

1990:36

Inte bara hörselskador

Psykologiska effekter av buller i arbetsmiljön

Anders Kjellberg

ARBETE OCH HÄLSA VETENSKAPLIG SKRIFTSERIE

ISBN 91-7045-520-1 ISSN 0346-7821 <http://www.niwl.se/ah/>



Arbetslivsinstitutet

Arbetslivsinstitutet

Arbetslivsinstitutet är nationellt centrum för forskning och utveckling inom arbetsmiljö, arbetsorganisation och arbetsmarknad. Kunskapsuppbyggnad och kunskapsanvändning genom utbildning, information och dokumentation samt internationellt samarbete är andra viktiga uppgifter för institutet.

Kompetens för forskning, utveckling och utbildning finns inom områden som

- arbetsmarknad och arbetsrätt,
- arbetsorganisation,
- belastningsskador,
- arbetsmiljöteknik,
- hälsoeffekter av det nya arbetslivets psykosociala problem,
- arbetsmedicin, allergi, påverkan på nervsystemet,
- kemiska riskfaktorer och toxikologi.

Totalt arbetar omkring 400 personer vid institutet. Forskning och utbildning sker i samarbete med bl a universitet och högskolor.

ARBETE OCH HÄLSA

Redaktör: Irma Åstrand

Redaktionskommitté: Anders Kjellberg, Åsa Kilbom Birgitta Kolmodin-Hedman, Staffan Krantz och Olof Vesterberg

Andra tryckningen

© Arbetslivsinstitutet & författarna 1990, 1999

Arbetslivsinstitutet,

171 84 Solna, Sverige

ISBN 91-7045-520-1

ISSN 0346-7821

<http://www.niwl.se/ah/>

Tryckt hos CM Gruppen

Förord

Föreliggande skrift ger en översikt över forskningen kring de effekter som buller kan ha utöver hörselskador. I tidigare versioner har skriften använts inom utbildningen av skyddsingenjörer och beteendevetare vid Arbetsmiljööinstitutet. Den har skrivits med målsättningen att vara användbar inom dessa och alla andra grupper som har anledning att intressera sig för bullerstörning och andra psykologiska effekter av buller. Denna vida målgrupp har på flera sätt styrt uppläggnngen av översikten. För det första har jag undvikit ingående värderande diskussioner om de olika psykologiska teorier som anförs för att förklara de psykologiska bullereffekterna, och jag presenterar inte heller någon detaljerad metodologisk granskning av enskilda försök. I de fall där det finns aktuella översiktsartiklar över det delområde som behandlas, hänvisar jag till dessa för den som är intresserad av att fördjupa sig i någon fråga. I referenslistan redovisas dessa översiktsartiklar separat. För det andra har denna målsättning medfört att jag tagit med några avsnitt av lärobokskaraktär. För att skriften ska bli läslig även för dem som har bristande tekniska bullerkunskaper introduceras således i ett avsnitt de grundläggande tekniska bullerbegreppen. I andra avsnitt presenteras på motsvarande sätt grundläggande psykologiska teorier och fenomen.

Översikten har skrivits inom ramen för ett projekt stött av Arbetsmiljöfonden, "Störning av icke hörselskadande buller i arbetslivet" (AMF 86-1222).

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
2. Vad är ljud och hur mäter man det?	3
Ljudtryck och ljudtrycksnivå	3
Bullrets frekvens	4
Frekvensvägning och ljudnivå	5
3. Subjektiva reaktioner på buller	7
Olika upplevelsekvantiteter	7
Andra subjektiva reaktioner på buller	8
Hur påverkas upplevelsen av bullrets fysikaliska egenskaper?	9
Andra faktorer som bestämmer hur bullret upplevs	18
Sammanfattning av subjektiva reaktioner	21
4. Hur påverkar buller vårt beteende	22
Prestationsnivå som indikator på belastning	22
Effekter på prestandanivån under bullerexponeringen	23
Eftereffekter av arbete i buller	42
Andra typer av beteendeeffekter	45
Vad säger laboratorieförsöken om bullers effekter i arbetsmiljöer?	46
Sammanfattande slutsatser om bullers beteendeeffekter	48
5. Fysiologiska reaktioner på buller	49
Omedelbara fysiologiska reaktioner på förändringar av bullret	49
Ihållande fysiologiska reaktioner på buller	51
Bullers hälsoeffekter	53
Sammanfattning av fysiologiska reaktioner på buller och långsiktiga hälsorisker	54
6. Avslutande kommentarer och sammanfattning	55
Sammanfattning, Summary	57
Referenser: Översikter över bullereffekter	58
Referenser: Övrigt	59
Sakregister	69

1. Inledning

I föreskrifter och informationsbroschyrer som behandlar buller i arbetsmiljön utgår man nästan alltid från risken för hörselskador. Det är inget att förvåna sig över eftersom hörselskador ju onekligen är den påtagligaste och allvarligaste konsekvensen av bullerexponering. Men buller kan också skapa andra svåra problem, och det på nivåer långt under dem som kan ge hörselskador. Bullret kan störa och irritera oss, det kan försvåra våra arbetsuppgifter och det kan bidra till att vi får huvudvärk och andra kroppsliga besvär.

Risken för hörselskador är också vanligen utgångspunkten i det praktiska arbetet med att förbättra bullermiljön. Detta har t ex inneburit att de tekniska metoder som används i den hygieniska bedömningen av buller i första hand har utvecklats för att ge en uppfattning om hörselskaderisken. Resultaten från en sådan utvärdering kan därför ibland bli missvisande om man är intresserad av andra effekter. I många praktiska sammanhang kan det därför vara viktigt att känna till vilka faktorer som har betydelse för de psykologiska effekterna av buller. För att kunna gå igenom vad man vet om detta är det nödvändigt att först göra klart vad som avses med buller och med psykologiska effekter.

Vad är buller?

Buller brukar definieras som icke önskvärt ljud. Allt ljud som man helst skulle vilja slippa är alltså buller. Det betyder att det inte är någon speciell egenskap hos ljudet utan åhörarens bedömning av det, som avgör om ljudet ska betraktas som buller eller ej. Buller är alltså inte bara slamrande maskiner, susande fläktsystem och liknande ljud. Även t ex andra människors prat, droppande vattenkranar och musik kan i vissa sammanhang ses som buller. Vad som ska uppfattas som buller skiftar därför också mellan personer och mellan situationer. Men det finns naturligtvis många ljud som nästan alla människor skulle vilja slippa i nästan alla situationer. När vi i vardagslag talar om buller tänker vi vanligen på sådana ljud.

Vad är psykologiska effekter?

De psykologiska effekter som de flesta i första hand tänker på är nog de *subjektiva reaktionerna* på bullret, d v s hur vi upplever bullret. De kan t ex innebära att vi tycker att bullret låter obehagligt och att det stör oss. Men de psykologiska effekterna av buller inskränker sig inte till sådana upplevelser. Bullret kan också påverka vårt *beteende*; det kan t ex göra att vi inte klarar våra arbetsuppgifter lika bra som annars. Att bullret stör och stressar oss kan slutligen även leda till *fysiologiska reaktioner* av olika slag, t ex att hjärtat börjar slå fortare.

Ibland ger bullret alla tre effekter. Men ofta visar sig bara en eller ett par av effekterna. Det är t ex inte givet att det buller som upplevs som mycket störande också försämrar vår prestation. Motsatsen kan också inträffa; buller kan försämra prestationen utan att vi varit medvetna om att det haft någon effekt på oss.

Den här tredelningen av de psykologiska effekterna i subjektiva reaktioner, beteendeeffekter och fysiologiska reaktioner är inte bara aktuell i samband med

buller utan i alla sammanhang där de psykologiska effekterna av miljön ska beskrivas.

Översiktens målsättning

Den här skriften har inte till ambition att tala om hur man ska utvärdera icke hörselskadande buller på arbetsplatsen. Därtill räcker inte våra nuvarande kunskaper. Den är i stället avsedd som en översikt över de psykologiska effekter av buller som kan vara aktuella i arbetslivet. Den tar upp vilka olika effekter som buller kan leda till, och vilka egenskaper hos bullret och arbetsmiljön i övrigt som kan förvärra eller lindra dessa effekter. Förhoppningsvis kan den vara ett visst stöd vid bedömning av buller, framför allt på arbetsplatser där hörselskador inte är ett aktuellt problem.

Översikten riktar sig alltså i första hand till sådana som är intresserade av bullerproblem i arbetsmiljön. Det innebär att den inte ger en heltäckande bild av de psykologiska aspekter som kan läggas på buller. Viktiga begränsningar är:

- Endast sådant som på något sätt skulle kunna tillämpas i arbetsmiljösammanhang tas upp. Detta innebär t ex att bullers effekter på sömn inte behandlas, fast detta i andra sammanhang är en av de viktigaste bullereffekterna. Men i flera fall refererar jag till forskningen om bullerproblem i bostäder, eftersom man där ofta har behandlat effekter som också är aktuella i arbetsmiljön.
- En mycket stor del av den psykologiska forskningen om buller har behandlat buller på mycket höga nivåer, högt ovanför gränsen för hörselskaderisk. Denna berörs flyktigt eller inte alls, om den inte belyser något som troligen är aktuellt även på lägre nivåer.

Översiktens uppläggning

Översikten är upplagd med utgångspunkt från de tre typer av effekter som beskrevs ovan. Efter det korta kapitlet som introducerar de viktigare ljudtekniska begreppen följer ett kapitel som behandlar de subjektiva reaktionerna. I det följande tas beteendeffekterna upp och slutligen behandlas fysiologiska effekter. I detta avsnitt redovisas också, mycket kortfattat, de tänkbara hälsoeffekterna av buller.

I kapitlen beskrivs dels vilka typer av effekter som buller kan få, dels vilka egenskaper hos bullret och vilka andra förhållanden som påverkar dessa effekter.

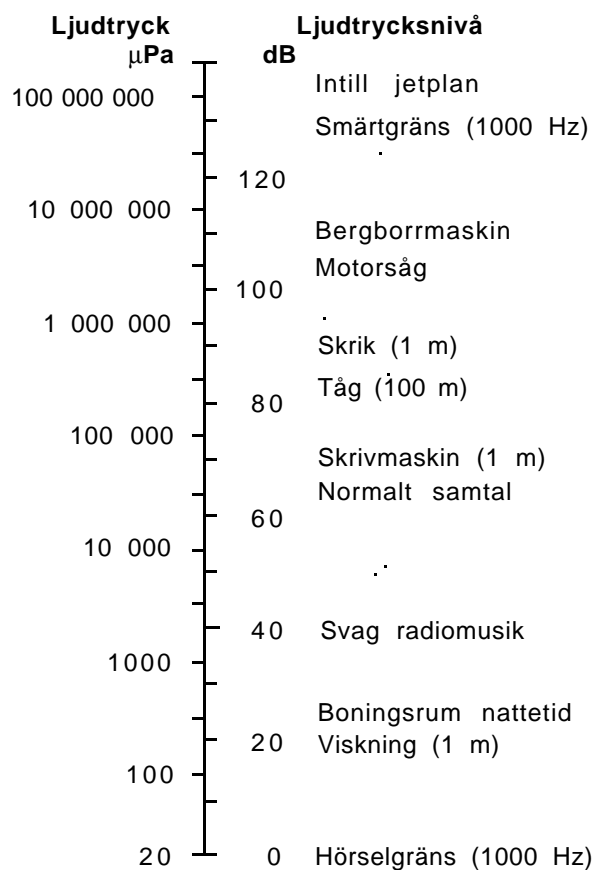
2. Vad är ljud och hur mäter man det?

Ljudtryck och ljudtrycksnivå

I fysikalisk mening är ljud mekaniska svängningar som fortplantas i ett elastiskt medium (gas, vätska eller fast föremål). Vanligen fortplantas ljudet naturligtvis i luften och får då de omgivande luftpartiklarna att svänga fram och tillbaka. På det sättet skapas förtätningar och förtunningar av luftmolekylerna, och det uppstår små tryckvariationer i luften. Dessa sprider sig och kan beskrivas som en vågrörelse. Då tryckförändringarna når örat uppfattar vi dem som ljud. Motsvarande sker då ljudet fortplantar sig i andra media.

Då man vill ge ett mått på ljudets styrka gör man det därför vanligen genom att ange dess tryck, *ljudtrycket*. Detta mäts i enheten Pascal (Pa) eller mikropascal (μPa , 0,000 001 Pa).

Det svagaste ljud vi kan uppfatta är ca 20 μPa och det starkaste som vi kan höra på utan att känna smärta är ungefär en miljon gånger starkare d v s 20 Pa.



Figur 1. Typiska ljudtryck och ljudtrycksnivåer för några olika bullerkällor.

Denna stora variationsvidd är ett av skälen till att man vanligen använder sig av enheten *decibel (dB)* i stället för Pa. Då ljudtrycket uttrycks i dB kallas det *ljudtrycksnivån* och beräknas på följande sätt:

$$\text{Ljudtrycksnivån (dB)} = 20 \times \log(\text{ljudtrycket } (\mu\text{Pa})/20 \mu\text{Pa})$$

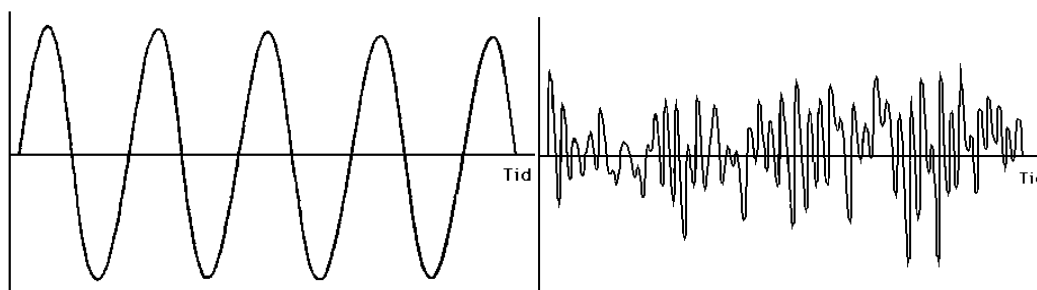
Man bildar alltså en kvot mellan det uppmätta ljudtrycket (uttryckt i μPa) och ett referenstryck ($20 \mu\text{Pa}$). Denna kvot logaritmeras och multipliceras med 20. Detta innebär att ett ljud som har ljudtrycket $20 \mu\text{Pa}$, och alltså för de flesta är knappt hörbart, får dB-värdet 0 (eftersom ju logaritmen av $1=0$). Lägre ljudtryck ges alltså negativa dB-värden. Att skalan är logaritmisk innebär t ex att en fördubbling av ljudtrycket alltid höjer ljudtrycksnivån med 6 dB ($20 \times 0,3$) och att en tiodubbling alltid höjer den med 20 dB (Figur 1). Av figur 1 framgår också att dB-skalan ger siffervärden som är mer lätthanterliga än Pascal-skalan.

Bullrets frekvens

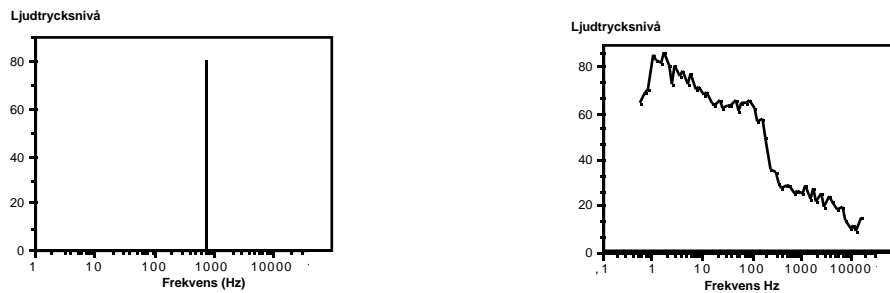
Om man registrerar hur ljudtrycket förändras över tid i en viss punkt får man en beskrivning av ljudets vågform. Ett ljud vars vågform är sinusformad och har en fix frekvens (svängningar/sek) kallas och upplevs som en *ren ton* (Figur 2). Ju högre frekvens tonen har, desto högre tonhöjd upplever vi. Buller består dock sällan av regelbundna periodiska svängningar utan är brusljud med en komplex och oregelbunden vågform.

Ljudets frekvens anges i enheten Herz (Hz), som alltså anger antalet svängningar per sekund som ljudvågen gör. Frekvenser mellan 20 och 20 000 Hz räknas till det hörbara området. Ljud med frekvenser under 20 Hz kallas *infraljud* och de över 20 000 Hz kallas *ultraljud*.

Även det mest komplexa buller kan beskrivas som en sammansättning av toner med olika frekvens och ljudtrycksnivå. Resultatet av en sådan analys redovisas som ljudets *frekvensspektrum*. I detta har frekvensområdet delats in i ett antal *frekvensband* och ljudtrycksnivån i varje frekvensband anges. Dessa frekvensband kan göras mer eller mindre breda. Den grövsta indelningen kallas *oktavband*, vilka i sin tur kan delas in i tre *tersband*. Analyser som bygger på ännu finare indelningar kallas *smalbandsanalyser*. Om ljudet är en ren ton kommer allt ljudtryck att härröra från ett smalt frekvensband medan ett sammansatt buller ger ett



Figur 2. Ljudtryckets förändring över tid (ljudvågen) för en ren ton (till vänster) och för ett sammansatt buller, brus (till höger).



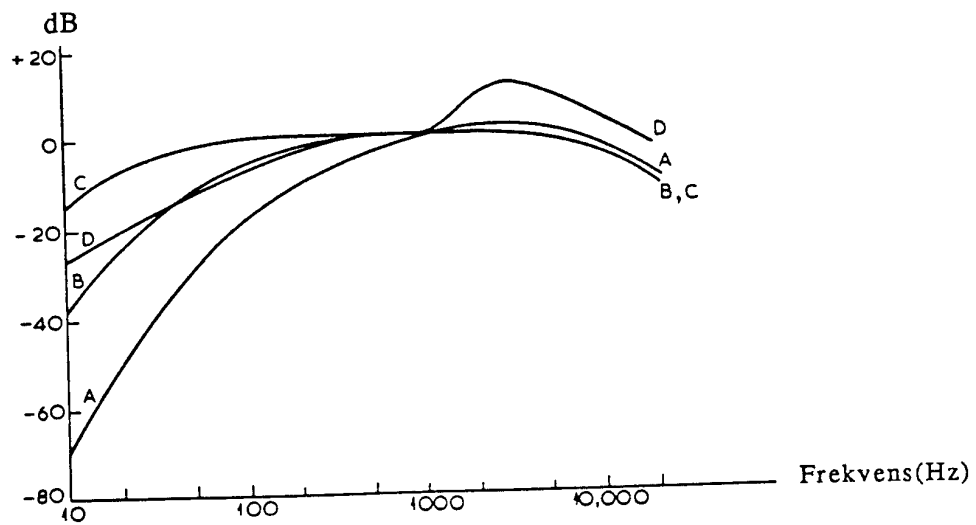
Figur 3. Frekvensspektrum för en ren ton (vänstra fig.) och ett brusljud (högra fig).

kontinuerligt spektrum (Figur 3). I många av de laboratorieförsök där man har undersökt effekterna av buller har man använt sig av s k *vitt brus*. Detta buller karakteriseras av att frekvensspektrum är rakt, d v s energin är jämnt fördelad över hela frekvensområdet.

Frekvensvägning och ljudnivå

Vid bullermätningar i arbetsmiljön eftersträvar man vanligen att få mätvärden, som ger en riktig uppfattning om hur stor effekt bullret har på dem som utsätts för det. Därför har man i ljudnivåmätare försökt simulera människans hörselgenska-per genom att bygga in filter i mätaren. Vid beräkningen av mätvärdet dämpar dessa filter bullersignalen olika mycket i olika frekvensband. Filtren ger störst dämpning i de frekvenser där människan är minst känslig (mycket höga och mycket låga frekvenser) och ingen dämpning alls i det frekvensområde där hon är känsligast. Den del av bullret som ligger i det frekvensområde där människan är känsligast kommer därmed att få störst inverkan på mätvärdet. I figur 4 visas de fyra vanligaste filtren. A-filtret konstruerades ursprungligen för att användas vid låga nivåer (< 55 dB) och C-filtret vid höga nivåer (> 85 dB) och B-filtret för ett område mellan dessa nivåer. A-filtret ger större skillnad i dämpningen av olika frekvensband än B- och C-filtren. Detta beror på att skillnaderna i känslighet för olika frekvenser är störst vid låga nivåer. D-filtret bygger på andra data (se sid 13) och skiljer sig från de övriga filtren främst genom att det förstärker frekvenserna mellan 2000 och 5000 Hz.

Som framgår av figuren finner man den största skillnaden mellan de olika filtren i det lägsta frekvensområdet. Ett buller som huvudsakligen består av låga frekvenser, t ex ventilationsbuller, får alltså helt olika dB-värde beroende på vilket filter som används. dB(A)-värdet blir det lägsta eftersom A-filtret ger den största dämpningen av de låga frekvenserna, och dB(C)-värdet bör bli högst eftersom det filtret ger den minsta dämpningen i det frekvensområdet.



Figur 4. A-, B-, C- och D-vägningskurvorna som används vid mätning av bullrets dB(A)-, dB(B)-, dB(C)- resp dB(D)-nivå.

I praktiken används nästan alltid A-filtret, eftersom det i de flesta fall anses ge mätvärden som bäst överensstämmer med risken för hörselskador och även med de subjektiva reaktionerna på bullret. Nivån uttrycks då i enheten $dB(A)$. Nivån uttryckt i frekvensvägda värden kallas *ljudnivån* (att skilja från ljudtrycksnivån, som alltså betecknar ovägda värden).

3. Subjektiva reaktioner på buller

Olika upplevelsekvalitéer

Om vi vill veta hur en person upplever ett buller är det flera olika frågor som kan vara viktiga att ställa, eftersom upplevelsen av buller kan beskrivas i många dimensioner. I det här sammanhanget blir tre frågor av speciellt intresse:

Hur starkt är bullret?

Den frågan ger oss information om *hörstyrkan* (eng. loudness) som alltså är ljudets upplevda styrka och inget annat. Hörstyrkan (eller ljudstyrkan) är alltså inte en fysikalisk egenskap hos bullret utan ett av flera sätt att beskriva upplevelsen av bullret. Det är också viktigt att hålla i minnet att hörstyrkan bara syftar på ljudets styrka och att den alltså inte har något direkt att göra med vad man tycker om ljudet, om man tycker det är acceptabelt eller ej. Men i de flesta fall blir naturligtvis buller allt mindre acceptabelt ju starkare det är.

Enheten *son* kan beräknas för att få ett mått som är direkt proportionellt mot ljudets hörstyrka. En son definieras som hörstyrkan av en 1000 Hz ton vid ljudtrycksnivån 40 dB. Hörstyrkenivån anges i *phon*, vilket inte är direkt proportionellt mot hörstyrkan. Det är istället konstruerat så att vid ett ljud med ett visst phon-värde har samma styrka som en 1000 Hz ton på motsvarande ljudtrycksnivå. Ett 60 phons ljud har alltså samma hörstyrka som en 1000 Hz ton med ljudtrycksnivån 60 dB (se figuren sid 11).

Hur obehagligt är bullret?

Vissa ljud upplever vi som intensivt obehagliga och andra som angenäma. En sådan värdering av ett ljud påverkas naturligtvis av många faktorer, t ex våra associationer till ljudet och i vilken situation man hör det. Men ibland kan ljudets fysikaliska egenskaper i sig göra att det upplevs som särskilt obehagligt. Det gäller t ex mycket starka ljud eller de skrapljud som kan ge oss gåshud (62, 82). När det i fortsättningen talas om hur obehagligt bullret låter, syftar jag bara på denna egenskap hos bullret, d v s på hur obehagligt ljudet i sig upplevs, enbart som följd av dess fysikaliska egenskaper. I engelskspråkig litteratur används ofta termen "noisiness" ("bullrighet") då man talar om denna egenskap hos buller (124). Liksom hörstyrka är detta en upplevelsekvalité som man vanligen och lämpligen mäter i laboratoriet. Där kan man presentera alla ljud i en och samma tämligen neutrala situation och man kan då dessutom använda sig av konstruerade ljud, som inte har så starka associationer med någon viss bullerkälla.

Hur störande är bullret?

Utanför laboratoriet är vi vanligen intresserade av hur störande bullret upplevs. Vi vill då att människor i sin bedömning av bullret tar hänsyn till alla de faktorer som är av betydelse för hur de upplever bullret. Hur störda de blir beror ju inte bara på bullrets fysikaliska egenskaper utan kan t ex påverkas av andra egenskaper hos miljön, vad man sysslar med och vad det är som ger upphov till bullret. Störnings-

graden kan alltså sägas vara graden av "icke-önskvärdhet" i den speciella situation där bullret förekommer.

De här tre upplevelsedimensionerna hänger naturligtvis ihop med varandra. Ett starkare ljud upplevs vanligen som obehagligare än ett svagare, och ett ljud är nästan alltid mer störande ju obehagligare det är. Men vi vet alla att detta inte alltid gäller; i en viss situation kan ett ljud med låg hörstyrka upplevas som mycket störande, medan vi i andra situationer inte känner oss särskilt störda av ett mycket starkt buller. Därför är det också så svårt att finna ett tekniskt bullermått som ger en rättvis bild av störningsreaktionerna.

Andra subjektiva reaktioner på buller

Frågorna ovan gäller alla upplevelsen av själva bullret och svaren låter oss gradera upplevelsen av olika typer av buller. För att få en fullständigare bild av de subjektiva reaktionerna på buller kan vi också fråga hur personen själv känner sig under eller efter bullerexponeringen. Vi vill då inte veta hur personen upplever bullret utan hur han upplever sitt eget tillstånd, sitt *stämningssläge*. Den typen av frågor kan användas för att t ex ta reda på om man känner sig tröttare eller mer stressad efter att ha arbetat i en bullrig miljö än efter att ha utfört samma arbete i en lugnare miljö.

Även när det gäller kroppsliga symptom förlitar man sig i stor utsträckning på subjektiva bedömningar. Om man t ex vill veta om en person har huvudvärk finns inget annat sätt att få reda på detta än att fråga honom. Vad vi då får reda på är upplevelsen av ett kroppstillstånd; vi kan inte direkt iaktta detta tillstånd. I princip skiljer sig alltså inte dessa bedömningar från bedömningarna av stämningssläge, men jag kommer inte att ta upp sådana resultat i det här kapitlet utan i kapitlet om fysiologiska reaktioner och hälsoeffekter.

I det här kapitlet ska jag först gå igenom hur upplevelsen påverkas av olika fysikaliska egenskaper hos bullret. För den intresserade finns flera mer ingående översikter över detta område (124, 142, 185). I kapitlets andra del behandlas andra faktorer som påverkar vår upplevelse av buller. Hur påverkas upplevelsen av bullrets fysikaliska egenskaper?

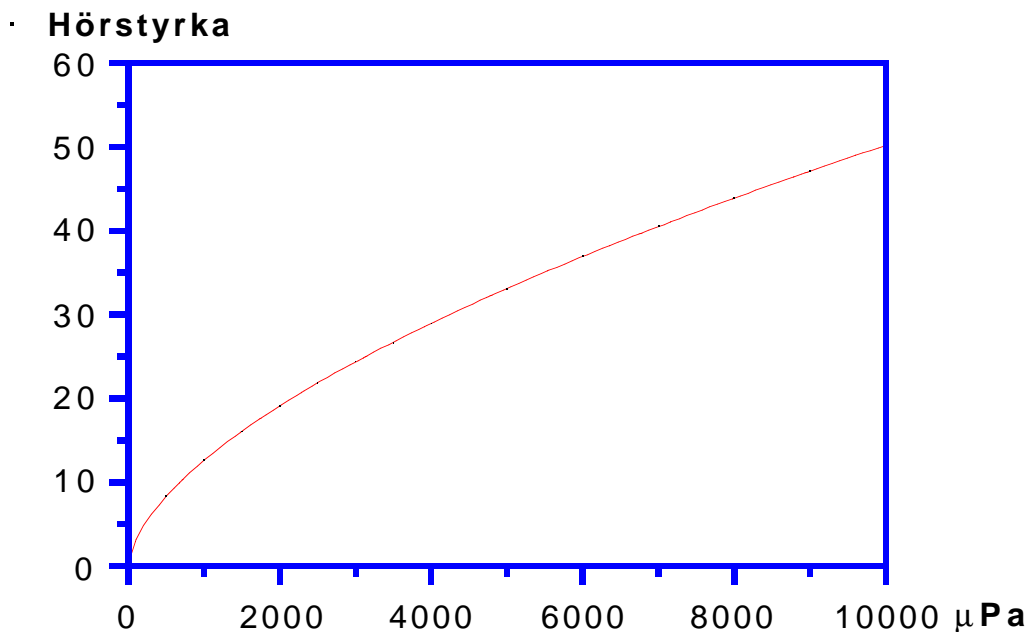
Hur påverkas upplevelsen av bullrets fysikaliska egenskaper?

Bullernivån

Hur mycket ökar hörstyrkan (den upplevda styrkan) då bullret ökas med t ex 10 dB? För att veta detta måste vi känna till den s k psykofysiska funktionen för buller. Denna beskriver hur upplevelsens styrka förändras då ljudtrycket höjs eller sänks. Det har visat sig att en matematisk funktion som kallas potensfunktion oftast väl beskriver ljudtryckets effekt på hörstyrkan:

$$R = kS^n$$

där R är hörstyrkan, S står för ljudtrycket (Pascal) och k och n är konstanter. Om



Figur 6 Hörstyrkan (son) som funktion av ljudtrycket. Båda variablerna uttryckta i linjära enheter

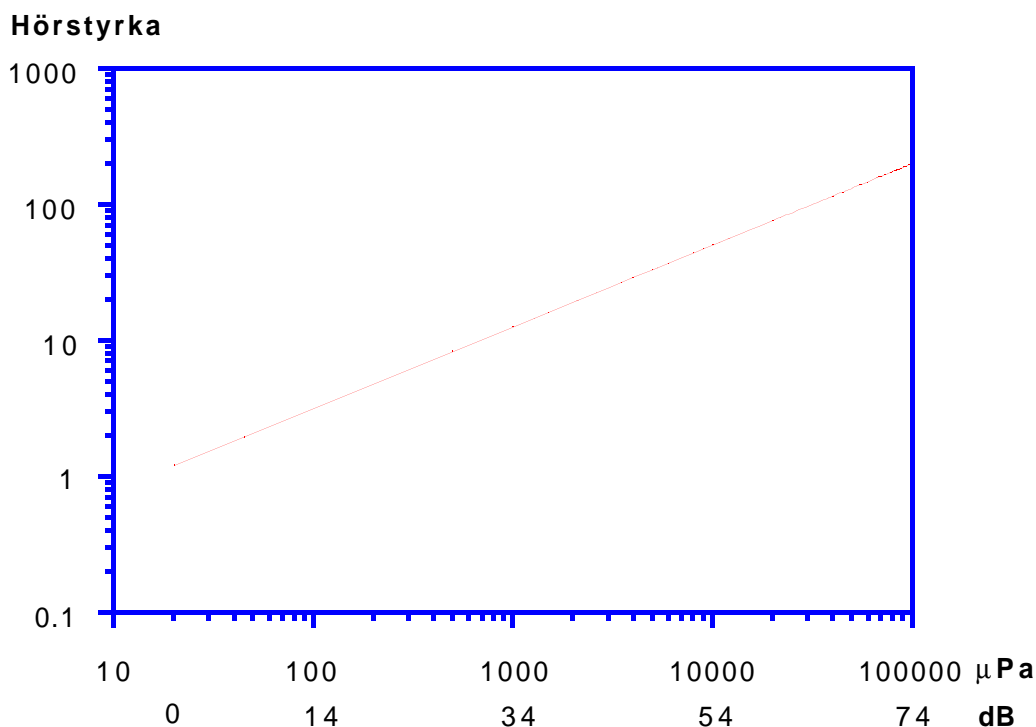
både hörstyrkan och ljudtrycket uttrycks i logaritmerade enheter blir funktionen linjär:

$$\log R = \log k + n \log S$$

d v s den logaritmerade upplevelsestyrkan förändras linjärt med den logaritmerade ljudtrycket (d v s dB-nivån). I figur 6 visas potensfunktionen som beskriver förhållandet mellan ljudtryck och hörstyrka då både bullret och upplevelsen uttryckts i linjära enheter. I figur 7 har de båda skalorna logaritmerats (ljudnivån uttrycks alltså i dB) och som synes blir funktionen då linjär. En sådan potensfunktion har visat sig kunna beskriva hur upplevelsen växer med den fysikaliska intensiteten inte bara för ljud utan även för ljus, vibrationer, lukt etc. Den viktiga skillnaden mellan dessa olika funktioner är värdet på exponenten n . För buller uttryckt i ljudtrycksmått är denna exponent omkring 0,6 (185). Att exponenten är mindre än 1 innebär att en viss ökning av ljudtrycket betyder allt mindre ju högre bullernivån är.

Figur 7 visar också att om man ökar ljudtrycksnivån med 10 dB så fördubblas ljudets upplevda styrka. Detta gäller approximativt för de flesta ljud. Det första och viktigaste undantaget från denna regel är ljud i det lägsta frekvensområdet. Då frekvensen sänks under 500 Hz blir exponenten allt högre. Om man t ex höjer en 100 Hz ton med 10 dB kommer hörstyrkan inte att fördubblas utan snarare fördubblas (185).

För det andra har den psykofysiska funktionen för upplevd röststyrka också en högre exponent än 0,6. Den upplevda röststyrkan ökar alltså mycket snabbare än



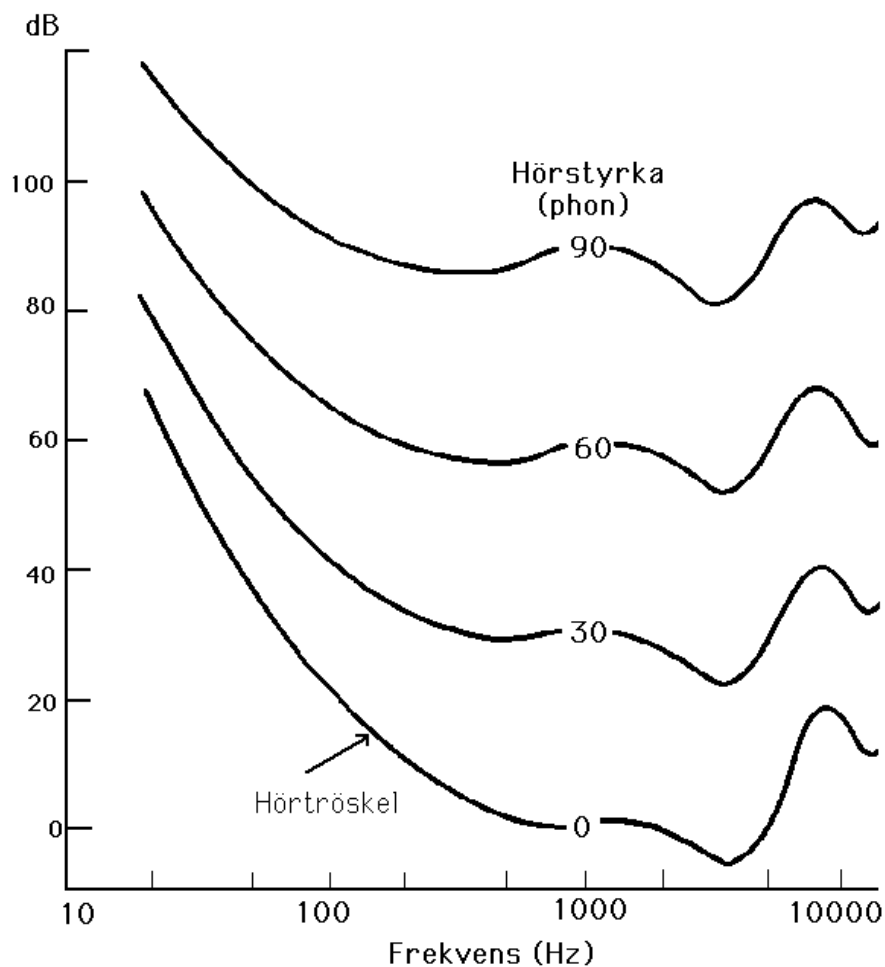
Figur 7 Hörstyrkan (son) som funktion av ljudtrycksnivån. Båda variablerna uttryckta i logaritmerade enheter. Den streckade linjen visar avvikelser från potensfunktionen nära tröskelnivån.

toner då nivån höjs; om man höjer rösten med 10 dB så tre- eller fyrdubblar detta hörstyrkan (148).

Ett tredje undantag finner man vid mycket låga nivåer (se streckade linjen i figur 7); inom detta område omedelbart över den lägsta hörbara nivån ökar ljudstyrkan betydligt snabbare än man skulle förvänta sig utifrån potensfunktionen. Så låga ljudnivåer är dock mycket sällan av praktiskt intresse. Man har även i andra fall kunnat visa att hörstyrkan inte riktigt följer potensfunktionen (185).

Tumregeln att hörstyrkan fördubblas då nivån höjs med 10 dB stämmer dock oftast ganska väl inom ett stort ljudtrycksområde, förutsatt att bullret inte innehåller mycket starka lågfrekventa komponenter.

De resultat jag hittills refererat till har alla gällt hörstyrka. Blir då bullret också dubbelt så obehagligt och störande då det höjs med 10 dB? I stort sett verkar det vara så. De tre funktionerna ser alltså ungefär likadana ut, åtminstone upp till ca 80 dB. På högre nivåer kan en viss höjning av nivån öka störningsgraden mer än hörstyrkan (124). Om vi endast ändrar nivån på ljudet kommer alltså hörstyrkan och störningsgraden vanligen att förändras lika mycket. I praktiken ställs vi dock mindre ofta inför situationen att jämföra två på två arbetsplatser, som inte skiljer sig alltid även i något annat avseende än bullernivån. Vår uppgift är oftare att jämföra olika typer av buller, som dessutom drabbar olika människor som befinner sig i olika situationer. I sådana fall säger bullernivån inte så mycket om risken



Figur 8 Lika-hörstyrke-kurvor och hörtröskelkurvan för olika frekvenser (100)

att människorna ska bli störda. Framför allt på lägre bullernivåer kommer störningsreaktionerna att i första hand styras av andra faktorer.

Bullrets frekvenssammansättning

Hörtrösklar

Som nämndes redan i kapitel 2 är örat inte alls lika känsligt för alla frekvenser. Detta innebär bland annat att den lägsta nivå som vi kan höra, hörtröskeln, ligger på olika nivåer för olika frekvenser. Hörtröskeln ligger t ex ungefär 30 dB lägre för en 1000 Hz ton än för en 100 Hz ton (se nedersta kurvan i figur 8). Det framgår också av figuren att tröskeln förändras mycket snabbt mellan frekvenserna inom det lägsta frekvensområdet. Mellan 50 och 25 Hz höjs den t ex ca 25 dB och den är ytterligare 45 dB högre vid 3 Hz (232). Maximal känslighet har vi inom området 500-5000 Hz, som också är det viktigaste frekvensområdet för att

uppfatta tal. Mycket höga frekvenser, över 15 000 Hz, uppfattar de flesta människor inte alls.

Hörtröskeln är naturligtvis den lägsta bullernivån som kan upplevas som störande, men vanligen blir man störd först vid betydligt högre nivåer. Ett undantag kan vara infraljud (ljud under 20 Hz). För sådant buller har man baserat rekommendationer om högsta acceptabla nivåer på hörtröskelvärdena. Hörbart infraljud kan alltså alltid betraktas som störande. Infraljud kan dessutom ibland uppfattas med känseln, antingen i örat eller i andra delar av kroppen. Men tröskelnivåerna för de effekterna ligger 15-30 dB över hörtrösklarna och är därför vanligen av mindre betydelse för störningsreaktionen (129).

"Lika-upplevelse-kurvor"

Vår varierande känslighet för ljud med olika frekvens visar sig också över tröskelnivån. Om t ex en 1000 Hz ton och en 100 Hz ton presenteras på samma ljudtrycksnivå kommer 1000 Hz tonen att upplevas som mycket starkare än 100 Hz tonen. Genom försök där man gjort sådana jämförelser har man tagit reda på vid vilka nivåer som ljud med olika frekvenser upplevs som lika starka.

Resultaten från dessa försök kan beskrivas som lika-hörstyrke-kurvor. Sådana kurvor togs tidigt fram av Fletcher och Munson (69) för rena toner presenterade i hörlurar och,

senare, av Robinson och Dadson (177) för toner presenterade i fritt hörfält. Figur 8 ger exempel på sådana kurvor för fritt hörfält på fyra olika nivåer. Figuren visar att dessa kurvor har samma allmänna form som hörtröskelkurvan. Skillnaderna mellan frekvenserna minskar dock då ljudtrycksnivån höjs. Bullrets frekvens blir alltså mindre betydelsefull för hörstyrkan på högre nivåer. På varje kurva står phon-värdet. Längs 30 phons-kurvan finner man alltså ljud med samma hörstyrka som en 1000 Hz ton med ljudtrycksnivån 30 dB.

Figuren visar också att kurvorna ligger mycket närmare varandra i de lägsta frekvenserna än i det känsligaste frekvensområdet. En ökning från 80 till 110 dB av en 20 Hz ton ger samma ökning av hörstyrkan som en ökning från 10 till 70 dB av en 3000 Hz ton. Detta är bara ett annat sätt att visa att exponenten i den psyko-fysiska funktionen är mycket högre än 0,6 vid de lägsta frekvenserna.

Det är den här typen av kurvor man utgått från då man har konstruerat de vägningsfilter som finns inbyggda i bullermätare (se sid 6). Genom dessa filter får ett frekvensband större inverkan på mätvärdet ju känsligare man är för frekvensen (d v s ju lägre lika-hörstyrke-kurvan ligger). Men som framgår av figur 8 ser lika-hörstyrke-kurvorna inte likadana ut på alla nivåer. Detta kan filtren i bullermätaren inte ta hänsyn till, utan de dämpar ett visst frekvensband lika mycket oavsett ljudtrycksnivån. Den frekvensvägning man vanligen använder sig av, A-vägningen, som ger mätvärden uttryckta i dB(A), baserar sig på lika-upplevelse-kurvan vid en ganska låg ljudtrycksnivå och ger därför mycket liten vikt åt de låga frekvenserna (skillnaden i känslighet mellan låga och höga frekvenser är ju störst vid låga nivåer). Om bullret innehåller starka lågfrekventa komponenter kan man alltså förvänta sig att A-filtret ger dessa en alltför liten vikt. Man har också visat att dB(A)-värdet ger en kraftig underskattning av störningseffekten av ventilationsbuller och annat lågfrekvent buller (112). Mer avancerade beräkningsmetoder finns utvecklade, som tar hänsyn till nivån vid frekvensvägningen (t ex Zwickers och Stevens metoder, vilka beskrivs av Kryter (124)).

Man har även konstruerat "lika-obehaglighets-kurvor" på samma sätt som hörstyrkekurvorna (124). De två typerna av kurvor ser ungefär likadana ut, med skillnaden att känsligheten i området 2000-5000 Hz är ännu mer markerad. Om ett 500 Hz ljud och ett 3000 Hz ljud upplevs som lika starka, så kan man alltså förvänta sig att 3000 Hz ljudet upplevs som obehagligare och mindre acceptabelt. Den D-vägning som finns inbyggd i många bullernivåmätare (se sid 7) grundar sig på dessa lika-obehaglighets-kurvor. Även en mer komplicerad beräkningsmetod för "perceived noisiness" ("upplevd bullrighet") har utvecklats som ger mätvärden i enheten Perceived Noise Level dB (PNdB) (124).

Upplevelsen av hög- och lågfrekvent buller skiljer sig även på andra sätt än de som avspeglas i lika-upplevelse-kurvorna. Högfrekventa ljud ger t ex en ganska klar bild av riktningen till bullerkällan, medan lågfrekvent buller upplevs komma från alla håll och finnas överallt. Detta tycks för många vara en viktig bidragande orsak till att man blir störd av lågfrekventa ljud (10).

Smärttrösklar

Om bullret når tillräckligt hög nivå upplevs det som smärtsamt. Denna smärttröskel ligger omkring 130 dB för en 1000 Hz ton och varierar på samma sätt som hörstyrkan mellan frekvenser.

Förekomst av rena toner i bullret

Vissa bullerkällor, t ex fläktar och borrar, skapar buller där energin är mycket ojämnt fördelad över frekvensspektrum. Någon enstaka frekvens eller ett smalt frekvensband (ofta den som motsvarar en maskins varvtal) ligger på en mycket högre nivå än omkringliggande frekvensband. Upplevelsemässigt innebär detta att man hör en ton i bullret. Sådant buller upplevs ofta som mer störande och obehagligt än buller där energin är jämnare fördelad (125). Vanliga mått på bullernivån kan därför underskatta störningsreaktionerna på denna typ av buller. Av den anledningen har man utarbetat metoder för sk tonkorrigering av mätvärdet, vars värde man dock inte är helt överens om (124, 186).

Varaktighet

För hörseln som för alla andra sinnen krävs att stimuleringen varar en viss minsta tid för att upplevelsen ska nå full styrka. Under denna mycket korta period byggs hörselintrycket upp gradvis; energin summeras (integreras) under denna tid. Detta är en process som framför allt sker i hjärnan, inte i örat. Integreringen sker endast under de första 0,1 - 0,5 sek (167), vilket innebär att ett ljud som varar 0,05 sek låter svagare än ett som varar 0,2 sek, även om de två ljuden har samma ljudtrycksnivå. Hur obehagligt bullret uppfattas förändras på samma sätt med bullrets varaktighet. Under denna kritiska tid motsvarar en fördubbling av varaktigheten en höjning av nivån med 3 dB, vilket innebär att samma energimängd ger samma upplevda styrka (lika-energi-principen). En översikt över denna forskning ges av t ex Kryter (124).

Det kan vara värt att påpeka att denna integrationstid, som alltså grundar sig på undersökningar av hörstyrka, även finns inbyggd i bullernivåmätarna. De är alltså i det avseendet konstruerade för att ge en riktig bild av hörstyrkan. Det är däremot inte alls självklart att man med denna integreringstid också får en riktig bild av

riskerna för hörselskada (33). För skaderisken är naturligtvis den integrering av stimuleringen som sker i hjärnan utan betydelse. Det väsentliga är i stället hur sinnesorganen i örat reagerar på ljudet och i örat är integrationstiden betydligt kortare, ungefär 0,0002 - 0,002 sekunder. Detta innebär att ett impulsjud (kortvarigt ljud som snabbt når en nivå högt över den genomsnittliga bullernivån, t ex ett hammarslag) kan skada örat utan att det upplevs som särskilt starkt och utan att det ger särskilt stort utslag på bullermätaren. Här har vi alltså ett exempel på att upplevelsen inte alltid fungerar bra som varningssignal för en skaderisk.

Om varaktigheten förlängs ytterligare, dvs utöver integrationstiden, påverkas inte hörstyrkan och de andra upplevsdimensionerna på samma sätt. Hörstyrkan förändras i de flesta fall inte alls, och kan i vissa fall t o m minska (adaptation) (150). Obehaget och störningsupplevelsen fortsätter däremot att öka i samma eller något lägre takt, åtminstone upp till en varaktighet på 100 sek (90, 126, 135). Lika-energi-principen verkar alltså i det fallet gälla över ett mycket längre intervall.

Man har även i ett par försök undersökt hur störningsgraden förändras under en eller ett par timmars exponering och har då funnit att ökningen fortsätter (158), men troligen i en lägre takt (73).

Hur påverkas då upplevelsen av bullret av att vi dag efter dag utsätts för samma buller? Att döma av de undersökningar som gjorts i bostäder är anpassningen ganska obetydlig (för översikt se (229)). En viss tillvänjning kan ske till låga bullernivåer, men den tycks vanligen inträffa mycket snabbt, troligen redan under den första veckan i en ny bullermiljö. Om det sker någon mer långsiktig förändring så förefaller det snarare vara att de som från början varit mest störda av bullret blir allt känsligare för det (227).

Variabilitet över tid

Buller som varierar mellan höga och låga nivåer ger mindre risk för hörselskador än kontinuerligt buller när de två typerna av exponering likställs vad gäller den totala exponeringen. Detta förutsatt att bullret aldrig når den nivå där det kan ge upphov till omedelbara skador. Hörselorganen tycks alltså delvis kunna återhämta sig under de perioder då bullernivån är låg (102).

Detta gäller inte för de subjektiva reaktionerna på buller. Ett intermitterande buller (som återkommer med kortare eller längre mellanrum) har tvärtom i laboratorieförsök oftast visat sig upplevas som mer obehagligt och störande än ett kontinuerligt på samma energinivå (126). Detta har också bekräftats i fältstudier, t ex i en större undersökning av bullerproblem i kontorsmiljöer (110). I den fann man att man mycket bättre kunde förutsäga hur många som var störda av bullret om man inte bara tog hänsyn till den genomsnittliga bullernivån utan även till antalet "bullertoppar".

Att bullret varierar över tid är alltså i sig en störningsfaktor. Det finns därför också tekniska utvärderingsmått, som förutom den ekvivalenta bullernivån (en sorts medelvärdesmått) även tar hänsyn till hur mycket nivån varierar över tid (t ex Noise Pollution Level, NPL (124)).

Ett tyskt laboratorieförsök illustrerar att ett högt och kontinuerligt buller ibland upplevs som mindre störande än ett lågt men intermitterande buller (189). I det experimentet lät man försökspersonerna utföra olika mentala uppgifter medan

de utsattes för olika nivåer av trafikbuller. På den lägsta nivån kunde man bara uppfatta de allra starkaste ljuden (t ex signalhorn), medan man på den högsta hörde ett kontinuerligt men varierande buller. Genom att trycka på en knapp kunde försökspersonerna stänga av bullret i 40 sekunder och antalet gånger de gjorde detta kan ses som ett mått på hur störda de upplevde sig vara. Det visade att de utnyttjade denna möjlighet oftare på den låga bullernivån än då bullret var 20 dB högre men kontinuerligt.

Ett specialproblem i samband med varierande buller är dess stigtid, d v s den tid det tar för bullret att nå maximal styrka. Denna kan ibland vara mycket kort (t ex i ljudet från ett hammarslag), och man har funnit att ljud med en stigtid på bråkdelar av en sekund är mer störande än man skulle förvänta sig utifrån deras energiinnehåll och att de upplevs mer störande ju kortare stigtiden är (124). Vid extremt korta stigtider (enstaka hundradelars sekunder) kan ljudet få oss att spritta till (eng. "startle", se vidare kapitlet om fysiologiska reaktioner).

När bullernivån gradvis höjs under flera sekunder (t ex då ett fordon passerar) förefaller effekten av stigtidens längd snarast bli den motsatta. Vi föredrar buller som växer relativt snabbt och avklingar långsamt före ett som växer långsamt och avtar snabbt (160, 178). En slutsats som dragits utifrån sådana resultat är att det finns en optimal stigtid på 0,5 - 3 sek, där ljudet alltså upplevs som minst störande (153).

Maskeringseffekter och andra effekter av signal-brus-förhållandet

En av de mest påtagliga effekterna av buller är att det kan göra det svårare att uppfatta tal och andra ljud som vi skulle vilja höra. Buller kan alltså helt eller delvis maskera, dölja, andra ljud. Det finns många studier som visar att maskeringseffekterna bidrar till att människor upplever buller som störande (155, 239). Konsekvenserna av maskeringseffekten kan ju också i vissa sammanhang bli mycket allvarliga. Det kan t ex leda till att man inte hör en varningssignal eller ett annalkande fordon.

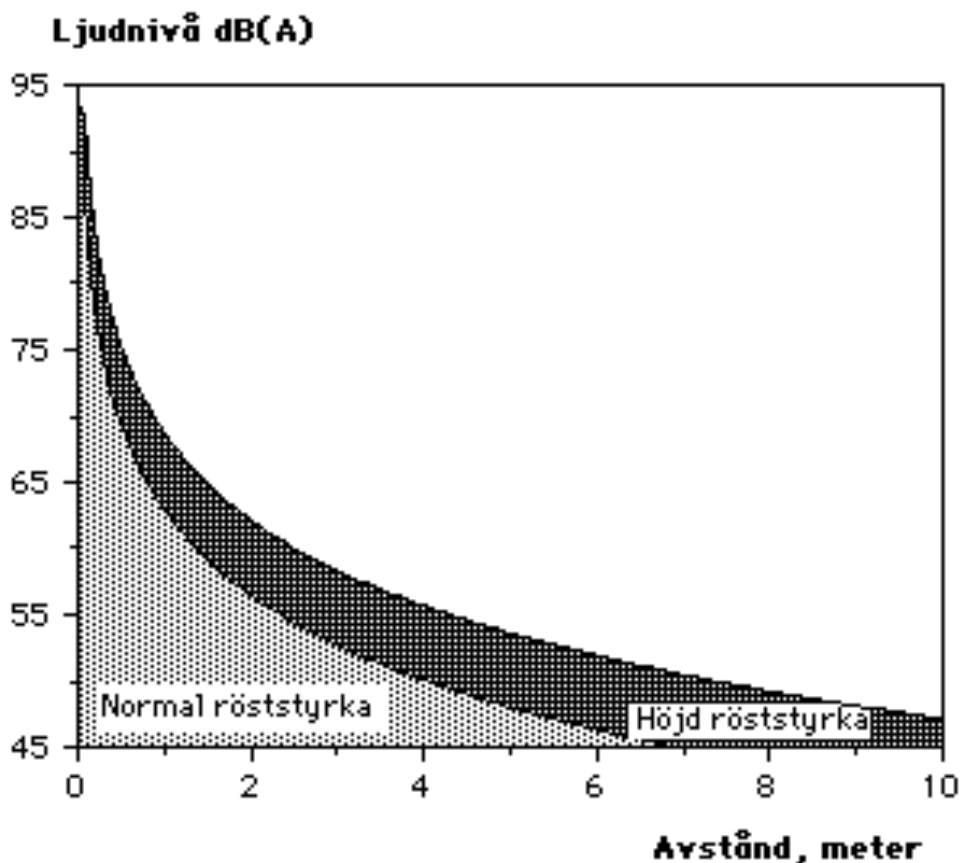
Om bullret (bruset) ska kunna maskera ett annat ljud (signalen) beror både på bullrets nivå och dess frekvenssammansättning. Ju lägre signalens nivå är i förhållande till bullernivån (signal-brus-förhållandet), desto svårare blir det naturligtvis att höra den. Vidare kan ett buller endast maskera andra ljud som ligger inom ungefär samma frekvensområde som täcks av bullret. En ren ton på 1000 Hz maskeras t ex inte av en ton på 2000 Hz på samma ljudtrycksnivå, men däremot av toner inom ett intervall omkring 1000 Hz. Detta intervall varierar med ljudtrycksnivån och ljudets frekvens. I ett sammansatt buller bidrar alltså endast den del av bullret som ligger nära signalens frekvensområde till maskeringen. För signaler som innehåller ljud från ett brett frekvensområde gäller att de bara kan maskeras av ljud som har ett minst lika brett frekvensspektrum. Sådana ljud blir heller inte lika effektivt maskerade som de rena tonerna (för detaljer se t ex Scharf (184) och Webster (224)).

En viktig tillämpning av kunskaperna om maskering har varit i utformningen av varningssignaler. Sådana signaler måste fylla flera krav men de viktigaste är att risken att missa dem måste vara minimal, samtidigt som de inte får vara så obehagliga att de hindrar en att genomföra de åtgärder som krävs. Riktlinjer finns utarbetade för hur varningssignaler bör utformas med hänsyn tagen till dessa och

andra krav, t ex kravet att olika varningssignaler ska vara lätta att skilja från varandra (165).

I de flesta sammanhang är den viktigaste maskeringseffekten att buller kan försvåra samtal. Tal har sin huvudsakliga energi i frekvenserna 100-5000 Hz och för förståelsen av tal har området 1500-3000 Hz visat sig vara viktigast (det beror på att konsonanterna som är viktigast för talförståelsen vanligen är högfrekventa). Talförståelsen störs därför framför allt av buller inom detta frekvensområde. Att detta är ett utbrett problem framgår av Statistiska centralbyråns kartläggningar av arbetsmiljöproblem. Av 1985 års rapport framgår att 14% av den förvärvsarbetande befolkningen utsätts för så högt buller i arbetet att de mindre än halva arbetstiden kan tala i normal samtalston och att 5% är tvungna att skrika för att göra sig hörda (211). Speciella tekniska utvärderingsmått har utvecklats för att möjliggöra en utvärdering av buller i detta avseende (Articulation Index, Speech interference Level, se (124))

Figur 9 visar hur olika bullernivåer påverkar våra möjligheter att förstå tal vid olika avstånd och röstvolym. En ökning av bakgrundsbullret kan alltså kompenseras genom att man antingen talar högre eller går närmare varandra. Det finns dock gränser för denna möjlighet. Om man höjer rösten över en viss nivå (ca 78 dB(A)) blir det tvärtom svårare att uppfatta vad man säger (170). Dessutom brukar man



Figur 9 Maskeringseffekter: Möjligheten att uppfatta tal vid olika bullernivåer och olika avstånd mellan talare och åhörare.

inte anpassa röstnivån fullständigt till en höjning av bullernivån vilket får till resultat att signal-brus-förhållandet blir sämre (166). Det kan även ur andra synpunkter vara problematiskt att anpassa sig till bullernivån genom att höja rösten eller gå närmare den man talar med. Det kan t ex leda till att vi måste skrika i konfidentiella samtal, vilket dels känns besvärande, dels kan vara förenat med visst risktagande om bullret varierar i nivå. Det kan också upplevas som besvärande att lämna opersonliga meddelanden inom ett avstånd som vanligen är reserverat för personliga eller konfidentiella samtal.

En annan effekt av problemen med att göra sig förstådd i buller är att de som är tvungna att prata i bullriga miljöer oftare än andra klagar på heshet och halsont (22).

Förhållandet mellan bullernivå och talförståelse som beskrivs av figur 9 påverkas givetvis av många faktorer. Figuren beskriver fallet då unga vuxna talar med varandra med samma dialekt. Under andra förhållanden skulle den se något annorlunda ut. Ungdomar under 13 år uppfattar t ex tal vid lägre ljudnivåer än vuxna, men måste tala högre för att omgivningen ska förstå vad de säger. Barn har alltså bättre hörsel, men talar oftast mindre tydligt än vuxna (61). Förmågan att förstå delvis maskerat tal börjar avta vid trettio års ålder, och fortsätter göra så framgent i åldrarna (164).

I många miljöer där bullernivån är mycket hög bär de flesta någon form av hörselskydd. Hur påverkar dessa förmågan att uppfatta tal? Även om talet och det maskerande bullret dämpas lika mycket av hörselskyddet, så uppfattar man faktiskt tal bättre med hörselskydden på, om bullret är 85 dB(A) eller högre. Orsaken till detta är att buller vid så höga nivåer ger upphov till förvrängningar som gör det svårare att uppfatta talet. Tyvärr motverkas oftast denna positiva effekt av att bullret vanligen inte får den som bär hörselskydd att höja rösten lika mycket som han skulle ha gjort utan hörselskydd.

För att förstå ett talat meddelande behöver man inte nödvändigtvis uppfatta varje enskilt ord korrekt. Det språkliga sammanhanget och situationen i övrigt kan ändå göra det begripligt. I bullriga situationer blir därför gester och läppläsning viktigare än annars för förståelsen (55). Även för människor som är otränade i läppläsning kan den leda till väsentligt förbättrad talförståelse. Då bullret är sådant att man utan läppläsning bara uppfattar hälften av meningarna korrekt, ger läppläsningen en förbättrad förståelse som motsvarar en sänkning av bullernivån med mellan 5 och 8 dB. Under sämre förhållanden blir vinsten ännu större (222).

Även det motsatta gäller. Att man uppfattat varje enskilt ord betyder inte att man förstått innehållet i meddelandet. Buller kan alltså påverka förståelsen av tal även då maskeringseffekterna är så svaga att varje ord uppfattas korrekt (174). Uppenbarligen har bullret i detta fall gjort att personerna fått anstränga sig så mycket för att uppfatta de enskilda orden, att de inte kunnat tillgodogöra sig innehållet i meddelandet lika bra som under tystare förhållanden. Härmed tangerar jag ämnet för nästa kapitel, nämligen hur buller kan påverka vår förmåga att genomföra vissa uppgifter, och jag återkommer därför till maskeringseffekterna i det kapitlet.

Men jag kan inte lämna maskeringseffekterna utan att påpeka att de i vissa sammanhang kan uppfattas som önskvärda. I många fall vill vi ju inte höra vad man säger i omgivningen; samtalen är helt ovidkommande och uppfattas bara som störande. Man kan därför ibland få positiva effekter av att bakgrundsbullret höjs

(35). Den andra kanske lika viktiga effekten av detta är att ens egna samtal inte kan avlyssnas av andra. Exempel finns på att man i kontorslandskap lagt in artificiellt buller för att uppnå sådana effekter. Musik under arbetet kan ju även fylla denna funktion.

Signal-brus-förhållandet påverkar våra reaktioner på buller även på andra sätt än via maskering. Vi vet alla från vår vardagserfarenhet att vi ibland kan uppleva mycket svaga ljud från t ex ventilationssystem, kylskåp eller droppande vattenkranar som mycket störande. Det som avgör hur störd man blir i sådana fall är inte ljudnivån utan hur påträngande bullret är, och det bestäms snarare av signal-brus-förhållandet än av ljudnivån (67). Dessutom krävs att vi inte är så engagerade av det vi sysslar med att vi inte alls lägger märke till ljudet. Därför uppstår sådana effekter bara i vissa situationer, t ex då vi försöker somna eller då vi sitter och funderar över något problem.

Andra faktorer som bestämmer hur bullret upplevs

Bullrets fysikaliska egenskaper bestämmer alltså delvis hur störda människor blir. Men sambandet mellan olika mått på exponeringsnivån och störningsgraden är ändå svagt. Till en del kan detta bero på brister både i mätningen av störningsgraden och av bullerexponeringen. Men en viktigare orsak till det dåliga sambandet är att andra faktorer än de fysikaliska egenskaperna har mycket stor betydelse för hur människan reagerar på bullret. I det här avsnittet går jag igenom några av de viktigaste av dessa faktorer.

Bullrets informationsinnehåll

På kontor klagar personalen ofta på bullret från ventilationsanläggningar och kontorsmaskiner, men det som man är mest störd av är oftast andra personers samtal (se t ex (159)). Hur störd man blir av andras tal har inte så mycket att göra med ljudnivån eller andra fysikaliska egenskaper hos talet. Det är framför allt det faktum att talet innehåller information som gör att det lätt fångar vår uppmärksamhet och stör oss. Begripligt tal är därför också vanligen mer störande än obegripligt (35).

Även andra ljud än tal kan naturligtvis bära på information, som gör att det blir mer störande än det annars skulle ha varit. Om t ex en liten förändring av maskinbullret säger oss att något är fel i maskinen, blir det mycket mer störande än det normala maskinbullret. Den som är omedveten om vad ljudet betyder störs däremot kanske inte alls av det.

Pågående aktivitet

Våra subjektiva reaktioner på buller beror också på vad vi ska göra i den bullriga miljön. Buller upplevs naturligtvis som mer störande om det hindrar oss att göra det vi vill, och man är därför särskilt störd av buller i situationer där man är beroende av att ta in information via hörseln och där alltså maskeringseffekter gör uppgiften svårare (81, 155, 156).

Men maskeringseffekter är troligen bara en del av förklaringen till att buller är särskilt störande i vissa arbetsuppgifter. En vanlig förklaring att toleransnivåer för buller på detta sätt skiljer sig mellan kontor och verkstäder är således att den som arbetar med en intellektuell uppgift är mer störd av buller än den som har ett rutinartat manuellt arbete. Sådana tankegångar tycks t ex ligga bakom de rekommendationer om acceptabla bullernivåer i olika typer av arbeten som ges i kommentarerna till Arbetarskyddsstyrelsens bullerföreskrifter (8). De få försök som gjorts för att belysa hur störningsgraden varierar mellan olika arbetsuppgifter, tyder dock på att detta bara kan förklara en mycket liten del av skillnaderna i toleransnivå mellan arbetsplatser (113, 130).

Bullrets förutsägbarhet och möjligheten att kontrollera det

Som påpekades ovan är intermittent eller varierande buller oftast mer störande än det som är kontinuerligt och konstant. Särskilt störande tycks sådana förändringar vara då de kommer överraskande. Den viktigaste orsaken till detta är förmodligen att sådant oförutsägbart buller särskilt lätt fångar vår uppmärksamhet, distraherar oss. Men det är nog inte den enda förklaringen till detta. Stressforskningen har visat att stressreaktionerna i allmänhet blir svagare, då en person har klart för sig när stressorn kommer att inträffa, än när den kommer överraskande. Personen har då bl a bättre möjlighet att förbereda sig på belastningen än om stressorn är oförutsägbar. Denna oförutsägbarhet gör också att personen aldrig har perioder då han kan vara säker på att få arbeta i lugn och ro. Detta bidrar säkerligen till att flygplansöverflygningar och trafikbuller kan upplevas så störande.

I vissa fall kan vi inte bara förutsäga när bullret ska komma; det är vi själva som kontrollerar bullerkällan, t ex genom att vi själva skapar bullret med våra arbetsredskap. Sådant buller upplevs i allmänhet som mindre störande än buller som vi inte har kontroll över (220). I ett laboratorieförsök har man också visat en annan effekt, nämligen att okontrollerbart buller gjorde försökspersonerna nedstämda, stressade och spända, medan inga sådana effekter uppstod i en grupp som hade en viss kontroll över bullret (21).

Effekterna av kontroll har främst studerats i laboratorieförsök, men man har också gjort motsvarande iakttagelser i undersökningar av buller i bostadsmiljöer (77, 123) och på arbetsplatser (141) och det finns all anledning att anta att t ex ljudet från den egna skrivmaskinen upplevs som mindre störande än det från arbetskamraternas maskiner.

Inställning till bullerkällan

Våra reaktioner på buller färgas på ett positivt eller negativt sätt av vår inställning till bullerkällan. I en engelsk undersökning fann man t ex att de som var minst störda av bullret från Concordeflygplan var de som hade de starkaste patriotiska känslorna inför Concordeprojektet, och inte de som exponerades för den lägsta bullernivån (146). I linje med detta visade Stefan Sörensen (213) att det gick att minska störningsreaktionerna på flygplansbuller, genom att få dem som bodde nära en flygflottilj mer positivt inställda till flygvapnet. Likartade effekter uppstår säkerligen också i arbetsmiljön. Man har alltså förmodligen lättare att tolerera bullret från en maskin som man anser utför ett värdefullt arbete, än bullret från en

maskin som man tycker illa om även ur andra synpunkter. De kontorister som av andra anledningar är mest negativa till ordbehandlingsutrustning skulle i så fall t ex vara de som är mest irriterade över bullret från skrivaren.

En likartad effekt är att de som är speciellt rädda för flygplansolyckor också är de som är mest störda av flygplansbullret (19, 145, 154). Om bullret associeras med rädsla uppfattas det alltså som speciellt störande.

Det är inte bara inställningen till bullerkällan som kan påverka bullertoleransen. En allmänt avog inställning till miljön och situationen i övrigt kan få samma effekt. De som allmänt är mest missnöjda med sitt bostadsområde klagar därför också mest på bullret (133, 228).

Anspråksnivåer och möjligheten att sänka bullret

Det är uppenbart att vi tolererar högre bullernivåer utomhus än inomhus liksom att den nivå som upplevs acceptabel i en verkstadslokal aldrig skulle accepteras på ett kontor. Till en del kan det, som påpekats ovan, bero på att vi sysslar med olika saker i dessa lokaler och att dessa aktiviteter störs olika mycket av buller. Men en viktigare orsak till de skilda anspråksnivåerna är antagligen vår bedömning av möjligheten att undvika buller i respektive lokal (20). Om man, med rätt eller orätt, anser bullret vara oundvikligt, blir det alltså lättare att acceptera det. Det har t ex visat sig att man är mindre störd av flygplansöverflygningar om man tror att de möjliga motåtgärderna har vidtagits (215). Om man däremot tror att man med en rimlig ekonomisk insats skulle kunna åstadkomma en acceptabel bullermiljö eller om man ser bullret som en miss i planeringen av lokalen upplevs alltså bullret som särskilt irriterande.

Individuella skillnader

När man studerar effekterna av olika miljöfaktorer finner man alltid stora skillnader mellan människors reaktioner på miljön. Man kan därför förvänta sig att några människor blir störda redan vid mycket låga bullernivåer, och att en liten grupp människor kommer att vara obetydligt störd även vid mycket höga nivåer.

I detta sammanhang är det viktigt att hålla några förhållanden i minnet. För det första är störningsgraden i en större grupp ungefärligen normalfördelad (188, 219) om man bortser från dem som har allvarliga hörselskador. Det innebär att det inte finns någon klart urskiljbar grupp av särskilt känsliga individer; de utgör bara den övre delen av en normalvariation i känslighet. För det andra förefaller bara en mindre del av skillnaderna kunna förklaras med stabila personegenskaper. Det innebär att den som är mest störd av bullret vid ett tillfälle inte nödvändigtvis är det vid alla andra tillfällen. Undersökningar av bullerstörning i bostadsområden visar t ex att endast omkring 10% av skillnaderna i människors reaktioner på buller kan förklaras med skillnader i allmän bullerkänslighet (34, 79, 133). Skillnaderna mellan människors reaktioner beror i stället till stor del på det tillstånd personerna just då befinner sig i; de kan t ex av andra anledningar redan vara irriterade, tycka illa om bullerkällan eller ha en arbetsuppgift som är speciellt svår att utföra i buller. För det tredje behöver inte de stabila skillnader som man trots allt finner mellan personer inte spegla variationer i en specifik bullerkänslig-

het. De kan i stället vara en del av en allmänt negativ attityd till omgivningen (210, 218).

En grupp som definitivt reagerar på ett annat sätt än övriga på buller är de hörselskadade. Och de är vanligen inte, som många tror, mindre störda än de normalhörande. De hörselskadade karakteriseras främst av att deras hörtrösklar är högre än hos normalhörande. En del svaga ljud som kan upplevas som störande för den normalhörande kommer därför att ligga under hörtröskeln, och kan därför naturligtvis inte störa den hörselskadade. Men bullerskadan följs också oftast av ett fenomen som kallas "*recruitment*". Detta innebär att hörstyrkan tillväxer mycket snabbt över tröskelnivån. Om ett ljud ökar i styrka kommer den bullerskadade därför att uppleva ökningen som mycket snabbare än den normalhörande. Även ganska lätta bullerskador kommer därför t ex att förvränga uppfattningen av tal, som ju varierar mycket i styrka. En annan faktor som kan göra de bullerskadade mer störda än andra av buller är att maskeringseffekterna förstärks av skadan. Hörselskadade är därför mer störda av buller än andra i situationer som kräver att de uppfattar tal (6, 7).

Sammanfattningsvis kan forskningen kring individuella skillnader sägas visa att kunskap om ålder, kön, personlighetsdrag och andra stabila personegenskaper inte räcker för att kunna identifiera dem som reagerar speciellt starkt på buller. Man har visserligen ofta funnit skillnader att kvinnor och äldre personer är mer känsliga än män och yngre personer, men resultaten har varierat från en undersökning till en annan, och sambanden har t o m gått åt olika håll i olika undersökningar (för en mer detaljerad genomgång av denna fråga se (107)).

Sammanfattning av subjektiva reaktioner

Genomsnittliga störningsreaktioner i stora grupper går ganska väl att förutsäga från något mått på exponeringsnivån, i vilket bullrets nivå, frekvensinnehåll, variation över tid samt en vägts in (men det är diskutabelt hur man bäst bör göra en sådan sammanvägning).

Men för att förstå skillnaden mellan olika människors eller grupper reaktioner måste man ta ytterligare ett antal faktorer med i beräkningen:

- Bullrets meningsfullhet (fråga kritiskt om det består av tal);
- Personens möjlighet att förutsäga eller kontrollera bullret;
- Personens arbetsuppgift, framför allt om maskeringseffekter kan försvåra arbetet;
- Personens inställning till bullerkällan och till möjligheten att dämpa bullret.

4. Hur påverkar buller vårt beteende?

Undersökningar av hur buller påverkar människans beteende kan utföras med många olika metoder och intresset kan vara riktat mot olika aspekter av beteendet. Forskningen om beteendeffekterna har därför gällt allt från observationer av socialt kontaktmönster på bullriga arbetsplatser till mätningar av reaktionstider i bullerlaboratoriet. Större delen av forskningen har varit av den senare typen. Det här kapitlet grundar sig därför till mycket stor del på laboratorieundersökningar av hur buller påverkar prestationsförmågan i olika typer av uppgifter.

Varför har man då varit så intresserad av hur buller påverkar prestationsförmågan? I den tidigare forskningen, fram till och med 50-talet, var utgångspunkten ofta militära och industriella problem, och den viktiga frågan var då hur buller påverkar arbetseffektiviteten. Det har också genomförts flera arbetsplatsundersökningar som direkt studerat denna fråga. Ett annat viktigt skäl har varit att sådana undersökningar skulle kunna säga något om hur buller påverkar risken för felhandlingar och olycksfall.

De senaste decenniernas forskning har mera sällan haft ambitionen att direkt kunna tillämpas på sådana problem. Målsättningen har snarare varit att skapa en mer grundläggande kunskap om hur buller påverkar olika psykiska funktioner. Uppgifterna har därför sällan valts för att efterlikna någon viss verklig arbetsuppgift. De har i stället utformats så att prestationen avspeglar någon avgränsad psykisk funktion, t ex reaktionssnabbhet eller korttidsminne.

Det här kapitlet handlar alltså främst om hur buller påverkar prestationsförmågan. Det inleds med en kortare diskussion om förhållandet mellan prestation och belastning. Den andra och största delen går igenom hur prestationen påverkas *under* bullerexponeringen och därefter behandlas de effekter som kvarstår *efter* det att man varit utsatt för buller. Andra typer av beteendeffekter, som inte visar sig som sänkt prestationsförmåga, tas upp i kapitlets sista avsnitt.

Prestationsnivå som indikator på belastning

Allmänt sett beror belastningen i en arbetsuppgift på förhållandet mellan uppgiftens krav och individens förmåga. Vilka krav uppgiften ställer bestäms i sin tur inte bara av själva uppgiften. Uppgiften kan ställa större eller mindre krav beroende på under vilka förhållanden man ska genomföra den. Buller är en av många faktorer som kan göra att det blir svårare att genomföra en uppgift och som alltså kan bidra till att uppgiftskraven höjs.

Om man ställs inför en uppgift där bullret försvårar arbetet kan man möta de ökade kraven på olika sätt. Ett sätt är att förbättra sin förmåga, t ex genom att anstränga sig mer än man skulle ha gjort under lugnare förhållanden. Så länge som kraven inte överstiger personens maximala kapacitet finns det möjlighet att på så sätt kompensera för bullrets effekter och alltså lämna prestationsnivån opåverkad. Bullret måste naturligtvis ändå betraktas som en belastning i den

situationen, och det skulle man säkert också kunna visa om man lät personen bedöma hur ansträngande uppgiften var eller om man mätte fysiologiska stressreaktioner (se kapitel 4). På längre sikt kan kanske personen öka sin förmåga på annat sätt än genom att öka ansträngningen. Han kan t ex lära sig att utföra uppgiften på ett sätt som gör att prestationen blir lika bra som utan buller. Bullret innebär då inte någon ökad belastning, och bullrets effekter på arbetet kan endast upptäckas om man tar reda på *hur* personen utför uppgiften.

Den andra extremlösningen på en arbetssituation där bullret försvårar uppgiften är att sänka sin ambitionsnivå så mycket att man inte behöver anstränga sig mer än normalt. Den lösningen blir troligare ju mindre allvarliga konsekvenser en sänkt prestation får, och den blir också mer sannolik ju närmare man kommer den nivå där kraven är så höga att prestationen skulle bli sämre än normalt, även om man utnyttjade sin kapacitet maximalt. Man resignerar då lätt inför möjligheten att klara uppgiften lika bra som utan buller. Detta sätt att hantera situationen skulle alltså leda till att man får en försämrad prestation utan några effekter på upplevd ansträngning eller fysiologiska stressreaktioner.

Den tredje och ofta den troligaste utvägen är att personen anstränger sig mer än normalt, men inte tillräckligt för att helt kompensera för bullrets effekter på prestationsnivån. Det kan innebära att kraven är så stora att de inte kan kompenseras genom en extra ansträngning. Det kan också bero på att personen inte bedömt det vara värt att anstränga sig så mycket som skulle krävas för att bibehålla prestationsnivån opåverkad.

En fjärde möjlighet finns naturligtvis också, nämligen att både ansträngningsgraden och prestationsnivån sänks. Detta skulle då tolkas som att bullret haft en direkt effekt på motivationen att prestera bra.

Detta bör räcka för att klargöra att förhållandet mellan prestationsnivå och belastning är ganska komplicerat. Man kan alltså inte dra slutsatsen att en bullermiljö är acceptabel enbart utifrån det faktum att prestationsnivån inte påverkas av bullret. Den oförändrade prestationen kan ha uppnåtts till priset av en oacceptabelt stor ansträngning. Å andra sidan innebär en sänkt prestationsnivå alltid att bullret utgör en alltför stor belastning på personerna som utsätts för det. En utförligare diskussion av hur människor hanterar stressituationer ger Schulz och Schönplug (189) och Schönplug (191).

Effekter på prestationsnivån under bullerexponeringen

När vi säger att ett buller är störande menar vi att vi upplever att det på något sätt hindrar oss i en pågående aktivitet. Störningen borde ju därför också kunna visa sig i arbetsresultatet och inte bara som subjektiva reaktioner. Utifrån vår vardagserfarenhet tror vi oss också veta att det är svårare att utföra vissa arbetsuppgifter i buller än annars, men när man började forska kring detta problem visade det sig länge svårt att belägga några sådana effekter. I en tidig översikt över forskningen på området drog Kryter (123) därför också slutsatsen att det inte fanns något klart stöd för att buller försämrar prestationen i några arbetsuppgifter, bortsett från den försämring som förklarades av maskeringseffekter. Även i en aktuell översikt menar man att forskningen om "hur buller påverkar prestationen i visuella uppgifter erbjuder ett enastående exempel på förvirring" (120). Fullt så

illa är dock knappast läget. Även om resultaten är långt ifrån entydiga, så börjar man få en allt klarare bild av under vilka förutsättningar buller sänker prestationsnivån, och när man klarar sig lika bra som under lugnare förhållanden.

Som påpekades redan i inledningen har man i en stor del av denna forskning använt sig av mycket höga bullernivåer, ofta över 95 dB(A). Prestationseffekter av så höga nivåer är naturligtvis i sig av begränsat intresse eftersom hörselskadeför risken då ju är ett tillräckligt skäl för att förbättra sådana bullermiljöer. Det finns ändå anledning att tro att en del av dessa resultat säger något om tänkbara effekter på lägre nivåer. De effekter som man i de tidigare försöken fann under kort exponering för mycket höga nivåer, har man i vissa fall senare funnit på lägre nivåer då man har studerat längre exponeringstider. I ett försök fann man t ex att fem, men inte två, timmars exponering för ett 75 dB(A) buller gav samma effekt som man tidigare funnit under kortare exponering för 95 dB(A) (198). Dessutom kan uteblivna effekter i tidigare försök delvis bero på att man använt alltför okänsliga mätmetoder. Med bättre metoder för prestationsmätning har man i vissa fall kunnat visa effekter på lägre nivåer. Slutligen har man i många av dessa försök med höga bullernivåer ofta undersökt hur effekterna påverkas av bullrets eller uppgiftens egenskaper. Det är ofta rimligt att anta att de egenskaper som visat sig viktiga på höga nivåer också kan vara det på lägre och mer intressanta nivåer.

För den som är intresserad av en utförligare genomgång av bullers effekter på prestation och teorierna inom området finns ett flertal aktuella översikter över forskningen publicerade (54, 106, 136, 197).

Varför påverkar buller vår arbetsprestation?

Vad är det då som gör att buller kan försvåra arbetet och sänka prestationsnivån? Det finns sådana som har velat förklara i stort sett all prestationsförsämring under buller med en enda mekanism, men för de flesta står det klart att effekterna i olika typer av uppgifter kräver delvis olika förklaringar. Jag ska i det här avsnittet kortfattat gå igenom de viktigaste av dessa.

Maskering

Många uppgifter bygger på att vi hör vad andra människor säger eller att vi uppfattar andra ljudsignaler. I sådana fall kan naturligtvis buller försvåra uppgiften, genom att maskera de ljud vi behöver höra. Maskeringseffekter kan även skapa problem i uppgifter som inte i första hand bygger på akustisk information. I många sådana uppgifter utnyttjar vi ändå hörseln för att avgöra om vi gjort rätt eller fel och vad vi bör göra för att nå önskat resultat (akustisk feedback). Det skulle t ex säkerligen bli svårare att köra bil om vi inte alls hörde motorljudet. Försök med blinda har givit många slående exempel på att man kan använda ljudinformation för att kontrollera sitt beteende i situationer där seende vanligen använder synen. I en berömd serie försök som gjordes på 40-talet vid Cornell visade man t ex att när blinda uppfattar att de närmar sig ett hinder, så grundar sig detta på hörselintryck (212). Dessa försök och många andra har också visat att de blinda själva oftast är mycket oklara över vad de bygger sitt "hinderseende" på, på samma sätt som vi i många uppgifter är omedvetna om att vi utnyttjar hörseln.

Maskeringseffekternas betydelse för försämringen av prestation under buller-exponering diskuterades livligt av framför allt E Poulton och Donald Broadbent i en lång serie artiklar under åren 1976-78. Poulton (172, 173) hävdade att en mycket stor del av de observerade effekterna kunde förklaras av att bullret maske-
rade akustisk feedback. Han menade t ex att många uppgifter konstruerats så att personen i en tyst miljö kunde höra om han svarat rätt eller fel och att bullret alltså tog bort denna information. Broadbent (26, 27) visade dock på ett överty-
gande sätt att många av Poultons tolkningar inte var hållbara. Man har t ex i många fall kunnat visa att bullrets effekt beror på egenskaper hos uppgiften som definitivt inte kan ha påverkat några maskeringseffekter.

Även Poulton medgav att buller ibland kan störa arbetet i uppgifter där akustisk feedback definitivt inte föreligger. Alla dessa fall ville han förklara med att något som liknar maskering även kan drabba vårt inre tal. Vi skulle alltså ha svårare att "höra oss själva tänka" i buller (173). Flera resultat låter sig också tolkas på detta sätt, men direkta testningar av denna idé har inte alltid givit den ett entydigt stöd (149, 233).

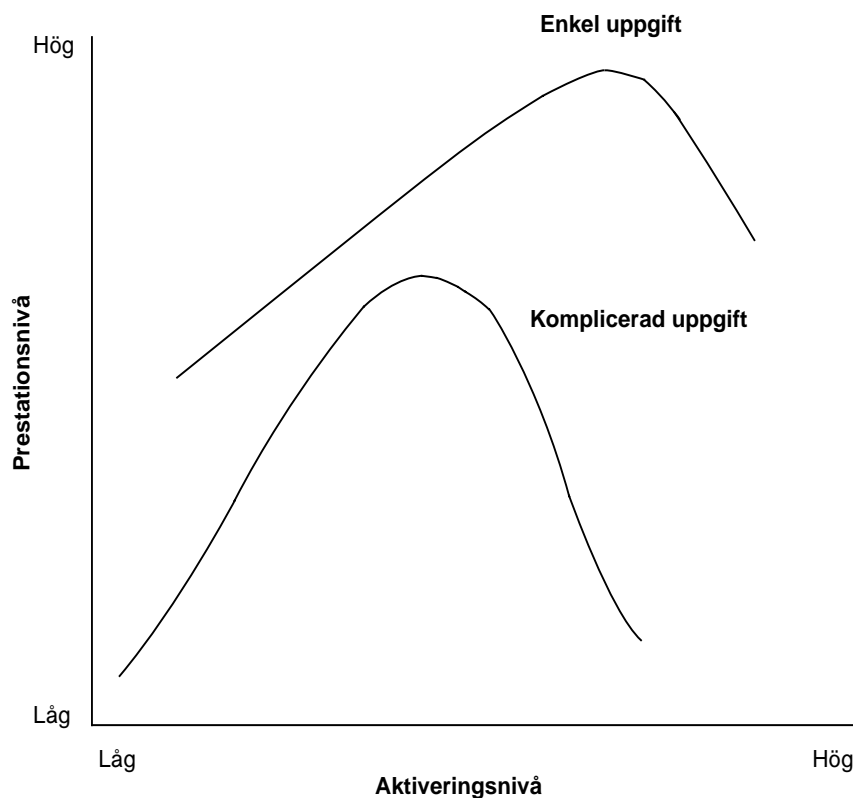
Distraction

Vid sidan om maskeringseffekten är distractionseffekten den mest uppenbara effekten av buller på möjligheten att genomföra en arbetsuppgift. Bullret kan alltså tillfälligt få oss att vända uppmärksamheten från arbetsuppgiften till bullret och bullerkällan. Om det sker riskerar man att missa viktig information eller att tappa tråden i en pågående tankekedja. En sådan effekt uppstår främst då bullret kommer överraskande eller då det plötsligt ändrar sin karaktär. Man distraheras alltså sällan av buller som är kontinuerligt och mer eller mindre oföränderligt. En annan faktor som påverkar distractionseffekten är bullrets betydelse för oss. I många sammanhang är därför t ex ovidkommande samtal det mest distraherande bullret.

Påverkan på aktiveringsnivån

Då man velat förklara hur arbetsmiljön och andra arbetsförhållanden påverkar prestationsförmågan har man oftast gjort detta genom att hänvisa till miljöns effekter på individens "aktiveringsnivå" (även kallad "arousalnivå"). Aktiveringsnivån är ungefär detsamma som vakenhetsnivån och ligger på en dimension som sträcker sig från medvetslöshet och sömn, över dåsighet och klarvakenhet, till stress och paniktillstånd. Var man ligger på denna dimension bestäms av en rad faktorer. Aktiveringsnivån är t ex lägre tidigt på morgonen än sent på eftermiddagen, den beror på hur utsövd man är, på hälsotillståndet och den kan påverkas av olika läkemedel och av prestationskrav. Buller och andra förhållanden i den fysiska miljön kan också förändra aktiveringsnivån. Ju starkare och ju mer komplex och varierande denna stimulering från miljön är, desto mer aktiverade blir vi. Effekten beror också på vilken information som stimuleringen bär; varningssignaler eller tal höjer t ex vanligen aktiveringsnivån mer än meningslöst brusljud.

Buller, speciellt om det har hög och varierande nivå, antas alltså oftast höja aktiveringsnivån. Men under vissa förhållanden kan buller även sänka nivån, dvs verka sövande. En sådan effekt kan uppstå vid exponering för mycket lågfrekventa ljud, förutsatt att de inte är alltför starka (131, 132), men även vid expone-



Figur 10. Den omvända U-funktionen och Yerkes-Dodsons lag: Förhållandet mellan aktiverings- och prestationsnivå under enklare och mer komplexa arbetsuppgifter.

ring för monotona ljud av annat slag (17, 88). Det rör sig här förmodligen om samma effekt som kan uppstå vid andra typer av monoton stimulering, t ex vaggning.

Det är uppenbart redan utifrån denna beskrivning att en förändring av aktiveringsnivån vanligen visar sig både i sinnesstämningen och prestationsförmågan. En höjd aktiveringsnivå åtföljs också av också en rad fysiologiska förändringar, t ex en ökad utsöndring av adrenalin (och andra "stresshormoner"), höjd puls och förändringar av hjärnans elektriska aktivitet (EEG).

Prestationseffekterna beror enligt det här synsättet alltså på en ospecifik påverkan på individens allmäntillstånd. Effekten är ospecifik både i den meningen att samma effekt kan bli följd av många andra faktorer än buller, och i den meningen att den inte begränsas till någon specifik typ av uppgifter. En höjning av aktiveringsnivån leder snarare till en allmänt förhöjd beredskap att ta emot och reagera på information. Men detta innebär inte att en höjning av aktiveringsnivån alltid får positiva effekter på prestationen. Förhållandet mellan aktiveringsnivå och prestationsnivå antas i stället vanligen ha formen av ett omvänt U (Figur 10), d v s att det finns en optimal aktiveringsnivå, under och över vilken prestationen försämras. Detta stämmer också väl med vår vardagserfarenhet, och det är säkert ett viktigt skäl till att teorin blivit så populär. Vi känner oss ju inte särskilt effek-

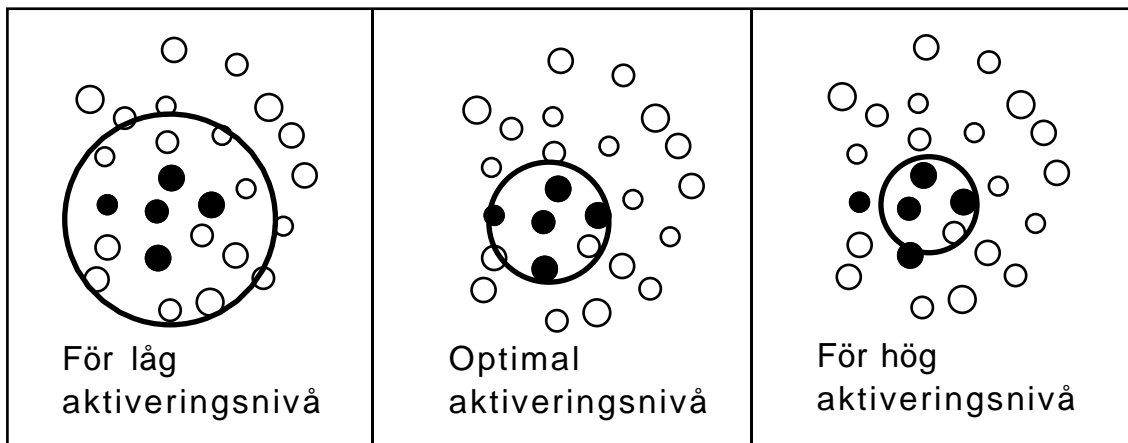
tiva vare sig då vi är mycket sömnliga eller då vi är mycket upprörda. Om den omvända U-funktionen gäller bör alltså effekten av aktiverande buller bero på hur aktiverade vi är. Om vi börjar känna oss dåliga borde bullret kunna förbättra prestationen, medan det skulle försämra den om vi är något stressade och alltså redan ligger på en ganska hög aktiveringsnivå.

Vilken aktiveringsnivå som är optimal antas variera från en uppgift till en annan. Det förefaller som om den vanligen är högre för en enklare uppgift än för en mer komplicerad (Yerkes-Dodsons lag, Figur 10). En mycket enkel uppgift, som att t ex trycka på en knapp varje gång en lampa tänds, klarar vi alltså bra även när vi är ganska stressade, medan en svårare problemlösningsuppgift kräver att vi är mer nervervade.

Försämringen av prestationen då aktiveringsnivån sänks från den optimala nivån visar sig framför allt som minskad snabbhet och i att man i högre utsträckning missar information från omgivningen, t ex inte upptäcker signaler. Försämringen på höga aktiveringsnivåer, som alltså i första hand är att förvänta i mer komplexa uppgifter, kan ta sig olika former beroende på uppgiftens art. Men vanligen innebär den att antalet felaktiga reaktioner ökar.

Det här resonemanget utgår från att effekten av en förändring av aktiveringsnivån blir densamma oavsett hur aktiveringen uppstått, d v s man antar att det är meningsfullt att tala om *en* aktiveringsdimension. Detta är på intet sätt självklart. Upplevelsemässigt är det t ex definitivt inte ett endimensionellt begrepp, utan något som beskrivs i helt olika termer beroende på vad som orsakat förändringen av aktiveringsnivån. I ett högaktiverat tillstånd kan vi t ex antingen känna oss stressade och irriterade eller energiska och klarvakna och då aktiveringsnivån är låg känner vi oss ibland lugna och belåtna och i andra fall slöa och dåliga. Det har även visat sig att de fysiologiska reaktionerna skiljer sig mellan olika situationer. En uppgift som kräver att vi koncentrerar oss på att ta emot information ger t ex ett annat mönster av fysiologiska reaktioner än sådana där vi bearbetar information, trots att aktiveringsnivån i båda fall kan sägas vara hög.

Sammanfattningsvis kan sägas att kritiken mot en endimensionell syn på aktivering är välgrundad. Det är alltså inte förvånande att flera alternativ till det endimensionella aktiveringsbegreppet har lanserats (25, 97, 183). I den mån bullereffekterna över huvud taget kan ses som en effekt av att bullret påverkat individens allmäntillstånd, aktiveringsnivån, så kan dock den enkla endimensionella synen på aktiveringsnivån oftast relativt väl hantera dessa data. Problem uppstår framför allt då effekterna av vissa kombinationer av belastningar ska förklaras. Sådana kombinationer ger ibland effekter som inte kan förstås om de olika belastningarna påverkade en och samma mekanism. En viktig invändning, förutom kritiken mot endimensionaliteten, har varit att teorin ger en alltför mekanisk och passiv bild av hur miljön påverkar aktiveringsnivån och därmed prestationen. Redan i inledningen av detta kapitel påpekades att människan genom att anstränga sig kan kompensera för många belastningar i miljön och därmed bibehålla prestationsnivån oförändrad. Denna kompensation kan tänkas ske på olika sätt, t ex genom att korrigera avvikelser från den optimala aktiveringsnivån (25, 65, 183). Inom vissa gränser tycks man alltså kunna förhindra att aktiveringsnivån sänks eller höjs till nivåer som minskar möjligheten att genomföra uppgiften. En förutsättning för att en sådan kompensation ska ske är



- :Information irrelevant för uppgiften
- :Information relevant för uppgiften
- :Uppmärksam information

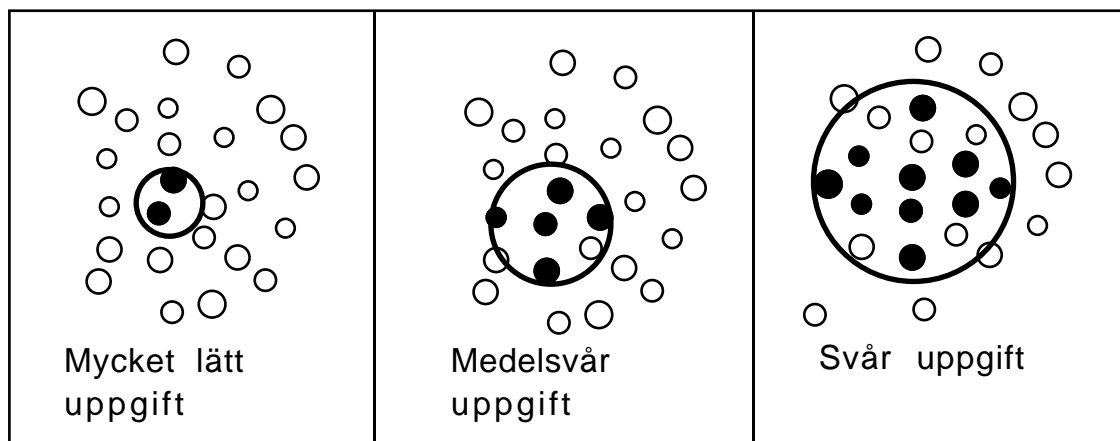
Figur 11 Uppmärksamhetsfördelning vid olika aktiveringsnivåer. De små cirklarna står för information som finns tillgänglig. Av denna är bara en del relevant för uppgiften (fyllda cirklar). Då aktiveringsnivån höjs minskas uppmärksamhetsvidden. Vid en låg nivå kan därmed prestationen försämrans av att man uppmärksammar alltför mycket irrelevant information. Även en hög aktiveringsnivå kan försämma prestationen, men då genom att uppmärksamhetsvidden blir så liten att man missar relevant information.

naturligtvis att man är motiverad att undvika att prestationen försämrans. En andra förutsättning är att upp

giften är utformad så att den ger kunskap om arbetsresultatet, d v s att man märker då prestationen försämrans.

Koncentration av uppmärksamheten

Att prestationsförmågan är dålig vid låga aktiveringsnivåer är lätt att förstå. Däremot är det kanske inte lika självklart varför mycket höga aktiveringsnivåer också försämrans prestationen. Och även om det låter rimligt att den optimala nivån skiljer sig mellan enkla och svåra uppgifter, så ger aktiveringsteorierna ingen egentlig förklaring till detta. Ett försök till förklaring av dessa effekter lades ursprungligen fram av Easterbrook (60) och har senare utvecklats av bl a Robert Hockey (95) och Michael Eysenck (65). Förklaringen utgår från observationer av hur vårt sätt att ta in information från omgivningen, uppmärksamheten, förändras då aktiveringsnivån höjs eller sänks. Vi kan utgå från att det i varje uppgift finns ett optimalt sätt att fördela uppmärksamheten. Denna uppmärksamhetsfördelning innebär antagligen att vi i första hand bevakar de viktigaste informationskällorna, och dem där det är mest sannolikt att information ska komma. Men vi måste också ha en viss beredskap att ta in annan, mindre viktig och mindre sannolik information. Detta skulle t ex kunna innebära att vi koncentrerar oss på att bevakar de visarinstrument som ofta signalerar att vi måste vidta någon åtgärd, men att vi



○ :Information irrelevant för uppgiften

● :Information relevant för uppgiften

○ :Uppmärksam information

Figur 12 Optimal aktiveringsnivå, och därmed uppmärksamhetsvidd, i olika svåra uppgifter. För bästa prestation i en svår uppgift krävs alltså större uppmärksamhetsvidd och därmed lägre aktiveringsnivå, än i en lättare uppgift.

också är beredda att reagera på andra mindre vanliga signaler. Vad händer då med denna uppmärksamhetsfördelning då aktiveringsnivån är för hög eller för låg, t ex då vi är mycket stressade resp dåsiga. Det har visat sig att buller och andra faktorer som höjer aktiveringsnivån leder till att uppmärksamhetsvidden minskar, d v s till att man uppmärksammar en mindre del

av den information som finns i omgivningen än man annars skulle ha gjort (Figur 11). Man kan säga att vi tar in mindre del av informationen, men uppmärksammar denna mer intensivt än vi normalt gör.

Varför sker då en sådan förändring av uppmärksamheten? Den enklaste tolkningen är att bullret tar upp en del av våra uppmärksamhetsresurser, och att man därför omfördelar de kvarvarande resurserna så att en acceptabel prestationsnivå ändå kan vidmakthållas. Annorlunda uttryckt kan anpassningen till bullret ses som en uppgift som i sig är resurskrävande. En del av resurserna går alltså åt till att hålla bullret ifrån sig, och en mindre del finns därmed tillgänglig för själva uppgiften. Det naturliga sättet att anpassa sig till detta är att koncentrera sig på att ta in den information som man uppfattar vara viktigast. Av denna formulering framgår att den här omfördelningen av uppmärksamheten inte bör ses som en automatisk och oundviklig effekt av bullret, vilket man tidigare trodde. Man ska snarare se den som en trolig lösning av de problem man ställs inför då man försöker genomföra en komplex uppgift i en bullrig miljö.

Denna koncentration av uppmärksamheten skulle kunna förklara varför den optimala aktiveringsnivån oftast ligger högre för en enklare än för en svårare uppgift (Figur 12). En riktigt lätt uppgift kräver vanligen bara att man uppmärk-

sammar en liten del av all tillgänglig information. En koncentration av uppmärksamheten kan då t o m få positiva konsekvenser, genom att man då blir mindre distraherad av ovidkommande information. För att klara de flesta mer komplicerade uppgifter

krävs däremot att man samtidigt tar hänsyn till många förhållanden. Om man koncentrerar uppmärksamheten på en mindre del av informationen, är risken därför stor att man missar information som skulle behövas för att klara uppgiften bra.

Ibland beskrivs den här effekten som "tunnelseende", vilket är lite olyckligt eftersom det inte är vår synförmåga som försämras i högaktiverade tillstånd. Det är *uppmärksamheten* som fokuseras och inte synfältet som begränsas. Samma effekt kan alltså även uppstå när informationen tas in via hörseln. Vi kan ju även i detta fall koncentrera oss på en viss del av de ljud som når örat.

Som nämnts tidigare kan monotont och inte alltför starkt buller ibland sänka aktiveringsnivån under den optimala nivån, göra oss sömniga. Den försämrade prestationen kan även i detta fall ses som en effekt av att uppmärksamhetsfördelningen förändrats. Men förändringen är motsatt den vid höjd aktiveringsnivå (Figur 11). När vi är sömniga har vi alltså svårare att hålla uppmärksamheten koncentrerad på den information som är relevant för arbetsuppgiften. Uppmärksamheten flackar och under en allt större del av tiden kommer den att riktas inåt i stället för mot omgivningen; vi förlorar oss i tankar på helt ovidkommande saker. Vi uppmärksammar alltså inte omgivningen lika intensivt och vår förmåga att styra uppmärksamheten försämras. Den här effekten är troligen av ett annat slag än den minskade uppmärksamhetsvidden i högaktiverade tillstånd. Den försämrade uppmärksamheten då vakenhetsnivån sänks är en mer eller mindre oundviklig effekt, och alltså inte ett försök att hitta det bästa sättet att genomföra uppgiften i en besvärlig situation.

Förändrade strategier

Den minskade uppmärksamhetsvidden under bullerexponering är ett exempel på att vårt sätt att genomföra en uppgift kan förändras av buller. Det faktum att bullereffekterna förefaller vara så beroende av t ex uppgiftens exakta utformning, tidigare erfarenheter av uppgiften och andra aspekter av försökssituationen har fått flera forskare att misstänka att buller kanske främst leder till sådana *strategiförändringar*, och att dessa förändringar inte bör betraktas som en mekanisk, oundviklig effekt av bullret. I många sammanhang skulle alltså bullret inte ha en direkt effekt på vår förmåga att utföra uppgiften. Det skulle i stället betraktas som ett av de många förhållanden som påverkar vårt sätt att genomföra uppgiften. Effekten behöver då inte nödvändigtvis bli att prestationsnivån sänks, utan skulle bero på hur väl det förändrade arbetssättet passar uppgiften (för sammanfattningar av resultat från forskning kring dessa effekter se Jones (103)). Man har i denna forskning funnit flera typiska strategiförändringar under buller. Man tenderar t ex att under buller tidigt fastna i ett sätt att genomföra uppgiften, även om det skulle finnas möjlighet att vidareutveckla arbetsmetoden eller om uppgiften förändras så att en annan metod vore bättre. Vidare tycks man i större utsträckning välja den närmast tillhands liggande strategin. Jag återkommer till exempel på strategiförändringar i samband med att effekter på olika typer av uppgifter tas upp.

Mental trötthet

En uppgift kan alltså på många sätt bli svårare och mer ansträngande att utföra i buller än annars. Liksom muskler blir uttröttade om de ansträngs under en längre tid, kan psykiska funktioner bli uttröttade av ett alltför hårt utnyttjande. Det finns alltså en gräns för hur länge vi kan upprätthålla prestationsnivån genom att anstränga oss. De negativa effekterna av buller kan därför förväntas bli större ju längre sammanhängande tid man måste arbeta i bullret (40).

Motivationella effekter

I diskussionen om prestation som mått på belastningsnivån påpekades att ett sätt att möta en ökad belastning var att sänka sin ambitionsnivå. Även om man med en extra ansträngning skulle ha möjlighet att klara en uppgift lika bra i buller som normalt, kan man alltså ibland välja att lägga sig på en lägre prestationsnivå. I undersökningar där man försökt få ett mått inte bara på prestationsnivån utan även på personernas ambitionsnivå, har man också kunnat visa att buller kan leda till att denna sänks (122, 190, 191).

De här olika sätten att förklara bullers effekter på prestationsnivån kan i vissa fall ge alternativa tolkningar av en viss observerad effekt. Men de är i första hand tänkta att förklara olika typer av effekter. Sammanfattningsvis säger de att:

- Genom makingseffekter kan buller göra det svårare att uppfatta sådan akustisk information som krävs för att genomföra uppgiften väl .
- Plötsliga förändringar av bullret kan avledda uppmärksamheten från arbetsuppgiften (distraktion).
- Buller är ett av många förhållanden som påverkar vårt allmäntillstånd, aktiveringsnivån. Därmed kan det förändra vår beredskap att ta in och reagera på information.
- Buller påverkar vårt sätt att genomföra uppgifter. Framför allt tenderar man att i buller uppmärksamma en mindre del av den information som föreligger.
- Buller kan göra arbetet mer tröttande och leda till att prestationen försämras snabbare över tid än den annars skulle göra.
- Buller kan påverka vår motivation att prestera bra, få oss att sänka ambitionsnivån i en arbetsuppgift.

I och med detta har jag gått igenom de vanligaste förklaringarna till effekterna på prestationen under bullerexponeringen. Mot denna bakgrund ska jag först gå igenom fältundersökningar där man studerat hur buller och bullerdämpning har påverkat produktiviteten och olycksfallsrisken. I det andra avsnittet redovisas *vilken betydelse arbetsuppgiften* har för bullrets effekter. Därefter går jag igenom vilka *egenskaper hos bullret* som påverkar prestationseffekten.

Fältstudier av hur buller påverkar produktiviteten och olycksfallsrisken

Man har i flera undersökningar funnit att produktiviteten är lägre på arbetsplatser med hög bullernivå (161). Men bullernivåerna i de studierna har vanligen varit mycket höga, och det finns även andra anledningar att tolka sådana resultat med försiktighet. Arbetsplatser med hög bullernivå är t ex ofta dåliga även ur andra

synpunkter. Ett något mer övertygande resultat skulle vara om produktionen ökade då man dämpade bullret. Flera sådana försök genomfördes redan under 20- och 30-talet och man rapporterade då mycket stora produktionsförbättringar genom bullerdämpningen (11). Även i senare och mer välkontrollerade studier har man ibland funnit sådana effekter om än inte lika dramatiska (161). Av flera skäl kan man inte heller i dessa fall vara säker på att det verkligen är bullret som varit den kritiska faktorn; t ex kan arbetsmoralen ha höjts bara av det faktum att ledningen på detta sätt visat sitt intresse att förbättra miljön.

Ett par speciellt välkontrollerade undersökningar kan vara värda att nämna. Broadbent och Little (31) studerade en arbetsplats där man i två rum stansade matningshåll i filmer. Arbetarna växlade periodvis mellan de två rummen. En dämpning av bullernivån i den ena lokalen minskade drastiskt sådana felhandlingar som ledde till att film måste kastas, medan dessa fel bara minskade obetydligt i den andra lokalen. Hur skulle bullerdämpning kunna minska antalet felhandlingar? Flera av de förklaringar som gavs i föregående avsnitt skulle kunna ligga bakom resultatet. Det är t ex troligt att minskade maskeringseffekter är en del av förklaringen. Då bullret sänktes kunde de höra maskinerna bättre och de kunde kanske därigenom upptäcka att något var fel i så god tid att filmerna inte hann förstöras. I den andra undersökningen (231) visade man att produktiviteten i ett väveri steg 12% under perioder då arbetarna bar hörselskydd och att detta även gällde för de arbetare som varit negativt inställda till användningen av hörselskydd.

En studie tyder på att buller även kan öka risken för felhandlingar utanför arbetet (201). I den undersökningen frågade man människor om hur ofta de råkade ut för att göra vardagliga felhandlingar som att förlägga saker eller att glömma varför man gått in i ett visst rum. De fann att de som bodde i närheten av en flygplats och utsattes för höga bullernivåer rapporterade klart högre frekvens av sådana misstag än sådana som bodde i ett lugnare område.

Om buller ökar antalet felhandlingar skulle detta i mer riskfyllda miljöer kunna öka antalet olycksfall (för en översikt över forskningen kring detta problem se (236)) Sådana skillnader mellan industrier med hög och låg bullernivå finns också rapporterade (37, 161). Man har också i ett fall visat att denna skillnad minskade då arbetarna i fabriken med den högre bullernivån började använda hörselskydd (38). Detta stöds också av en studie, där man undersökte sambandet mellan olycksfallsfrekvensen och olika förhållanden på arbetsplatsen (111). Man fann där att efter personalomsättningen var det bullernivån som hade det högsta sambandet med antalet olycksfall. Det ska påpekas att alla dessa undersökningar gjorts på arbetsplatser med bullernivåer omkring 85 dB(A) och däröver.

Flera undersökningar som har genomförts i skolor har också kunnat påvisa att skolresultaten ofta är sämre i bullriga skolor. I viss utsträckning skulle detta naturligtvis kunna bero på att dessa skolor av någon anledning rekryterar mindre duktiga elever. Men detta kan inte förklara att man funnit skillnader mellan olika bullriga klassrum i samma skola, eller att arbetsprestationerna försämrats då man lagt på buller i tidigare tysta klassrum och förbättrats då man ljudisolerat bullriga klassrum (en översikt över forskningen ger Cohen (48)). En bidragande orsak till dessa effekter är troligen att bullrets maskeringseffekter har gjort det svårare att genomföra en effektiv undervisning. Men som kommer att framgå av detta kapitel har man kunnat demonstrera många andra effekter av buller som skulle kunna

förklara en försämrad inläring i skolan. Man har t ex funnit att läsförståelse hör till de uppgifter som är känsligast för bullerpåverkan.

Uppgiftens betydelse för bullrets effekter

Större delen av forskningen om buller och prestation har gjorts i laboratorier och den har visat att buller långt ifrån alltid försämrar prestationen. Många uppgifter klarar man lika bra eller till och med bättre under buller än under lugnare förhållanden. Jag ska här gå igenom några av de viktigare slutsatserna man kan dra från forskningen om vilka egenskaper hos uppgiften som har betydelse för om arbetsresultatet påverkas av bullret eller ej.

Oavsett vad uppgiften i övrigt innebär, så är naturligtvis en avgörande faktor för bullereffekterna kraven på att ta in information via hörseln. Som jag tidigare har påpekat är sådan information viktig i många andra uppgifter än de som i första hand bygger på hörseln. När bullers effekter i olika typer av uppgifter beskrivs nedan tas dessa maskeringseffekter inte alltid upp; de är ju kritiska i alla typer av uppgifter. Om inget annat sägs har man alltså i undersökningarna inte använt sig av uppgifter som bygger på akustisk information.

Först görs kortare genomgångar av uppgifter där buller kan förbättra prestationen och av sådana som förefaller okänsliga för bullerpåverkan. Därefter behandlas hur de negativa effekter av buller varierar mellan olika typer av uppgifter.

Kan buller förbättra prestationen i några uppgifter?

Om föränderligt buller kan höja aktiveringsnivån borde det också kunna förbättra prestationen. Förutsättningen för detta skulle vara att man utan bullret ligger under den optimala aktiveringsnivån. En uppgift där detta borde kunna vara aktuellt är långvariga och monotona signalövervakningsuppgifter (vigilansuppgifter). I sådana uppgifter finner man normalt att förmågan att upptäcka signalerna minskar ju längre tid uppgiften pågår, vilket beror på att så monotona uppgifter i sig är vakenhetssänkande. Poulton (171) har gjort en sammanställning av denna forskning, som visar att man i en rad försök faktiskt funnit att buller lett till snabbare reaktioner och färre missade signaler. Effekten brukar vara tydligast i slutet av arbetsperioden; utan buller är risken stor att aktiveringsnivån då ska ha hunnit sjunka så lågt att det visar sig i en sämre prestation.

Man har även visat att buller kan förbättra prestationen i vissa speciella minnesuppgifter. När man t ex givit försökspersoner uppgiften att minnas en serie ord, siffror eller bokstäver har man i flera fall funnit att minnet blivit bättre om inläringen skett i buller. En sådan förbättrad inläring har man speciellt funnit då uppgiften krävt att man kommit ihåg ordningen mellan orden (149, 233). Men detta brukar inte tolkas som en direkt effekt av att aktiveringsnivån höjs. Effekten beror antagligen snarare på att bullret förändrar personens sätt att lösa uppgiften (se vidare i avsnittet "Andra kognitiva uppgifter" nedan).

Kontinuerligt buller på mycket hög nivå kan även reducera effekten av andra förhållanden som sänker vakenheten. En natt utan sömn gör t ex att man presterar sämre i övervakningsuppgifter. Men denna effekt kan minskas kraftigt eller helt försvinna om uppgiften utförs under buller (237).

Det är också viktigt att påminna om att det faktum att prestationen förbättras inte behöver betyda att bullret är oproblemiskt för personen. Både upplevelsemässigt och fysiologiskt kan bullret i en sådan situation utgöra en belastning.

Vilka uppgifter är okänsliga för kontinuerligt meningslöst buller?

Vissa uppgifter förefaller nästan helt okänsliga för kontinuerligt meningslöst buller (brusljud), även då detta ligger på en så hög nivå som 95 dB(A). Enligt Broadbent (28) gäller detta då man vet när uppgiften kommer att kräva att man reagerar (t ex genom förvarningssignal) och där signalen är lätt att uppfatta. Prestationen försämras t ex sällan i enkla reaktionstidsuppgifter som kräver att man reagerar så snabbt som möjligt då t ex en lampa tänds. Sensoriska funktioner som synskärpa, ackommodation, mörkerseende och ögonrörelsernas snabbhet är också opåverkade.

Kontinuerligt buller förefaller inte heller påverka motoriska färdigheter som spårningsuppgifter (öga-hand-koordination), förmågan att hålla handen stadigt eller finmotoriska förmågor, som att dra åt och lossa små skruvar och muttrar. Men som nämndes ovan kan starka, plötsliga och överraskande ljud leda till att man spritter till, och det kan naturligtvis störa arbetet i en sådan uppgift. Effekten brukar dock vara högst ett par sekunder och minskar påtagligt vid upprepning av det plötsliga bullret (70).

I samband med motoriska förmågor kan det finnas anledning att speciellt nämna uppgifter som kräver kroppsbalans. Eftersom det i örat finns sinnesorgan som har betydelse för balansförmågan, skulle buller kunna tänkas försämra denna förmåga. Men sådana effekter uppstår endast vid mycket höga nivåer (>105 dB(A)) eller vid något lägre nivåer (ca 85 dB(A)) om bullret endast når det ena örat (84).

I vilka uppgifter försämrar buller prestationen?

Reaktionssnabbhet och signalövervakning Reaktionssnabbheten i olika typer av uppgifter har undersökts i många bullerexperiment. Uppgifterna har i vissa fall varit enkla och bara krävt att försökspersonen bevakat en signal och alltid gett samma svar då signalen kommer (t ex trycka på en knapp varje gång en lampa tänds). I andra fall har den varit svårare och krävt att han bevakar flera signaler, som alla kräver olika svar.

Som nämndes ovan brukar man i enkla reaktionstidsuppgifter vara lika snabb under buller som annars, bortsett från de kortvariga distraktionseffekter som kan uppstå om bullret förändras just då man ska reagera på en signal.

I mer komplexa uppgifter, där man måste välja svar beroende på vilken signal som kommer, kan dock även buller på måttliga nivåer försämra prestationen, åtminstone om arbetet pågår under längre tid. Men bullret har även i dessa fall en mycket liten effekt på reaktionssnabbheten (128), utan leder snarare till att man oftare reagerar fel (t ex trycker på fel knapp). De här feltryckningarna beror inte på att man missuppfattat vilken signal som kommit; man är nästan alltid väl medveten om att man tryckt fel. Tryckningen upplevs snarare som en automatisk ryckning i handen, en reflex, som inte går att styra. Sådana felsvar kan uppkomma då man har starka förväntningar på vilken signal som ska komma, och då man alltså är beredd att avge ett visst svar. Om då en oväntad signal kommer förefaller

buller göra det svårare att hålla inne med det svar man varit beredd att avge (54, 104, 175, 199).

Även i sådana valreaktionstidsuppgifter har man kunnat visa att buller leder till att man förändrar sin fördelning av uppmärksamheten. Om sannolikheten för de olika signalerna varierar, så anpassar man sig vanligen till detta så att man svarar snabbast på de signaler som är mest sannolika. Den strategin blir ännu mer uttalad under bullerexponering. Bullret gör alltså att svaren på de vanligast förekommande signalerna kan bli ännu snabbare men också ännu långsammare på de mer ovanliga signalerna (204).

Då man mitt i en sådan valreaktionstidsuppgift förändrade sannolikheterna för de olika signalerna fann man att bullret fördröjde anpassningen till de nya sannolikheterna. Buller tycks alltså kunna leda till ökad rigiditet, d v s till att man får svårare att skifta strategi då uppgiften så kräver (204).

Signalövervakningsuppgifter, s k vigilansuppgifter, liknar reaktionstidsuppgifterna. Man ska även här övervaka en eller flera signalkällor (t ex lampor eller visarinstrument) och reagera när en signal kommer. Men i vigilansuppgifter är signalerna vanligen så svårupptäckta att man riskerar att missa dem. Signalerna kommer också mer sällan än i reaktionstidsuppgifter. En annan skillnad är att vigilansuppgifterna oftast varar längre och att man kanske främst är intresserad av hur risken att missa signaler förändras över arbetspasset. Processövervakning och avsyningsarbeten är exempel från arbetslivet på sådana uppgifter.

Allmänt kan sägas att buller under 90-95 dB(A) sällan försämrar prestationen i vigilansuppgifter. Som redan nämnts visar det sig tvärtom ofta att man missar färre signaler under bullerexponering, genom att bullret hindrar vakenheten att sjunka alltför mycket.. Åtminstone gäller detta om man bara behöver bevaka *en* signalkälla (12, 51, 101).

De övervakningsuppgifter som faktiskt förekommer i arbetslivet är dock sällan av detta enkla slag. Man måste t ex oftast bevaka flera signaler och har kanske även andra uppgifter att sköta. Laboratieförsöken visar att när man på detta sätt komplicerar uppgiften kan även buller på lägre nivåer öka risken att man missar signaler. I sådana arbetsuppgifter måste man alltid göra en viss prioritering av arbetsuppgifterna. Man måste alltså välja vilken del av uppgiften som man i första hand ska försöka klara av väl. Vilken uppgift eller signalkälla man koncentrerar sig på beror till exempel på var det är mest sannolikt att information som kräver någon åtgärd ska komma, och på vilka missade åtgärder som får de allvarligaste konsekvenserna. Det är i första hand denna typ av uppgifter som lett till slutsatsen att buller och andra faktorer som höjer aktiveringsnivån leder till en ökad koncentration av uppmärksamheten. En sådan prioritering av olika signalkällor tycks nämligen bli ännu mer markerad under bullerexponering. Den del av uppgiften som man uppfattar som huvuduppgift klarar man därför kanske lika bra eller t o m bättre, men det sker då på bekostnad av de andra delarna (91, 92, 93). Ju svårare huvuduppgiften är, desto större visar sig också bullereffekterna bli i den uppgift som man betraktar som biuppgift (16).

Uppgiften kan också kompliceras genom att den kräver att man inte bara ska försöka uppmärksamma en enstaka signal utan en viss serie signaler genom att signalen kräver en mer avancerad tolkning för att man ska veta om det är nödvändigt att reagera på den. Sådana bevakningsuppgifter tycks också kunna vara känsliga för buller (108, 117, 205).

Läsförståelse När man under senare år lyckats påvisa bullereffekter på lägre nivåer än tidigare beror det delvis på att man i större utsträckning använt sig av verbala uppgifter, som alltså kräver att man tar in information genom att läsa en text. I allmänhet har man också i dessa försök använt sig av buller av andra typer än vitt brus, men man har dock funnit att även kontinuerligt meningslöst buller kan påverka läsförståelsen (95). Bullret låg i detta fall på 85 dB(A), alltså på en hög nivå, men klart lägre än vad man tidigare ansåg vara den kritiska nivån. I försöket läste försökspersoner en skönlitterär text och deras förmåga att komma ihåg namnen på personerna som förekom i historien testades. Efter en paus på 10 minuter, då de sysslade med annat, fick de besvara frågor om innehållet i historien. Den första uppgiften klarade man av bättre om man läst historien i buller. Däremot visade den andra uppgiften att bullret gjorde att man inte hade förstått historien lika bra. Minnet av i och för sig meningslösa detaljer förbättrades alltså, medan förståelsen för sammanhanget försämrades. Liknande effekter har även rapporterats i ett annat försök (105).

Ett par försök som studerat korrekturläsning under buller illustrerar samma effekt (225, 226). Texten innehöll två typer av fel: dels stavfel och typografiska fel, dels fel som krävde att man fattat sammanhanget (grammatikaliska fel, uteblivna och felaktiga ord). Under intermittent buller som var så lågt som 68 dB(A) visade det sig att man upptäckte färre av de mer komplicerade felen, medan man fann lika många av de enklare stavfelen och typografiska felen, som kunde identifieras genom att titta på ett ord i taget.

Sammantaget tyder de här försöken på att bullret inte hindrat, utan kanske t o m förbättrat, inhämtningen av de enskilda orden i texten. Däremot kan bullret tydligen göra det svårare att få ett grepp om sammanhanget i texten. Effekten påminner om den försämrade talförståelse som Rabbit fann när han undersökte effekten av buller (174) som inte var starkare än att varje ord uppfattades korrekt. Både i talad och skriven text tycks alltså buller kunna göra det så mycket mer ansträngande att uppfatta de enskilda orden, att man inte kan tillgodogöra sig innehållet lika bra som under tystare förhållanden.

Inte oväntat har ovidkommande tal särskilt stora negativa effekter på läsförståelsen. Nivån spelar en mindre roll för denna effekt, medan meningsfullheten är av avgörande betydelse (103, 139).

Andra kognitiva uppgifter Minnesforskningen har nästan uteslutande bedrivits som laboratorieforskning, och försökspersonerna har som sagt nästan alltid haft till uppgift att lära in ordlistor. Vidare har exponeringstiderna alltid varit mycket korta, och minnet har vanligen testats en ganska kort tid efter inläringen. Inläringssituationen och uppgifterna skiljer sig alltså på många sätt från de krav som vanligen ställs på minnet i arbetslivet. Detta gör alltså att experimenten främst har haft ett teoretiskt intresse, och att de därför hittills har lärt oss mycket lite om vilka verkliga arbetsuppgifter, som skulle kunna vara särskilt känsliga för buller (för en översikt över denna forskning se (54)). Jag ska här bara nämna några av huvudresultaten.

Resultaten från de flesta av dessa minnesförsök visar inte på någon entydig negativ effekt av buller. Som nämnts ovan kan effekten ibland t o m vara positiv. Bullret förefaller snarare påverka personernas sätt att lära in ett material, deras inlärningsstrategier, än ge en allmänt sänkt inlärningsförmåga (86, 202, 234). Om detta är riktigt innebär det att man inte kan vänta sig att buller alltid får samma

effekt på minnes prestationen. En viss förändring av strategin får ju olika effekter beroende på hur bra den passar den aktuella minnesuppgiften. Dessutom kan man vänta sig att många andra faktorer än bullret bestämmer hur man väljer att genomföra en uppgift, och att alltså bullereffekten bör kunna variera mellan arbetsuppgifter, personer och arbetssituationer.

Visst stöd finns t ex för att försökspersonerna under bullerexponering oftare lär sig ordlistorna som en helt meningslös utantilläxa, och inte fäster sig lika mycket vid ordens betydelse som de annars skulle göra. I linje med detta har det i flera försök visat sig att buller förbättrar återgivningen om uppgiften är att komma ihåg ordningen i en lista med välkända ord (se översikt av Wilding & Mohindra (235)). I en annan typ av uppgift presenterar man en lång ordlista där orden tillhör ett antal kategorier (djur, husgeråd, fordon etc). När man försöker återge en sådan lista brukar man gruppera orden i de olika kategorierna; man tenderar alltså t ex att nämna alla djurnamn tillsammans. Den här grupperingen av materialet utifrån ordens betydelse har i flera försök visat sig bli svagare om inläringen sker i buller (50, 99).

Det finns alltså flera olika typer av försök som tyder på att inläringen och informationsbehandlingen blir ytligare under bullerexponering. Att man inte alltid har funnit en sådan effekt beror antagligen på att den bara uppstår om uppgiften är tillräckligt svår, om t ex tidspressen är hård (58, 65, 200, 206).

I ett annat försök där man använde en verbal informationsbehandlingsuppgift fann man att bullereffekten blev särskilt stor då uppgiften tvingade försökspersonerna att skifta mellan en ytlig och en djupare bearbetning av de ord som presenterades (58). I det förra fallet behövde de endast ta hänsyn till de skrivna ordens utseende medan de i det senare fallet skulle bygga sina svar på ordens betydelse. Detta är alltså ytterligare ett stöd för att buller gör det svårare att skifta mellan olika sätt att angripa en uppgift.

Ett annat relativt välbelagt fenomen gäller framplockningen av material som långtidslagrats i minnet. Resultaten från sådana försök visar att buller inte gör det svårare att plocka fram lättillgängligt material ur minnet. Däremot försvårar det framplockningen av mer svårtillgänglig minnesinformation (64, 221).

Även i detta sammanhang har ovidkommande tal visat sig ge negativa effekter på mycket låga ljudnivåer (180, 182). I själva verket verkar nivån vara av mycket liten betydelse för effekten (49, 181, 182). Minneseffekterna tycks dock, i motsats till effekterna på läsförståelse, vara lika stora vare sig talet är begripligt eller ej. Viss oenighet har rått om hur dessa minneseffekter ska förklaras. Broadbent (30) tror inte att dessa effekter av tal kräver någon speciell förklaring; han anser att de kan förklaras av att tal är mer distraherande än annat buller; talet skulle alltså störa inhämtningen av information. Salamé & Baddeley, som först påvisade denna effekt, hävdar däremot med allt bättre empiriskt stöd, att det är en viss del av den senare informationsbearbetningsprocessen som är särskilt känsligt för ovidkommande tal (182).

Oavsiktlig inläring Försöken som hittills behandlats har alla gällt avsiktlig inläring. Men större delen av det som vi har lagrat i vårt minne har vi inte medvetet ansträngt oss att lagra; inläringen har varit oavsiktlig. Då man t ex läser en bok inför en skrivning är den avsiktliga inläringen att lära sig innehållet i boken. Men under läsningen kommer man också att oavsiktligen lära sig en del annat, t ex färgen på omslaget eller att en viss tabell står på en högersida i början

av boken. Bullereffekter på den avsiktliga inläringen är som sagt komplexa och i vissa fall t o m positiva. När man undersökt den oavsiktliga inläringen har man däremot alltid funnit att den försämras av buller (46, 52, 96). I ett av dessa försök (96) instruerades t ex försökspersonerna att lära sig en serie ord som presenterades på olika ställen på en skärm. När de hade återgett de ord som de kom ihåg, fick de överraskande i uppgift att försöka tala om var på skärmen de olika orden presenterats. Bullret (som var högre än 85 dB(A)) gjorde det svårare att komma ihåg ordens placering medan det snarast förbättrade minnet av ordens ordning i serien. I senare försök har man kunnat visa att visade att denna effekt även kan uppstå på lägre bullernivåer (196). Den här effekten kan alltså ses som ytterligare ett exempel på att buller förändrar vårt sätt att använda våra resurser för informationsbehandling, vår strategi för att lösa uppgiften. I det här fallet, liksom i många andra visar sig buller förstärka koncentrationen på att ta in och lagra den information som man uppfattar som viktigast till förfång för annan information. Detta kan i sin tur ses som en följd av att bullret upptar en del av personens kapacitet att ta emot information och alltså tvingar fram en prioritering av uppgifterna.

Hur påverkar bullrets fysikaliska egenskaper prestationsffekten?

Plötsliga förändringar av bullret Ett plötsligt ljud kan tillfälligt störa vilken uppgift som helst, men effekten brukar vanligen bara synas under några sekunder och allra högst under någon halv minut. I de flesta fall får detta också obetydliga konsekvenser på prestationsnivån; den lilla försening detta kan ge upphov till kan oftast lätt kompenseras. Även om man t ex tillfälligt avbryts i beräkning så kan man oftast snabbt återta beräkningarna eftersom informationen finns kvar i minnet. Risken att prestationen ska påverkas är större om bullret slår på då man tar in information från omvärlden eller då man just ska reagera på information. En tillfällig distraktion kan då leda till att man missar information eller att reaktionen försenas. Men effekten är så tidsbegränsad att den mer sällan påverkar prestationen sedd över ett lite längre arbetspass. Det är också tveksamt om man bör se detta som en bullereffekt. Samma effekt kan man nämligen få då man stänger av ett buller som pågått en tid. Vi har alltså här snarare att göra med en generell effekt av plötsliga förändringar (för översikt se (106)).

Om förändringen av bullret är mycket stor och kommer mycket plötsligt (t. ex. hammarslag eller pistolskott) kan bullret få oss att rycka till. Den typen av ljud kan därmed tillfälligt försämra prestationen i uppgifter som kräver en stadig hand och god motorisk kontroll (143). I vissa fall kan naturligtvis även sådana enstaka missar få allvarliga konsekvenser, men vanligen är även de av mindre betydelse.

Bullernivån Bullernivån är den enda bulleregenskap, vars effekter på prestationsnivån man har studerat i någon större utsträckning. I enklare monotona uppgifter kan, som nämndes tidigare, måttliga bullernivåer verka väckande och snarast förbättra prestationen. Men om bullret är mycket högt (över 90 dB(A)) kan kontinuerligt buller försämra prestationen även i sådana uppgifter (för översikt se (28, 94)). I den tidigare forskningen använde man sig främst av den här typen av uppgifter och andra, som visat sig vara mindre känsliga för buller. Länge trodde man därför att gränsvärden för att få prestationsförsämringar av kontinuerligt meningslöst buller låg så högt som 90-95 dB(A) (28).

På senare år har man fått klart för sig att även mycket lägre buller kan försvåra uppgifter. Men det går ännu inte att ange några meningsfulla gränsvärden för när negativa effekter kan uppstå utifrån de studier som rapporterats.

I de undersökningar som visat att nivån har stor betydelse har man genomgående använt sig av meningslöst buller. Effekten av meningsfullt buller tycks, som tidigare påpekats, vara relativt oberoende av nivån (49).

I uppgifter som helt eller delvis bygger på akustisk information blir naturligtvis eventuella maskeringseffekter, och därmed bullernivån, avgörande för bullrets effekter på prestationen. Maskeringen blir ju effektivare ju högre bakgrundsbullret är i förhållande till nivån på de ljud man behöver uppfatta (signal-brus-förhållandet).

Frekvensinnehåll I de få undersökningar där man varierat bullrets frekvensinnehåll har man vanligen funnit att högfrekvent buller ger en större prestationsförsämring än lågfrekvent (24, 80). I dessa fall har inte extremt lågfrekventa ljud använts. Detta är viktigt eftersom infraljud och andra mycket lågfrekventa ljud kan tänkas ha speciella effekter. Infraljud har ju visat sig kunna sänka vakenheten (131), i motsats till annat buller, som vanligen verkar väckande. Det är därför tänkbart att infraljud och annat mycket lågfrekvent buller, sänker prestationen i de långvariga monotona uppmärksamhetskrävande uppgifter, som visat sig påverkas positivt eller inte alls av högfrekvent buller på icke hörselskadande nivåer (32).

På många arbetsplatser förekommer infraljud tillsammans med starkare buller i högre frekvenser. Infraljudet maskeras då ofta och har då troligen inte heller några negativa effekter på dem som arbetar i lokalen. I sådana fall finns möjligen en risk att situationen försämras om man vidtar åtgärder för att dämpa bullret. Det är nämligen mycket lättare att dämpa högfrekvent buller än lågfrekvent. Om endast det högfrekventa bullret dämpas kan alltså det lågfrekventa bli hörbart, vilket i sin tur skulle kunna göra bullret mer störande och förstärka prestationseffekterna.

Varaktighet Effekten av exponeringstid har nästan alltid undersökts genom att låta personen arbeta under lång tid i buller med samma uppgift och jämföra dessa resultat med en kontrollbetingelse utan buller. Man har då oftast funnit att man i början klarar uppgiften ungefär lika bra i buller som under lugnare förhållanden. Den enda effekt man då eventuellt kan se är vanligen att uppgiften upplevs som mer ansträngande än annars (59). Ju längre tid man sedan arbetar i buller desto större är risken att bullret ska störa arbetet (94).

Det är inte bara de negativa effekterna på arbetsprestationen som blir tydligare ju längre man arbetar. Även de förbättringar av prestationen i monotona uppgifter, som buller ibland leder till, blir störst mot slutet av uppgiften (för översikt se Hockey (94)).

En annan fråga är om exponeringstiden i sig påverkar prestationen, d v s även om man inte arbetat under exponeringen. Kommer man t ex att arbeta sämre ju längre tid man varit exponerad för buller innan uppgiften? De två försök där man undersökt denna fråga ger stöd för att det finns en sådan effekt (88, 207).

Variabilitet och förutsägbarhet I allmänhet finner man att intermittent (icke kontinuerligt, periodvis återkommande) buller stör arbetet mer än buller som är oföränderligt (203), men detta gäller inte generellt. Buller som man hunnit

bekanta sig med och som återkommer något så när regelbundet kan störa prestationen mindre än kontinuerligt buller (216, 223). Vidare bör påpekas att det inte bara är de negativa effekterna av buller som förstärks av att bullret varierar över tid. Sådant buller har en större väckande förmåga än konstant buller och leder därför också till en större prestationsförbättring i uppgifter där det annars är svårt att hålla vakenhetsnivån uppe (144).

Den mest kritiska egenskapen i detta sammanhang tycks vara vilken möjlighet man har att från en stund till en annan förutsäga vilket buller man kommer att utsättas för (121, 217). Ju mindre förutsägbart bullret är desto mer stör det arbetet. Om bullret är intermitterent påverkas förutsägbarheten av hur regelbundna pauserna är mellan bullerperioderna. Det blir av denna anledning också viktigt hur mycket ett kontinuerligt buller varierar över tid; ju större och ju mer oregelbunden variation, desto mindre blir ju förutsägbarheten.

Andra viktiga bulleregenskaper

Kontroll I kapitel 2 nämndes att upplevelsen av buller påverkas av om man har eller upplever sig ha kontroll över bullret, och jag återkommer till betydelsen av detta då eftereffekterna av buller diskuteras. I undersökningar av prestationen under bullerexponeringen har man dock mycket sällan tagit upp betydelsen av kontroll. I ett av de få försök som finns utsattes två grupper för samma intermitteranta buller medan de läste korrektur (13) och den ena gruppen gavs föreställningen att de hade möjlighet att kontrollera bullret med en knapp. Den gruppen visade sig klara uppgiften bättre än gruppen som fått uppfattningen att de inte hade några kontrollmöjligheter.

Ovidkommande tal och bullrets informationsinnehåll I det fåtal försök där man jämfört effekten av ovidkommande tal och vitt brus har det visat sig att tal försämrar arbetsresultatet betydligt mer än brusljud (57, 181, 203). Att det är talets informationsinnehåll som är kritiskt antyds av ljudtrycksnivån är av liten betydelse för effekten (49). Var och en som försökt läsa på tåg har ju också märkt att det oftast är ganska lätt att avskärma sig från tågbullret, medan även ett lågmält samtal mellan andra personer i kupén kan göra det helt omöjligt.

Vilka andra faktorer påverkar prestationseffekterna?

Andra samtidiga belastningar

Man har i flera sammanhang uttryckt tvivel på att det går att få något grepp om arbetsmiljöns effekter genom att studera hur enskilda belastningsfaktorer som buller påverkar människan. I arbetslivet är ju t ex sällan buller det enda miljöproblemet, utan det förekommer i kombination med andra faktorer som påfrestande arbetstidsscheman, uppskruvad arbetstakt, vibrationer, kyla eller kemiska ämnen. Det är inte givet att man utifrån kunskap om dessa enskilda faktorerers effekter kan förutsäga vilken effekt en kombination av dem skulle få. Visserligen summeras ibland effekterna på ett enkelt sätt, men i många fall kan den kombinerade effekten bli större (s.k. synergistiska effekter) eller mindre än denna summa (antagonistiska effekter). Trots detta har effekterna av sådana kombinationer av

belastningar endast i mindre utsträckning undersökts (översikter ges t ex av Manninen (138) och Davies (54)).

Den kombinationseffekt som har undersökts mest är den mellan buller och tid på dygnet. Man vet att det är svårare att genomföra långvariga monotona uppgifter tidigt på morgonen än sent på eftermiddagen. I sådana situationer och uppgifter borde bullrets vakenhetshöjande effekter bli särskilt viktiga. I flera studier har man också funnit att de positiva effekterna av buller på arbetsprestationen blir särskilt tydliga på morgonen (157). Senare studier (208) har dock visat att förhållandet mellan de två effekterna är mer komplicerat än så. Det är alltså inte alls givet att man kan minska effekten av att testningen sker på morgonen genom att samtidigt exponera personerna för buller. Detta är en typ av resultat som lett till tvivel på att det är meningsfullt att tala om *en* aktiveringsdimension.

Ganska få studier har tagit upp andra kombinationer av belastningar och de har ofta givit mindre klara resultat. Detta gäller t ex de experiment där man undersökt kombinationer av buller och hetta (9), alkohol (83), fysiskt arbete (68) och vibrationer (85). Vanligen har man dock funnit att bullereffekterna varit desamma oavsett om bullret kombinerats med en annan belastning eller ej.

Individuella skillnader

Liksom när det gäller individuella skillnader i subjektiva reaktioner på buller har man en ganska oklar bild av individegenskapernas betydelse för prestationseffekterna. Flera undersökningar tyder också på att de skillnader som kan iakttas mellan individer i detta fall är ännu mindre stabila än skillnaderna i subjektiva reaktioner (238). Att olika människors arbetsprestation störs olika mycket av buller har därför troligen mer att göra med deras tillfälliga tillstånd än med några stabila personegenskaper.

Ålders- och könsskillnader har behandlats i många studier med motsägande resultat. I en mycket stor finsk undersökning (2500 personer ingick) fann man att buller försämrade valreaktionstiden lika mycket för män och kvinnor. Däremot visade sig bullret ge en något större effekt i de äldsta åldersgrupperna. Men skillnaden var mycket liten, och kunde upptäckas bara genom att den undersökta gruppen var så stor (128). Barn upp till 7-8-årsåldern är dock påtagligt mer lätt-distraherade av buller än äldre barn och vuxna (89).

Den personlighetsegenskap som studerats mest i detta sammanhang är extroversion-introversion (utåt-, inåtvändhet). Man menar att extroverta är mer beroende av yttre stimulering för att upprätthålla sin aktiveringsnivå än introverta (63). Detta skulle t ex innebära att de extroverta skulle ha svårare att upprätthålla sin prestationsnivå i en lång monoton bevakningsuppgift, och att buller skulle kunna göra detta lättare för dem. Detta har bekräftats i relativt många försök (75). Ett exempel på detta är att bilradion visade sig hjälpa extroverta att hålla sig pigga under körning, medan den var utan betydelse för introverta (66).

Neurotiska, ångestfyllda personer har i några försök visat sig ha speciellt svårt att klara minnes- och inlärningsuppgifter i buller (162, 221). En annan personlighetsegenskap som prövats i detta sammanhang är skillnaden mellan typ A-beteende. Människor med ett typ A-beteende karakteriseras bland annat av sin starka prestations- och tävlingsinriktning. Sådana människor har i ett försök visat sig ha särskilt lätt att upprätthålla sin prestationsnivå under bullerexponering än de som inte typ B-människor (151). Men detta innebär troligen inte att bullret utgör

en mindre belastning för dem än för andra; de är troligtvis bara mer motiverade än andra att övervinna de svårigheter som bullret skapar.

Av tidigare avsnitt har framgått att buller ofta får större negativa effekter i svårare uppgifter än i lätta. Om uppgiften tar en alltför stor del av personens totala kapacitet i anspråk, kommer den ytterligare belastning som bullret utgör, att leda till att prestationen försämras. Detta innebär också att buller är mer störande för en nybörjare än för en som är van vid uppgiften. Träning innebär ju bl a att man lär sig att klara av en uppgift utan att använda en lika stor del av sin totala kapacitet.

Sammanfattningsvis finner man i alla undersökningar stora individuella skillnader i bullerkänslighet. Men till största delen förefaller de bero på tillfälliga växlingar i individens tillstånd eller på skillnader i förmåga att utföra uppgiften (t ex som följd av tidigare träning i uppgiften). De samband man funnit mellan mer stabila personegenskaper och bullerkänslighet är därför också alltför svaga för att man på förhand ska kunna säga vilka individer som kan förväntas ha svårt att utföra arbetsuppgifter under buller.

Eftereffekter av arbete i buller

David Glass och Jerome Singer gav 1972 ut en mycket inflytelserik bok kallad "Urban stress" (76). I den redovisade de resultat från en lång serie försök där de bl a studerat prestationsförmåga under och efter bullerexponering. Framför allt visade de att prestationsförmågan i vissa typer av arbetsuppgifter även var nedsatt under en period efter det att bullret stängts av. I själva verket har det visat sig att dessa eftereffekter är tydligare och mer pålitliga än de akuta effekterna av måttliga bullernivåer. Det är viktigt att hålla i minnet att försökspersonerna i dessa försök, liksom i nästan alla senare, även hade en arbetsuppgift under bullerexponeringen. Försöken har alltså inte visat eftereffekter av bullerexponering i sig utan av att man arbetat i buller.

Ett viktigt resultat från forskningen om eftereffekter har varit att de kan uppstå oavsett om man kunnat observera någon prestationsförsämring under exponeringen eller ej. Det är ett av flera resultat som visar att bullret kan utgöra en belastning även om man klarar att upprätthålla sin prestationsnivå. Anpassningen till bullernivån sker alltså i de fallen till priset av sänkt kapacitet efter exponeringen (t ex (240)). Det styrks också av försök som visat att eftereffekten blivit större då uppgiften under exponeringen gjorts svårare (179).

Det är också viktigt att påpeka att dessa eftereffekter inte bara kan uppstå efter bullerexponering. Andra faktorer som skapar hög mental belastning, stress, förefaller ha samma effekt (40, 41).

Översikter över forskningen kring dessa effekter har t ex skrivits av Cohen (41) och Davies och Jones (53).

Hur uppstår eftereffekter av bullerexponering?

Forskningen kring eftereffekterna har inte pågått lika länge som forskningen om akuteffekterna, och man har heller inte föreslagit lika många förklaringsmodeller. Av de tre som tas upp här är det bara de två första som hittills hunnit styra forskningen i någon nämnvärd utsträckning.

Mental trötthet Liksom fysisk trötthet inte försvinner i samma ögonblick som man avbryter arbetet, så bör uttröttade psykiska funktioner behöva vila för att återhämta sig. Om buller leder till att man måste anstränga sig mer för att klara en uppgift skulle man alltså också vänta sig att prestationsnivån skulle vara sänkt även under en period omedelbart efter bullerexponeringen (40).

Inlärd hjälplöshet Förutom trötthet har även s k "inlärd hjälplöshet" använts för att förklara vissa eftereffekter av bullerexponering. Detta är en effekt som man iakttagit i försök (och i verkliga livet) av att en person upprepade gånger utsätts för något obehagligt som han inte själv har kontroll över. I laboratorieförsöken har man ofta använt sig av obehagligt buller. När samma person sedan kommer till en situation, som han faktiskt har möjlighet att kontrollera, visar det sig ofta att han dåligt utnyttjar denna möjlighet. Den tidigare erfarenheten har fått honom att betrakta sig själv som hjälplös. Hjälplösheten kan t ex visa sig i att man snabbare ger upp i svåra uppgifter och i att man visar allmän initiativlöshet (1, 192). Det är alltså här snarare *motivationen* att prestera än förmågan som påverkas. Förutsättningen för att sådana effekter ska kunna uppstå är, förutom att bullret upplevs som obehagligt, framför allt att personen själv inte har kontroll över det. Buller som man själv skapar med sina arbetsverktyg, borde t ex inte kunna ge sådana effekter.

Kvarstående förändringar av aktiveringsnivån Klein & Beith vände i en artikel upp och ner på tolkningen av effekterna i ett av de oftast använda testen på eftereffekter (115). I detta test ställs försökspersonerna inför delvis olösliga problem och man tolkar en förkortning av tiden som de ägnar åt dessa uppgifter som ett tecken på trötthet och bristande motivation. Klein & Berth säger att detta lika väl kan betyda att de snabbare kommit på att uppgiften är olöslig, och det alltså bör tolkas som en förbättrad prestationsförmåga efter bullerexponering. De visar också i en elegant serie försök att denna effekt skulle kunna förklaras av att aktiveringsnivån står kvar på förhöjd nivå då bullret stängs. I enlighet med den omvända U-funktionen kunde de visa att prestationen i vissa fall förbättrades och i andra fall försämrades av tidigare bullerexponering. Varken de eller några andra har dock hävdats att detta skulle kunna vara en generell giltig förklaring av de eftereffekter av buller som ju kunnat demonstreras med flera olika typer av test.

Vilka uppgifter visar eftereffekter av bullerexponering?

I vilka typer av uppgifter kan man då se denna eftereffekt? Den frågan har ännu inte studerats särskilt systematiskt. Men många av de uppgifter som använts och visat sig känsliga är sådana, som kanske inte framför allt mäter prestationsförmågan, utan snarare visar hur motiverad personen är att prestera bra. Detta stämmer ju också väl med hypotesen om inlärd hjälplöshet, men kan ju också ses som ett tecken på mental trötthet. Ett exempel är den ovan nämnda uppgiften där man mäter hur lång tid det dröjer innan personen ger upp i en mycket svår eller kanske olöslig uppgift.

En annan uppgift som använts är en räkneuppgift som kan genomföras på olika sätt (98). Det sätt som ger den största sannolikheten att lyckas med uppgiften är också mer ansträngande än de mindre framgångsrika sätten att utföra uppgiften.

De personer som testades efter det att de arbetat en halvtimme i buller valde det mindre ansträngande sättet i mycket större utsträckning än de som arbetat i tystnad eller som enbart hade utsatts för buller utan någon arbetsuppgift.

Hur allvarliga dessa trötthetseffekter är i praktiken beror på hur länge de sitter i efter exponeringen. Tyvärr ger de laboratorieförsök som har genomförts inget klart svar på denna fråga. Eftereffekterna har nästan genomgående undersökts omedelbart efter det att exponeringen upphört.

Liksom all annan forskning kring bullers effekter på prestationsförmåga, har den om eftereffekter i huvudsak bedrivits som laboratoriestudier. Såvitt jag har kunnat finna har man bara försökt studera eftereffekter av buller på arbetsplatser i en undersökning (134). I den fann man att de bullerexponerade presterade sämre än en kontrollgrupp i en reaktionstidsuppgift. Tyvärr skilde sig grupperna åt i så många andra avseenden än bullerexponering att inga klara slutsatser kan dras från denna undersökning.

Flera undersökningar har däremot gjorts av barn som kommer från bullriga hem eller går i bullriga skolor. När dessa testas utanför den bullriga situationen har de i flera fall visat sig ha sämre läsförmåga än andra barn (44). Men detta skulle kunna vara en helt annan typ av effekt än den man observerat i laboratorieförsöken. Den sämre läsförmåga skulle t ex kunna bero på att det inte gått att bedriva lika effektiv läsundervisning i de bullriga klassrummen. Men man har också kunnat visa att barn från bullriga skolor var sämre i den typ av uppgifter, som använts i de experimentella studierna, och som inte direkt lärs ut i skolan (42). De gav t ex lättare upp i en svår problemlösningsuppgift. I alla de här undersökningarna har man försökt göra grupperna jämförbara i andra viktiga avseenden än bullerexponering. Riskerna finns naturligtvis ändå att andra faktorer än bullret kan ha bidragit till de skilda resultaten i grupperna.

Vilka bulleregenskaper påverkar eftereffekterna?

I forskningen om eftereffekterna av bullerexponering har man framför allt varit intresserad av vilka egenskaper hos bullret som påverkar eftereffekternas styrka. De försöken har klart och entydigt visat att bullrets förutsägbarhet och personens möjlighet att kontrollera bullret är avgörande för dessa effekter. Man får alltså vanligen mindre eftereffekter (eller inga alls) av ett kontinuerligt buller som är konstant, jämfört med ett som varierar över tid. Ett icke konstant (varierande eller intermitterant) buller ger på samma sätt mindre eftereffekter om man kan förutsäga när det ska komma (om det är förvarnat eller om det kommer med regelbundna mellanrum) än om det kommer överraskande. Ännu starkare förefaller effekten av kontroll över bullret att vara. Den som själv kan bestämma när bullret ska sättas på och stängas av visar alltså klart mindre eftereffekter än den person som utsätts för exakt samma buller, men utan att ha kontroll över det (74, 194). Det är inte ens nödvändigt att personen faktiskt gör något för att kontrollera bullret för att eftereffekterna ska minska. Det räcker att han vet att han har denna möjlighet (76). Cohen (41) visar i sin översikt över denna forskning att denna bullereffekt är ett exempel på en generell effekt av oförutsägbara och okontrollerbara stressfaktorer.

Ovidkommande tal förefaller vara speciellt kritiskt även vad gäller eftereffekterna. Medan kontinuerligt buller av annat slag sällan visat sig ge några eftereffek-

ter, så har man funnit att kontinuerligt tal t o m kan ge starkare eftereffekter än buller som är intermitterande, oförutsägbart och meningslöst (179).

I de flesta försök där man mätt eftereffekter har man utsatt försökspersonerna för komplexa, sammansatta ljud, t ex kombinationer av högt tal på främmande språk, maskinbuller och buller från flygplansöverflygningar. Det är möjligt att denna typ buller ger starkare eftereffekter än de brusljud som varit de vanligaste i forskningen kring akuteffekter.

Som framgått ovan bestäms prestationseffekterna under bullerexponeringen till stor del av bullernivån. Nivån har en viss betydelse även för eftereffekterna, men den är i det fallet inte alls lika viktig som förutsägbarhet och kontroll (76).

Eftereffektens styrka tycks inte heller bero på hur starka de akuta effekterna har varit. De kan alltså mycket väl uppstå även i de fall där prestationen under exponeringen varit opåverkad. Effekten har inte heller något enkelt samband med hur störande man har upplevt att bullret var (168).

Effekten av exponeringstid har bara tagits upp i ett laboratorieförsök (87), i vilken man fann att också eftereffekten fördubblades då exponeringstiden förlängdes från 20 till 40 minuter. Den undersökningen, liksom en senare (240), antyder också att man kan få eftereffekter även om man inte haft någon arbetsuppgift under exponeringen. Effekten skulle då alltså inte bara bero på att bullret gjort det mer ansträngande att utföra arbetet; bullerexponeringen i sig skulle kunna få denna effekt. I den undersökning av skolbarn som tidigare nämndes (42) analyserade man också effekten av exponeringstid. Man fann då att skillnaden mellan barnen från de bullriga och de från de tystare skolorna förstärktes ju längre barnen gått i skolan. Detta kan betyda att laboratorieförsöken ger en underskattning av de effekter som kan uppstå då man exponeras för buller dagligen under många år.

Andra typer av beteendeeffekter

Bullers beteendeeffekter inskränker sig inte till dem som kan observeras i arbetsprestationen. Vi betar oss också på ett annat sätt mot varandra i bullriga miljöer än i lugnare sammanhang. Ett uppenbart skäl till detta är att bullret kan göra det svårare för människor att tala med varandra. Men man har också kunnat visa andra och mindre självklara effekter. Här ska jag endast ge några av huvudresultaten från denna socialpsykologiska forskning kring buller (för en mer detaljerad översikt se Cohen (47)).

Många försök har gjorts där man studerat hur buller påverkar människors hjälpsamhet. Ofta har dessa genomförts som fältförsök ute på gatan, där man arrangerat en situation, som inbjuder dem som passerar att hjälpa en projektmedarbetare. Han kan t ex tappa matvaror på gatan eller med en förvirrad min stå och titta på en karta. Man har sedan iakttagit i vilken utsträckning folk erbjuder sig att hjälpa till i mer eller mindre bullriga situationer (t ex då en bullrig maskin är i arbete eller avstängd). I flera försök har man funnit att människor har varit mindre hjälpsamma i bullriga miljöer (140, 163). Effekten förefaller inte enbart kunna förklaras av att bullret distraherar eller maskerar andra ljud och därmed hindrar människor att upptäcka människan som behöver hjälp. Effekten förefaller inte heller enbart kunna förklaras med att människor så snabbt som möjligt vill komma ur den bull-

riga situationen. Däremot finns det ett visst stöd för att den uppmärksamhetsfokusering under buller som nämnts ovan kan spela en viss roll även i detta sammanhang. I ett av försöken försök visade man t ex att människor inte bara var mindre hjälpsamma i den bullriga miljön; i buller ökade inte heller hjälpsamheten av att den som behövde hjälp hade gipsad arm, medan detta mycket påtagligt ökade hjälpsamheten när bullret var avstängt (140). Uppenbarligen lade människorna inte märke till armen i samma utsträckning då det bullrade.

Det finns även ett par studier som visar att människor är mindre hjälpsamma även under en period efter bullerexponeringen (193).

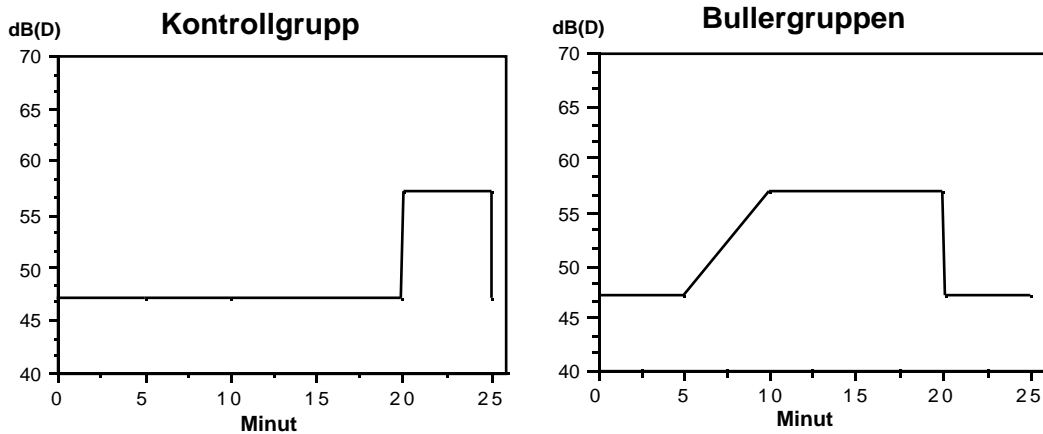
Likartade försök har visat att även aggressivt beteende kan förstärkas av buller både under och efter exponeringen (56).

Vad säger laboratorieförsöken om bullers effekter i arbetsmiljön?

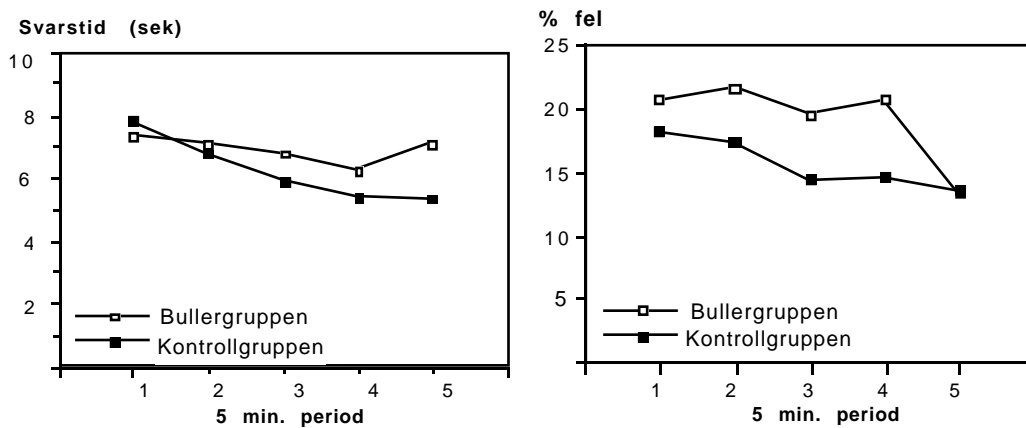
I början av detta kapitel påpekades att forskningen om prestationsförmåga under bullerexponering oftast inte haft som främsta målsättning att uttala sig om risken för försämrat arbetsresultat i riktiga arbetsuppgifter. Målsättningen har i stället varit att belysa hur olika psykiska funktioner belastas av att uppgiften utförs i buller. De här två skilda målsättningarna måste också hållas isär då man diskuterar möjligheten att generalisera resultaten till situationer utanför laboratoriet. I de fall där man i laboratoriet har kunnat visa att buller utgjort en belastning (d v s sänkt prestationsnivån), finns det all anledning att tro att detta även gäller i verkliga arbetsmiljöer. Det är t ex med all säkerhet svårare att tillgodogöra sig en skriven text, om man runt omkring sig har människor som pratar. Däremot är det inte helt självklart att detta också skulle visa sig som en sämre läsförståelse om man på något sätt mätte denna. I arbetet kanske man anstränger mer att kompensera för bullrets ogynnsamma effekter.

Men det är faktiskt långt ifrån självklart att man alltid skulle vara mer motiverad att anstränga sig i arbetet. I laboratorieförsöken vet försökspersonerna att deras prestation kontinuerligt övervakas; detta är lyckligtvis inte normalfallet på riktiga arbetsplatser. De är också i de flesta fall medvetna om att försöket går ut på att utvärdera bullrets effekter på prestation. Erfarenhetsmässigt får detta de flesta försökspersoner att anstränga sig ganska hårt för att prestera bra. Vidare är exponeringstiderna i laboratoriet sällan mer än ett par timmar, medan man i arbetet exponeras åtta timmar om dagen, fem dagar i veckan. Den extra ansträngning som man kan kosta på sig under den korta tiden i laboratoriet, är mindre lämplig som ett långsiktigt sätt att anpassa sig till en bullrig arbetsmiljö. Det som gör att bullereffekterna ändå i flera fall troligen blir mindre i en verklig arbetssituation är att en försämrad prestation där kan få allvarigare konsekvenser i form av olycksfall eller av ekonomisk art.

Figur 13 och 14 visar att även mycket svagt buller under vissa omständigheter kan försämra prestationen även i laboratorieförsök. Figurerna är hämtade från en undersökning av effekten av ventilationsbuller på prestationen i en logisk-verbal uppgift (114). Målsättningen var bland annat att simulera situationen då ventilationen stängs av på ett arbetsrum. Många människor säger nämligen att de inte så ofta tänker på ventilationsbullret, men att det känns väldigt skönt så det stängs av. Detta leder till misstanken att man under dagen har påverkats av bullret utan att



Figur 13. Exponeringsmönster i buller- och kontrollgruppen i ett försök med simulerat ventilationsbuller (114)



Figur 14 Svarstider och antal fel i en logisk-verbal uppgift i buller- och kontrollgruppen (114)

själv ha varit medveten om det. Två grupper jämfördes, en där bullret plötsligt slogs av och en kontrollgrupp där det slogs på (Figur 13). Som framgår av Figur 14 visade svarstiderna att förbättringen av prestationen gick långsammare i buller; bullret ledde alltså till en långsammare inläring av uppgiften. Dessutom minskade antalet fel drastiskt då bullret stängdes av. Den svaga förlängningen av svarstider då bullret slogs av var inte statistiskt säkerställd, och minskningen av felen var dessutom

mycket större än vad en sådan förlängning skulle förväntas medföra. Varför kunde vi påvisa effekter vid en så mycket lägre bullernivå än man har kunnat göra i andra försök? Troligen bland annat för att ingen i bullergruppen trodde att bullret hade något med försöket att göra, eller att vi var särskilt intresserade av deras prestation. Dessutom uppmanades de att arbeta i en bekväm takt utan att hetsa. Det gjorde att försökspersonerna inte försökte kompensera för de negativa effekterna av bullret på samma sätt som de troligen skulle ha gjort om de varit medvetna om att de deltog i ett försök där effekten av buller på prestation under-

söktes. Det är troligt att ett sådant försök bättre än de vanliga bullerexperimenten ger en uppfattning om det normala sättet att anpassa sig till en bullrig arbetsmiljö.

Sammanfattande slutsatser om bullers beteendeeffekter

De viktigaste resultaten från forskningen kring bullers effekter på människors beteende kan sammanfattas på följande sätt:

Risken för att buller försämrar prestationen är speciellt stor i vissa arbetsuppgifter:

- I uppgifter där man utnyttjar akustisk information;
- I mer komplexa uppgifter där stora krav ställs på t ex minne och på samtidig bevakning av flera informationskällor;
- I verbala uppgifter, som alltså kräver att man tar in information via skriven text.

Prestationen i enkla, monotona arbetsuppgifter påverkas vanligen inte alls eller förbättras av buller om detta inte ligger på en mycket hög nivå (>90-95 dB).

Bullrets egenskaper påverkar effekten på prestationen. Bullrets nivå, möjligheten att kontrollera det och dess förutsägbarhet är alla viktiga egenskaper i detta sammanhang. Ovidkommande tal tycks vara särskilt störande, speciellt i verbala uppgifter.

Effekterna blir större ju längre tid arbetet i buller pågår;

Effekterna kan till stor del förklaras av att man anpassar sig till den ökade belastning som bullret skapar genom att välja andra strategier för att genomföra uppgiften. Man tenderar t ex att koncentrera uppmärksamheten på det som uppfattas som viktigast, eller göra en ytligare bearbetning av den inkommande informationen. Man tycks dessutom ofta bli mindre flexibel, man får svårare att byta strategi då uppgiften så kräver.

Den andra viktiga orsaken till prestationsförsämring är att bullret tillfälligt kan vända uppmärksamheten från uppgiften till bullret (distraktion).

Även i de fall där bullret inte påverkat prestationen under exponeringen kan det ha utgjort en belastning och gjort uppgiften mer ansträngande. Detta visar sig i eftereffekter av exponeringen.

Eftereffekterna blir mindre ju mer förutsägbart bullret är och ju större kontroll personen själv har över det.

Buller kan också påverka sociala beteenden som hjälpsamhet och aggressivitet.

5. Fysiologiska reaktioner på buller

Vi har alla erfarenhet av situationer där hjärtat börjat slå snabbare trots att vi inte utfört något fysiskt arbete, eller där vi svettats trots att vi inte varit varma. Dessa och många andra fysiologiska reaktioner kan t ex uppstå då vi känner oss stressade, arga eller generade. Våra reaktioner beror då inte i första hand på situationens fysiska egenskaper utan på hur vi uppfattar den, vilken betydelse den har för oss. Den gren inom psykologin som arbetar med dessa frågor brukar kallas psyko-fysiologi och inom denna forskning har man även ägnat sig åt buller. Jag ska i det här avsnittet ganska kortfattat gå igenom en del resultat från denna psykofysiologiska forskning och även nämna något om fysiologiska reaktioner av annat slag. I första hand tas sådan forskning upp som anknyter till den som behandlats i tidigare avsnitt med förhoppningen att de fysiologiska effekterna ska göra en del av prestations- och upplevelseeffekterna mer begripliga.

Det första avsnittet tar upp de fysiologiska reaktioner som utlöses av att ett buller slås på eller förändras. Det rör sig här om reaktioner som kanske bara varar några sekunder.

Det andra avsnittet tar upp de fysiologiska förändringar som inträffar under och efter en lite längre bullerexponering. Frågan kan här t ex vara om blodtrycket ligger på en högre nivå då man arbetar under buller än annars?

Vi vet att man efter en längre tids exponering för buller i arbetet kan utveckla permanenta hörselskador, men det är naturligtvis tänkbart att buller också skulle kunna påverka hälsan på andra sätt. Sådana mer eller mindre permanenta effekter behandlas kortfattat i det sista avsnittet.

För den intresserade finns ett flertal mer detaljerade översikter över fysiologiska reaktioner och hälsorisker publicerade.

Omedelbara fysiologiska reaktioner på förändringar av bullret

I kapitlet om prestationseffekter påpekades att buller tillfälligt kan få uppmärksamheten att riktas från varje arbetsuppgift, och att denna effekt kan uppstå som följd av varje förändring av bullret (t ex både av att nivån sänks och av att den höjs). Den här reflexmässiga uppmärksamhetsreaktionen på alla typer av förändringar i omvärlden kallas för *orienteringsreaktionen* och innefattar inte bara att ögonen och kroppen riktas mot den del i omgivningen där förändringen skett, utan också en rad fysiologiska reaktioner. Genom EEG-mätningar kan man visa att hjärnan aktiveras. Andra exempel på reaktioner som ingår i orienteringsreaktionen är att pulsen och blodtrycket sänks under några sekunder, pupillen utvidgas, blodflödet i fingrarna minskar och svettkörtelaktiviteten ökar. Den här reaktionen antas öka människans beredskap att ta in ytterligare information om omgivningen och reagera på det som hänt i den. Orienteringsreaktionen och de andra omedelbara fysiologiska reaktioner som här tas upp behandlas i flera översiktsartiklar (78, 230).

Större delen av de förändringar som sker i bullermiljön är utan betydelse för människan som hör dem. De ger henne ingen viktig information, och hon behöver

inte reagera på dem. En viktig egenskap hos orienteringsreaktionen är därför att den försvagas, om en icke betydelsefull förändring upprepas. Man säger att orienteringsreaktionen habituerar. Habitueringen kan ses som en enkel inlärningsprocess, som alltså innebär att vi lär oss att sluta att reagera på sådant som inte är av betydelse för oss. Observera att denna försvagning av reaktionen inte beror på att sinnesorganens känslighet minskat genom exponeringen (detta kan under vissa omständigheter också ske, och brukar då kallas adaptation). Att habituering inte innebär minskad känslighet visas t ex av att även en sänkning av ljudnivån kan leda till att en habituerad orienteringsreaktion återkommer. Habitueringen är alltså något som sker i det centrala nervsystemet och inte i örats sinnesorgan.

För att vi ska kunna klara av en arbetsuppgift utan att bli störda av bakgrundsbullret krävs alltså att vi habituerat till det. Vilka egenskaper hos bullret avgör då hur snabbt denna habituering sker? Allmänt sett krävs att likartade förändringar av bullret inträffar upprepade gånger. Detta innebär alltså att ju mer oförutsägbara förändringarna är, desto mindre är sannolikheten att de upphör att utlösa orienteringsreaktioner. En annan viktig egenskap är ljudnivån. Ju högre nivå, desto längre tid tar det att habituera till bullret. Om det är tillräckligt starkt slutar man kanske aldrig reagera på det (se nedan om försvarsreaktionen). Vidare går habitueringen snabbare ju oftare bullret återkommer; ett buller som återkommer någon gång per dag kanske man aldrig helt habituerar till. Men även om orienteringsreaktionen i ett sådant fall kvarstår, blir andra effekter av detta buller naturligtvis vanligen betydelselösa.

En avgörande egenskap för orienteringsreaktionens styrka och för habituerings-takten är om ljudet förmedlar någon betydelsefull information eller om det är betydelselöst för individen. Man kan alltså förvänta sig att reaktionen på varningssignaler, det egna namnet etc habituerar betydligt långsammare än den på t ex ovidkommande trafikbuller.

Flera av de bulleregenskaper som visat sig vara avgörande för hur störande bullret upplevs och för om bullret ska försämra prestationen, verkar alltså också försvåra habitueringen av orienteringsreaktionen på bullret. Om vi inte habituerar till bullret innebär det ju också att bullret oftare distraherar oss, eller att det åtminstone blir mer ansträngande att genomföra uppgiften utan att låta sig distraheras.

Det står också klart att olika människor habituerar olika snabbt till buller (76) och att t ex ångestneurotiker habituerar långsammare än andra (127). Detta kan därför vara en av orsakerna till de individuella skillnaderna i bullerkänslighet.

Buller på mycket höga nivåer (mer än ca 100 dB) utlöser en annan reaktion, *försvarsreaktionen*, som delvis har ett annat fysiologiskt mönster (t ex pulsökning i st f sänkning). I motsats till orienteringsreaktionen habituerar denna reaktion inte alls eller åtminstone mycket långsamt.

Starkt buller kan också göra att man spritter till (eng. startle), förutsatt att det startar mycket plötsligt, d v s att stigtiden är mycket kort (15). Inte heller denna enkla reflexreaktion på buller kan dock förstås enbart utifrån bullrets fysikaliska egenskaper. Bullrets förutsägbarhet och kontroll över bullret är två återkommande faktorer som också visat sig påverka sprittningsreaktionen (39). Liksom orienteringsreaktionen kan sprittningsreaktionen observeras i en rad fysiologiska mått. De flesta av dessa delkomponenter habituerar mycket snabbt, medan andra kan

kvarstå även efter ett mycket stort antal exponeringar för bullret. Även en van skytt brukar t ex blinka då skottet går av.

De fysiologiska förändringar som ingår i dessa kortvariga reaktioner på buller är vanligen mycket svaga och faller inom den fysiologiska normalvariationen. De är alltså i sig betydelselösa, men som tecken på att bullret fångat personens uppmärksamhet, d v s på att han distraherats av bullret, blir de viktiga. Många av de negativa effekter på arbetsprestationen som man funnit av bullerexponering förefaller kunna förklaras av att bullret utlöst orienteringsreaktioner.

Ihållande fysiologiska reaktioner på buller

Utöver de kortvariga reaktioner som uppstår i samband med att ett buller sätter igång, förefaller de fysiologiska effekterna av buller vara mindre säkra, även på bullernivåer över 85 dB. Man har vanligen funnit att bullret höjt det diastoliska blodtrycket även på ganska måttliga nivåer (5), medan det systoliska trycket ofta visat sig opåverkat. Även andra effekter på hjärt-kärl-systemets funktion har ofta kunnat påvisas, t ex minskad slagvolym och i flera studier har man funnit en minskning av cirkulationen i fingrarna (perifer vasokonstriktion). Pulsen har dock påfallande ofta varit opåverkad. Översikter över dessa cirkulationseffekter ges t ex av Borg (18). Andra fysiologiska effekter som man kunnat iaktta är ökad muskelspänning (187) och störd peristaltik i magsäcken (209). I båda fall har man dock endast iakttagit effekter på mycket höga bullernivåer.

Undersökningar av utsöndringen av "stresshormoner" som kortisol och adrenalin har inte visat några entydiga effekter av buller på måttliga nivåer (5).

I de försök som jag hittills refererat till har man varit intresserad av rena buller-effekter. Man har därför mätt de fysiologiska reaktionerna hos personer som vilat då de utsatts för buller. Det är kanske inte så överraskande att buller under sådana omständigheter inte ger så starka fysiologiska reaktioner. Kanske ställer det sig annorlunda om personerna samtidigt utför en arbetsuppgift som försvåras av bullret?

I en sådan undersökning lät man försökspersonerna utföra räkneuppgifter samtidigt som de utsattes för brusljud på olika nivåer (116). Som förväntat med den typen av buller och uppgift påverkades inte prestationen nämnvärt av bullret. Däremot ökade utsöndringen av adrenalin och noradrenalin då bullernivån var 70 dBA (men inte när den var 55 dBA). Men ett par andra försök visar att det inte är så enkelt att buller på dessa nivåer alltid leder till ökade fysiologiska stressreaktioner under mentalt arbete. Lundberg och Frankenhaeuser (137) lät också sina försökspersoner utföra en huvudräkningsuppgift under låg eller hög bullerexponering. Förutom antalet rätt i uppgiften mättes personernas puls och adrenalin-nivå. Den genomsnittliga prestationen påverkades inte av bullret. Däremot skattade personerna sig som mer ansträngda då uppgiften genomfördes i buller. Bullret utgjorde uppenbarligen en belastning, men personerna anpassade sig till den genom att anstränga sig mer. Detta visade sig också i en ökad utsöndring av adrenalin och i förhöjd puls. Prestationsnivån bibehölls alltså till priset av en ökad fysiologisk stressnivå. Ett annat försök av Frankenhaeuser & Lundberg (71) var upplagt så att försökspersonerna blev lite mindre ambitiösa i uppgiften. Resultatet blev då också det motsatta; bullret försämrade prestationen, medan det lämnade

adrenalinutsöndringen opåverkad. I den situationen valde alltså personerna att undvika stressreaktioner till priset av en försämrad prestation.

Även när det gäller de fysiologiska stressreaktionerna, har det visat sig att effekten minskar om man har möjlighet att själv kontrollera bullernivån. I ett annat experiment av Lundberg & Frankenhaeuser (137) utsattes de ena gruppen för buller som de hade kontroll över, medan den andra gruppen exponerades för exakt samma buller utan att ha kontroll över det. Gruppen utan kontroll visade kraftigare fysiologiska stressreaktioner, t ex större ökning av pulsen, än den andra gruppen.

Betydelsen av kontroll framgår också i undersökningar av de fysiologiska eftereffekterna av buller. I en sådan undersökning lät man försökspersonerna lösa en problemlösningsuppgift, efter det att de i en halvtimme utsatts för intermitterande buller (21). Den ena gruppen hade en viss kontroll över bullret, medan den andra utsattes för exakt samma buller utan att ha någon kontroll över det. ACTH-nivån (ett "stresshormon") låg högre i gruppen som utsatts för okontrollerat buller så länge som 75 minuter efter det att bullret upphört. Några senare mätningar utfördes inte.

Visst stöd finns också för att vissa biokemiska reaktioner på buller och reaktioner i hjärt-kärl-systemet kan påverkas av att människan samtidigt utsätts för andra belastningar i den fysiska miljön som t ex vibrationer och värme (138).

Man har även kunnat iaktta att buller ibland kan leda till kroppsliga besvär av mer övergående natur, t ex huvudvärk. I en studie av personer som ofta led av huvudvärk angav t ex 90% att de försökte undvika buller för att minska risken för huvudvärksattacker (169).

En välkänd effekt av buller är att det kan störa sömnen. Detta är naturligtvis av begränsat intresse ur arbetsmiljösynpunkt. Intressantare är att man i ett par mindre undersökningar funnit att bullerexponering under dagen kan störa sömnen under efterföljande natt (14, 72). Fler och mer omfattande undersökningar krävs dock för att belägga denna eftereffekt av buller på nattsömnen.

Infra- och ultraljud Effekten av infraljud (<20 Hz) på fysiologiska funktioner har varit omdiskuterad. Många har uttryckt tvivel på att några egentliga effekter uppstår under de nivåer som kan ge rent mekaniska effekter på t ex innerörat (152). Ulf Landström och hans medarbetare i Umeå har dock i ett flertal EEG-försök visat att infraljud påverkar vakenhetsnivån, men att denna effekt bara uppstår om infraljudet är så starkt att man kan höra det (131).

Även effekterna av ultraljud är mycket omdiskuterade. I slutet av 40-talet uppmärksammades t ex att vissa typer av besvär var särskilt förekommande bland flygpersonal som arbetade i närheten av jetmotorer. De vanligaste symptomen var trötthet, huvudvärk, yrsel och illamående. Eftersom man antog att de mycket höga frekvenserna i flygbullret orsakade besvären gavs de beteckningen "ultraljudssjukan". Men det är fortfarande osäkert om dessa besvär verkligen orsakats av ultraljud och inte någon av alla de andra belastningarna som dessa arbetare är utsatta för. Ingen förklaring har heller kunnat ges till hur sådana effekter skulle kunna uppstå och man vet heller inte något om eventuella effekter av långvarig exponering för sådant högfrekvent buller (2, 3, 195).

Sammanfattningsvis är det fortfarande tveksamt om infra- eller ultraljud utom vid mycket höga nivåer ger effekter som skiljer sig från effekterna av annat buller.

Bullers hälsoeffekter

Den viktigaste hälsoeffekten av buller är naturligtvis hörselskador. I det fallet är det också relativt lätt att konstatera, att det föreligger ett orsakssamband mellan bullret och skadan. Men buller är också en av många stressfaktorer, och kan som nämnts åtminstone leda till övergående fysiologiska reaktioner. Därmed skulle buller också kunna tänkas öka risken för psykosomatiska sjukdomar, d v s fysiska sjukdomar vars uppkomst man tror delvis beror på upprepade och långvariga stresstillstånd (t ex högt blodtryck, hjärtinfarkt och magsår). Men i dessa fall är det inte lika lätt som vid hörselskador, att belägga att bullerexponeringen verkligen bidragit till sjukdomstillståndet. Den som exponeras för buller är ju alltid även utsatt för andra belastningar som skulle kunna få samma effekter.

Studier av medicinska symptom eller läkemedelskonsumtion har ibland visat en överfrekvens bland dem som utsätts för starkt buller i arbetet eller hemmet. Men resultaten har skilt sig mellan olika studier och har varit svårtolkade eftersom det är mycket svårt att kontrollera för effekten av andra belastningsfaktorer.

Det är väl belagt att man i djurexperiment kan framkalla permanent blodtrycksförhöjning (hypertension) genom att utsätta djuren för mycket långvarig bullerstimulering. Flera epidemiologiska studier av yrkesgrupper som exponeras för höga bullernivåer har också funnit att dessa grupper löper en större risk att utveckla hypertension. Man fann också i en studie att antalet hypertensiva var fler bland hörselskadade än bland normalhörande (109). Men inte heller i detta fall har resultaten från de epidemiologiska studierna varit alldeles entydiga och bullernivåerna har dessutom genomgående legat mycket högt, över 85 dB(A) (se översikter i (36, 48, 241)). Att effekter kan uppstå vid lägre nivåer antyds av att man även funnit samband mellan bullerexponering och sjukdomar i hjärt-kärl-systemet i en undersökning av bostadsområden som utsätts för flygplansbuller. I en sådan undersökning fann t ex att risken för hypertension var ungefär 40% högre i de områden som hade de högsta bullernivåerna jämfört med de mindre drabbade områdena (118, 119). Ett skäl till att man inte alltid funnit att buller ökar risken för högt blodtryck kan vara att inte alla typer av buller är lika farliga i det här avseendet. Det är t ex möjligt att impulsljud har större effekt än kontinuerligt buller (23).

I en stor svensk epidemiologisk studie undersökte man hur olika faktorer i arbetsmiljön påverkar risken för hjärtinfarkt (4). De fann att varken starkt buller eller uppdrivet arbetstempo tagna var för sig påverkade denna risk. Däremot visade det sig att de som i sitt arbete utsattes för båda dessa belastningar löpte större risk att få hjärtinfarkt.

Om bullret upplevs som mycket störande är det också tänkbart att en mycket långvarig exponering skulle kunna orsaka eller förvärra psykiska problem. Det finns också epidemiologiska studier som har tolkats som stöd för detta (se översikter i (29, 43)). Men man har ännu mindre än för de somatiska sjukdomarna kunnat visa att dessa skillnader verkligen beror på de skilda bullernivåerna. Ett bland många problem är att hörselskador kan leda till psykiska störningar som en följd av den sociala isolering som skadan kan skapa (29, 43, 147). Vad som förefaller någorlunda välbelagt är att personer som är särskilt störda av bullret (och av andra förhållanden) även visar fler psykiatriska symptom än andra (210).

De hälsoundersökningar som gjorts för att studera effekten av lägre bullernivåer har vanligen gällt bullriga bostäder och inte arbetsmiljöer. Svårigheterna att demonstrera ett orsakssamband mellan buller och ohälsa är här ännu större än i arbetsplatsstudierna. Det är dessutom inte alls självklart att det går att överföra resultat från undersökningar av bostäder till arbetsmiljön. I bostäder blir t ex sömnstörningar en mycket viktig effekt, som i sin tur kan få medicinska följder.

Sammanfattning av fysiologiska reaktioner på buller och långsiktiga hälsorisker

Plötsliga förändringar i bullermiljön utlöser orienteringsreaktioner, som innefattar en rad kortvariga fysiologiska förändringar.

Orienteringsreaktionen innebär att uppmärksamheten riktas mot bullret, och den avtar i styrka (habituerar) om förändringen upprepas.

Habitueringen går långsammare till mycket starka, sällan förekommande eller meningsfulla ljud.

Buller kan utlösa mer långvariga fysiologiska reaktioner (hormonutsöndring, förhöjt blodtryck) som är tecken på stress. Detta inträffar framför allt då personen försöker prestera lika bra som normalt trots bullret.

Långvarig bullerexponering för starkt buller kan troligen leda till permanent förhöjning av blodtrycket. Hårt bullerexponerade visar ofta även andra tecken på ohälsa, men dessa har varit ännu svårare att knyta till bullerexponeringen.

6. Avslutande kommentarer och sammanfattning

Buller kan inte bara ge hörselskador. Det kan irritera oss och göra det svårare för oss att genomföra våra arbetsuppgifter och andra aktiviteter. Det kan också ge upphov till en rad mer eller mindre långvariga fysiologiska reaktioner. Genomgången har visat att, oavsett om vi ser på bullers effekter på upplevelse, beteende eller fysiologi, så är det ett antal egenskaper hos bullret och situationen i övrigt som är särskilt viktiga för effektens styrka:

Bullernivån är i de flesta fall avgörande för människans reaktioner på bullret. Även svaga buller kan visserligen vara mycket störande, men effekten förstärks nästan alltid då nivån höjs. Men i två fall förefaller nivån att vara av underordnad betydelse; störningen från ovidkommande tal påverkas ganska lite av ljudnivån liksom eftereffekterna av bullerexponering.

Variabilitet, predicerbarhet, kontroll Oföränderligt, kontinuerligt buller påverkar oss vanligen mindre än buller som varierar i nivå och frekvensinnehåll. Inte heller varierande buller behöver få så stora effekter om förändringarna är förutsägbara. Än mindre blir effekten om det är vi själva som har kontroll över när förändringarna ska inträffa. För eftereffekterna av bullerexponering, trötthets-effekterna, är graden av förutsägbarhet och kontroll av avgörande betydelse.

Meningsfullhet Andra människors tal och andra meningsfulla ljud fångar lättare vår uppmärksamhet än meningslösa ljud och stör därför också mer. Ljudets fysikaliska egenskaper blir i dessa fall av underordnad betydelse jämfört med informationsinnehållet i bullret. Att ovidkommande tal är speciellt störande beror dock inte bara på informationsinnehållet. Även obegripligt tal är mer störande än brusljud. Speciellt stora svårigheter uppstår vid läsning och andra aktiviteter som innebär att man ägnar sig åt inre tal.

Typ av arbetsuppgift Vilken effekt bullret har på oss beror till stor del på vad vi sysslar med, eller skulle vilja syssla med, under exponeringen. Vissa uppgifter klarar vi t o m bättre då det bullrar, i andra klarar vi oss lika bra som annars, och i några gör bullret det svårare för oss att genomföra uppgiften. Positiva effekter kan buller främst få i långa monotona bevakningsuppgifter genom att det gör det lättare för oss att hålla oss vakna. Negativa effekter uppstår framför allt i långvariga, mer komplexa uppgifter, som kräver att vi samtidigt tar hänsyn till information från flera håll. Bullret kan också göra det svårare att klara en uppgift genom att hindra oss från att uppfatta viktig akustisk information (maskering).

Att bullret försvårar en uppgift innebär inte nödvändigtvis att prestationen försämras. Genom att anstränga sig mer än normalt lyckas man ofta upprätthålla

prestationsnivån. Effekten kan då i stället visa sig som en ökad upplevd ansträngning, i fysiologiska stressreaktioner och som trötthetseffekter efter exponeringen.

Människor reagerar olika starkt på ett visst buller. Dessa skillnader avspeglar bara till en mindre del skillnader i allmän bullerkänslighet. Till större del beror de på att människorna ägnar sig åt olika aktiviteter och att deras tillfälliga tillstånd varierar (trötthet, dåligt humör etc).

Vilka konsekvenser får nu detta för den som ska utvärdera icke hörselskadande buller på en arbetsplats? Eftersom bullrets fysikaliska egenskaper delvis bestämmer vilka störningseffekter som ett visst buller kan förväntas ge, säger naturligtvis en teknisk bullermätning en del om störningsrisken. Men ett problem är hur denna mätning ska gå till. Vi vet att det vanliga dB(A)-mättet i många fall är grovt missvisande, men vi kan inte säkert säga vilken av den uppsjö av andra föreslagna metoder som man bör använda i stället.

Även om vi lyckades finna det bästa sättet att väga ihop de olika fysikaliska bulleregenskaperna, så kvarstår problemet att människors reaktioner på buller till stor del avgörs av helt andra faktorer. En bullermätare kommer aldrig att kunna ta hänsyn till människors attityder, anspråksnivåer, typ av arbetsuppgift etc. Det mesta vi kan hoppas på i detta fall är att man lyckas utarbeta ett standardiserat och lätthanterligt sätt att systematiskt samla in sådan information. Till dess att vi fått en sådan metod för bedömning av störningsrisken är det viktigt att vi betraktar våra mätvärden med kritisk blick och lägger stor vikt vid de exponerade människornas bedömning av bullret.

Sammanfattning

Inte bara hörselskador. Psykologiska effekter av buller i arbetsmiljön
Kjellberg, A
Arbete och Hälsa 1990:36

Rapporten ger en översikt över forskningen kring bullers subjektiva, beteendemässiga och fysiologiska effekter med betoning på den forskning som har relevans för bullerproblemen på arbetsplatser. Bulleregenskaper och andra faktorer som påverkar dessa bullereffekter diskuteras. Målsättningen är att ge ett bättre underlag för dem som arbetar med de problem som skapas av buller under hörsel-skadande nivåer.

Nyckelord: Buller, upplevelse, prestation, psykofysiologi, översikt

Summary

Not just hearing damage. Psychological effects of noise in the working environment
Kjellberg, A
Arbete och Hälsa 1990:36

This report reviews the research on subjective, behavioral and psychophysiological effects of noise with an emphasis on research relevant for noise problems in the working environments. Noise characteristics and other factors which influence these effects of noise are discussed. The aim is to provide a better empirical basis for those who work with problems of noise at levels below that which causes hearing damage.

Key words: Noise, subjective responses, performance, psychophysiology, review

Referenser: Översikter över bullereffekter

5. Andrén L, Hansson L, Björkman M, Jonsson A, Borg K O. Hemodynamic and hormonal changes induced by noise. *Acta Med Scand*, 625(1978) 13-18.
11. Berrien F K. The effects of noise. *Psychol Bull*, 43(1946) 141-161.
18. Borg E. Physiological and pathogenic effects of sound. *Acta Otolaryngol.*, 1981 (Suppl. 381).
20. Borsky P N. Review of community response to noise. In Tobias J V, Jansen G and Ward W D (Ed), *Proceedings of the Third International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 453-474. ASHA Reports 10, Rockville, Maryland 1980.
28. Broadbent D E. Human performance and noise. In Harris C M (Ed), *Handbook of noise control*, pp 17:1-17:20. McGraw-Hill, New York 1979.
30. Broadbent D E. Recent advances in understanding performance in noise. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 719-738. Centro ricerche e studi amplifon, Milano 1983.
32. Broner N. The effects of low frequency noise on people - a review. *J Sound Vibr*, 58(1978) 483-500.
36. Clark C R. The effects of noise on health. In Jones D M and Chapman A J (Ed), *Noise and society*, pp 111-124. John Wiley, Chichester 1984.
40. Cohen S. Environmental load and the allocation of attention. In Baum A, Singer J E and Valins S (Ed), *Advances in environmental psychology*, Erlbaum, Hillsdale, N J 1978.
41. Cohen S. Aftereffects of stress on human performance and social behavior: A review of research and theory. *Psychol Bull*, 88(1980) 82-108.
43. Cohen S, Glass D C, Phillips S. Environment and health. In Freeman H E, Levine S and Reeder L G (Ed), *Handbook of medical sociology*, pp 134-149. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 1979.
47. Cohen S, Spacapan S. The social psychology of noise. In Jones D M and Chapman A J (Ed), *Noise and society*, pp 221-245. Wiley, Chichester 1984.
48. Cohen S, Weinstein N. Nonauditory effects of noise on behavior and health. *J Soc Issues*, 37(1981) 36-70.
53. Davies D R, Jones D M. Hearing and noise. In Singleton W T (Ed), *The body at work. Biological Ergonomics*, pp 365-411. Cambridge University Press, Cambridge 1982.
54. Davies D R, Jones D M. Noise and efficiency. In Tempest W (Ed), *The noise handbook*, Academic Press, New York 1985.
76. Glass D C, Singer J E. *Urban stress: experiments on noise and social stressors*. Academic Press, New York 1972.
94. Hockey G R J. The effects of noise on human work efficiency. In May D N (Ed), *Handbook of noise assessment*, pp 335-371. Van Nostrand, New York 1978.
103. Jones D. Progress and prospects in the study of performance in noise. In Berglund B and Lindvall T (Ed), *Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a public Health Problem*. Vol. 3, pp 383-400. Swedish Council for Building Research, Stockholm 1990.
106. Jones D M, Broadbent D E. Noise. In Salvendy G (Ed), *Handbook of human factors*, pp 623-649. Wiley, New York 1987.
107. Jones D M, Davies D R. Individual and group differences in the response to noise. In Jones D M and Chapman A J (Ed), *Noise and society*, pp 125-153. Wiley, Chichester 1984.
120. Koelega H S, Brinkman J A. Noise and vigilance: An evaluative review. *Hum Factors*, 28(1986) 465-481.
123. Kryter K D. The effects of noise on man. *J Speech Hearing Disord*, 1950) (Monogr Suppl 1).
124. Kryter K D. *The effects of noise on man*. Academic Press, New York 1985.

136. Loeb M. Noise and human efficiency. John Wiley, Chichester 1986.
138. Manninen O. A review of exposure combinations including noise: The meaning of complex exposure. In G R (Ed), Proceedings of the 4th International Congress on Noise as a Public Health Problem, pp 637-659. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Turin 1983.
142. May D N. Basic subjective responses to noise. In May D N (Ed), Handbook of noise assessment, pp 334-371. Van Nostrand, New York 1978.
147. McLean E K, Tarnopolsky A. Noise, discomfort and mental health. A review of the socio-medical implications of disturbance by noise. Psychol Med, 7(1977) 19-62.
153. Molino J A. Annoyance and noise. In Harris C M (Ed), Handbook of noise control, McGraw-Hill, New York 1979.
171. Poulton E C. Arousing environmental stresses can improve performance, whatever people say. Aviat Space, Environ Med, 47(1976) 1193-1204.
172. Poulton E C. Continuous noise interferes with work by masking auditory feedback and inner speech. Appl Ergonomics, 7(1976) 79-84.
173. Poulton E C. Continuous intense noise masks auditory feedback and inner speech. Psychol Bull, 84(1977) 977-1001.
184. Scharf B. Fundamentals of auditory masking. Audiol, 10(1971) 30-40.
185. Scharf B. Loudness. In Carterette E C and Friedman M P (Ed), Handbook of perception, Academic Press, New York 1978.
197. Smith A. A review of the effects of noise on human performance. Scand J Psychol, 30(1989) 185-206.
200. Smith A, Ottman W. Einfluss von Umgebungsfaktoren auf die psychische Leistung. In Kleinbeck U and Rutenfranz J (Ed), Arbeitspsychologie, pp 304-359. Verlag von Psychologie, Dr CJ Hogrefe, Göttingen 1987.
214. Tarnopolsky A, Clark C. Environmental noise and mental health. In Freeman H (Ed), Mental health and the environment, pp 250-270. Church & Livingstone, London 1984.
224. Webster J C. Noise and communication. In Jones D M and Chapman A J (Ed), Noise and society, pp 185-220. John Wiley, New York 1984.
230. Westman J C, Walters J R. Noise and stress: a comprehensive approach. Environ Health Perspect, 41(1981) 291-309.
236. Wilkins P A, Acton W I. Noise and accidents - a review. Ann Occup Hyg, 25(1982) 249-260.
241. Åhrlin U, Öhrström E. Medical effects of environmental noise on humans. J Sound Vibr, 59(1978) 79-87.

Referenser: Övrigt

1. Abramson L Y, Seligman M E P, Teasdale J D. Learned helplessness in humans: critique and reformulation. J Abnorm Psychol, 87(1978) 49-74.
2. Acton W I. The effects of airborne ultrasound and near ultrasound. In Ward W D (Ed), Proceedings of the Second International Congress on Noise as a Public Health Problem, pp 349-359. US Environmental Protection Agency, Arlington Virginia 1973.
3. Acton W I, Carson M B. Auditory and subjective effects of airborne noise from industrial ultrasonic sources. Br J Ind Med, 24(1967) 297-304.
4. Alfredsson L, Karasek R, Theorell T. Myocardial infarction risk and psychosocial work environment: An analysis of the male Swedish working force. Soc Sci Med, 16(1982) 463-467.

6. Aniansson G, Björkman M. Traffic noise annoyance and speech intelligibility in persons with normal and persons with impaired hearing. *J Sound Vibr*, 88(1983) 99-106.
7. Aniansson G, Pettersson K, Peterson Y. Traffic noise annoyance and noise sensitivity in persons with normal and impaired hearing. *J Sound Vibr*, 88(1983) 85-97.
8. Arbetskyddsstyrelsen. Buller. Arbetskyddsstyrelsen, Solna, Sweden 1986: AFS 1986:15.
9. Bell P A. Effects of noise and heat stress on primary and subsidiary task performance. *Hum Factors*, 20(1978) 749-752.
10. Benton S, Leventhall H G. The effect of auditory processing on the development of low level low frequency noise criteria. *J Low Freq Noise Vibr*, 1(1982) 97-108.
12. Blackwell P J, Belt J A. Effect of differential levels of ambient noise on vigilance performance. *Percept Motor Skills*, 32(1971) 734.
13. Blechman E L, Dannemiller E A. Effects on performance of perceived control over noxious noise. *J Consult Clin Psychol*, 44(1976) 601-607.
14. Blois R, Debilly G, Mouret J. Daytime noise and its subsequent sleep effects. In Tobias J V, Jansen G D and Ward W D (Ed), *Proceedings of the Third International Conference on Noise as a Public Health Problem*, pp 425-431. ASHA Reports 10, Rockville, Maryland 1980.
15. Blumenthal T D, Berg W K. Stimulus rise time, intensity, and bandwidth effects on acoustic startle amplitude and probability. *Psychophysiol*, 23(1986) 635-641.
16. Boggs D H, Simon D R. Differential effect of noise on tasks of varying complexity. *J Appl Psychol*, 52(1968) 148-153.
17. Bohlin G. Monotonous stimulation, sleep onset and habituation of the orienting reaction. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 31(1971) 593-601.
19. Borsky P N. The influence of fear on community annoyance with aircraft noise. The 2nd interagency symposium on university research in transportation noise. Raleigh, North Carolina 1974.
21. Breier A, Albus M, Pickar D, Zahn T P, Wolkowitz O M, Paul S M. Controllable and uncontrollable stress in humans: alterations in mood and neuroendocrine and psychophysiological function. *Am J Psychiat*, 144(1987) 1419-1425.
22. Brewer V W, Briess F B. Industrial noise: laryngeal considerations. *NY State J Med*, 60(1960) 1737-1740.
23. Brini D, Ratti R, Torricelli P A, Cirila A M. Epidemiological study of the prevalence of arterial hypertension in subjects exposed to continuous and impulse noise. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 671-675. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano 1983.
24. Broadbent D E. Effects of noises of high and low frequency on behaviour. *Ergonomics*, 1(1957) 21-29.
25. Broadbent D E. *Decision and stress*. Academic, London 1971.
26. Broadbent D E. Noise and the details of experiments: a reply to Poulton. *Appl Ergonomics*, 7(1976) 231-235.
27. Broadbent D E. The current state of noise research: reply to Poulton. *Psychol Bull*, 85(1978) 1052-1067.
29. Broadbent D E. Noise in relation to annoyance, performance, and mental health. *J Acoust Soc Am*, 68(1980) 15-17.
31. Broadbent D E, Little E A J. Effects of noise reduction in a work situation. *Occup Psychol*, 34(1960) 133-140.
33. Brüel P V. Do we measure damaging noise correctly? *Noise Control Engin*, 8(1977) 52-60.
34. Bullen R B, Hede A J, Kyriacos E. Reaction to aircraft noise in residential areas around Australian airports. *J Sound Vibr*, 108(1986) 199-225.

35. Cavanaugh W J, Farrell W R, Hirtle P W, Watters B G. Speech privacy in buildings. *J Acoust Soc Am*, 34(1962) 475-492.
37. Cohen A. Industrial noise and medical, absence, and accident record data on exposed workers. In Ward W (Ed), *Proceedings of the Second International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 441-453. US Environmental Protection Agency, Washington 1973.
38. Cohen A. The influence of a company hearing conservation program on extra-auditory problems in workers. *J Safety Res*, 8(1976) 146-162.
39. Cohen M E, Cranney J, Hoffman H S. Motor and cognitive factors in the modification of a reflex. *Percept Psychophys*, 34(1983) 214-220.
42. Cohen S, Evans G W, Krantz D S, Stokols D. Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children. *Am Psychol*, 35(1980) 231-243.
44. Cohen S, Glass D C, Singer J E. Apartment noise, auditory discrimination, and reading ability in children. *J Exp Soc Psychol*, 9(1973) 407-422.
45. Cohen S, Krantz D S, Evans G W, Stokols D. Cardiovascular and behavioral effects of community noise. *Am Scientist*, 69(1981) 528-535.
46. Cohen S, Lezak A. Noise and inattentiveness to social cues. *Environ. Beh.*, 9(1977) 559-572.
49. Colle H A. Auditory encoding in visual short-term recall: effects of noise intensity and spatial location. *J Verbal Learning Verbal Beh*, 19(1980) 722-735.
50. Dae S, Wilding J M. Effects of high intensity white noise on short-term memory for position in a list and sequence. *Br J Psychol*, 68(1977) 335-349.
51. Davies A D M, Davies D R. The effect of noise and time of day upon age differences in performance of two checking tasks. *Ergonomics*, 18(1975) 321-336.
52. Davies D R, Jones D M. The effects of noise and incentives upon attention in short-term memory. *Br J Psychol*, 66(1975) 61-68.
55. Dodd B. The role of vision in the perception of speech. *Perception*, 6(1977) 31-40.
56. Donnerstein E, Wilson D W. Effects of noise and perceived control on ongoing and subsequent aggressive behavior. *J Person Soc Psychol*, 34(1976) 774-781.
57. Dornic S. Physical noise vs semantic noise: the effect on information processing. (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 739-756. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano 1983.
58. Dornic S, Fernaeus S E. Type of processing in high-load tasks: the differential effect of noise. Department of Psychology, Stockholm 1981: Report no. 576.
59. Dornic S, Sarnecki M M, Larsson T J, Svensson J C. Performance and perceived difficulty: the effect of noise and distraction. Institute of Applied Psychology, University of Stockholm 1974: Report No 51.
60. Easterbrook J A. The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychol Rev.*, 66(1959) 183-201.
61. Eguchi S, Hirsh I J. Development of speech sounds in children. *Acta Otolaryngol*, 51(1969) (Suppl 257).
62. Ely D J. Aversiveness without pain: potentiation of imaginal and auditory effects of blackboard screeches. *Bull Psychonomic Soc*, 6(1975) 295-296.
63. Eysenck H J. *The biological basis of personality*. Thomas, Springfield 1967.
64. Eysenck M. Effects of noise, activation level, and response dominance on retrieval from semantic memory. *J Exp Psychol: Hum Learning Memory*, 104(1975) 143-148.
65. Eysenck M. *Attention and arousal*. Springer, Heidelberg: 1982.

66. Fagerström K O, Lisper H O. Effects of listening to car radio, experience and personality of the driver on subsidiary reaction time and heart rate in a long-term driving task. In Mackie R R (Ed), *Vigilance: theory, operational performance, and physiological correlates*, pp 73-86. Plenum, New York 1977.
67. Fidell S, Teffeteller S. Scaling the annoyance of intrusive sounds. *J Acoust Soc Am*, 78(1981) 291-298.
68. Finkelman J M, Zeitlin L R, Romoff R A, Friend M A, Brown L S. Conjoint effects of physical stress and noise stress on information processing performance and cardiac response. *Hum Factors*, 21(1979) 1-6.
69. Fletcher H, Munson W A. Loudness, its definition, measurement and calculation. *J Acoust Soc Am*, 5(1933) 82-108.
70. Foss J A, Ison J R, Torre J P, Wansack S. The acoustic startle response and disruption of aiming: II. Modulation by forewarning and preliminary stimuli. *Hum Factors*, 31(1989) 319-333.
71. Frankenhaeuser M, Lundberg U. The influence of cognitive set on performance and arousal under different noise loads. *Motivat Emot*, 1(1977) 139-149.
72. Fruhstorfer B, Fruhstorfer H, Grass P, Milerski H G, Sturm G, Weseman W, Wiesel D. Daytime noise and subsequent night sleep: interference with sleep patterns, endocrine functions and serotonergic system. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 1015-1018. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano 1983.
73. Fuller H C, Robinson D W. Temporal variables in the assessment of an experimental noise environment. *NPL Acoustics, British A R C 1975: Rept Ac-72*.
74. Gardner G T. Effects of federal human subjects regulations on data obtained in environmental stressor research. *J Person Soc Psychol*, 36(1978) 628-634.
75. Geen R G. Preferred stimulation levels in introverts and extraverts: Effects on arousal and performance. *J Person Soc Psychol*, 46(1984) 1303-1312.
77. Graeven D B. Necessity, control and predictability of noise as determinants of noise annoyance. *J Soc Psychol*, 95(1975) 86-90.
78. Graham F K. Distinguishing among orienting, defense, and startle reflexes. In Kimmel H D, van Holst E H and Orleke J F (Ed), *The orienting reflex in humans*, pp 137-167. Lawrence Erlbaum, New York 1979.
79. Griffiths I D, Delanzun F R. Individual differences in sensitivity to traffic noise: An empirical study. *J Sound Vibr*, 55(1977) 93-107.
80. Grimaldi J V. Sensori-motor performance under varying noise conditions. *Ergonomics*, 2(1958) 34-48.
81. Gunn W J, Shigehisa T, Shepherd W T. Annoyance response to spectrally modified recorded aircraft noise during television viewing. *J Audit. Res*, 17(1977) 241-249.
82. Halpern D L, Blake R, Hillenbrand J. Psychoacoustics of a chilling sound. *Percept Psychophysics*, 39(1986) 77-80.
83. Hamilton P, Copeman A. The effect of alcohol and noise on components of a tracking and monitoring task. *Br J Psychol*, 61(1970) 149-156.
84. Harris C S. The effects of different types of acoustic stimulation on performance. In Ward W D (Ed), *Proceedings of the Second International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Environmental Protection Agency, Washington, DC 1973.
85. Harris C S, Schoenberger R W. Combined effects of broadband noise and complex waveform vibration on cognitive performance. *Aviat Space Environ Med*, 51(1980) 1-5.
86. Hartley L, Dunne M, Schwartz S, Brown J. Effect of noise on cognitive strategies in a sentence verification task. *Ergonomics*, 29(1986) 607-617.
87. Hartley L R. Effect of prior noise or prior performance on serial reaction. *J Exp Psychol*, 101(1973) 255-261.

88. Hartley L R. Performance during continuous and intermittent noise and wearing ear protection. *J Exp Psychol*, 102(1974) 512-516.
89. Higgins A T, Turnure J E. Distractability and concentration of attention in children's development. *Child Dev*, 55(1984) 1799-1810.
90. Hiramatsu K, Tagaki K, Yamamoto T, Ikeno J. The effect of sound duration on annoyance. *J Acoust Soc Jap*, 29(1976) 225-234.
91. Hockey G R J. Effect of loud noise on attentional selectivity. *Quart J Exp Psychol*, 22(1970) 28-36.
92. Hockey G R J. Signal probability and signal location as possible bases for increased selectivity in noise. *Quart J Exp Psychol*, 22(1970) 37-42.
93. Hockey G R J. Changes in information selection patterns in multisource monitoring as a function of induced arousal shifts. *J Exp Psychol*, 101(1973) 35-42.
95. Hockey G R J. Stress and the cognitive components of skilled performance. In Hamilton V and Warburton D M (Ed), *Human stress and cognition*, pp 141-177. Wiley, New York 1979.
96. Hockey G R J, Hamilton P. Arousal and information selection in short-term memory. *Nature*, 226(1970) 866-867.
97. Hockey G R J, Hamilton P. The cognitive patterning of stress states. In Hockey G R J (Ed), *Stress and fatigue in human performance*, Wiley, Chichester 1983.
98. Holding D H, Loeb M, Baker M A. Effects and aftereffects of continuous noise and computation work on risk and effort choices. *Motivat Emot*, 7(1983) 331-344.
99. Hörmann H, Osterkamp J. Über den Einfluss von kontinuierlichem Lärm auf die Organisation von Gedachtnisinhalten. *Z Exp Angew Psychol*, 13(1966) 31-38.
100. International Standardization Organization. Normal and equal loudness contours for pure tones and threshold of hearing under free-field listening conditions. ISO, Geneva 1961: ISO/R 226-1961.
101. Jerison H J. Effects of noise on human performance. *J Appl Psychol*, 43(1959) 96-101.
102. Johansson B, Kylin B, Reopstorff S. Evaluation of the hearing damage risk from intermittent noise according to ISO recommendations. In Ward W D (Ed), *Proceedings of the Second International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 201-210. US Environ Protection Agency, Washington, DC 1973.
104. Jones D M. Loud noise and levels of control: A study of serial reaction. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 809-817. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano 1983.
105. Jones D M, Broadbent D E. Side effects of interference with speech by noise. *Ergonomics*, 22(1979) 1073-1081.
108. Jones D M, Smith A P, Broadbent D E. Effects of moderate intensity noise on the Bakan vigilance task. *J Appl Psychol*, 64(1979) 627.
109. Jonsson A, Hansson L. Prolonged exposure to a stressful stimulus (noise) as a cause of raised blood-pressure in man. *Lancet*, (1977) 86-87.
110. Keighley E C. Acceptability criteria for noise in large offices. *J Sound Vibr*, 11(1970) 83-93.
111. Kerr W A. Accident proneness of factory departments. *J Appl Psychol*, 34(1950) 167-170.
112. Kjellberg A, Goldstein M. Loudness assessment of band noise of varying bandwidth and spectral shape An evaluation of various frequency weighting networks. *J Low Freq Noise Vibr*, 4(1985) 12-26.
113. Kjellberg A, Sköldström B. Noise annoyance during the performance of different non-auditory tasks. Göteborg: 1990:

114. Kjellberg A, Wide P. Effects of simulated ventilation noise on performance of a grammatical reasoning task. In Berglund B, Berglund U, Karlsson J and Lindvall T (Ed), Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a public Health Problem. Vol. 3, pp 31-36. Bygghälsöförskningsrådet, Stockholm 1988.
115. Klein K, Beith B. Re-examination of residual arousal as an explanation of aftereffects: frustration tolerance versus response speed. *J Appl Psychol*, 70(1985) 642-650.
116. Klotzbücher E. Zum Einfluss des Lärms auf Leistung bei geistiger Arbeit und ausgewählte physiologische Funktionen. *Int Arch Occup Environ Health*, 37(1976) 139-155.
117. Klotzbücher E, Fichtel K. Zum Einfluss des Lärms auf die optische Signalerkennung. *Ergonomics*, 22(1979) 919-926.
118. Knipschild P. V. Medical effects of aircraft noise: Community cardiovascular survey. *Int Arch Occup Environ Health*, 40(1977) 185-190.
119. Knipschild P. VI. Medical effects of aircraft noise: General practice survey. *Int Arch Occup Environ Health*, 40(1977) 191-196.
121. Kohfeld D L, Goedecke D W. Intensity and predictability of background noise as determinants of simple reaction time. *Bull PsychonomSoc*, 12(1978) 129-132.
122. Krenauer M, Schönplüg W. Regulation und Fehlregulation im Verhalten III : Zielsetzung und Ursachenbeschreibung unter Belastung. *Psychol Beitr*, 22(1980) 414-431.
125. Kryter K D, Pearson K S. Judged noisiness of a band of random noise containing an audible pure tone. *J Acoust Soc Am*, 38(1965) 106-112.
126. Kuwano S, Namba S, Nakajima Y. On the noisiness of steady state and intermittent noises. *J Sound Vibr*, 72(1980) 87-96.
127. Lader M. The psychophysiology of anxious and depressed patients. In Fowles D C (Ed), *Clinical applications of psychophysiology*, pp 12-41. Columbia University Press, New York 1975.
128. Lahtela K, Niemi P, Kuusela V, Hypéén K. Noise and visual choice-reaction time. *Scand J Psychol*, 27(1986) 52-57.
129. Landström U, Byström M. Tröskelnivåer för infraljud avseende effekter på människan. National Institute of Occupational Health, Solna, Sweden 1983: Undersökningsrapport 1983:46.
130. Landström U, Byström M, Kjellberg A. Annoyance and performance related to frequency of noise exposure and type of work. Luleå: University of Technology, 1990: 177-182.
131. Landström U, Lundström R, Byström M. Exposure to infrasound- perception and changes in wakefulness. *J Low Freq Sound Vibr*, 2(1983) 1-11.
132. Landström U, Lundström R, Byström M. Perception och sänkt vakenhet under exponering för infraljud. National Institute of Occupational Health, Solna, Sweden 1983: Arbete och Hälsa, 1983:10.
133. Langdon F J. Noise nuisance caused by road traffic in residential areas (Part 2). *J Sound Vibr*, 47(1976) 234-264.
134. Lindström K, Mäntysalo S. Attentive behavior after exposure to continuous industrial noise. In Salvendy G and Smith M J (Ed), *Machine pacing and occupational stress*, pp 91-96. Taylor & Francis, London 1981.
135. Little J W, Mabry J E. Sound duration and its effect on judged annoyance. *J Sound Vibr*, 9(1969) 247-262.
137. Lundberg U, Frankenhaeuser M. Psychophysiological reactions to noise as modified by personal control over noise intensity. *Biol Psychol*, 6(1978) 51-59.
139. Martin R C, Wogater M S, Forlano J G. Reading comprehension in the presence of unattended speech and music. *J Memory Lang*, 27(1988) 382-398.
140. Mathews K E, Canon L K. Environmental noise level as a determinant of helping behavior. *J Person Soc Psychol*, 32(1975) 571-577.

141. Matsui K, Sakamoto H. The understanding of complaints in a noisy workshop. *Ergonomics*, 14(1971) 95-102.
143. May D N, Rice C G. Effects of startle due to pistol shots on control precision performance. *J Sound Vibr*, 15(1971) 197-202.
144. McGrath J J. Irrelevant stimulation and vigilance performance. In Buckner D N and McGrath J J (Ed), *Vigilance: a symposium*. McGraw-Hill, New York 1963.
145. McKennell A C. Noise complaints and community action. (Ed), *Transportation noises*, pp 228-244. University of Washington Press, Seattle 1970.
146. McKennell A C. Annoyance from Concorde flights around Heathrow. In Tobias J V, Jansen G and Ward W D (Ed), *Proceedings of the Third International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 562-566. American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, Maryland 1980.
148. Mendel M I, Sussman H M, Merson R M, Naeser M A, Minifie F D. Loudness judgements of speech and nonspeech stimuli. *J Acoust Soc Am*, 46(1969) 1556-1561.
149. Millar K. Noise and the 'rehearsal-masking hypothesis'. *Br J Psychol*, 70(1979) 565-577.
150. Mirabella A, Taug H, Teichner W H. Adaptation of loudness to monaural stimulation. *J Gen Psychol*, 76(1967) 251-273.
151. Moch A. Type A and type B behaviour patterns, task type and sensitivity to noise. *Psychol Med*, 14(1984) 643-646.
152. Mohr G C, Cole J N, Guild E, von Gierke H. Effects of low frequency and infrasonic noise on man. *Aerospace Med*, 36(1965) 817-824.
154. Moran S L V, Gunn W J, Loeb M. Annoyance by aircraft noise and fear of overflying aircraft in relation to attitudes toward the environment and community. *J Audit Res*, 21(1981) 217-225.
155. Moran S L V, Loeb M. Annoyance and behavioral aftereffects following interfering and noninterfering aircraft noise. *J Appl Psychol*, 62(1977) 719-726.
156. Moser G, Jones D M. Annoyance and performance. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 867-870. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano 1983.
157. Mullin J, Corcoran D W. Interaction of task amplitude with circadian variation in auditory vigilance performance. *Ergonomics*, 20(1977) 193-200.
158. Namba S, Kuwano S. An experimental study on the relation between long-term annoyance and instantaneous judgement of level-fluctuating sounds. In Czarnecki S (Ed), *Proceedings of Internoise 79*, pp 837-842. Inst of Fundamental Technology Research, Polish Acad. of Science, 1979.
159. Nemecek J, Grandjean E. Results of an ergonomic investigation of large-space offices. *Hum Factors*, 2(1973) 111-124.
160. Nixon C W, von Gierke H E, Rosinger G. Comparative annoyances of "approaching" versus "receding" sound sources. *J Acoust Soc Am*, 45(1969) 330.
161. Noweir M H. Noise exposure as related to productivity, disciplinary actions, absenteeism, and accidents among textile workers. *J Safety Res*, 15(1984) 163-174.
162. Nurmi J E, von Wright J. Interactive effects of noise, neuroticism and state-anxiety in the learning and recall of a textbook passage. *Hum Learning*, 2(1983) 119-125.
163. Page R A. Noise and helping behavior. *Environ Beh*, 9(1974) 311-334.
164. Palva A, Jodinen K. Presbycusis V. Filtered speech test. *Acta Otolaryngol*, 4(1970) 232-241.
165. Patterson R D. Guidelines for auditory warning systems on civil aircraft. Civil Aviation Authority London 1982: Report no. 82017.
166. Pearsons K S, Bennett R L, Fidell S. Speech levels in various noise environments. Washington, DC: US Environmental Protection Agency 1977: EPA-600/1-77-025.

167. Pedersen O J, Lyregaard P E, Poulsen T E. The round robin test on evaluation of loudness level of impulsive noise. Acoustics Lab, Technical Univ of Denmark 1977: Report No 22.
168. Percival L, Loeb M. Influence of noise characteristics on behavioral aftereffects. *Hum Factors*, 22(1980) 341-352.
169. Philips C, Hunter M. Pain behaviour in headache sufferers. *Beh Anal Modificat*, 4(1981) 257-266.
170. Picket J M. Effects of vocal force on the intelligibility of speech sounds. *J Acoust Soc Am*, 28(1956) 902-905.
174. Rabbitt P. Recognition memory for words correctly heard in noise. *Psychonomic Sci*, 6(1966) 383-384.
175. Rabbitt P, Vyas S M. An elementary preliminary taxonomy for some errors in laboratory choice RT tasks. *Acta Psychol*, 33(1970) 56-76.
176. Rehm S, Gros E, Jansen G. Effects of noise on health and well-being. *Stress Med*, 1(1985) 183-191.
177. Robinson D W, Whittle L S. The loudness of octave-bands of noise. *Acustica*, 14(1964) 24-35.
178. Rosinger G, Nixon C W, von Gierke H E. Quantification of the noisiness of "approaching" and "receding" sounds. *J Acoust Soc Am*, 48(1970) 87-96.
179. Rotton J, Olszewski D, Charleton M, Soler E. Loud speech, conglomerate noise, and behavioral aftereffects. *J Appl Psychol*, 63(1978) 360-365.
180. Salamé P, Baddeley A. Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *J Verbal Learning Verbal Beh*, 21(1982) 150-164.
181. Salamé P, Baddeley A. Noise, unattended speech and short-term memory. *Ergonomics*, 30(1987) 1185-1194.
182. Salamé P, Baddeley A D. Differential effects of noise and speech on short-term memory. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Centro ricerche e studi amplifon, Milano 1983.
183. Sanders A F. Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychol*, 53(1983) 61-97.
186. Scharf B, Hellman R. Comparison of various methods for predicting the loudness and acceptability of noise. Part II. Effects of spectral pattern and tonal components. US Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control 1979: EPA 550/9-79-102.
187. Scheidt R, Brückner C. Extraaurale Wirkung des Lärms - Eine Literaturlauswahl zum gegenwärtigen Erkenntnisstand. *Z Gesamt Hyg Grenzgeb*, 27(1981) 733-738.
188. Schultz T J. Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J Acoust Soc Am*, 64(1978) 377-405.
189. Schulz P, Schönplflug W. Regulatory activity during states of stress. In Krohne H W and Laux L (Ed), *Achievement, stress, and anxiety*, pp 51-73. Hemisphere, New York 1982.
190. Schönplflug W. Aspiration level and causal attribution under noise stimulation. In Laux H (Ed), *Achievement, stress and anxiety*, pp 291-314. Hemisphere, New York 1982.
191. Schönplflug W. Coping efficiency and situational demands. In Hockey R (Ed), *Stress and fatigue in human performance*, pp 299-326. Wiley, New York 1983.
192. Seligman M E P. *Hjälplöshet*. Aldus, Stockholm 1976.
193. Sherrod D R, Downs R. Environmental determinants of altruism: The effects of stimulus overload and perceived control on helping. *J Exp Soc Psychol*, 10(1974) 468-479.
194. Sherrod D R, Hage J N, Halpern P L, Moore B S. Effects of personal causation and perceived control on responses to an aversive environment: The more control, the better. *J Exp Soc Psychol*, 13(1977) 14-27.

195. Skillern C P. Human response to measured sound pressure levels from ultrasonic devices. *Am Ind Hyg Ass J*, 26(1965) 132-136.
196. Smith A. The effects of noise and task priority on recall of order and location. *Acta Psychol*, 51(1982) 245-255.
198. Smith A, Miles C. The combined effects of noise and nightwork on human function. In Osborne D J (Ed), *Contemporary Ergonomics 1985 Proceedings of the Ergonomics Society's Annual Conference 1985 in Nottingham*, pp 33-41. Taylor & Francis, London 1985.
199. Smith A, Miles C. Acute effects of meals, noise and nightwork. *Br J Psychol*, 77(1986) 377-387.
201. Smith A, Stanfeld S. Aircraft noise exposure, noise sensitivity, and everyday errors. *Environ Beh*, 18(1986) 214-226.
202. Smith A P. The effects of noise on strategies of human performance. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 797-807. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano 1983.
203. Smith A P. The effects of different types of noise on semantic processing and syntactic reasoning. *Acta Psychol*, 58(1985) 263-273.
204. Smith A P. Noise, biased probability and serial reaction. *Br J Psychol*, 76(1985) 89-95.
205. Smith A P. Acute effects of noise exposure: an experimental investigation of the effects of noise and task parameters on cognitive vigilance tasks. *Int Arch Occup Environ Health*, 60(1988) 307-310.
206. Smith A P, Broadbent D E. Noise and levels of processing. *Acta Psychol*, 47(1981) 129-142.
207. Smith A P, Broadbent D E. The effects of noise on the naming of colours and reading of colour names. *Acta Psychol*, 58(1985) 275-285.
208. Smith A P, Miles C. The combined effects of occupational health hazards: an experimental investigation of the effects of noise, nightwork and meals. *Int Arch Occup Environ Health*, 59(1987) 83-89.
209. Stacher G. The responsiveness of the esophagus to environmental stimuli. In Hölzl R and Whitehead W E (Ed), *Psychophysiology of the gastrointestinal tract: experimental and clinical applications*, pp 21-31. Plenum, New York 1983.
210. Stansfeld S A, Clark C R, Jenkins L M, Tarnopolsky A. Sensitivity to noise in a community sample: I Measurement of psychiatric disorder and personality. *Psychol Med*, 15(1985) 243-254.
211. Statistiska centralbyrån. *Arbetsmiljön i siffror. Miljöstatistisk årsbok 1985. Sveriges officiella statistik, SCB, Stockholm 1985.*
212. Supa M, Cotzin M, Dallenbach K M. Facial vision: The perception of obstacles by the blind. *Am J Psychol*, 57(1944) 133-183.
213. Sörensen S. On the possibilities of changing the annoyance reaction to noise by changing the attitudes to the source of annoyance. *Nordisk Hygienisk Tidskrift*, 1970) (Suppl 1).
215. Taylor S M. A path model of aircraft noise annoyance. *J Sound Vibr*, 96(1984) 243-260.
216. Teichner W H, Arees E, Reilly R. Noise and human performance: a psychophysiological approach. *Ergonomics*, 6(1963) 83-97.
217. Theologus G C, Wheaton G R, Fleishman E A. Effects of intermittent moderate intensity noise stress on human performance. *J Appl Psychol*, 59(1974) 539-547.
218. Thomas J R, Jones D M. Factors influencing the setting of noise discomfort criterion. Raleigh: North Carolina University, 1981: 411-414.
219. Thomas J R, Jones D M. Individual differences in noise annoyance and the uncomfortable loudness level. *J Sound Vibr*, 82(1982) 289-304.
220. Thompson S Z. Will it hurt less if I can control it? A complex answer to a simple question. *Psychol Bull*, 90(1981) 89-101.

221. von Wright J, Vauras M. Interactive effects of noise and neuroticism on recall from semantic memory. *Scand J Psychol*, 21(1980) 97-101.
222. Walzman S B, Levitt H. SIL as a predictor of face-to-face communication in noise. *J Acoust Soc Am*, 63(1978) 581-590.
223. Warner H D, Heimstra N W. Effects of intermittent noise on visual tasks of varying complexity. *Percept Motor Skills*, 32(1971) 219-226.
225. Weinstein N D. Effects of noise on intellectual performance. *J Appl Psychol*, 59(1974) 548-554.
226. Weinstein N D. Noise and intellectual performance: A confirmation and extension. *J Appl Psychol*, 62(1977) 104-107.
227. Weinstein N D. Individual differences in reactions to noise: A longitudinal study in a college dormitory. *J Appl Psychol*, 63(1978) 458-466.
228. Weinstein N D. Individual differences in critical tendencies and noise annoyance. *J Sound Vibr*, 68(1980) 241-248.
229. Weinstein N D. Community noise problems: evidence against adaptation. *J Environ Psychol*, 2(1982) 87-97.
231. Weston H C, Adams S. The effect of noise on the performance of weavers. His Majesty's Stationery Office, London 1932: Industrial Health Research Board Report 65, Part II.
232. Whittle L S, Collins S J, Robinson D W. The audibility of low-frequency sounds. *J Sound Vibr*, 21(1972) 431-448.
233. Wilding J, Mohindra N. Effects of subvocal suppression, articulating aloud and noise on sequence recall. *Br J Psychol*, 71(1980) 247-261.
234. Wilding J, Mohindra N, Breen-Lewis K. Noise effects in free recall with different orienting tasks. *Br J Psychol*, 73(1982) 479-486.
235. Wilding J M, Mohindra N K. Noise slows down phonological coding and maintenance rehearsal: An explanation for some effects of noise on memory. In Rossi G (Ed), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem*, pp 759-771. Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milan 1983.
237. Wilkinson R T. Interaction of noise with knowledge of results and sleep deprivation. *J Exp Psychol*, 66(1963) 332-337.
238. Wilkinson R T. Individual differences in response to the environment. *Ergonomics*, 17(1974) 745-756.
239. Williams C E, Stevens K N, Klatt M. Judgements of the acceptability of aircraft noise in the presence of speech. *J Sound Vibr*, 9(1969) 263-275.
240. Wohlwill J F, Nasar J L, DeJoy D M, Foruzani H H. Behavioral effects of a noisy environment: task involvement versus passive exposure. *J Appl Psychol*, 61(1976) 67-74.

Sakregister

adrenalin 51
aktiveringsnivå 25–30; 33; 35; 41; 43
anspråksnivå 19
balans 34
blodtryck 49; 51; 53
dB(A) 5; 6; 12
decibel 4
distraktion 25; 34; 38
eftereffekter 42; 43; 44; 52
exponeringstid 24; 39; 45; 46
extroversion-introversion 41
frekvens 4; 5; 6; 10; 11; 12; 13; 15; 39
frekvensband 4
frekvensspektrum 4
frekvensvägning 5
försvarsreaktionen 50
förutsägbarhet 18; 39; 40; 44; 50
habituering 50
Herz 4
huvudvärk 52
Hz 4
högfrekvent ljud 12; 15; 39
hörselskydd 17
hörtröskel 10
individuella skillnader 20; 41; 50
informationsinnehåll 18; 40; 55
infraljud 4; 11; 39; 52
inlärld hjälplöshet 43
integrationstid 13
kombinationseffekt 40
kontroll 18; 40; 43; 44; 50; 52
kön 21; 41
lika-upplevelse-kurvor 11
ljudnivå 6
ljudtryck 3; 8; 9
ljudtrycksnivå 3; 9
lågfrekvent ljud 10; 12; 25; 39
läppläsning 17
läsförståelse 32; 35; 46
maskering 15; 18; 20; 24; 32; 39
mikropascal 3
minne 33; 36; 37; 38; 41
motivation 23; 31
motorisk 34; 38
muskelspänning 51
oavsiktlig inläring 37
oktavband 4
olycksfall 31
orienteringsreaktionen 49
Pascal 3
personlighet 21; 41
produktivitet 31
psykiska störningar 53
psykofysiska funktion 9
reaktionstid 34; 35; 41; 44

ren ton 4; 13
signal-brus-förhållande 15; 39
signalövervakning 33; 34; 35
smärtröskel 13
son 7
stigtid 14; 50
strategi 30; 34; 35; 36; 38
sömn 52
tal 15; 20; 25; 36; 37; 40; 44
talförståelse 15; 36
tersband 5
trötthet 30; 42; 43; 52
ultraljud 4; 52
uppmärksamhet 18; 19; 25; 28; 35; 45;
49
varaktighet 13; 39
variabilitet 14; 39
varningssignal 15; 50
vigilansuppgifter 33; 35
vitt brus 5
vägningsfilter 12
ålder 17; 21; 41

Insänt för publicering 1990-07-03