bullret från ett enskilt fordon säger därför mycket litet om störningarna från en trafikled, ty trafikintensiteten måste rimligtvis också påverka det störningsintryck som personer bosatta intill vägen upplever (nivån stiger genom sammanlagring av bullret från samtidigt passerande fordon). Den ovan presenterade lika-expositionsprincipen medger en omräkning av de varierande "verkliga" trafikbullernivåerna till en medelnivå. Medelnivån är då ett mått på störningsintensiteten över en viss tidsrymd och kan då jämföras med en störningsnorm för kontinuerligt buller.

I en följande artikel kommer denna bedömningsmetod att beskrivas närmare.

#### **De tekniska problemens karaktär**

Huvudproblemställningarna (som är gemensamma för såväl flyg-, järnvägs-, spårvägs- som motor-

fordonstrafik) vid behandling av trafikstörningarna ur teknisk synpunkt är:

a. Vad är känt om fordonens ljudalstring och vilka möjligheter finns att minska bulleralstringen vid källan?

b. Hur utbreder sig bullret utomhus och vilka tekniska åtgärder kan vidtagas för att ändra ljudutbredningen?

De arbeten som ligger till grund för dessa artiklar har i huvudsak berört motorfordonstrafiken och främst bullerproblemet i samband med denna behandlas här.

I fråga om motorfordonsbullret föreligger en mycket utpräglad skillnad mellan väg- och gatutrafik. Detta gäller både ljudalstringen och framför allt ljudutbredningen. Bullerproblemen vid vägar och gator måste därför delvis studeras var för sig.

Här skall ges några exempel på frågor som det är av stor betydelse att kunna besvara när det gäller att bestämma trafikbullerstörningarnas omfattning:

#### *Vägtrafikbuller*

1. Ljudnivåns variation på bestämt avstånd från vägen vid passage av enstaka fordon inom respektive fordonstyper och vid viss hastighet.
2. Ljudnivåns beroende av fordonshastigheten.
3. Ljudnivåns beroende av trafikintensiteten vid tät trafik.
4. Ljudnivåns avtagande med avståndet från vägen.
5. Ljudnivåns beroende av vägens lutning.
6. Ljudnivåns variation med höjden över marken på bestämt avstånd från vägen.
7. Bullrets frekvensspektrum.
8. Inverkan av vägens nedskärning, från terräng och byggnader.

#### *Gatutrafikbuller*

1. Ljudnivåns beroende av gatubredd och hushöjd.
2. Ljudnivåns variation i olika väningsplan vid viss gatubredd.
3. Inverkan av trafikljus i gatukorsningar (igångsättningsbuller).

Det arbete som har genomförts har behandlat ett flertal av dessa problem och de preliminära resultaten kan nu redovisas.

Eftersom trafikbuller är en statistiskt varierande företeelse, krävs ett stort undersökningsmaterial om noggrannhet i bestämningarna skall kunna erhållas. Vissa av de resultat som framkommit är baserade på ett tämligen litet antal mätobjekt och man får därför räkna med att vissa justeringar måste vidtagas i framtiden.

Det har dock bedömts vara angeläget att redan nu genomgå frågeställningarna, samt inte minst redovisa de hittills framkomna arbetsresultaten rörande detta aktuella samhällsproblem.

*För att möjliggöra att trafikbullerförhållandena beaktades då dispositionsplan utarbetades för stadsdelen Backa i Göteborg, begärde White Arkitektkontor att de därmed sammanhängande problemen skulle studeras. På uppdrag av Göteborgs Stadsplanekontor utfördes under sommaren 1962 omfattande ljudmätningar intill motorvägen Göteborg—Kungälv, vilken gränsar till Backaområdet. Dessa undersökningar har sedan kompletterats med bl.a. en utredning av gatutrafikbuller i samband med ny stadsplan för ett saneringsområde i Örebro. Vidare har studier av mera principiell karaktär utförts såsom uppdrag från Statens Råd för Byggnadsforskning. Underlag har också erhållits genom att vissa delundersökningar utlämnats som examensarbete vid Institutionen för Byggnadsakustik vid Chalmers Tekniska Högskola. Under arbetet har särskilt värdefull hjälp erhållits från Stadsplanekontorets trafikbyrå och trafikpolisen i Göteborg. Detta är en fortsättning på artikeln "Bullerproblem vid trafikleder", skriven av samma författare i nr 10/1964.*

UDK 629.517.2: 625.7

I en föregående artikel har lämnats en orientering om de medicinska och tekniska problemställningarna vid trafikbuller. Det framgick därvid att det fn inte är möjligt att på vetenskaplig grundval fastställa någon bullernivå som "acceptabel".

Då man emellertid redan nu måste beakta trafikbullerproblemet vid planeringen av nya bostadsområden är det nödvändigt att tillämpa gränsvärden, som grundas på hittills vunna erfarenheter. Dessa gränsvärden skulle således ange den högsta tillåtna bullernivå, som kan tolereras i bebyggelse med hänsyn tagen till bebyggelsens karaktär (bostad, sjukhus osv) samt dess placering i "tyst" resp "bullrande" distrikt (jämför BABS gränsvärden för bullerkällor inom huset).

Med sådana fastlagda gränsvärden, samt med vetenskap om nivåer från passerande trafik, skulle man alltså kunna räkna ut erforderliga avstånd mellan fartleder och bebyggelse.

Vid den tidpunkt då dessa arbeten påbörjades, fanns praktiskt taget ingenting publicerat om hur ljudnivån, som råder i en punkt intill en trafikerad gata eller väg, påverkas av trafikintensiteten och andra faktorer. Som redan påpekats, föreligger stora svårigheter att beskriva bullret på ett entydigt sätt, eftersom det varierar såväl med fordonstyp som med de enskilda fordonen inom varje typ. För såväl dagens som framtida trafikbullerbedömningar torde man dock kunna begränsa sig till att studera enbart personbilar och tunga fordon (lastbilar och bussar) eftersom övriga fordonstyper numerärt är mindre betydelsefulla.

Trafiken och de därmed sammanhängande trafikbullerproblemen har helt olika karaktär vid vägar och i gator. Det föreföll oss lämpligast att till en början söka kartlägga förhållandena intill en väg, för att senare även komma in på gatutrafikbullret.

### Vägtrafikbuller

#### a. Allmänt om mätningarna

Trafikbullrets styrka är beroende av en mängd faktorer. Vid valet av mätplats för de första under-

sökningarna, gällde det att i möjligaste mån eliminera en del av dessa okända storheter. Mätningarna utfördes därför på en plats med plan, gräsbevuxen terräng där inga svårbedömbara ljudutbredningsförhållanden borde förekomma, och på sådant avstånd (100 m) att förändringar i de meteorologiska förhållandena ej bör ha påverkat ljudutbredningen. Avståndet räknades från motorvägens mittremsa vilket medför att det verkliga avståndet mellan fordon i olika körfiler och mätmikrofonen varierade mellan ca 90 och 110 m. Vägbanan var torr. Körning med grovmönstrade däck (vinterdäck) på våt väg bana i stor hastighet ger väsentligt högre ljudalstring än normaldäck på våt eller torr väg. Detta har ej närmare studerats. Barmarkskörning med dubbade däck syns enligt enstaka mätningar ge ca 5 dB högre ljudnivå än med vanliga däck. Dessa mera speciella förhållanden har ej beaktats vid bedömningen.

De uppträdande ljudnivåerna för passerande enstaka fordon avlästes på ljudnivåmätaren och fordonstyp noterades. Under ett helt dygn registrerades i samma mätpunkt ljudtrycksnivåerna med bandspelare under 10 min varje timma, samtidigt som manuell trafikräkning utfördes.

Mätningarna upprepades vid vägar med hastigheten begränsad till 70, 50 resp 30 km/tim, varvid Trafikpolisen i Göteborg gjorde samtidig registrering av fordonshastigheterna. (Hastigheterna visade sig vara mera beroende av den momentana trafikbelastningen på vägen än det nominella hastighetsvärdet.)

De utförda tiominutersregistreringarna av trafikbullret analyserades med avseende på hur ljudnivåerna fördelades i tiden.

#### b. Ljudnivå/fordonstyp

Resultaten från de första mätningarna — som således utförts vid en väg med hög fordonshastighet — visade att ljudalstringen från personbilar resp tunga fordon är förvånansvärt lika. Endast enstaka lastbilar ger avsevärt högre nivåer än medelvärdet för samtliga fordon.

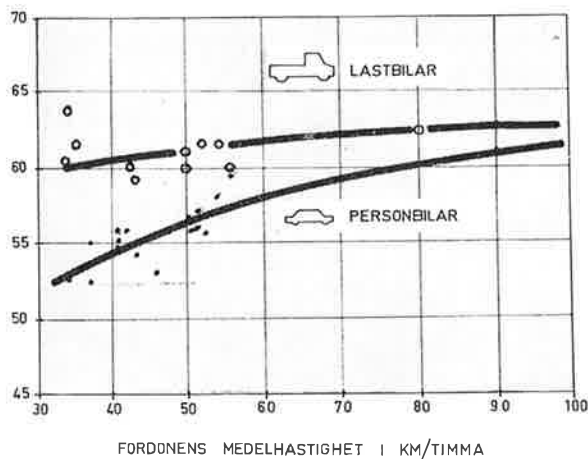


Fig 1. Ljudnivån på 50 m avstånd från passerande enstaka fordon vid olika fordonshastighet. Varje punkt representerar medelvärde för ett stort antal fordonspassager på olika mätplatser.

Orsaken till detta syns vara att fartbullret (däcksljud, turbulenser i fartvinden runt fordonet, karosserivibrationer m m) dominerar över motorbullret vid höga hastigheter.

Mätningarna gav till resultat att bullernivån i medeltal, på 100 m avstånd från en väg med fri hastighet, är

vid enstaka passerande personbilar .. 55 dB(A)  
vid tunga fordon ..... 57 dB(A)

Den ringa skillnaden i bullernivå försvarar väl en generalisering av mätresultaten utan hänsyn till fordonstypen. I detta sammanhang kan också påpekas att andelen tunga fordon i regel är ganska liten, i föreliggande fall ca 10 % av den totala trafikmängden.

#### c. Ljudnivå/fordonshastighet

De ur mätningarna erhållna sambanden mellan ljudnivåns medelvärde för enstaka fordon och fordonens medelhastighet på vägsträckan ifråga visas å fig 1. Kurvorna är baserade på resultat från ett stort antal ca 10 min långa mätintervall.

För personbilstrafik syns alltså gälla att en hastighetsbegränsning till 70 km/tim sänker ljudnivån endast ca 1 dB, men begränsning till 50 km/tim medför en minskning av ljudnivån med ca 5 dB. För lastbilarna förekommer ju ingen "fri hastighet" och en begränsning till 70 km/tim medför naturligt nog ingen större ändring av bullret, även om medelhastigheten på motorvägen i själva verket låg något över den tillåtna.

Inte direkt oväntat sjunker lastbilsbullrets nivå mycket långsamt vid skärpt hastighetsbegränsning. Vid 50 km/tim har nivån exempelvis inte minskat med mer än ca 1 dB. Detta innebär således att lastbilarna är förhållandevis mera störande vid låg hastighet än vid fri hastighet.

Det kan nämnas att den "Utredning angående högsta tillåtna ljudnivå för motordrivna fordon (1961)" som utförts av Statens Institut för Folkhälsan anger ca 6 dB högre nivå för lastbilar än för personbilar vid 50 km/tim hastighet.

På längre sikt bör man kunna räkna med att lastbilarna kommer att förses med bättre ljuddämpning. I nyssnämnda utredning föreslås en i lag maximerad ljudnivå, som på kortare sikt innebär 3 dB ökad dämpning, på längre sikt 9 dB.

I dagens läge måste man således vid fartbegränsad väg ta speciell hänsyn till lastbilsbullret, om trafiken innehåller omkring 10 % eller mera tunga fordon. För prognoser några tiotal år fram i tiden torde det däremot vara realistiskt att räkna med samma ljudnivå för alla fordon.

#### d. Ljudnivå/trafikintensitet

Med hjälp av den i föregående artikel omtalade "lika-expositionsprincipen" beräknades ur tiominutersregistreringarna vid en motorväg vilken medelljudnivå under samma tid, som skulle ha givit samma störningsintryck.

Beräkningsmetoden förklaras bäst med ett exempel. Antag att bullret hade nedanstående tids- och ljudnivåfördelning:

Nivå som överskrids dB(A)	Procent av tidsintervallet då nivå överskrids
60	100
65	66
70	34
75	9
80	1

Medelljudnivån  $x$  dB(A) under hela tidsintervallet erhålls nu:

$$100 \text{ antilog } \frac{x}{10} = (100-66) \text{ antilog } \frac{60}{10} + (66-34) \text{ antilog } \frac{65}{10} + (34-9) \text{ antilog } \frac{70}{10} + (9-1) \text{ antilog } \frac{75}{10} + 1 \text{ antilog } \frac{80}{10} \text{ varav } x = 68,8 \text{ dB(A)}$$

Det totala antalet passerande fordon (i bägge riktningarna) vid den nämnda motorvägen under mätningdygnet var 9 964, med en tidsfördelning som visas på fig 2. Detta kan enligt trafikexpertisen anses vara en tämligen normal fördelningskurva för trafiken på en infartsled till en större tätort — en vägtyp som är mycket viktig ur bullersynpunkt, då nybyggnadsverksamheten i stor utsträckning försiggår intill sådana vägar.

Sambandet mellan de beräknade medelljudnivåerna och trafikmängden per dygn visas på fig. 3.

Det har senare underbyggts med ytterligare mätresultat, samtliga gällande 100 m avstånd från vägmitt.

Enligt amerikanska beräkningar [1] skall ljudalstringen nå ett mättningsvärde då fordonstrafiken når en viss täthet. Vi har dock ej experimentellt kunnat finna någon sådan tendens vid de förekommande trafikmängderna.

Man kan med hjälp av detta samband studera bullerförhållandena även under längre tidsperioder, t ex dygnet eller dess delar. Så erhöles exempelvis i det behandlade fallet:

Dagmedelnivå (kl 07—18) .....	69 dB(A)
Kvällsmedelnivån (kl 18—23) .....	69 dB(A)
Nattmedelnivån (kl 23—07) .....	67 dB(A)
Dygnsmedelnivån .....	69 dB(A)

Trafikintensiteten på en väg varierar inte endast med tiden på dygnet utan även i hög grad med tiden på året. Vid dimensionering av vägarnas kapacitet är därvid årsmedelvardagsdygnstrafiken resp sommarmedelvardagsdygnstrafiken av betydelse. Relationen mellan dessa trafikmängder uppgår i allmänhet till 1:1,5 å 1:1,6 men kan vid omfattande sommarbebyggelse intill vägen stiga till 1:2. Ur bullersynpunkt torde det nästan alltid vara rimligt att låta årsmedelvardagsdygnstrafiken (ÅMD) vara dimensionerande, eftersom folk sommartid i stor utsträckning bor i sommarbostäder, befinner sig på resor etc.

Det har redan framhållits att det på fig 3 visade sambandet grundats på vissa generaliseringar. Dessa är dock inte av sådan art att storleksordningen hos trafikbullernivåerna på något sätt förändrats. Fördelen med metoden är, att den för en viss trafikmängd erhållna dygnsmedelljudnivån direkt kan jämföras med BABS värden för kontinuerligt buller och att den är tillämpbar även för prognostrafik.

### Nivåändringar under utbredningen

#### a. Allmänt

I det föregående har redovisats en metod till beräkning av trafikbullrets medelljudnivå, liksom det har rekommenderats att ett acceptabelt gränsvärde inomhus fastläggs.

Den väsentliga frågan blir därefter att studera hur ljudnivån förändras under utbredningen från fordon till bostadslägenhet etc.

För de hittills behandlade fenomenen i samband med trafikbullret och dess utbredning har det varit tillräckligt att använda dB(A)-värden. När man kommer in på sådana frågor som berör bullerdämpning genom vegetation, vallar etc är det däremot nödvändigt att beakta bullrets frekvensfördelning.

Av denna orsak har ett stort antal registreringar av trafikbuller analyserats, och de sk oktavbandsvärdenas relativa styrka visas på fig 4.

### ANTAL FORDON PER TIMMA

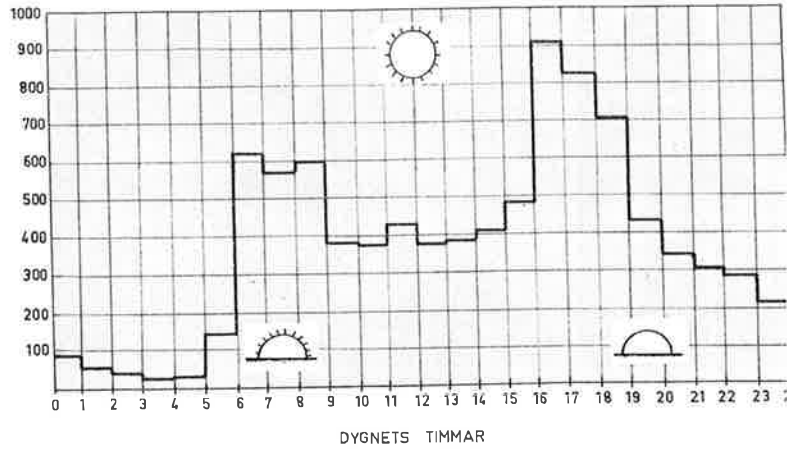


Fig 2. Passerande fordon vid Bäckebolesmotet, Backa, den 14 juni 1962.

Alla fordonstyper och hastigheter som observerats är representerade i dessa värden. Spridningen i mätvärdena till följd av olika fordonshastighet är enligt dessa mätningar ej av samma storleksordning, som spridningen i värden från olika fordonsexemplar med samma hastighet. Det finns därför ingen anledning upprita spektrum för flera hastighetsalternativ.

Som jämförelse har inritats amerikanska resultat [2] från mätningar som utförts på liknande sätt, men med separering av personbilsbuller och buller från tunga lastbilar. Överensstämmelsen mellan de olika mätningarna är som syns tillfredsställande.

#### b. Ljudnivå/avstånd

Normalt räknar man med att bullret från en ljudkälla nära marken och med liten utsträckning ("punktformig ljudkälla") avtar med 6 dB för varje

### DYGNSTEMDELLJUDNIVÅ dB(A)

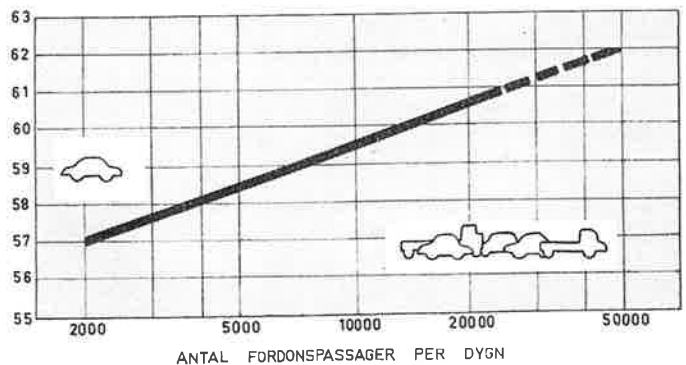


Fig 3. Medelljudnivån utomhus på 100 m avstånd som funktion av antalet fordon per dygn. Inomhusvärden erhålls om från avlästa värden subtraheras 24 dB(A).



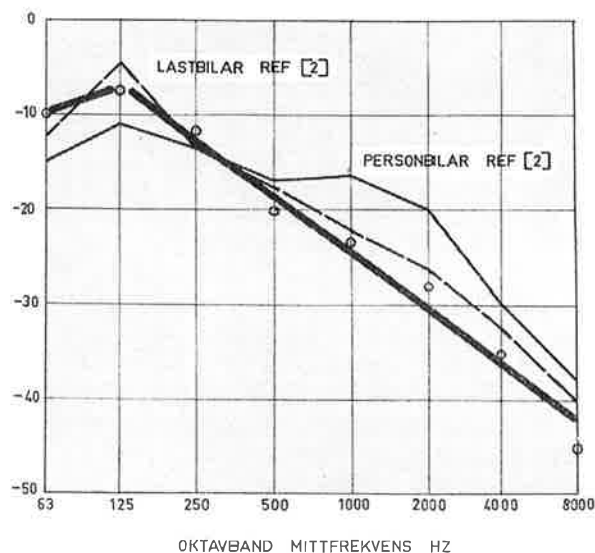


Fig 4. Generaliserad tryckfrekvensfördelning i oktavband för fordonsbuller från väg med fri hastighet. Mätavstånd 100 m, plan mark. Jämförelsevärdena gäller 30 m avstånd.

dubbling av avståndet (avståndslagen), såvida ej någon form av tillskottsdämpning föreligger.

Så är också tillnärmelsevis fallet med trafikbullret vid gles trafik (då fordonen passerar med stora tidsmellanrum, genomsnittligt storleksordningen 10 sek eller mera) på större avstånd än ca 25 m från vägen. Närmare vägen inverkar fordonets körfil, reflexioner mot vägbanan, bullerutstrålning olika kraftigt i olika riktningar från fordonet, osv, så att förhållandena inte entydigt kan bestämmas.

Vid tät trafik blir förhållandena annorlunda. Fig 5 visar resultatet av mätningar, utförda 50—

RELATIV LJUDNIVÅ

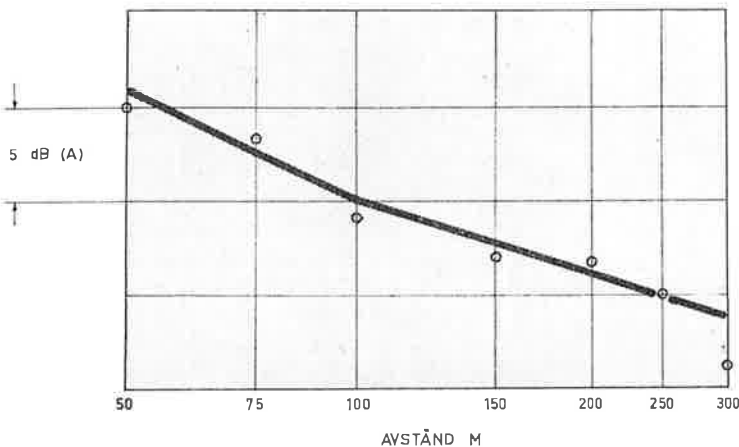


Fig 5. Ljudnivåns avtagande med avståndet från vägbanans mit vid fri fordonshastighet.

300 m från vägmitt, vid trafiktätheter motsvarande 5—10 sek genomsnittligt fordonsmellanrum. Ljudnivån närmast vägen avtar här först med ca 6 dB per dubbling av avståndet för att därefter minska till ca 3 dB.

Fysikaliskt kan detta förklaras med att man i en mät punkt nära vägen registrerar enstaka punktformiga ljudkällor på inbördes tämligen stort avstånd jämfört med mätavståndet. Längre från vägen inverkar samtidigt bullret från flera fordon och man får en linjeformad ljudkälla från vilken bullret teoretiskt avtar med 3 dB per avståndsdubbling. Ett exempel på utpräglade sådana linjekällor är långa järnvägståg, för vilka kanadensiska mätningar [3] har bekräftat teorierna. Man kan således vänta sig att ljudnivån avtar betydligt långsammare med avståndet från mycket tät trafik än från enstaka fordon.

### c. Ljudnivå/vägstigning

För att få en uppfattning om hur fordonens ljudalstring förändras vid vägens förläggning i stigning, har gjorts mätningar vid väg av motorvägsstandard och 30 ‰ stigning. Mätplatsen var förlagd 100 m från vägmitt och så högt upp i backen att lastbilarna i allmänhet växlat ned vid forcering av uppförsbacken.

Mätresultaten visar stor spridning i värdena för lastbilar i uppförsbacke, med ett par procent av värdena nära 10 dB över resp under medelvärdet.

Gentemot bulleralstringen vid horisontell väg visade mätningarna följande förändringar:

	Ljudnivåändring dB(A), medelvärde	
	Uppförsbacke	Nedförsbacke
Lastbilar .....	+2	±0
Personbilar .....	±0	-2

Genomsnittligt skulle alltså lastbilarna i uppförsbacke inte vara mer än 2 dB mera bullrande än på plan mark, men varaktigheten hos bullret var i detta fall 5—7 gånger längre. Det kraftiga störningsintrycket är således främst beroende på bullrets varaktighet, under det att ett fåtal lastbilar även ger en väsentligt högre ljudalstring. Det torde i huvudsak vara körning med ökat motorvarv på låg växel, som ger det ökade bullret. Utgångsfarten då fordonet befinner sig vid foten av backen är av stor betydelse för var växlingen sker och vilken växel som kan användas. Vägens stigning är stor på det undersökta avsnittet, men fordons hastigheterna höga till följd av vägstandarden.

Det är inte osannolikt att man på vägar med lägre standard finner likartade förhållanden, som de här redovisade, även vid mindre stigningar.

#### d. Ljudnivå/höjd över vägbana

I avsnittet om hur trafikbullret avtar med avståndet från vägen nämndes att ljudet reflekteras mot den hårda vägbanan. Man kan därför förmoda att ljudnivån i ett hus intill vägbanan inte är densamma i alla våningsplan.

De mätresultat, som framgår av fig 6, visar också att ljudnivåns variation med höjden över marken är avsevärd, särskilt på större avstånd. Mätningarna är gjorda vid väg med 50 km/tim hastighetsbegränsning och med bebyggelse endast på ena sidan. Marken var plan utan hinder mellan väg och hus. Pågående undersökningar pekar på att denna riktverkan i stort sett är oberoende av fordonens hastighet.

Resultaten innebär att ljudnivån stiger till ett maximivärde vid ökad höjd över marken för att sedan åter falla. Maximivärdet nås i allt högre våningsplan vid stegrad avstånd från vägen.

Konsekvensen av detta är att *höghus inte kan förläggas så nära vägen som enplanshus.*

#### e. Ljudnivå/meteorologiska förhållanden

Det är välkänt att ljudets utbredning utomhus är i hög grad beroende av väder och vind. Dessa faktorerers inverkan är ofullständigt utredda och är för övrigt mycket komplicerade.

Luftens *fuktighet* påverkar ljudutbredningen så tillvida att dämpningen vid mycket torr luft (20 %) uppgår till ca 1 dB/100 m. Vid en relativ fuktighet över 50 % minskar dämpningen till någon tiondels dB och har knappast någon betydelse i fråga om trafikbullrets utbredning. Fuktighet i form av regn och dimma kan medföra en ökad dämpning, men inverkar i allmänhet inte nämnvärt.

RELATIV LJUDNIVÅ

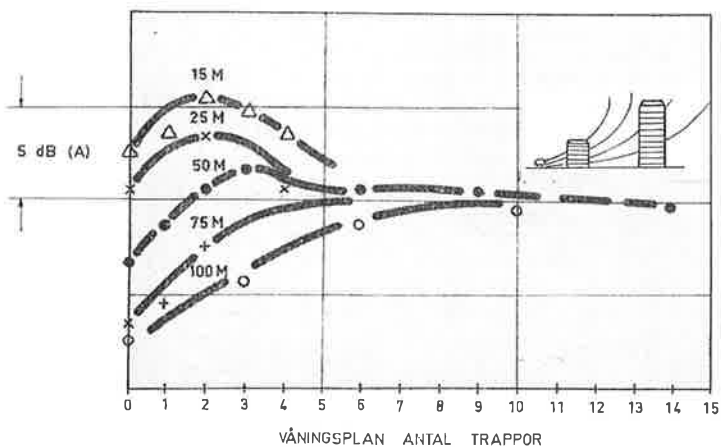


Fig 6. Ljudnivåns beroende av höjden över marken och avståndet till vägen. Mätningar i hus intill väg med 50 km/tim hastighetsbegränsning.

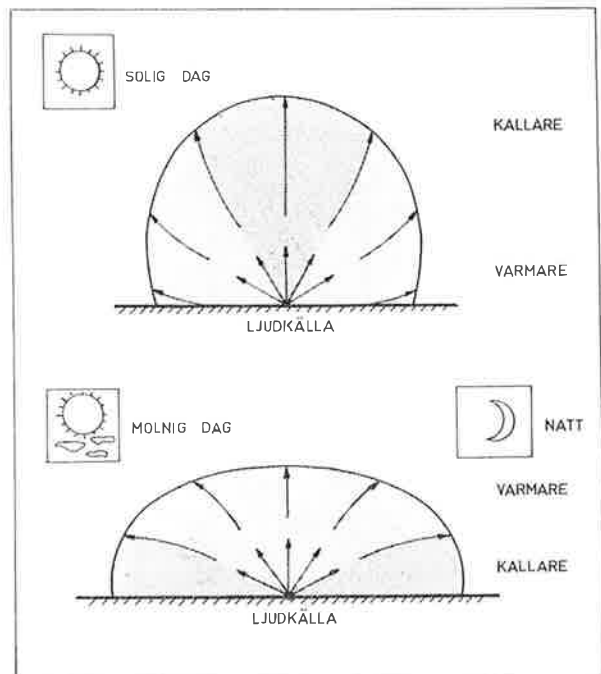


Fig 7. Temperaturgradienten påverkar ljudets utbredning så att störningarna får större utbredning över marken på natten.

*Lufttemperaturen* i sig själv har ringa inverkan på ljudutbredningen. Temperaturskillnaden mellan olika luftlager kan däremot medföra att ljudvågorna böjs. På dagen böjs de i allmänhet uppåt, på natten däremot nedåt (se fig 7). Ursprungligen uppåtriktade ljudvågor kan därvid passera över hinder och slå ned på platser långt ifrån ljudkällan.

Hörbarheten är sålunda bättre på natten, men trafikbullret är i allmänhet så försvagat på de avstånd där effekten uppträder, att det sällan uppfattas störande.

Under normala atmosfäriska förhållanden ökar *vindhastigheten* med höjden över marken. En ljudvåg som fortplantas genom luften kommer genom inverkan av denna hastighetsändring att böjas nedåt vid rörelse med vindriktningen och uppåt vid rörelse mot vindriktningen (se fig 8). Däremot har vinden ingen effekt på ljudvågor, som rör sig vinkelrätt mot vindriktningen.

I områden med kraftigt förhärskande vindriktningar, ex i kusttrakter, kan det vara befogat att söka ta hänsyn till vindens inverkan. För en vindhastighet av ca 10 m/s kan man exempelvis räkna med ca 2 dB högre nivå med vindriktningen och 5–10 dB lägre nivå mot vindriktningen.

Luftströmningen sker alltid under utbildning av turbulenser (virvelbildningar), som momentant kan ge bullerdämpning på upp till 20 dB per 100 m, eller av samma storleksordning som avståndsdämp-

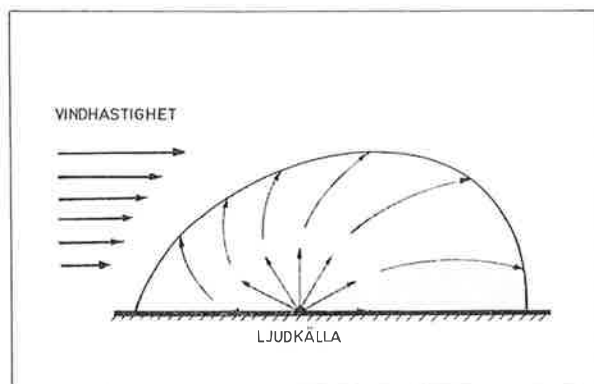


Fig 8. Bullerstörningen blir större nedströms än uppströms vinden.

ningen de första hundra meterna från fordonet, och är lika stor i alla riktningar. Denna turbulensbildning och därmed sammanhängande dämpning är så sporadisk till sin karaktär, att det inte är möjligt att tillgodoräkna sig denna vid trafikbullerbedömningar.

#### f. Ljudnivå/skärmverkan

Med avsikt valdes för de genomförda mätningarna sådana vägavsnitt, där omgivande terräng är plan och gräsbevuxen. Undersökningar har nämligen visat att markdämpningen vid ljudutbredning över plan mark med lågt gräs endast uppgår till någon tiondels dB per 100 m för de dominerande frekvenserna hos trafikbullret.

I allmänhet överskattas vegetationens inverkan på ljudutbredningen. Mätningar, som utförts i tät djungelvegetation, har givit vid handen, att medeldämpningen för hörbarhetsområdet uppgår till 2–3 dB per 100 m; i tätstammig skog kan något mera påräknas. I tät barrskog har uppmätts 5–10 dB per 100 m men det bör observeras att det krävs en minimibredd på trädbältet av ca 50 m för att det skall ha någon mätbar inverkan.

Skärmverkan innebär, att ljudvågorna hejdas av hinder, såsom höga byggnader och kuperad terräng. För kuperad mark med växlande vegetation kan ej anges några entydiga resultat.

Byggnader, jordvallar, murar, etc är effektiva, när det gäller att reducera bullerutstrålningen i en viss riktning, under förutsättning att de står nära bullerkällan eller "mottagaren" och har tillräcklig höjd. För att ha någon verkan mot trafikbuller måste skärmarna i allmänhet ha en höjd av minst 3 m. Dämpningsverkan på 5 à 10 dB är vad man normalt kan åstadkomma om skärmen står nära ljudkällan. Flera teoretiska metoder att beräkna skärmverkan står till buds, men våra mätningar visar att de ger alltför höga dämpvärden i fråga om trafikbuller. På basis av undersökningarna har vi

gjort upp ett diagram för trafikbullerdämpningen, se fig 9.

I stället för att uppföra vallar etc längs vägarna kan man åstadkomma motsvarande bulleravskärmning genom att förlägga vägarna i skärning. I USA har detta på allvar diskuterats som en metod att undvika störningar vid vägpassager genom bostadsområden. Se fig 10.

Här bör påpekas att "ljudskugga" bakom en skärm inte innebär en fullständig avskärmning av bullret, utan endast en viss reduktion.

#### g. Ljudnivå/fasadisolering (fönster)

Byggnadernas isolering mot buller utifrån, bestäms så gott som alltid av fönstrens ljudisolering, och främst av de otätheter, som förekommer såväl runt karm som båge.

På grundval av mätningar i bostadsrum med tvåglasfönster har befunnits att den genomsnittliga (normala) reduktionen av trafikbuller vid stängda fönster uppgår till 24 dB(A). Spridningen i dessa värden är förvånansvärt liten. I äldre fastigheter är ofta fönstren i sämre skick och isolationen sjunker då till ca 20 dB(A). Vid i övrigt oförändrad konstruktion medför treglasfönster ingen nämnvärd ljudisoleringsförbättring över tvåglasfönster. Vanligtvis upptas ca 30 % av fasadväggen i ett rum av fönster, men eftersom tätningen avgör isoleringen vid stängda fönster, betyder det inte så mycket

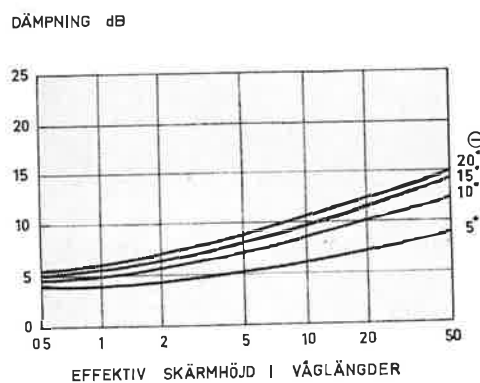
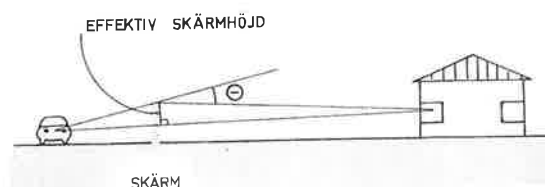


Fig 9. Inverkan av skärm mellan trafikled och bebyggelse. Fordonet definierat som en punktformig ljudkälla 1 m över vägbanan.

om den relativa fönsterarean ökas. Om fönstren hålls öppna erhålls genomsnittligt 16 dB(A) reduktion av trafikbullret vid 30 % fönsterarea, men här betyder ökad fönsterarea att bullernivån inomhus ökar väsentligt.

#### h. Sammanfattning

Det torde ha framgått av det föregående, att man inte utan kraftiga marginaler kan ange några generell giltiga avstånd mellan vägbanor och bostadshus, som garanterar bullerfrihet i bostadsrum. Däremot kan man — med utgångspunkt från en viss högsta tillåten ljudnivå av exempelvis 35 dB(A) inomhus — beräkna erforderligt avstånd och ev ange vilka skärningsåtgärder, som fordras vid ett kortare bebyggelseavstånd.

Som exempel kan nämnas förhållandena vid en frihastighetsväg, där man år 1980 väntar sig en trafik av (ÅMD) ca 19 000 fordon/dygn. Under förutsättning av att man högst accepterar medelljudnivån 35 dB(A) inomhus med stängda fönster och att plan mark råder, erfordras därvid

150 m bebyggelseavstånd för enplansbebyggelse och 250 m bebyggelseavstånd för fyrvåningshus.

Det skulle föra för långt att här närmare gå in på andra faktorer, som påverkar trafikbullret i bostadsbebyggelse. Här skall blott nämnas husens placering, utformning av husfasaderna, användning av garage som skärm etc.

#### Gatutrafikbuller

##### a. Allmänt

Bullerförhållandena i innerstadstrafik har också studerats. Härvid har mätningar företagits dels med bebyggelse på ena sidan av trafikleden — dels på båda sidorna. Förhållandena har undersökts vid olika gatubredder och hushöjder, samt vid gatukorsningar och i sidogator.

##### b. Ljudnivå/gatubredd-hushöjd

Liksom vid vägtrafiken är ljudutbredningen vid gatutrafiken uppåtriktad till följd av reflexioner mot gatubeläggningen. I mycket breda gator är förhållandena likartade dem, som erhålls vid utbredning över större fria arealer. I trånga gator med höga hus erhålls en bullerfördelning likartad den, som erhålls i ett slutet rum, dvs med högre och mera likformigt fördelade ljudnivåer i hela rummet, såsom visas på principbilden, fig 11. Bullerstörningarna blir således värre i en smal gata med höga hus på båda sidorna, än då — vid i övrigt oförändrade förhållanden — gatan endast har hus på ena sidan. Så kan exempelvis nämnas att medelnivån i andra våningsplanet ligger 7 dB(A) högre vid en 30 m bred gata med hus på båda sidorna än i ett hus 15 m från en gata med park på andra sidan. Subjektivt uppfattas bullret ungefär dubbelt så starkt i första fallet som i det senare.



Fig 10. Med nedsänkta vägbanor skulle trafikbullerstörningarnas utbredning kunna minska avsevärt.

På grundval av företagna mätningar samt publicerade resultat från modellundersökningar [4] har kurvorna på fig 12 uppritats. Som framgår av figuren erhålls samma ljudnivå i samtliga undersökta våningsplan vid en gatubredd av ca 30 m. Vid mindre gatubredd blir ljudnivån högst i markplanet, medan ljudnivån vid större gatubredd når ett maximalvärde i tredje våningsplanet och lägst i markplanet.

Vid bebyggelse endast på ena sidan av en gata, exempelvis vid en park, råder de samband som visats i fig 6.

##### c. Ljudnivå/sidogator

Mätningarna har också innefattat en undersökning av hur bullret från en livligt trafikerad genomfartsgata avtar in i en sidogata. Vid en 15 m bred sidogata har som exempel ljudnivån redan efter 50 m sjunkit ca 10 dB(A). Detta visar att en sidogata i innerstaden kan vara ganska bullerfri, trots närheten till en stor trafikled.

##### d. Ljudnivå/gatukorsningar

Ett mycket störande inslag i gatutrafiken uppkommer då fordonen accelereras vid start efter trafikstopp t ex vid trafikljus.

För enstaka startande fordon har vi undersökt hur ljudnivån i markplanet påverkas av dessa förhållanden. För personbilar erhöles därvid 5—10 dB(A) högre ljudnivåer än vid normal passage; för lastbilar däremot 10—15 dB(A) högre nivåer.

Hur dygnsmedelljudnivån påverkas av dessa förändringar i trafikströmmen har ej närmare studerats, men det är uppenbart att medelljudnivån i hög grad blir beroende av hur ofta trafikljuset regleras. Det är också klart att bullerförhållandena vid en trafikreglerad korsning är avsevärt mera störande än då trafiken flyter jämnt.

##### e. Sammanfattning

I innerstaden med dess dyra tomtpriiser och utrymmesbrist finns normalt inga som helst möjlig-

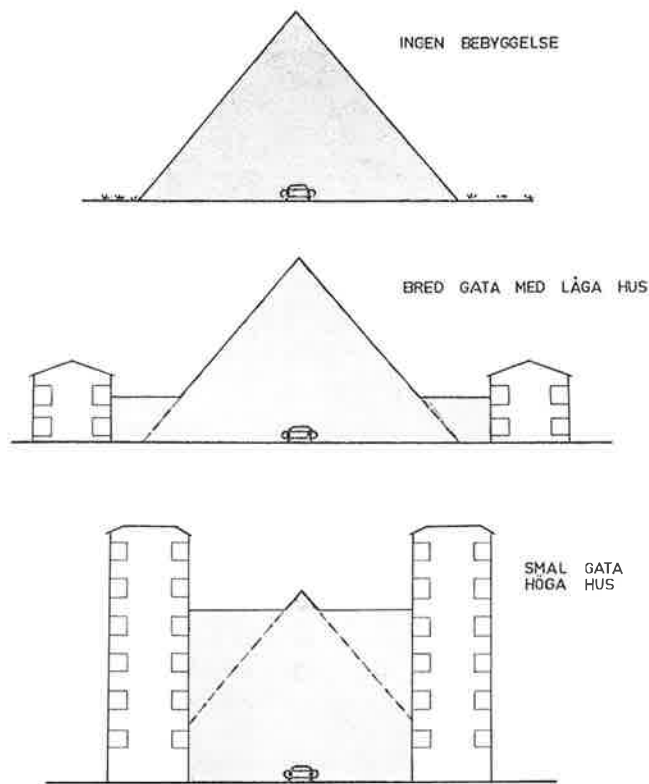


Fig 11. Ljudnivån i en gata byggs upp av ljudvågornas reflexion mot husväggarna.

heter att utnyttja avståndsdämpningen som enda bullerreducerande faktor.

Det kan vara instruktivt att även här betrakta ett exempel. I en 30 m bred gata med 5- à 6-våningshus på båda sidorna väntas trafiken år 1985 uppgå till (ÅMD) 38 000 fordon/dygn med en högsta tillåten hastighet av 50 km/tim. Medelljudnivåerna i rum mot gatan kommer därvid att uppgå till 54–57 dB(A), dvs ca 15 dB(A) högre än önskvärt, om man accepterar 40 dB(A) i bostadsrum i centrumbebyggelse. Dessa nivåer innebär exempelvis att telefonsamtal är något försvårade vid stängda fönster och mycket försvårade vid öppna fönster.

RELATIV LJUDNIVÅ

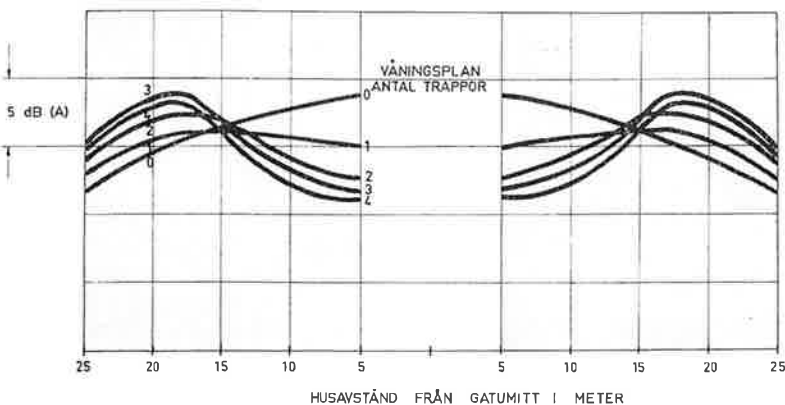


Fig 12. Trafikbullernivåns variation med höjden för gata med hus på båda sidorna. Hushöjd fyra våningar. Uppträdande ljudnivå i dB(A) vid husfasad vid enstaka passerande fordon. Preliminära värden.

Uppenbart är det inte lämpligt med bostadsrum mot gata i sådana hus, försävt inga åtgärder vidtas mot bullret. Närmast står då till buds att öka fönsterisoleringen, vilket såväl tekniskt som ekonomiskt är en fullt genomförbar lösning. En öppningsbar konstruktion med ca 10 dB högre isolering än ett "standardfönster" och en icke öppningsbar med ca 15 dB förbättring torde kunna genomföras som standard.

I bägge fallen är det lämpligt att anordna en ljuddämpad vädringslucka vid sidan av fönstret, för att full nytta skall kunna dras av den förbättrande ljudisoleringen.

#### Avslutning

De här redovisade undersökningsresultaten bör inte betraktas som fullständiga eller slutgiltiga i alla avseenden, i synnerhet som nya mätningar samt ytterligare analyser av det befintliga materialet pågår.

Det är dock möjligt att med nuvarande underlag angripa trafikbullerproblemen på ett mera systematiskt sätt än tidigare, och förhindra bullerproblem i bostäder på grund av felaktig eller bristande planering. Sedan kan man givetvis diskutera för hur många år framåt i tiden man skall planera. Mycket talar dock för att den ökning i bullret som orsakas av trafikens tillväxt, kommer att motverkas av ökad ljuddämpning av fordonen inom 10 till 20 år. Dimensionering för prognostrafik avseende år 1985 borde således säkra bullerförhållandena för överskådlig framtid.

Slutligen kan nämnas att de första resultaten av de pågående opinionsundersökningarna talar för att besvärreaktionerna hos de intervjuade personerna är beroende av trafikbullrets medelljudnivå i bostäderna. Lika-expositionsprincipen skulle således vara tillämplig.

#### LITTERATUR

- [1] *C M Harris*: Handbook of Noise Control, New York 1957. S 35–4.
- [2] *W J Galloway - W E Clark*: Prediction of noise from motor vehicles in freely flowing traffic. ICA IV, Köpenhamn 1962. L-28.
- [3] *F W Embleton - G J Thiessen*: Train noises and use of adjacent land. Sound its uses and control. Jan–Feb 1962.
- [4] *T S Korn*: Measurements of street noise on models, Noise Control. Nov–Dec 1960.

Opublicerat underlag:

- Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg, rapporterna:  
 H-911-A Trafikbullerundersökningar vid motorväg, sept 1962.  
 H-890-B Trafikbullerutredning i samband med dispositionsplan för bostadsområde inom Backa, Göteborg, dec 1962.  
 H-1109-A Västersanering Örebro. Planering med hänsyn till trafikbullerstörningar, maj 1964.  
 Examensarbeten vid Institutionen för Byggnadsakustik, CTH:  
*L Fall - I Fall*: Trafikbuller och fönsterisolering, sept 1964.  
*K Löfvqvist - G Rise*: Ljudutbredning från motorfordon i ett plan vinkelrätt mot vägbanan, okt 1964.  
*K Andersson - I Andersson*: Avskärmning av trafikbuller, okt 1964.