

Störande buller i arbetslivet

**Kunskaps
sammanställning**

Kunskapssammanställning

Störande buller i arbetslivet

Staffan Hygge, professor

Anders Kjellberg, professor

Ulf Landström, professor

Laboratoriet för miljöpsykologi

Avdelningen för bygg-, energi- och miljöteknik

Högskolan i Gävle

Denna sammanställning är en uppdatering av Störande buller. Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation från 1999 (Landström et al., 1999).

ISSN 1650-3171

Rapport 2013:3

Förord

Arbetsmiljöverket har fått i uppdrag av regeringen att informera och sprida kunskap om områden av betydelse för arbetsmiljön. Under kommande år publiceras därför ett flertal kunskapssammanställningar där välrenommerade forskare sammanfattat kunskapsläget inom ett antal teman. En vetenskaplig granskning av denna rapport har utförts av docent Jonas Brunskog. Den slutliga utformningen ansvarar dock författarna själva för.

Rapporterna finns kostnadsfritt tillgängliga på Arbetsmiljöverkets webbplats. Där finns även material från seminarieserien som Arbetsmiljöverket arrangerar i samband med rapporternas publicering.

Projektledare för kunskapssammanställningen vid Arbetsmiljöverket har varit Ulrika Thomsson Myrvang. Vi vill även tacka övriga kollegor vid Arbetsmiljöverket som varit behjälpliga i arbetet med rapporterna.

De åsikter som uttrycks i denna rapport är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis Arbetsmiljöverkets uppfattning.

Magnus Falk, fil. dr.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
1. Inledning	6
2. Problembeskrivning	7
3. Olika aspekter av bullerstörning och förhållanden som påverkar den	9
4. Akustiska faktorer som påverkar ljudets sensoriska kvaliteter (hörupplevelsen) och deras effekter på störningsreaktionen	11
4.1. Frekvens och tonalitet	11
4.1.1. Lågfrekvent buller.....	11
4.1.2. Infraljud	13
4.1.3. Ultraljud	13
4.1.4. Tonalitet.....	13
4.2. Ljudnivå och hörstyrka	14
4.2.1 Hörtrösklar.....	14
4.2.2 Lika-hörstyrke-kurvor.....	14
4.2.3 Hörstyrka och störningsgrad	15
4.2.4. Skarphet och råhet	15
4.2.5. Exponeringstid	16
4.2.6. Fluktuationsstyrka, stigtid och variabilitet	16
4.2.7. Maskeringseffekter och talinterferens.....	17
5. Effekter av bullrets icke-akustiska egenskaper	18
5.1. Effekt av informationsinnehåll.....	18
5.2. Effekt av förutsägbarhet och kontrollerbarhet	18
5.3. Effekt av inställning till ljudkällan	18
5.4. Effekt av förväntningar och behov	19
5.5. Effekt av pågående aktivitet.....	19
5.6. Effekt av individuella faktorer	19
5.7. Några slutsatser.....	20
6. Påverkan på arbetsprestation och beteende.....	22
6.1. Varför kan buller påverka arbetsprestationen – teoretiska förklaringar	22
6.1.1. Maskeringseffekter	22
6.1.2. Genom att påverka arousalnivån (aktiveringsnivån).....	23
6.1.3. Distraction (attentional capture)	24

6.1.4. Det ovidkommande ljudet tar samma processer i anspråk som arbetsuppgiften	25
6.1.5. Stress, trötthet	25
7. Hur och i vilka uppgifter påverkar buller prestationen?	26
7.1. Förståelse och minne av muntlig information under sämre lyssningsförhållanden	27
7.2. Ovidkommande tal	28
7.3. Skolmiljön - lärare och elever	29
7.3.1. Lärare	29
7.3.2. Elever - minne och inläring	30
7.4. Kombinationseffekter	31
8. Hälsa	32
8.1. Sjukdomsördan av samhällsbuller	32
8.2. Störningsrelaterad ohälsa i arbetet	33
8.3. Röstohälsa	34
9. Utvärdering av bullerstörning	35
10. Ekonomi	37
11. Åtgärder	38
12. Referenser	39

Sammanfattning

Uppdraget från Arbetsmiljöverket omfattar sammanställning av en rapport över bullrets olika typer av störande effekter i arbetslivet. Rapporten inleds med sammanfattande generella grundbegrepp relaterade till hörupplevelse och bullerstörning. Kunskaps-sammanställningens fokus ligger därefter på beskrivningar av de effekter och samband med störande buller som kan uppträda i arbetslivet, kunskaper som på goda grunder bör kunna ligga till grund för regelverkens utformning. I rapportens avslutande delar lämnas ett antal centrala värderingar avseende såväl tillämpbarhet i regelverkshänseenden som hur olika branscher berörs i riskbedömningshänseenden.

Sammanställningen grundar sig på sökning av vetenskapliga artiklar som publicerats under perioden 2000–2012 vilka identifierades i sökningar i ISI, PubMed och Google Scholar. Två inledande sökningar gjordes med sökorden "Noise annoyance" respektive "Occupational noise", utifrån vilket drygt 5000 referenser har granskats. I en första utgällring kvarstod cirka 1000 referenser som värderats utifrån tillgängliga abstracts. Kompletterande sökningar har därefter gjorts för de specifika områden som kapitlen avhandlar (exempelvis "noise + performance", "irrelevant speech", "noise + stress").

1. Inledning

Av Arbetsmiljöverkets statistik över anmälda arbetsskador framgår att de dominerade orsakerna är fysisk belastning, psykosociala faktorer, kemiska ämnen samt buller (Tabell 1). Antalet anmälda arbetsskador på grund av buller nådde sitt hittills högsta värde år 2003 då ca 1500 anmälningar gjordes. 2010 anmäldes 930 bullerrelaterade arbetssjukdomar.

Tabell 1. Anmälda arbetssjukdomar 2010 (Arbetsmiljöverket, 2011a)

	Kvinnor		Män		Totalt	
	Antal	%	Antal	%	Antal	%
Belastningsfaktorer	2254	44	2069	52	4323	48
Organisatoriska eller sociala faktorer	1638	32	519	13	2157	24
Kemiska eller biologiska ämnen/faktorer	711	14	402	10	1113	12
Buller	198	4	732	18	930	10
Vibrationer	3	0	67	2	70	1
Övriga fysikaliska faktorer ¹	102	2	45	1	147	2
Smitta	139	3	69	2	208	2
Övrigt, oklart	61	1	66	2	127	1
Samtliga	5106	100	3969	100	9075	100

1) Framförallt kyla, drag och ventilation

Källa: AV/ISA

De anmälda arbetssjukdomar som hänförs till bullerexponering är främst nedsatt hörsel. Ljudexponeringen kan dock leda till många andra oönskade effekter, både sådana som gäller hörseln (t.ex. tinnitus och ökad ljudkänslighet) eller av annat slag (t.ex. talmaskering, störningsupplevelser, försämrad arbetsprestation, stress och därtill kopplade fysiologiska effekter och ohälsa). Föreliggande sammanställning behandlar dessa senare effekter som kan uppstå långt under de nivåer som kan leda till en hörselskada.

2. Problembeskrivning

Arbets-skaderapporteringen och skadebilden för buller domineras fortfarande av branscher med höga ljudnivåer, företrädesvis industrimiljöer. Arbetslivet och samhället har under senare år samtidigt genomgått både omfattande och snabba förändringar. Nya exponeringar har under senare år vuxit fram knutet till en teknisk utveckling med nya maskiner, verktyg, processer och miljöer. Till detta skall läggas de strukturella och organisatoriska förändringar som följer av arbetslivets förändringar. Samtidigt som bullernivån har kunnat sänkas på arbetsplatser där nivåerna tidigare varit mycket höga, har bullerproblem uppstått på arbetsplatser som tidigare mera sällan varit drabbade, t.ex. på kontor och inom undervisning, vård och omsorg. Problemen är där mer sällan hörselskador utan oftare att bullret bidrar till ökad arbetsansträngning, stress, trötthet och den ohälsa som kan följa på detta.

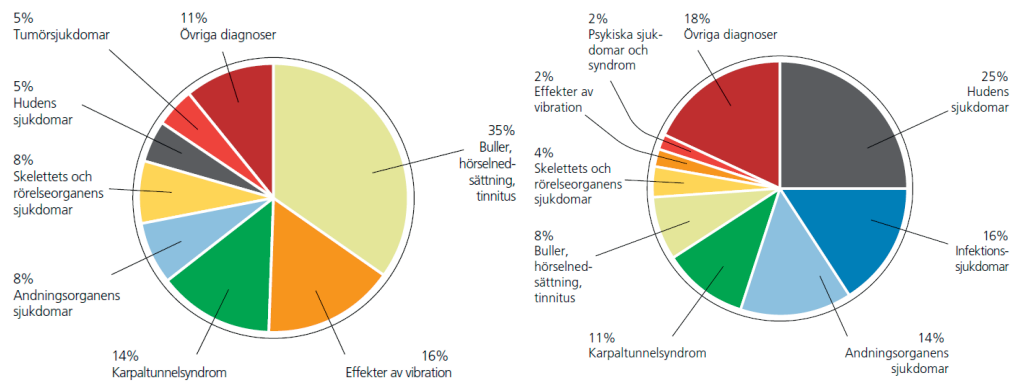
Bullrets störande effekter påverkas ofta av andra fysiska och psykosociala förhållanden. Det preventiva arbetet ställer därför stora krav på samtida utvärderingar av såväl teknisk, medicinsk som beteendevetenskaplig natur.

Bullerskadorna utgjorde enligt Arbetsmiljöverkets statistik för år 2010 tio procent av det totala antalet anmälda arbetssjukdomar med en högsta rapportering från näringsgrenarna tillverkning, byggverksamhet, försvar och utbildning. Räknat per 1000 förvärvsarbetande män under 2010, visade en högsta rapporteringsfrekvens när det gällde anmälda bullerrelaterade arbetssjukdomar inom gruvindustri, följt av försörjningssektorn för el, gas värme och kyla samt tillverkningsindustri. Motsvarande bedömning för kvinnor visade att försörjningssektorn för el, gas, värme och kyla låg högst. Därefter följde utbildning och tillverkningsindustri.,

I AFA:s statistik från 2011 (AFA 2011) framkommer att män under perioden 2007 – 2009 stod för över 80 procent av de godkända arbetssjukdomarna. I 35 procent av dessa fall har buller angivits som orsak till sjukdom. Andelen bullerrelaterade sjukdomar bland kvinnor utgjorde 8 procent av antalet godkända arbetssjukdomar (Figur 1). Drygt en tredjedel av dessa arbetade med pedagogiskt arbete då sjukdomen visade sig. Den sammantaget högsta andelen godkända bullerrelaterade arbetssjukdomar återfinns inom yrkesgrupperna verkstads- och byggnadsmetallarbetare, militärt arbete, byggnadsarbete och pedagogiskt arbete.

Rapporterade och godkända arbetssjukdomar uppvisar således stor samstämmighet. Andelen godkända bullerrelaterade arbetssjukdomar bland andelen anmälda bullersjukdomar är också förhållandevis lika inom olika yrkesgrupper. För kategorin pedagogiskt arbete redovisas dock idag väsentligt fler rapporteringar än godkända fall, vilket förmodligen beror på att bullerexponeringen inom denna sektor sällan torde ligga på en nivå som anses innebära en risk för nedsatt hörsel. Jämförelsen kompliceras emellertid av att sambandet mellan sjukdomsutveckling, rapportering och handläggning av sjukdomsfall inte alltid går att tydligt utläsa. Klassificering av en anmäld sjukdom är inte heller alltid densamma samma som vid bedömningen av den. En anmälan om sjukdom, som klassats som bullerrelaterad, kan i en bedömning exempelvis falla under kategorin psykosocial ohälsa.

Sambandet mellan rapporterade och godkända arbetsrelaterade sjukdomar speglar en osäkerhet i riskbedömning kring inte minst kategorin icke-hörselskadligt buller. Det är av största vikt att kunskapsnivån höjs inom detta område, för att därigenom skapa förutsättningar för en säkrare riskbedömning, ett ändamålsenligt regelverk och ett relevant åtgärdsarbete.



Figur 1. Godkända arbetssjukdomar bland män (vänster) och kvinnor (höger) perioden 2007-2009 (AFA, 2011).

3. Olika aspekter av bullerstörning och förhållanden som påverkar den

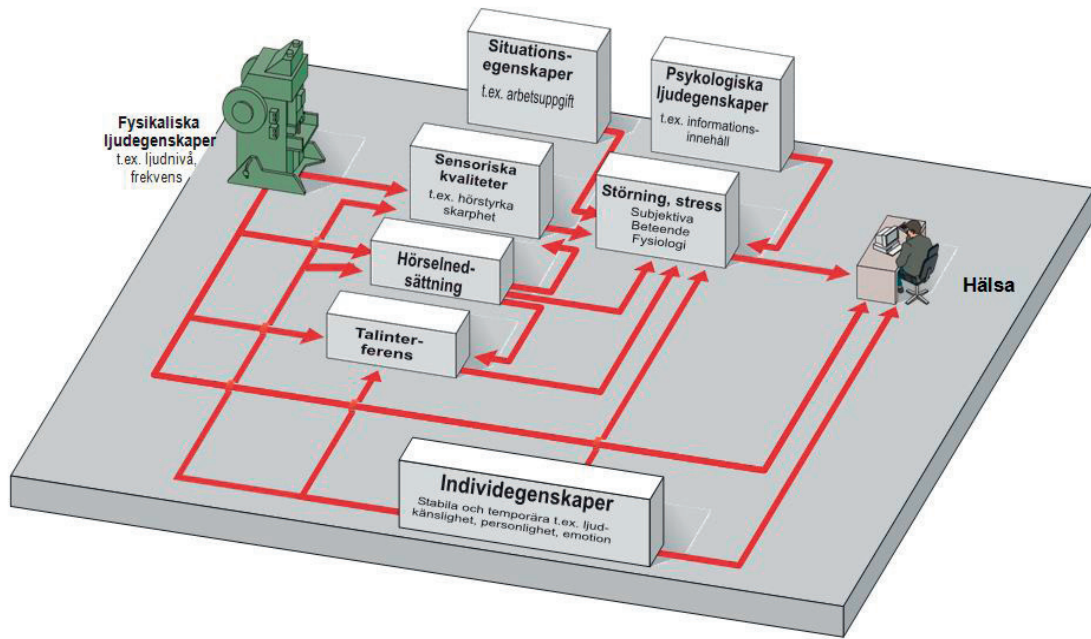
Det som ökar risken för att bullret ska ge en hörselskada gör inte nödvändigtvis att det upplevs som mer störande. Det omvända gäller också; många förhållanden som påverkar störningsupplevelsen ger inte något utslag på en bullermätare, och har ingen betydelse för hörselskaderisken.

Bullerstörningens samband med andra effekter och påverkande faktorer beskrivs översiktligt i figur 2. I störningsbegreppet inkluderas inte bara en negativ känslomässig reaktion på bullret (att det upplevs som störande, obehagligt, irriterande etc.), det som på engelska brukar kallas *annoyance*. I störningsbegreppet, som det används här, ingår även andra reaktioner på bullret än sådana direkta värderingar av bullret. För det första tas även subjektiva effekter upp som den bullerexponerade inte själv nödvändigtvis kopplar till bullret. Bullret kan t.ex. tänkas skapa trötthet eller irritabilitet utan att personen själv ser detta som en bullereffekt. För det andra behandlas även andra uttryck för störningen än de upplevelsemässiga. Bullret kan göra arbetsuppgiften svårare att genomföra och kan därför också försämra prestationen. Dessutom tas i några avsnitt upp fysiologiska manifestationer av den subjektiva och beteendemässiga störningen (som t.ex. stressreaktioner). Kunskapssammanställningen behandlar alltså inte hörselskador, däremot de speciella störningsproblem som drabbar de hörselskadade.

Figur 2 visar de faktorer som påverkar bullerstörning. Hur störande buller är påverkas naturligtvis av hur ljudet låter (hörupplevelsen, ljudets sensoriska kvaliteter) men många andra faktorer bidrar till reaktionen och är oftast av större betydelse. Störningseffekten och risken för ohälsa är alltså ett resultat av ett samspel mellan flera samverkande faktorer: ljudets fysikaliska egenskaper, dess innebörd för individen, situationen och individegenskaper. Hur ljudet låter bestäms främst av dess fysikaliska egenskaper, men påverkas också av om individen har en hörselskada. En hörselskada innebär också att ljud får särskilt stora effekter på möjligheten att uppfatta tal, vilket ofta är av avgörande betydelse för hur störd man blir av ljud. Hur störande ett ljud är beror också i stor utsträckning på i vilken situation man utsätts för det och om ljudet försvårar den aktivitet man vill ägna sig åt (vissa arbetsuppgifter är känsligare än andra för olika störningar). Ljudets psykologiska innebörd, dess informationsinnehåll, är ytterligare ett förhållande som bestämmer reaktionen.

Icke-hörselrelaterade ohälsoeffekter antas vara en effekt av ofta återkommande och långvariga fysiologiska stressreaktioner.

I de följande avsnitten ges en sammanfattande beskrivning av dessa förhållanden där de inledande avsnitten behandlar ljudegenskaper som påverkar hörupplevelsen, hur ljudet låter och hur detta påverkar störningsupplevelsen.



Figur 2. Översikt över faktorer som påverkar om man blir störd av ett ljud. Illustration: Svenska Grafikbyrå.

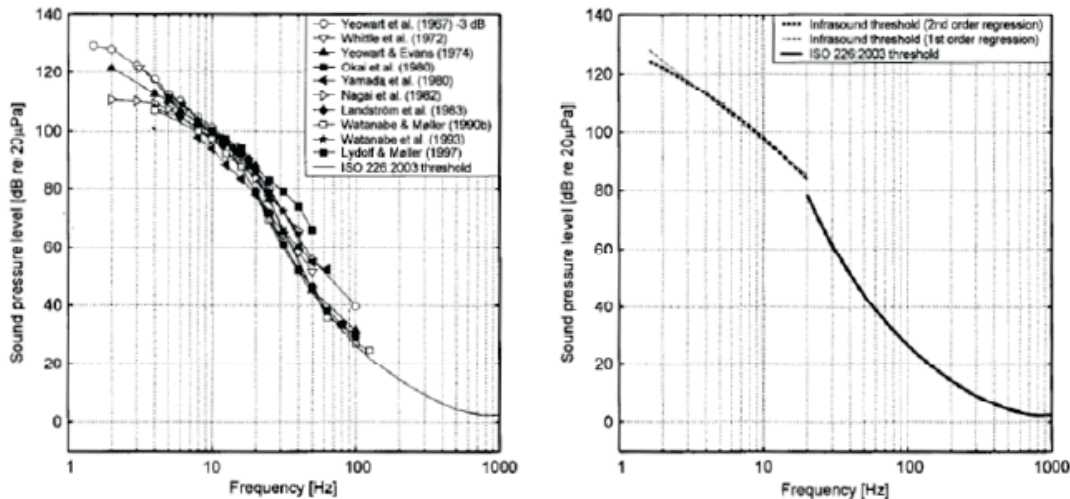
4. Akustiska faktorer som påverkar ljudets sensoriska kvaliteter (hörupplevelsen) och deras effekter på störningsreaktionen

Upplevelsen av ett ljud och därmed den upplevda störningsgraden påverkas av ett antal enskilda eller samverkande kvaliteter i ljudets fysikaliska egenskaper. De sensoriska kvaliteter som är viktigast för störningsreaktionen är upplevd frekvens (tonhöjd), tonalitet, hörstyrka (loudness), skarphet (sharpness), råhet (roughness) och fluktuationsgrad.

4.1 Frekvens och tonalitet

En basal upplevd ljudegenskap är ljudets läge på dimensionen bas-diskant. Denna egenskap bestäms av ljudets frekvens (antal svängningar per sekund, Hz). Extremt högfrekventa ljud, ultraljud (ljud med en frekvens över 20 000 Hz) kan människan inte höra och de flesta människor uppfattar inte ljud med frekvenser över 15 000 Hz. Extremt lågfrekventa ljud, infraljud (lägre än 20 Hz), kan endast uppfattas på mycket höga nivåer (Leventhall, 2007). Högre nivåer krävs ju lägre frekvensen är (Figur 3). Allra känsligast är vi för ljud som ligger mellan 2000 och 4000 Hz.

Om ett ljud endast innehåller en enda frekvens upplevs det som en ren ton. Det buller som förekommer på arbetsplatser har oftast sin tyngdpunkt inom något frekvensområde, men innehåller också andra delar av frekvensspektrum.



Figur 3. Hörperceptionströskelkurvor för infraljud och lågfrekvent buller (Møller och Pedersen, 2004).

4.1.1. Lågfrekvent buller

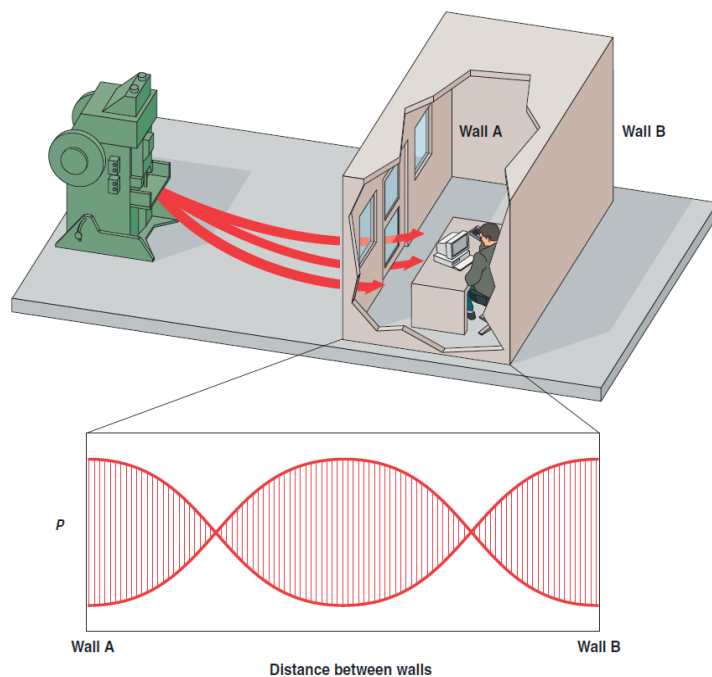
Förekomst. Lågfrekvent buller återfinns i dag i så gott som alla inomhusmiljöer: i bostäder, fritidslokaler, serviceinrättningar, skolor, sjukhus, fabrikslokaler, maskinrum, verkstäder, lagerlokaler, kontor, fordon, sammanträdesrum, undervisningslokaler, vilrum, manöverrum etc. Det omgivande bullret i bostads- och fritidsområden liksom på arbetsplatser präglas ofta på påtagligt sätt av det lågfrekventa bullret från trafik, ventilationsanläggningar eller andra externa bullerkällor. En orsak till detta är att

väggar, tak och golv fungerar som ett ganska effektivt filter för de högre frekvenserna. Däremot släpps en större del av de lågfrekventa ljuden igenom (Figur 4).

Störningsupplevelse. Klagomålen på lågfrekvent buller har ökat under senare år samtidigt som insatserna mot problemen varit mycket begränsade (Benton, 2007, 2009). De externt genererade lågfrekventa ljuden blir särskilt framträdande i arbetsmiljöer där det interna bullret är lågt (Poulsen, 2003). Ett lågfrekvent buller upplevs som mer störande om det är bredbandigt, om det fluktuerar och om exponeringstiden förlängs (Leventhall, 2009; Leventhall och Pelmear, 2003; Leventhall et al., 2007).

Ett problem i detta sammanhang är att insatserna för att förbättra ljudmiljön vanligtvis ensidigt inriktats mot en sänkning av dB(A)-nivån, vilket är det mått som vanligen används för att utvärdera ljudnivån på en arbetsplats. Eftersom detta mått påverkas mycket lite av den lågfrekventa delen av bullret, leder åtgärderna ofta endast till en marginell minskning av besvärnivån. Ett alternativ till dB(A) är dB(C) som i flera studier visat sig vara ett bättre vägningsmått för buller med starka inslag av lågfrekventa ljudkällor (Chao et al., 2011). För svenskt vidkommande anges i föreskrifterna (AFS 2005:16) att det kan vara lämpligt att göra en särskild analys av lågfrekvent buller om differensen mellan C- och A-vägt värde är större än 15 dB. Om så är fallet görs en värdering utifrån 1/3-dels oktavband inom det lågfrekventa området. Metoden har visat sig ha god tillämpbarhet för analys av bullerstörning i lågfrekventa miljöer (Mirowska, 2009; Pawlaczyk-Łuszczyska et al., 2006, 2009, 2010).

Hörstyrkan och störningsupplevelsen vid högfrekvent buller är enligt Soeta och Nakagawa (2008) högre för ett tersband än ett smalare frekvensband även då ljuden har samma ljudtrycksnivå. För lågfrekvent buller fann de däremot att störningsgraden var större för ett smalare frekvensband (Rahé, 2008). Motsatta resultat har dock rapporterats av Landström et al. (1993). I deras försök skattade deltagarna inte störningsgraden utan ställde in den högsta nivå där de tyckte att de kunde uppehålla prestationsnivån i olika uppgifter. Man fann då att den inställda högsta acceptabla nivån var högre för en lågfrekvent ton än för ett bredbandigt brus, medan motsatt resultat erhöles för det högfrekventa ljudet



Figur 4. Exponeringen för infraljud påverkas i likhet med lågfrekvent buller av dess förmåga att breda ut sig inom eller tränga in i byggnader. Exponeringsnivån i en lokal kan i vissa fall förstärkas av resonanseffekter i rummet. Illustration: Svenska Grafikbyrån, modifierad från Arbetsmiljöfonden (1977).

4.1.2. Infraljud

Förekomst. Många industriella processer ger upphov till infraljud, t.ex. stora ventilationssystem. En annan källa är ytor som vibrerar med en låg frekvens som i bilar och båtar. I naturen uppstår infraljud exempelvis i vattenfall och av starka vindar.

Störningsreaktioner. Exponeringen för infraljud påverkas i likhet med annat lågfrekvent ljud av dess förmåga att breda ut sig inom eller tränga in i byggnader. Exponeringsnivån i en lokal kan dessutom i vissa fall förstärkas av resonanseffekter i rummet (Figur 4).

Förutsättning för att infraljud ska ge störningseffekter och uppfattas som obehagliga är att exponeringsnivån ligger över nivån för perception via hörseln. Hörperceptionströskeln i Figur 3 visar därför också var ungefär de lägsta nivåerna ligger som kan upplevas störande.

I samband med infraljudexponering framhålls ofta obehagliga tryckupplevelser i örat. Obehagen tycks börja uppträda vid nivåer omkring 125–130 dB. Besvärerna kvarstår även en tid efter det att exponeringen upphört. Effekten kan fysiologiskt förklaras som ett ökat vaskulärt tryck i mellanörat på grund av överproduktion av endolymfa. Trycket reducerar tillfälligt även hörupplevelsorna. Överskottet av endolymfa försvinner dock så småningom vilket även leder till en normalisering av hörseln.

4.1.3. Ultraljud

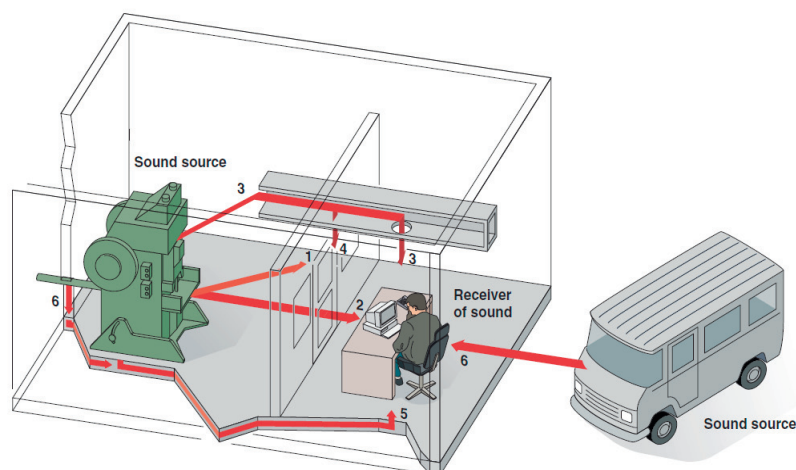
Förekomst. Ultraljud förekommer i flera tekniska och medicinska sammanhang, t.ex. i rengöringsprocesser, vid svetsning av termoplaster och vid foster- och hjärtdiagnostik.

Ultraljud, störningsreaktioner. Undersökningar på människa, på arbetsplatser och på laboratorier har visat att det främst är frekvensbandet 22–28 kHz som kan upplevas som besvärande eller t.o.m. smärtsamt. Smärta och obehag tycks man främst uppleva när ultraljud koncentreras till smala frekvensband. Denna typ av exponering är relativt vanligt förekommande i arbetsmiljön, t.ex. från höghastighetsborrar, tvättar eller slipverktyg. Obehaget upplevs ofta som en värmekänsla i hörselgången.

Tidigt diskuterades risken för att ultraljudet skulle kunna ge upphov till trötthet, huvudvärk och illamående (Acton, 1974). Symtom hade rapporterats från arbete i anslutning till jetmotorer, invid ultraljudtvättar, ultraljudsvetsar och andra typer av högfrekvent utrustning. Senare stöd för att sådana effekter skulle kunna uppstå är dock svagt, och där man funnit subjektiva effekter förefaller de vara en effekt av ljudenergi inom det hörbara området (National Occupational Health and Safety Commission, 2002).

4.1.4. Tonalitet

Förekomst. Vissa bullerkällor som, t.ex. slipverktyg, sågar, borrar och annan apparatur, skapar buller där energin är mycket koncentrerad till någon enstaka frekvens eller ett smalt frekvensband som då ligger på en mycket högre nivå än omkringliggande frekvensband. Detta innebär att en ren ton hörs i bullret. Infraljud under 15 Hz uppfattas inte som en ton även om ljudet endast innehåller ett mycket smalt frekvensband. Tonalitet kan beräknas utifrån en frekvensanalys där tonkomponenternas nivå utvärderas i förhållande till ljudnivåer i kringliggande frekvensband.



Figur 5. Exponeringen för lågfrekvent buller påverkas starkt av bullrets förmåga att breda ut sig inom eller tränga in i byggnader. Illustration: Svenska Grafikbyrå, modifierad från Arbetsmiljöfonden (1977).

Störningsreaktioner. Buller i vilket man hör en ton upplevs oftast som mer störande än buller där energin är jämnare fördelad över ett brett frekvensband (Aures 1985; Hellman 1982, 1985; Huang et al., 2008; Sailer och Hassenzahl, 2000; Terhardt EG et al., 1982).

4.2 Ljudnivå och hörstyrka

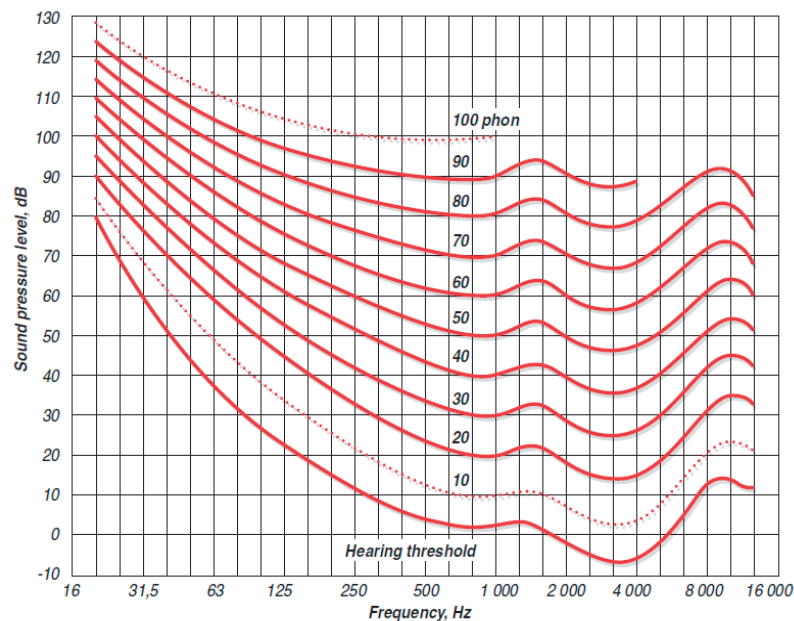
4.2.1 Hörtrösklar

Den lägsta nivå som går att höra, hörtröskeln, skiljer sig mycket mellan olika frekvenser. Som framgår av den nedersta kurvan i figur 6 ligger t.ex. hörtröskeln för en 1 000 Hz ton ungefär 20 dB lägre än för en 100 Hz ton (ISO-7029). De lägsta trösklarna, dvs. maximal känslighet, har man inom området 1 000–5 000 Hz. Figuren visar också att tröskeln förändras mycket snabbt mellan frekvenserna inom det lägsta frekvensområdet. Mellan 25 och 50 Hz sänks den t.ex. med ca 25 dB, ungefär lika mycket som mellan 100 och 1000 Hz. Perceptionströskeln för infraljud, ljudfrekvenser under 25 Hz, stiger från ca 120 dB vid 2 Hz till ca 80 dB vid 20 Hz (Figur 3).

4.2.2 Lika-hörstyrke-kurvor

Örats varierande känslighet för ljud vid olika frekvenser visar sig också ovanför hörtröskelnivån. Om en 1 000 Hz ton och en 100 Hz ton presenteras på samma ljudtrycksnivå kommer en 1 000 Hz-ton att upplevas som mycket starkare än en 100 Hz-ton (ISO 266). I försök där man gjort sådana jämförelser har man visat vid vilka nivåer som ljud med olika frekvenser upplevs som lika starka. Resultaten från dessa försök betecknas som lika-hörstyrke-kurvor (Figur 6). Figuren visar att dessa kurvor har ungefär samma form som hörtröskelkurvan. Skillnaderna mellan frekvenserna minskar dock då ljudtrycksnivån höjs. Upplevelsekurvorna ligger också mycket närmare varandra vid 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 3 000 Hz ton.

Varje kurva representerar ett s.k. phon-värde, vilket är ett mått på hörstyrkenivån. Längs 60 phon-kurvan ligger ljud med samma styrka som en 1 000 Hz ton med ljudnivån 60 dB. Phonkurvorna är således konstruerade så att vid ett visst phon-värde har ett ljud samma styrka som en 1 000 Hz ton på motsvarande ljudtrycksnivå.



Figur 6. Lika-hörstyrkeupplevelse-kurvor, s.k. phonkurvor, för ett antal olika ljudtrycksnivåer. Illustration: Svenska Grafikbyrån, modifierad från Arbetskyddsstyrelsen (1990).

4.2.3 Hörstyrka och störningsgrad

Hörstyrkan har ett starkt samband med ljudnivån, men ljudnivån förklarar ändå bara en mindre del av skillnaderna i den upplevda störningsgraden mellan arbetsplatser och mellan personer. Som figur 2 visar så påverkas störningsgraden av så många andra faktorer än hörstyrkan att ljudnivån sällan förklarar mer än 25 procent av dessa skillnader i störning. Men om alla andra förhållanden är konstanta så kommer en ökning av hörstyrkan att leda till en ungefär lika stor ökning av störningen (Hellman och Zwicker, 1987; Moore et al., 1997). För många ljud innebär det att en höjning med 10 dB kan förväntas leda till att störningsgraden blir dubbelt så hög. Men som redan påpekats så gäller inte denna 10 dB-regel för alla ljud. Ju lägre ljudets frekvens är, desto mindre behövs för att fördubbla upplevelsestyrkan. För t.ex. en 100 Hz ton leder en 10 dB höjning inte till en fördubbling utan ungefär en fyrdubbling av hörstyrkan. Även ganska små höjningar av det lågfrekventa ljudets nivå kan alltså göra att det låter mycket starkare och en ökad hörstyrka innebär vanligen också en lika stor förändring av störningsgraden. Detta är viktigt att hålla i minnet eftersom lågfrekvent buller är mycket vanligt på såväl arbetsplatser som i hem och omgivande miljöer, bland annat som följd av buller från ventilationssystem eller omgivande trafik.

4.2.4. Skarphet och råhet

Vissa ljud låter obehagligare än andra, och upplevs därför också som mer störande. Två egenskaper som har betydelse för denna värdering av ett ljud är dess skarphet och råhet (eng. *sharpness* och *roughness*) och metoder har utvecklats för utvärdering av dessa båda egenskaper. Beräkningen av skarphet (uttrycks i enheten acum) baseras på ljudets frekvensspektrum. Störst vikt i denna beräkning läggs vid frekvenser över 3 150 Hz. Råhetsmättet (asper) bygger på ljudets modulationsfrekvens och modulationsdjupet där en modulationsfrekvens på ca 70 Hz ger största råhet. Många studier har påvisat att ljudets skarphet och råheten bidrar till att göra det mer obehagligt och störande (t.ex. Berglund, Preis & Rankin, 1990; Ishiyama & Hashimoto, 2000; Moore, & Davies, 2010; Trapenkas & Johansson, 2003).

4.2.5. Exponeringstid

För alla sinnesintryck krävs en viss minsta stimuleringstid för att full upplevd styrka ska uppstå. För buller gäller integrationstider på ca 0,1–0,5 sek för att full upplevd styrka skall nås. Ett impulsljud som varar 0,05 sek upplevs därför som svagare och verkar även mindre störande än ett ljud som varar 0,2 sek, även om ljudnivåmätaren visar på samma ljudtrycksnivå. När ljudet är mycket kortvarigt behöver det därför inte låta särskilt starkt eller obehagligt ens på nivåer som utgör en risk för hörselskada. Det subjektiva intrycket av ett sådant impulsljud är alltså en dålig varningssignal för hörselskaderisken.

I alla våra sinnen leder en konstant stimulering till att receptorernas svar reduceras; det sker en adaptation och den upplevda intensiteten försvagas. Mest påtagligt är detta för luktsinnet, men fenomenet finns också för hörseln och de andra sinnen. Hörstyrkan avtar alltså om receptorerna i innerörat utsätts för konstant stimulering. Den effekten uppstår dock bara under mycket speciella omständigheter och saknar praktisk betydelse (Scharf, Wagner & Nieder, 2005).

En annan process, habituering, kan däremot vara av stor betydelse för hur störande ljud upplevs. Habituering innebär att man lär sig att inte uppmärksamma återkommande ljud som inte har någon betydelse för en. Den orienteringsreaktion som ett nytt ljud utlöser minskar med upprepad presentation av ljudet. Om ljudet är konstant eller återkommer mycket ofta under arbetsdagen kommer man därför troligen att reagera allt mindre på det. En förutsättning för att man ska kunna habituera till ett ljud är dock att det inte är mycket starkt eller av annan anledning låter obehagligt. Något klart vetenskapligt stöd för att habituering under arbetsdagen skulle vara av betydelse på arbetsplatser finns dock inte.

När det gäller mer långsiktig tillvänjning till bullret på en arbetsplats är nog den allmänna uppfattningen att en sådan tillvänjning sker. Efter en tid blir man mindre störd av bullret. Det finns dock få studier av hur störningsgraden förändras på längre sikt, t.ex. under det första året på en arbetsplats. Kjellberg et al. (1992) fann inget samband mellan bullerstörning och hur länge man hade arbetat på ett kontor, medan Hay och Kempf (1972) fann att antalet som klagade på bullret minskade över tid. Studier från bostadsområden talar mot en sådan tillvänjningseffekt (Weinstein, 1982) åtminstone efter de första veckorna i en ny miljö.

Betyder då detta att man inte känner sig störd av ett ljud då man inte påverkas av det? Det är inte alls självklart. Kjellberg och Wide fann exempelvis att ett simulerat ventilationsbuller hade en negativ effekt på prestationen i en kognitiv uppgift, trots att mycket få av deltagarna hade lagt märke till ljudet (Kjellberg & Wide, 1988).

Eftersom vi inte heller har helt klart för oss under vilka omständigheter som en tillvänjning sker måste slutsatsen bli att man inte kan utgå från att de anställda ska vänja sig vid störande inslag i arbetsplatsens ljudmiljö.

4.2.6. Fluktuationsstyrka, stigtid och variabilitet

Ett ljud som är konstant upplevs vanligen som mindre störande än ett som är föränderligt även om de har samma genomsnittliga ljudnivå (Forget, 2011; Kantarelis och Walker, 1988,). När föränderligheten innebär mycket snabba förändringar av ljudnivån säger man att ljudet fluktuerar och ett mått på detta, *fluktuationsstyrkan* med enheten *vacil*, har utvecklats (Zwicker och Fastl 1990). Måttet har främst använts vid bedömning av ljudet från maskiner, t.ex. bilar, där det visat sig ha samband med hur störd man blir (Nor et al., 2008). Fluktuationsgraden och därmed bullerstörningen ökar som regel på arbetsplatser med exponering från flera bullerkällor (Hu, 2006). Den ökade störningsrisken vid denna typ av buller har bland annat påvisats i sjukhusmiljöer där ljuden alstras från olika typer av larmsystem (Yamanaka et al.,

2008). Ljud med korta stigtider upplevs som mer störande ju snabbare ljudtrycksnivån stegas. Extremt korta stigtider riskerar dessutom att utlösa sprittningsreflexer. Störningseffekten av detta blir speciellt stor då bullret består av en serie upprepade korta ljud med kort stigtid (Björk, 1999).

Fluktuationsstyrkan beskriver de mycket snabba förändringarna av ljudet, men föränderligheten över längre tidsperioder är också av betydelse för hur störande ljudmiljön uppfattas. Om ljudet är konstant eller om samma ljud återkommer många gånger finns möjlighet att habituera till ljudet, vilket ju innebär att det upplevs som mindre störande. Flera studier har också funnit att störningsgraden på en arbetsplats förklaras bättre av att förutom den genomsnittliga ljudnivån (ekvivalentnivån) också tar hänsyn till något mått på hur mycket nivå varierar (Hay and Kempf, 1972; Keighley, 1970; Nemecek and Turrian, 1978). Liknande resultat har rapporterats från studier av bullerproblem i bostadsområden (Björkman, 1991; Björkman et al., 1992).

I ett par laboratorieexperiment har man jämfört den acceptabla ljudnivån under mentalt arbete för ett kontinuerligt och ett intermittent ljud. Man fann att nivån låg 6 dB lägre för det intermittenta ljudet (Byström et al. 1992a, 1992b).

4.2.7. Maskeringseffekter och talinterferens

Buller kan maskera ljud och därmed göra det svårare att uppfatta signaler som har betydelse för möjligheten att genomföra en arbetsuppgift. Det vanligaste problemet är att bullret försvårar eller omöjliggör talförståelsen och det är en av de viktigaste orsakerna till att ett ljud upplevs som störande. Maskeringseffekter kan emellertid verka störande även i andra situationer där bullret kan maskera viktig information, t.ex. under arbete med handverktyg.

Det räcker att talmaskeringseffekten gör det mer ansträngande att uppfatta talet för att den ska göra ljudmiljön mer störande. Effekten är alltså inte bara besvärande då den gör det omöjligt att uppfatta något av vad som sägs (Kjellberg et al., 2008, Ljung et al., 2009).

5. Effekter av bullrets icke-akustiska egenskaper

5.1. Effekt av informationsinnehåll

Den kanske mest uppenbara effekten av buller är att det kan distrahera oss, dvs. vända vår uppmärksamhet från en aktuell arbetsuppgift. Vad som gör att ett ljud distraherar oss är inte bara dess akustiska egenskaper. På arbetsplatser är några av de vanligaste distraherande ljuden telefonsignaler, stegljud och framför allt tal, som är det mest påtagliga ljudproblemet på många arbetsplatser (Kjellberg et al., 1996). Att tal har en så stark distraktionseffekt har främst att göra med dess informationsinnehåll och på att vi oftast automatiskt bearbetar det även då det egentligen är utan intresse för oss. Om tal inte ska tillåtas fånga vår uppmärksamhet krävs en aktiv ansträngning för att hålla det ifrån oss, vilket minskar de tillgängliga resurserna för annan kognitiv bearbetning.

Ljud som av människan uppfattas innehålla positiv information eller som vi karaktäriserar som välljudande, leder också till mindre störningsupplevelser och därmed mindre risk för stress och ohälsa (Asutay et al., 2012; Bergman et al., 2009; Genell och Västfjäll, 2006; Sköld et al., 2009; Tajadura-Jiménez, 2010 a, 2010b; Västfjäll 2009).

5.2. Effekt av förutsägbarhet och kontrollerbarhet

Ljud som uppträder eller förändras på ett oförutsägbart sätt upplevs vanligtvis som mer störande än ett förutsägbart buller. Ett kontrollerbart ljud från den egna verksamheten är därför ofta lättare att tolerera än ett okontrollerbart ljud från en annan verksamhet, exempelvis från en verkstadslokal på avstånd. Störningsupplevelsen för ett buller i en kontorsmiljö minskar om personalen ges möjlighet till kontroll över delar av ljudmiljön (Blechman and Dannemiller, 1976; Lee och Brand, 2010). Störningsupplevelsen kan på detta sätt minska trots att det egenproducerade ljudets nivå är högre än bakgrundsbullrets (Leatheret al., 2003; Morrison et al., 2003; Sailor och Hassenzähl, 2000). Studier har samtidigt visat att störningsgraden ökar om bullerkällan är känd eller synlig för den exponerade (Bangjun och Guoqing, 2003).

Risken för bullerstörning har visat sig bli lägre om de personer som exponeras samtidigt erhåller uppgifter om det ljud som de utsätts för (Maris 2007; Maris et al., 2007).

5.3. Effekt av inställning till ljudkällan

Buller från ljudkällor som vi av andra anledningar tycker illa om stör oss vanligen mer än ljud från omtyckta bullerkällor. Personer med positiva känslor för flyg och flygvapnet, har i olika studier visat sig mindre störda av bullret från flygtrafiken (McKenna, 1980; Sörensen 1970). Positiva omdömen om arbetsmiljön i stort, åtföljs också vanligen av mer positiva reaktioner på den specifika ljudmiljön (Kjellberg et al., 1996; Nemecek och Grandjean, 1973; Västfjäll 2002). Liknande samband har påvisats i boendemiljöer (Jonah et al., 1981; Weinstein 1980).

Grupper som utsatt för högre socialt tryck och lägre grad av samrådsvilja från myndigheter ansvariga för samhällsbullret, riskerar att utveckla högre grader av bullerstörning än grupper med närmare myndighetssamarbete (Bröer 2008). Individer som i ett arbete utsätts för hög social stress riskerar på grund av en förhöjd sårbarhet, att påverkas mer negativt av ett buller än de som arbetar under lägre stress (Evans, Hubal et al., 2007; Lercher et al., 1993; Melamed et al., 2001; Talbott et al., 1985). Buller har också visat sig kunna påverka sociala beteenden som hjälpsamhet (Sherrod och Downs, 1974) och aggressivitet (Donnerstein och Wilson, 1976).

5.4. Effekt av förväntningar och behov

Bullerstörningen från en ljudkälla ökar som regel i situationer där förväntningar finns om att bullret från denna källa skulle kunna dämpas, t.ex. genom inköp av en ny maskin eller genom akustisk behandling av rummet. Kjellberg et al. (1996) fann att personer som exponerades för samma ljudnivå i arbetet kände sig mer störda ju större möjligheter man ansåg att det fanns att förbättra bullersituationen. Bullerstörningen ökar även i situationer där det finns särskilda behov av att åtgärda bullerkällan (Botteldooren et al., 2002; Hatfield et al., 2001; Stansfeld 2003).

5.5. Effekt av pågående aktivitet

De aktiviteter som gör buller särskilt störande är i första hand de där man är beroende av att ta in information via hörseln därför att maskeringseffekter då gör uppgiften svårare.

Att ett ljud fångar vår uppmärksamhet, distraherar oss, är inte lika stort problem i alla uppgifter. I många uppgifter betyder någon sekunds distraktion inte någonting. Informationen vi behöver ligger kvar och vi kan fortsätta vårt arbete opåverkat efter en minimal paus. I andra fall kan distraktionen vara kritisk; man kan missa information eller tappa tråden i ett resonemang eller beräkning. Vi kan därför vänta oss att vi känner oss särskilt störda i den senare typen av uppgifter.

En annan viktig aspekt av uppgiften och bullermiljön är situationen där det störande ljudet är ovidkommande prat och uppgiften är av verbal karaktär. Tal har en särskilt stark förmåga att dra till sig uppmärksamheten, även då talet är helt ovidkommande för oss. Vi kommer mer eller mindre automatiskt att ta in och tolka talad information. Om då även arbetsuppgiften kräver behandling av verbal information innebär det att den automatiska behandlingen av det ovidkommande talet interfererar med behandlingen av den verbala arbetsuppgiften. Detta bidrar naturligtvis till att man känner sig särskilt störd i en sådan situation. I en enkel och tråkig icke-verbal uppgift kan tvärtom ovidkommande prat uppfattas som något positivt. En experimentell laboratoriestudie har bekräftat dessa effekter av olika kombinationer av bakgrundsljud och arbetsuppgift (Kjellberg & Sköldström, 1991).

5.6. Effekt av individuella faktorer

Samma ljud kan väcka vitt skilda reaktioner hos olika människor. Däremot är det inte lika klart i vilken utsträckning dessa skillnader speglar en stabil och generell bullerkänslighet eller om de är beroende av individernas tillfälliga tillstånd, och i vilken situation bullret uppträder. Inom psykologin finns en lång tradition av att intressera sig för hur mycket styrkan av en viss yttre påverkan dämpas eller ökas av personlighetsfaktorer och individuella skillnader. En viktig fråga är då om man kan identifiera grupper som är särskilt känsliga för buller, och för vilka det alltså skulle finnas skäl att ställa särskilt höga krav på ljudmiljön. Forskningen kring denna fråga har inte kunnat påvisa någon klar relation mellan bullerkänslighet och olika demografiska variabler som ålder och kön (Jones & Davies, 1984).

I en studie av störningsupplevelser under långvarig exponering för trafikbuller fann man dock att störningsbenägenheten var högst inom åldersgruppen kring 45 år. Yngre och äldre åldersgrupper har i dessa studier redovisat genomsnittligt lägre störningsgrader (van Gerven et al., 2009). Man har vanligen också funnit mycket svaga samband med personlighet och andra stabila personlighetsegenskaper.

Weinstein (1980) har utvecklat en skala för bullerkänslighet, som ofta kommit till användning. Ett vanligt resultat har varit att de som rapporterar sig bullerkänsliga, också reagerar mer negativt på ljud och buller. Frågan är dock om bullerkänsligheten är ett utslag av en specifik bullerkänslighet eller om den ska ses som ett av flera utslag

av en mer generell känslighet. Översikter över denna forskning ges av Jones och Davies (1984) och Stansfeld (1992).

Hörselskadade personer och personer otränade för sin arbetsuppgift tillhör vanligen grupper med större bullerstörningsbenägenhet. Studier visar dessutom att introverta personer vanligen störs mindre av buller än extroverta (Cassidy och McDonald, 2007). I andra studier har dock ett motsatt förhållande kunnat påvisas, vilket talar för att ljudets karaktär och källans specifika art kan vara av stor betydelse hur en individegenskap påverkar störningsgraden (Furnham och Strbac, 2002).

Det har även gjorts försök att finna vad som gör att vissa personer bättre än andra klarar att inte låta sig distraheras av buller i omgivningen. En personegenskap som börjat studeras under senare år är arbetsminneskapaciteten. I flera studier har man funnit att personer med en hög arbetsminneskapacitet inte distraheras lika lätt som andra, men en metaanalys gav inget generellt stöd för denna hypotes (Sörqvist, Marsh & Nöstl, 2013).

I en besläktad studie (Sörqvist, Halin & Hygge, 2009) drog slutsatsen att de som har låg arbetsminneskapacitet också är mest i behov av tysta läsmiljöer, vilket ger uppmaning till att fundera över ljudmiljön i skolor och kontorslandskap.

Det finns alltså stora individuella skillnader i mottaglighet för störande buller. Generellt är människor med relativt låg kognitiv kapacitet, men som fortfarande ligger väl inom normalspannet, mer mottagliga för störande ljud. I linje med detta är prestationsnedsättningen generellt större för barn och äldre vuxna.

5.7. Några slutsatser

Forskningen kring icke-akustiska förhållandens effekter på störningsreaktionen är ej tillräckligt för att ge underlag för en kvantitativ bedömning av hur ett visst förhållande bör påverka den acceptabla exponeringsnivån. Forskningen har dock visat att ett antal förhållanden utöver de tekniska mätvärdena bör uppmärksammas då man har att bedöma om ljudmiljön på en arbetsplats är acceptabel. Störningsriskerna är således större:

- då bullret kan göra det svårare att uppfatta viktig information
- under arbete med mer komplexa uppgifter, speciellt arbetsuppgifter som kräver att man behandlar verbal information
- då bullret varierar på ett sätt som den exponerade inte kan kontrollera eller förutsäga
- då bullerkällan inte har något med den exponerades eget arbete att göra
- om hörselskadade ska arbeta i lokalen
- då det störande ljudet är ovidkommande tal och arbetsuppgiften är av verbal karaktär.

Man bör dessutom tänka på:

- att informera om åtgärder som vidtagits mot bullret och om de eventuella svårigheter som hindrar ytterligare förbättringar
- att den som ännu inte helt lärt sig arbetsuppgiften kan vara mer störd än den med stor erfarenhet
- att bullerkänsligheten varierar starkt och att hänsyn därför måste tas till de

enskilda individernas behov

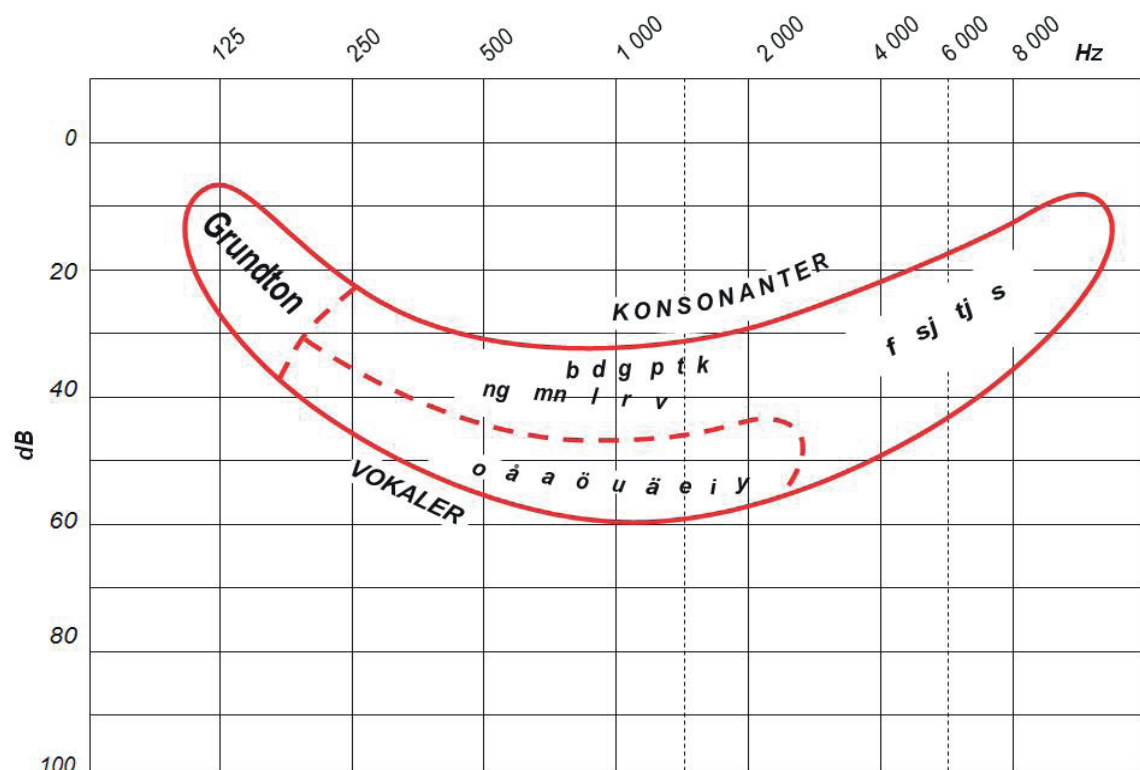
- att en negativ inställning till bullerkällan och arbetsförhållandena i övrigt kan påverka reaktionerna på bullret.

6. Påverkan på arbetsprestation och beteende

6.1. Varför kan buller påverka arbetsprestationen – teoretiska förklaringar

6.1.1. Maskeringseffekter

Buller kan genom sina maskeringseffekter göra det omöjligt eller svårare att klara arbetsuppgifter som kräver att man uppfattar kritisk akustisk information. Den kritiska effekten gäller oftast tal och den blir viktig i miljöer med krav på taluppfattbarhet som i skolor och kontorslokaler (Haapakangas 2011; Venetjoki et al., 2006).



Figur 7. Talljudens fördelning i ljudnivå och frekvenshänseende. Illustration: Svenska Grafikbyrån.

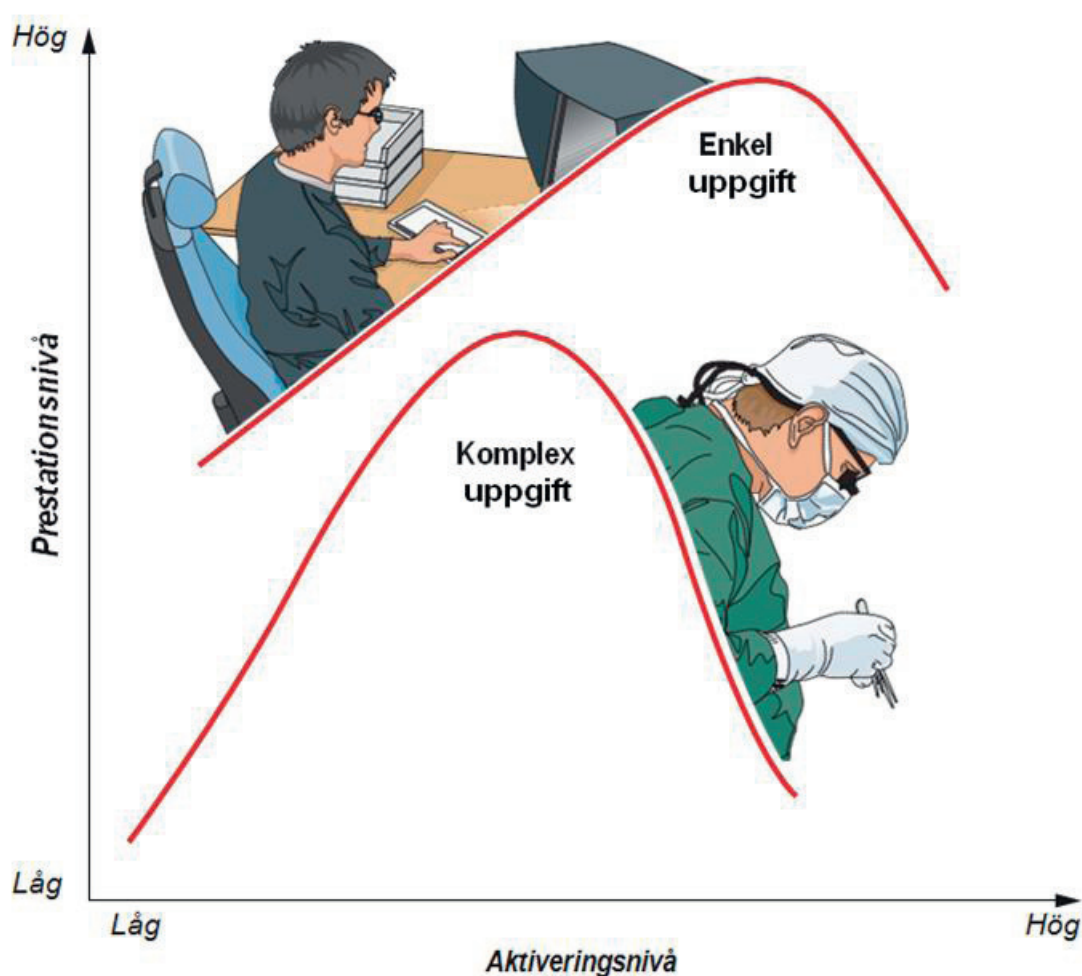
Den allmänna principen vid maskering är att ett ljuds maskeringseffekt blir starkast på andra ljud inom samma frekvensområde. Vidare har ett ljud större maskeringseffekt på ljud som har högre frekvens än på dem som har en lägre frekvens.

Talljuden ligger framför allt inom frekvensområdet 500–3 000 Hz och eliminering av buller inom detta frekvensområde och det som ligger något lägre blir därför särskilt viktiga i lokaler med krav på taluppfattbarhet (Gelfand 1981). Däremot maskeras talet inte så mycket av ett lågfrekvent bakgrundsbuller som ligger långt nedanför talområdet.

Talljudens frekvensmässiga fördelning och relativa ljudnivåer exemplifieras i figur 7. Konsonanterna är i allmänhet svagare än vokalerna och maskeras därför lättast av bakgrundsbuller. Detta är kritiskt eftersom det för talförståelsen är viktigare att uppfatta konsonanterna än vokalerna.

Flera mått har utvecklats för att bedöma hur väl det går att uppfatta tal i en viss miljö: Speech Interference Level, Speech Intelligibility Index, och Speech Transmission Index.

Talmaskeringseffekten har inte bara stor betydelse då den gör det *omöjligt* att uppfatta vad som sägs; den kan också upplevas besvärande då den bara gör det mer ansträngande att uppfatta talet (Kjellberg et al., 2008, Ljung et al., 2009).



Figur 8. Förhållandet mellan aktiveringsnivå och prestationen i en enkel och en svår arbetsuppgift. Illustration: Svenska Grafikbyrå.

6.1.2. Genom att påverka arousalnivån (aktiveringsnivån)

Bullrets effekter på prestationen inskränker sig inte till uppgifter som bygger på akustisk information. Den traditionella förklaringen till detta har varit att buller kan påverka individens arousalnivå, som antas påverka prestationen. Arousalnivån är individens tillstånd på en dimension som går från extrem sömnhet till extrem stress, och en omvänd U-funktion antas beskriva prestationens förhållande till denna nivå. Figur 8 illustrerar detta. En uppgift har alltså enligt denna en optimal aktiveringsnivå

över och under vilken prestationen försämras. Det andra antagande som figuren också illustrerar är att den optimala aktiveringsnivån är lägre ju svårare en uppgift är. Svårare problemlösning skulle då gynnas av att man är mer nervarvad medan man antas klara en enkel reaktionstidsuppgift väl också på en mycket hög arousalnivå.

Den här förklaringen av bullrets prestationseffekter har kritiserats av flera skäl. För det första finns inga empiriska påvisade motsvarigheter till de hypotetiska funktionerna i Figur 8. Det starkaste stödet kommer från studier där man visat att buller kan förbättra prestationen i situationer där arousalnivån kan antas vara låg (t.ex. Smith & Nutt, 1996). Vi vet däremot inte var den optimala ljudnivån ligger för olika uppgifter, och hypotesen ger alltså inte entydiga prediktioner av vilken effekt ett buller skulle ha på prestationen i olika arbetsuppgifter och kan i efterhand lika väl förklara en positiv som en negativ prestationseffekt. Skulle bullret visa sig förbättra en prestation förklaras det av att man närmat sig eller nått den optimala aktiveringsnivån. Skulle det leda till en försämring förklaras det av att bullret höjt aktiveringsnivån över den optimala. Alternativt kan man tänka sig att bullret sänkt nivån under den optimala nivån. Flera studier har nämligen visat att monotona eller repetitiva ljud kan sänka vakenhetsnivån (Bohlin, 1971; Landström et al, 1983).

En annan svaghet med den omvända U-funktionen ger också bara en beskrivning av ett samband, ingen förklaring av det. Den säger inget om varför man skulle försämras över och under en viss aktiveringsnivå.

Arousal och uppmärksamhetsfördelning. En förklaring av att en förhöjd arousalnivå kan leda till en försämrad prestation gavs av Easterbrook (1959). Han menade, med ett visst empiriskt stöd, att när arousalnivån höjs för mycket så kommer man att fokusera en mindre central del av den tillgängliga informationen än man skulle ha gjort på en lägre arousalnivå. Det är detta som brukar beskrivas som tunnelseende under stress, som alltså inte är en synstörning utan en uppmärksamhetsfokusering. Om uppgiften kräver hänsyn till flera typer av information, vilket svårare uppgifter vanligen gör, kommer alltså prestationen att försämras. Prestationsförsämringen då arousalnivån sänks alltför mycket behandlas inte av Easterbrook, men beror på en motsatt effekt: när vakenheten sänks får vi problem att hålla uppmärksamheten fokuserad på arbetsuppgiften.

Återstår frågan varför vi på detta sätt begränsar informationsintaget då arousalnivån är hög, som under stress. Den vanligaste förklaringen till detta är att det avspeglar en strategisk användning av de tillgängliga kognitiva resurserna. När vi arbetar med en svårare uppgift i en bullrig miljö, måste vi anstränga oss för att inte låta oss distraheras av bullret. Denna ansträngning kommer att ta en del av våra kognitiva resurser i anspråk och lämna mindre resurser över för uppgiften. Ett sätt att klara uppgiften trots de begränsade resurserna blir då att koncentrera uppmärksamheten till den information som vi bedömer vara viktigast för uppgiften, och att förlita oss på rutiner som brukar fungera. Vi gör alltså en strategisk prioritering av den information som finns i situationen. Detta innebär att fokuseringen av uppmärksamheten inte behöver innebära att vi inte behandlar information som finns i den perifera delen av synfältet. Urvalet av information kan göras på helt andra grunder. Vi skulle t.ex. i en korrekturläsningssuppgift kunna prioritera lättidentifierade fel som vi kan identifiera genom att granska enskilda ord, och som alltså inte kräver att vi behöver ta in textens innebörd.

6.1.3. Distraction (attentional capture)

Distraction är förmodligen den negativa effekt av buller som man först tänker på, och den togs upp under avsnitt 5.5 om arbetsuppgiftens betydelse för hur störd man blir av ett buller. Vi vet vad som gör ett ljud distraherande. Plötsliga förändringar av ljudet särskilt om dess nivå är hög är en avgörande faktor. En annan är ljudets informationsinnehåll, där tal intar en särställning. Det kräver en ansträngning av oss

för att inte bli distraherade av ovidkommande prat. Men även andra ljud, som t.ex. en telefonsignal, kan av detta skäl vara mycket distraherande, särskilt om det inte är någon mycket lättidentifierad skillnad mellan den telefon man ska svara på och andra telefoner. Som påpekats tidigare är en sådan distraktion inte alltid av någon egentlig betydelse för hur väl man klarar arbetsuppgiften. Distraktionen innebär endast att man under en mycket kort stund vänder uppmärksamheten från arbetsuppgiften, för att sedan utan problem återuppta den. I andra fall, t.ex. om man håller ett telefonnummer i huvudet eller är inne i en längre resonemangskedja, kan effekten bli större.

6.1.4. Det ovidkommande ljudet tar samma processer i anspråk som arbetsuppgiften

Under de senaste åren har allt mer betonats att ovidkommande ljud kan störa arbetet genom att ljudet automatiskt tar samma kognitiva bearbetningsprocesser i anspråk som arbetsuppgiften. Detta problem uppstår framförallt då det ovidkommande ljudet är tal. Man kommer då automatiskt att bearbeta informationen i detta tal och om arbetsuppgiften ställer semantiska bearbetningskrav (läsning, skrivning, att lyssna på annan muntlig information) kommer bearbetningen av det ovidkommande talet att interferera med arbetsuppgiften (Marsh et al., 2009).

En annan effekt av samma typ kan uppstå i uppgifter som kräver att vi bearbetar ordningen mellan information som vi ska behandla. I laboratorieförsök är det enklaste exemplet att en person ska lära sig en serie ord i rätt ordning (seriell inlärning). Om bakgrundsljudet under presentationen av ordserien förändras (om man t.ex. då får höra tal eller en serie toner) kommer man att inte att klara att återge ordningen lika bra som om bakgrundsljudet varit konstant. Om uppgiften i stället varit att komma ihåg så många ord som möjligt utan krav på att återge ordningen mellan dem, kommer däremot prestationen inte alls att påverkas av det föränderliga bakgrundsljudet. Det förefaller alltså som om man automatiskt bearbetar ordningen i det föränderliga bakgrundsljudet, och att detta interfererar med bearbetningen och lagringen av ordningen i ordserien.

6.1.5. Stress, trötthet

Av genomgången ovan framgår att bakgrundsbuller kan göra en arbetsuppgift svårare och mer ansträngande. Därmed kan bullret bidra till att skapa stress i arbetet, vilket kan förväntas ge de effekter som behandlats i avsnittet om en förhöjd arousalnivå.

Genom att bullret också kan göra arbetet mer ansträngande kan det också bidra till att tröttheten utvecklas snabbare än den skulle ha gjort i en lugnare miljö (Chen et al., 2007; Saeki et al., 2004; Takeo et al., 2001; Zimmer et al., 2008). Man kan alltså vänta sig att bullereffekten förstärks med tiden i arbete i bullrig miljö.

7. Hur och i vilka uppgifter påverkar buller prestationen?

I den föregående översikten (Landström et al., 1999) sammanfattades resultaten från forskningen om buller och prestation. De sammanfattningarna är fortfarande aktuella, sånär som på några punkter som utvecklas mer nedan. Resultaten sammanfattades på följande sätt:

Relativt enkla och väl inlärd kognitiva färdigheter, som aritmetik, störs ej nämnvärt av buller. Svårare uppgifter, särskilt de som kräver en analys av mening eller innehåll är mer lättstörda, särskilt när bakgrundsbullret är meningsfullt, som t.ex. irrelevant tal. Bullerkällans kvalitativa egenskaper förefaller än en gång vara mer väsentliga än ljudtrycksnivåer. För irrelevant mänskligt tal är ljudtrycksnivån inte särskilt avgörande för en prestationsnedsättning. Också låga ljudtrycksnivåer, med enstaka händelser ned mot 50 dBA är tillräckliga för att en effekt på korttidsminne eller prestation skall kunna visas. De flesta prestationsstudier av buller har haft mycket korta exponeringstider, men det finns en tendens till att längre exponeringstider ger starkare effekter. Inga generella könsskillnader i bullerpåverkan har visats. (Landström et al., 1999, s. 63.)

Senare forskning har visat att även enklare uppgifter och väl inlärd färdigheter som aritmetik kan påverkas av bakgrundsljud, särskilt av ljud som i någon mening är relaterat till uppgiften (det är t.ex. särskilt störande att räkna när röster i bakgrunden innehåller siffror och matematiska tal (Buchner et al., 1999).

Med ett par undantag visar ett tiotal fältstudier av prestationseffekter på försämrade skolkunskaper som resultat av buller. Ett genomgående resultat är också att effekten av buller är kumulativ och därför mer påtaglig i de högre årskurserna, som exponerats för kroniskt buller en längre tid. Läsförmåga förefaller vara mer känslig för bullerpåverkan än t.ex. matematikkunskaper, vilket förefaller rimligt med tanke på att läsfärdigheter kräver en verbal interaktion mellan lärare och elev, en interaktion som lätt störs av buller. Undersökningarna indikerar också att lågpresterande barn drabbas hårdare av buller. Fältstudierna ger också vid handen att grundläggande uppmärksamhetsmekanismer och uthållighet/hjälplöshet/motivation påverkas negativt av kronisk bullerexponering. (Landström et al., 1999, s.66.)

Det finns ett starkt experimentellt stöd för att återgivning av en text försämras både av vägtrafikbuller och irrelevant meningsfullt tal. Effekterna har påvisats ned till 55 dBA Leq för flygplansbuller under de 15 minuter exponeringen varade. För vägtrafikbuller är nivån för säkerställda effekter något högre, ca 66 dBA Leq för en 15 minuter exponering. Bullereffekterna är inte säkerställda på andra minnesfunktioner. (Landström et al., 1999, s.66.)

Fältstudierna av inläring visar att språkbundna kognitiva förmågor är mer känsliga för kronisk bullerexponering än andra kognitiva och mentala förmågor. Återgivning av en text, men kanske inte igenkänning, är en sådan förmåga. Kronisk exponering för flygbuller förefaller vara värre än exponering för vägtrafikbuller. Inverkan av kronisk exponering för irrelevant meningsfullt tal

är inte undersökt. Den nivå som förefaller kritisk för flygbullereffekterna är i Münchenstudien omkring 60 dBA Leq. (Landström et al., 1999, s.69.)

Forskningen om eftereffekter av bullerexponering har visat att intermittent slumpmässigt buller likaväl som kontinuerligt buller ger reliabla eftereffekter, särskilt på Feather-uppgiften och Stroop-testet¹. Svåra uppgifter störs mer. Flygbuller med markerade toppar och snabb onset har visat sig vara särskilt effektiva i att ge en eftereffekt. Likaväl som för inlärning under buller finns det skäl som talar för att mänskligt tal som en del av ett bullerkonglomerat, eller ensamt, är en särskilt starkt påverkande bullerkälla. Eftereffekter av akut, intermittent bullerexponering på motivation och uthållighet har visats för så låga ljudtrycksnivåer som 56 dBA. Studier av eftereffekter på barn saknas, och det går därför inte att avgöra om barn är mer eller mindre känsliga än vuxna. Det är heller inte undersökt hur varaktig eftereffekten är. I de studier som publicerats har tiden från bullerexponeringen till testet för eftereffekt varit kort, ofta mindre än 30 minuter. (Landström et al., 1999, s. 71.)

En stor del av den senare forskningen om hur ljudmiljön påverkar prestationen i olika uppgifter har haft karaktären av grundforskning, och denna forskning har liten relevans för bullerproblemen på en arbetsplats. Det finns därför ingen anledning att här referera denna forskning. I den föregående rapporten från 1999 gjordes en mycket omfattande genomgång av den dittillsvarande forskningen, och som framgått ovan håller dess slutsatser fortfarande. Vi avstår därför från att ge en täckande översikt över hur bullermiljön kan påverka prestationen i olika arbetsuppgifter, för att i stället koncentrera genomgången till några frågor där den senare forskningen uppmärksammat mer än den tidigare och som har ett intresse för förståelsen av bullers effekter i arbetslivet.

7.1. Förståelse och minne av muntlig information under sämre lyssningsförhållanden

Större delen av forskningen kring hur buller påverkar prestationen i olika arbetsuppgifter har undvikit uppgifter som kräver bearbetning av akustisk information. Skälet till det har varit ett intresse för andra effekter än de som förklaras av bullrets maskeringseffekter. När man varit intresserad av maskeringseffekter, har det varit för att få ett underlag för krav på akustiska förhållanden i lokaler där det är viktigt att uppfatta tal, t.ex. i sammanträdesrum och klassrum. I de studierna har man vanligen presenterat ord eller meningar med olika signal/brus-förhållande, och bedömt ljudbetingelserna som acceptabla om en hög procent av orden eller meningarna identifierats korrekt. Men när vi lyssnar till tal är ju inte det enda kravet att vi ska kunna identifiera orden som sägs. Vi måste också förstå dem och sedan lagra den informationen. En studie av Kjellberg et al. (2008) visade att förståelsen och minnet av talad information kan försämrats om signal/brus-förhållandena inte är sämre än att det går att uppfatta orden korrekt. I försöket fick deltagarna lyssna till en ordlista med ett bakgrundsbrus som gav en mycket bra eller dålig signal/brusnivå (27 resp 4 dB). För att kontrollera att de uppfattade orden, fick deltagarna upprepa ordet direkt efter presentationen. När de lyssnat på hela listan skrev de ner ord som de mindes. Resultatet visade att deltagarna mindes klart färre ord då talet endast låg 4 dB över bakgrundsbruset. Trots att deltagarna hört orden och t.o.m. upprepat dem mindes de inte orden lika bra som då lyssningsbetingelserna var goda.

¹ Feather-testet: Ett test där man arbetar med delvis olösliga problem, och där man bl.a. mäter hur lång tid man arbetar med de olösliga problemen.

Stroop-testet: Färgord presenteras skrivna med olika färger (t.ex. ordet grön skrivet i rött), Uppgiften är att så snabbt som möjligt ange i vilken färg orden är skrivna, och alltså bortse från vilket ordet är.

Resultatet tolkades som ett stöd för att det räcker att förhållandena kräver att ansträngning för att förståelse och minne ska försämrats. Under goda lyssningsförhållanden sker identifieringen av ord närmast automatiskt, vilket gör att man kan använda sina kognitiva resurser till tolkning och lagring av informationen. Ansträngningen då signal/brusnivån är låg innebär att ordidentifieringen blivit resurskrävande, och att mindre resurser finns tillgängliga för den vidare bearbetningen av informationen.

Uppgiften då man lyssnar på ordlistor skiljer sig mycket från den då man lyssnar på sammanhängande tal. Det språkliga sammanhanget och situationen gör att man oftast kan förstå vilket ord som sagts, även om det varit omöjligt att förstå om ordet hörts isolerat. I ett senare experiment lät man därför deltagarna lyssna på kortare föredrag under samma signal/brus-förhållanden som för ordlistorna (Ljung & Kjellberg, 2009). Även då visade man sig minnas texten sämre med det högre bakgrundsbruset.

Bakgrundsbruset är bara ett av flera förhållanden som gör det svårare att höra vad som sägs, och i två experiment gjordes samma försök med en lång och en kort efterklangstid (Ljung & Kjellberg, 2009). Resultatet blev detsamma. Med den långa efterklangstiden, som gjorde det mer ansträngande att lyssna på talet, mindes mindre av vad som sagts.

Det kritiska tycks vara om det är kognitivt krävande, dvs. att man behöver anstränga sig för att höra vad som sägs. Det innebär att de negativa effekterna av dåliga akustiska förhållanden säkerligen blir ännu större om lyssnandet redan av andra orsaker är särskilt kognitivt krävande. Hörselskadade och barn kan därför förväntas bli särskilt hårt drabbade av en hög bakgrunds nivå och en lång efterklangstid. Att problemet kan förväntas bli större för barn beror på att de har sämre förmåga att utnyttja redundansen i talinformation, de har alltså svårare att fylla i de ord som de missat. Även talaren kan naturligtvis göra det svårare att uppfatta vad som sägs. Dåliga akustiska förhållanden skulle därför också bli extra kritiska då man lyssnar till ett främmande språk eller en dialekt som man är ovan vid, eller om det är ett yngre barn som talar. Små barn har ju i allmänhet en sämre artikulation än vuxna.

7.2. Ovidkommande tal

Effekterna av ovidkommande tal på seriell inläring (inläring av en serie av t.ex. ord eller siffror) uppstår förmodligen genom att talet sätter igång en process som interfererar med bearbetningen av den seriella minnesuppgiften (*interference by process*). Den process som involveras i båda fallen är bearbetningen av ordningen av en serie ljud. Bearbetningen av det ovidkommande talet är automatisk och görs även om man inte uppmärksammar talet. Bearbetningen av ord- eller talserien i den seriella minnesuppgiften är däremot en medveten och styrd process (Hughes & Jones, 2005). Många studier talar emot den alternativa hypotesen att störningen skulle bero på likheter i innehållet (*interference by content*) mellan uppgiften och talet. En effekt uppstår t.ex. oavsett om det ovidkommande talet är begripligt eller ej, och en serie toner kan ge samma effekt (Beaman & Jones, 1998).

I uppgifter som kräver en semantisk bearbetning finns också dessa två tänkbara tolkningar. Den försämrade prestationen i den semantiska bearbetningsuppgiften skulle kunna bero på att den har ett innehåll som liknar det ovidkommande talets (Neely & LeCompte, 1999). Alternativt beror störningen även här på att uppgiften och det ovidkommande talet involverar samma bearbetningsprocesser. En serie experiment av Marsh et al. (2009) gav ett starkt stöd för förklaringen i termer av processinterferens, dvs. den automatiska semantiska bearbetningen av det ovidkommande talet försämrar prestationen i arbetsuppgiften om denna också kräver semantisk bearbetning. När detta krav togs bort försvann även effekten. En fråga i detta sammanhang är om man kan habituera till ovidkommande prat. Forskningen ger inget entydigt svar på detta. Ryherd och Wang (2007) fann ingen sådan

habituering, medan Bell, Röer, Dentale och Buchneer (2012) liksom Banbury och Berry (1997) gjorde det. I ett par fall har man studerat mer långsiktig habituering utan att finna något tecken på en sådan (Ellermeier & Zimmer, 1997; Hellbrück et al., 1996). Slutsatsen måste bli att man inte kan räkna med en habituering till ovidkommande tal.

Sörqvist och Rönnberg (2012) studerade effekten av ovidkommande bakgrundstal på minne och förståelse av en talad text. De fann att minnet av texten försämrades och att detta inte bara berodde på en maskeringseffekt, utan att den semantiska innebörden i det ovidkommande talet bidrog till effekten.

Den för arbetslivet mest relevanta aspekten av denna forskning torde vara att ovidkommande prat interfererar med arbeten som kräver semantisk bearbetning. Det är dock en ganska liten del av forskningen om effekten av ovidkommande tal som behandlar den aspekten. Den stora majoriteten av dessa studier har gällt seriell inlärning, och relevansen av den effekten i arbetslivet är inte lika lätt att se.

Beaman (2005) diskuterar praktiska implikationer och åtgärder under fyra rubriker:

- i. Tänk på vilka som utsätts för det ovidkommande talet. Det finns anledning att tro att barn allmänt är mer lätt distraherade än vuxna (Elliot, 2002).
- ii. Tänk på den akustiska omgivningen. Längre efterklangstider minskar variabiliteten i bakgrundsljudet, vilket därmed blir mindre distraherande men detta kan också ha andra och oönskade konsekvenser. Ett jämnt bakgrundsbabbel blir också mindre distraherande än då man uppfattar individuella röster.
- iii. Tänk på vilka kognitiva uppgifter som utförs i lokalen. Minnesuppgifter och kalkyler där information måste hållas i huvudet kan förväntas vara särskilt känsliga för alla typer av distraherande ljud. Arbetet med läs- och skrivuppgifter störs särskilt mycket av ovidkommande tal.
- iv. Tänk på vilken karaktär bullret har. Vi vet ganska mycket om vad som gör ett ljud distraherande (se sektionerna 4 och 5 i föreliggande rapport).

7.3. Skolmiljön – lärare och elever

Arbetsmiljölagen omfattar skolans personal och elever från och med s.k. förskoleklass. Arbetsmiljöverket kan alltså ställa krav även på elevernas arbetsmiljö. Lagen gäller dock inte för barn på fritidshem och i förskolor. Däremot gäller den för personalen som arbetar där.

7.3.1. Lärare

För både lärare och elever är därför buller i skolans miljö intressant. För lärare är det relativt vanligt att de överanstränger sin röst. I avsnittet om Rösthälsa (se 8.3) påpekades det att rösthälsa under de senaste åren fått allt större uppmärksamhet och att kvinnor i läraryrken verkar vara en mycket överrepresenterad grupp bland dem som söker behandling för röstproblem.

Några studier har nyligen gjorts i Sverige av hur lärare i förskolan upplever stress och hälsa (Sjödin, 2012). Symptom på tinnitus rapporteras av mer än 30 procent av lärarna, vilket också var den andel som upplevde sig vara nära utarbetning. Ljudmiljön karaktäriserades av pedagoger som den enskilt mest besvärande arbetsmiljöfaktorn. Barnens röster och ljud från deras aktiviteter klassificerades som de mest besvärande bullerkällorna. Personalen uppvisade högre hörtrösklar för samtliga testade frekvenser jämfört med svensk ej bullerexponerad referenspopulation.

Olika slags interventioner provades i förskolorna och de generella resultaten

var att akustiska åtgärder (ljuddämpande leksaker, möbler), åtminstone initialt, var mer verksamma än de organisatoriska (tyst rum både för lärare och barn, mindre barngrupper, ljusreglering, utbildning), som kanske tar längre tid på sig att varaktigt reducera ljudnivån.

I skolan är det en central uppgift att lära sig, men det finns inga särskilda fältstudier som undersökt de påfrestningar lärares minne och uppmärksamhet utsätts för av buller i skolan. För lärare i skolan finns knappast några fältstudier alls av hur buller påverkar minne och inläring. Dock finns laboratoriestudier av hur lärare och yngre personer klarar att komma ihåg en text de läst in under buller jämfört med tystnad (Boman et al., 2005; Enmarker et al., 2006; Hygge, 2003). Nedsättning i minne och inläring visades också för lärare som en effekt av bullerexponering.

7.3.2. Elever - minne och inläring

I en översiktsartikel skrev Evans och Hygge (2007) att det finns mer än 20 studier som ger stöd för att minne och andra kognitiva uppgifter försämras av buller. Men tyngden i den slutsatsen kommer kanske framför allt från några större fältstudier.

I en stor longitudinell studie (Evans et al. 1995, 1998; Hygge et al. 2002) av ca 350 skolbarn från åldern 9-10 år vid Münchens nya och gamla flygplats, undersöktes hur flygbullret påverkade blodtryck, stresshormoner, kognition och motivation. Alla barn testades under tysta betingelser tre gånger med ett års mellanrum, en gång före och två gånger efter den gamla flygplatsen lades ned och den nya öppnades, och jämfördes med kontrollgrupper av barn från tysta bostadsområden. Resultaten för långtidsminne vid den nya flygplatsen visade inga säkerställda skillnader mellan den grupp som skulle utsättas för flygbuller och den tysta gruppen före flygplatsen öppnade. När flygtrafiken startade blev de flygbullerdrabbade barnen sämre än sin kontrollgrupp på långtidsminne. Vid den gamla flygplatsen skedde det motsatta. Innan den gamla flygplatsen stängdes var de flygbullerexponerade barnen sämre på långtidsminne än sin kontrollgrupp, men när flygplatsen stängdes började skillnaderna minska för att försvinna vid tredje undersökningsvägen. Samma resultatmönster som för långtidsminne visades för ett ordlistetest både vid den gamla och nya flygplatsen. Vid den nya flygplatsen visades också förhöjt blodtryck och höjda halter av stresshormoner. I en stor tvärsnittsstudie (Stansfeld et al., 2005) med mer än 2 800 barn runt de stora flygplatserna i London, Amsterdam och Madrid visades försämrad läsförståelse med ökad bullerexponering från flygtrafik, men ej vägtrafik.

Barns försämrade inläring har också tagits upp av WHO (2011) och givits ett särskilt kapitel i en större text om Bullerbördan. Man har uppskattat att en ökad bullerexponering med 1 dB kanske resulterar i en försämring på 1-2 procent för krävande minnesuppgifter. Men det är ovisst hur stor andel av skolarbete som upptas av så pass krävande minnesuppgifter.

Språkbundna kognitiva förmågor syns vara mer känsliga för kronisk bullerexponering än andra kognitiva och mentala förmågor. Återgivning av en text, men kanske inte igenkänning, är en sådan förmåga. Kronisk exponering för flygbuller förefaller vara värre än exponering för vägtrafikbuller. Inverkan av kronisk exponering för irrelevant meningsfullt tal är inte undersökt. En nivå som har uppskattats vara kritisk för flygbullereffekterna är omkring 60 dBA L_{eq} (utomhus).

7.4. Kombinationseffekter

Forskningen kring hur en bullerexponering påverkar individen i en arbetssituation under samtidig exponering för andra miljöfaktorer har fokuserats på buller och

vibrationer (Fidell, 2008; Neitzel och Yost, 2002; Ljungberg och Neely, 2007a, 2007b; Ljungberg, 2007, 2008, 2009; Yan et al., 2008,)), buller och kemikalier (Botteldooren och Lercher, 2004, Prasher et al., 2002; Schwela et al., 2005), buller och värme (Gomes och Norman 2008; Singh et al., 2010) samt buller och individfaktorer (Västhjäll 2002). Forskningen har då i första hand gällt risken för hörselskador.

Det kunskapsmässiga underlaget för störningsriktvärden i kombinationshänseende vilar idag på en osäker grund. Kombinerad exponering för buller och vibrationer, främst helkroppsvibrationer och buller, pekar på modesta kombinationseffekter, då främst i samband med koncentrationskrävande eller minneskrävande arbete (Ljungberg et al., 2004; Ljungberg och Parmentier, 2010). En kombinerad exponering för lågfrekvent ljud och lågfrekventa vibrationer riskerar att förstärka sömnheten för bl.a. fordonsförare. En kombinerad bullerexponering och för hög arbetstemperatur riskerar även detta att öka sömnhetsgraden och sänka prestationsförmågan (Witterseh et al., 2004). De kombinerade effekterna har dock genomgående visat sig vara svaga på såväl störning som prestation. Studier pekar på att toleransen för höga temperaturer minskar i bullriga miljöer (Pellerin och Candas, 2003).

8. Hälsa

8.1. Sjukdomsburden av samhällsbuller

Inom WHO drivs ett arbete med att försöka sätta ett slags prislapp på ohälsa och vad olika sjukdomar kostar ett samhälle. Prislappen är inte i pengar utan i hur många människoår som förloras. Den enhet man räknar i heter ofta på svenska "Funktionsjusterade levnadsår". Engelskans term är disability-adjusted life years (DALYs) och den tar hänsyn både till en för tidig död och graden av funktionsförlust under resten av individens liv. En DALY skall tänkas som ett års förlust av ett hälsosamt liv. Summan av alla DALYs över en befolkning kan ses som ett mått på skillnaden mellan faktiskt hälsostatus och en ideal hälsosituation.

De sjukdomar som av WHO beräknades ge DALY-värden 1999 var i rangordning: nedre luftvägsinfektioner, HIV, komplikationer under den perinatale perioden (graviditet, förlossning, barnsäng) och diarré-sjukdomar. Dessa fyra sjukdomar beräknades ha 4.0-2.2 miljoner dödsfall per år och 97-72 miljoner DALYS. På femte plats kom depression, som inte hade så många direkta dödsfall (0.001 milj), men ett högt värde på DALY (59 milj) på den kraftiga funktionsnedsättning depressionerna för med sig.

För att beräkna DALY för en sjukdom börjar man med att göra sig bästa möjliga uppskattning av hur svår sjukdomen är (funktionsförlustvikter, eng., *disability weight*, DW) med vägningsfaktor 0 till 1, där 0 är perfekt hälsa och 1 är döden. AIDS som inte behandlas ges t.ex. vikten DW=0,51, akut hjärtinfarkt 0,49, diarré 0,11, dövhet 0,23, nedre luftvägsinfektion 0,28, levercancer 0,24 och demens 0,63. Också andra psykiska tillstånd (bipolär sjukdom, schizofreni) har höga DW-värden omkring 0,6.

När funktionsförlustvikten DW satts görs en kvantitativ bedömning av hur många i en befolkningsgrupp som har sjukdomen och då kan DALYs räknas fram, och t.ex. jämföras med DALY för andra sjukdomar i samma land, i andra länder och över tid.

På samma sätt som att man räknar DALY för en viss sjukdom kan man också räkna DALYS för en given miljöpåverkan. Ett särskilt problem blir då att finna t.ex. stor del av något sjukdomstillstånd som orsakas av en given miljöfaktor, dess "överfrekvens" och hur mycket som orsakas av andra faktorer än miljöfaktorn

WHO har nyligen givit sig i kast med att försöka bestämma hur många DALYs i Europa som orsakas av den bullerexponering som finns i samhället, omgivningsbuller, och särskilt buller från väg-, tåg- och flygtrafik. (WHO, 2011, se Figur 9). Fem grupper av hälsoutfall analyserades: (1) Hjärt-kärl-sjukdomar, (2) Kognitiva nedsättningar hos barn, (3) Sömnstörning, (4) Tinnitus och (5) Bullerstörning.



Figur 9. WHO (2011) - Länk: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf

Beräkningarna gjordes på bästa möjliga säkerställda kunskap men i många fall måste ett mått av bästa gissning till, t.ex. för att bestämma funktionsförlustvikter, varaktigheten i funktionsnedsättningen och antalet exponerade över en viss ljudnivå. Överlag användes dock mycket låga värden för funktionsförlustvikten och dess varaktighet, för att med konservativa uppskattningar vara väldigt säkra på att beräknade DALY-värden är lägre än de "sanna" värdena. En kvantitativ detaljämförelse mellan de fem hälsoutfallen försvåras också av att de inte alltid är räknade på samma befolkningens mängd. Dock, rangordningen mellan de fem hälsomått förändras inte av de olika befolkningsunderlagen. De dominerande är sömnstörning och störning. Se tabellen för en korrigerad utifrån vilken befolkning DALY beräknats på och vad utfallet skulle ha blivit i Sverige.

Tabell 2. DALY för olika hälsoutfall av bullerexponering (omräknad från WHO 2011)

Hälsomått	DALY EUR	EUR befolkning milj	DALY/milj	DALY för Sverige
Hjärta-kärl	61 000	407	150	1 424
Barns kognition	45 000	420	107	1 018
Sömnstörning	903 000	420	2 150	20 425
Tinnitus	22 000	340	65	615
Störning	654 000	420	1 557	14 793
Totalt	1 685 000			38 274

Källa: WHO (2011) Data omräknade för befolkningsunderlag och överförda till Sverige (9,5 miljoner).

WHO-rapporten inriktad på Bullerbördan från samhällsbuller, särskilt de olika trafikslagen, torde sina allmänna utgångspunkter och övervägande också ha hög relevans för buller i arbetslivet. Ett stöd för detta är en svensk beräkning av riskfaktorer för DALY, bl.a. för yrkesrelaterat buller (Allebeck, Moradi & Jacobsson, 2006). Där redovisas för män 4 166 DALY, vilket är rangordning två efter luftburna partiklar i arbetsmiljön. För kvinnor redovisas 1 837 DALY, som är rangordning fyra.

8.2. Störningsrelaterad ohälsa i arbetet

Även om huvuddelen av forskningen kring den störningsrelaterade ohälsan har fokuserats på effekter i bostäder och yttre miljöer finns likheter i uppkomstmekanismer för ohälsa. Forskningen rörande bullerrelaterad ohälsa på arbetsplatser har också under senare år fått en allt större uppmärksamhet (Botteldooren och Lercher, 2006; Ising och Kruppa, 2004; Kristiansen 2010; Stansfeld 2003). Vikten av en fördjupad forskning inom detta område ska ses inte minst utifrån den ökade ohälsorapportering från arbetsplatser med i många avseenden bristfälliga ljudmiljöer. Som exempel kan nämnas den tydliga uppgång i ohälsorapportering som kan ses från den pedagogiska sektorn (AFA 2011, Arbetsmiljöverket 2011a).

Nuvarande bullerföreskrifter (AFS 2005:16) behandlar, när det gäller bullerstörning, i huvudsak hur bullret påverkar arbetskomfort och arbetsutförande, främst via påverkan på taluppfattbarhet, kommunikation och koncentration. Det finns skäl att i ett framtida regelverk även fästa uppmärksamhet på den ohälsa som direkt eller indirekt kan kopplas till bullerstörning. Bullret, bullerstörningen inkluderad, som en del i ett folkhälsoperspektiv har också uppmärksamats av WHO (2011), se avsnitt 8.1 ovan. Huvuddelen av de ohälsosymptom som påvisats i senare års forskning har nära koppling till den störning som buller i arbetslivet kan ge på koncentration, arbetsansträngning och ökad stress.

Studier av industriarbetare har visat på en utveckling av besvär i form av huvudvärk, trötthet och spänningssmär i miljöer med högfrekvent buller centrerat i smalare oktaver eller tersband (Prashanth och Sridhar, 2008).

Bland de fysiologiska effekter av infraljud som främst diskuterats under de senaste åren kan nämnas förändringar i vakenhet. Studier har visat på en ökad risk för sömnlighet under exponering för infraljud (Landström et al., 1983).

Risken för vävnadseffekter är påtaglig främst i de fall där ultraljudet genereras direkt mot kroppen, dvs. vid så kallat kroppsburet ultraljud. I fallet kroppsburet ultraljud förekommer risk för såväl direkta värmeeffekter som mekanisk påverkan i form av kavitation, dvs. mekanisk bildning av hålrum eller blåsor. Båda dessa effekter utgör resultatet av en energiabsorption där ultraljudet lämnar ifrån sig sin energi till vävnaden.

8.3. Röstohälsa

Problem med röstohälsa har under de senaste åren fått allt större uppmärksamhet. Arbetsmiljöverket (2011b) har nyligen givit ut en kunskaps sammanställning. Av den framgår att ungefär en tredjedel av den yrkesverksamma befolkningen i Sverige har arbeten där rösten är ett viktigt och nödvändigt redskap, t ex lärare, instruktörer, telefonister, säljare, politiker och artister. Kvinnor i läraryrken verkar vara en mycket överrepresenterad grupp bland dem som söker behandling för röstproblem. Uppgifter om kostnader för yrkesrelaterade röststörningar saknas i Sverige och det finns inte normer eller riktvärden för röst användning. Det finns dock kunskap om yrkesrelaterade röststörningar och röstergonomi och om lämpliga behandlingar eller terapier, men den kunskapen har ännu inte nått ut tillräckligt till nyckelpersoner som arbetsgivare, arbetstagare, utbildningsledare och personal inom företagshälsovård och sjukvård.

9. Utvärdering av bullerstörning

I nuvarande bullerföreskrifter (AFS 2005:16) baseras utvärdering av bullerstörning i arbetsmiljön på dos-effektsamband, där exponeringsdosen eller nivån anges i dBA, alt dBC eller dB. I de allmänna råden till föreskrifterna finns även riktlinjer för instrumentens hantering vid mätning och analys. Särskilda anvisningar anges för frekvensanalys, dosimetri kontra stationärt instrument, mätnoggrannhet mm. Utvärderingen av bullerstörning baseras på värderingar av uppmätta nivåer och hur dessa ligger i förhållande till gränsvärden, insatsvärden eller rekommenderade värden men även andra faktorer, som besvärsupplevelse, kan behöva beaktas. I de allmänna råden finns också underlag för utvärdering av talmaskering och rumsakustiska förhållanden.

Forskning för att utvärdera en bullerstörning baseras förutom på mätning och analys av bullret, dessutom ofta på värderingar gjorda utifrån formulär av olika slag. Formulären spelar också en central roll i den yrkeshygieniska bedömningen, i synnerhet formulär utformade för att fånga en upplevelse eller ett störningsrelaterat besvär. Formulären har även ett centralt värde för att fånga upp den ohälsa som kan föreligga och förklaras av en bullerexponering.

Ett stort antal formulär finns utarbetade för att fånga upp störningsupplevelse, talmaskering, ljudtrötthet, arbetsansträngning, prestationspåverkan, stress, utbrändhet etc. *Effort/Reward Inventory formula* kan användas för att studera sambanden mellan arbetsbelastning och stress och hur detta påverkas av en samtidig bullerexponering. Siegrists Ansträngnings/Belönings-formulär (Siegrist, 1996) kan användas för att utvärdera ett störande bullers betydelse för ansträngning och belöning i ett arbete. *Krav-kontroll-stöd-formuläret* (Karasek & Theorell, 1992) kan användas för att bl.a. studera inverkan av arbetsbelastning samt olika arbetsorganisatoriska variabler. *The Everyday Life Stress Scale (ELSS)* tillämpas för att värdera självbedömt stressbeteende och reaktioner i vardagslivet (Burell 2002). *Checklist Individual Strength questionnaire (CIS)* kan användas för att mäta trötthet/utmattning på grund av en bullerexponering (Beurskens, 2000). *Stress-Energi-formuläret (SE-formuläret)* (Kjellberg och Wadman 2002; Wadman och Kjellberg 2007) kan användas för att kartlägga den subjektiva stressen och engagemanget i arbetet och hur detta påverkas av ett samtidigt buller. Upplevd trötthet kan mätas med formuläret *Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI)* (Åhsberg, Gamberale och Kjellberg, 1997), som ger en bedömning av sömnhetstillståndet. *Karolinska Sleep Diary (KS-diary, KS-scale)* (Åkerstedt et al., 1994) kan användas för att utvärdera sömn, sömnstörningar och sömnhet. *Shirom-Melamed Burnout Questionnaire (SMBQ)* kan användas för att studera emotionell och psykisk utmattning, spänning, energiförlust och kognitiv utmattning (Melamed et al., 1992, 1999).

Utvärderingen av bullerkänslighet utgör en viktig del vid utvärdering av störningsupplevelse. För detta finns ett antal metoder utvecklade, bl.a. Schutte et al., (2007), NoiSeQ-formulär och Weinstein's noise sensitivity scale (Kishikawa et al., 2006). För utvärdering av upplevd bullerstörning finns ett stort antal olika typer av formulär och skattningsskalor (t.ex. Kjellberg och Sköldström 1991; Fields och Walker 1982; Zimmer och Ellermeier 1999; Levin 1981; Leather et al., 2003; Sailor och Hassenzahl, 2000; Weinstein 1980).

En central inriktning på forskningen kring utvärderingen av bullerstörning är givetvis att påvisa utifrån vilka kriterier som bullerstörning skall värderas. Även inom detta område finns en omfattande litteratur. Kriterierna för bullerstörning och de nivåer som dessa kriterier skall ställas mot, har utvecklats successivt med ökade kunskaper kring störningens effekter. Till senare forskning kring detta kan nämnas Neitzel et al. (2009), Pawlaczyk-Łuszczyska et al. (2006, 2007), Therviel och Benett (2008), Golmohammad et al. (2008) och Moorhouse et al. (2009).

Forskningen kring störande buller har även innefattat modellbeskrivningar för samband mellan exponeringar och effekter (Botteldooren et al., 2002, 2003; Chalupper et al., 2007; Lercher et al., 2008; Zaheeruddin et al., 2006; Zwicker och Fastl, 1990).

Validering och värdering av metoder för utvärdering av störande buller utgör en särskild del i forskningsrapporteringen (Friesen et al., 2007; Bangjun et al., 2003; Hoffman 2008; Neitzel et al., 2009; Schlaefe et al., 2009),

Särskilda arbetsmiljöer. Risker för bullerstörning berör i mer eller mindre utsträckning samtliga sektorer av svenskt arbetsliv. I industriella miljöer eller andra typer av arbetsmiljöer med höga bullernivåer fokuseras effekterna i främsta hand på de effekter som förknippas med maskering, men även ljudstress och de fysiologiska eller psykologiska svar som kan uppträda som en konsekvens av detta. Liknande effekter kan även uppträda i miljöer med låga eller medelhöga ljudnivåer. Särskilt fokus har under senare år kommit att läggas på de effekter som kan uppträda av förhållandevis låga bullernivåer, där exempelvis irrelevant tal kan utgöra en påtagligt störande faktor. Frågan om fysiologiska effekter av långvarig exponering för låga bullernivåer utgör en växande del i dagens bullerforskning. Huvuddelen av forskningen kring den senare frågeställningen ligger fortfarande dock på de fysiologiska effekter som kan uppstå vid exponering för omgivningsbuller.

De nuvarande föreskrifterna (AFS 2005:16) lägger fokus på de maskeringseffekter som kan uppstå i miljöer med taluppfattbarhet som centrala inslag i arbetet. I regelverket görs även avvägningar med hänsyn till risken för påverkan på koncentration, precision, snabbhet och uppmärksamhet i arbetet. Som exempel på arbetsmiljöer med krav på stadigvarande koncentration och säker taluppfattbarhet, anges i föreskrifterna undervisning, kontorsarbete, patientsamtal och sammanträden. För dessa miljöer anges en rekommenderad högsta bullernivå på 35 alternativt 40 dBA. Som exempel på miljöer med samtidiga krav på precision, snabbhet och uppmärksamhet anges processkontroll, fjärrstyrning, montering, kontroll, packning, lagerarbete och arbete i restaurang. För dessa miljöer anges ett rekommenderat högsta värde på 55 dBA. Till dessa rekommendationer, fokuserade på arbetsmiljöer med låga till medelhöga bullernivåer, finns ett rekommenderat högsta värde på 75 dBA för arbetsmiljöer med huvudsakligen praktiskt arbete, exempelvis arbete med maskiner och processer i verkstäder och industri, jord- och skogsbruk, bygg- och anläggningsverksamhet, betjäning av last- och transportutrustning samt arbete på dansrestauranger och diskotek.

Det i dag (2013) gällande regelverket för störande buller finner stöd i dagens forskning vad gäller dess fokus på nämnda arbetsmiljöer. Värderingarna kring förhållanden för talkommunikation, röstuppfattbarhet, efterklangstider och andra rumsakustiska förhållanden har gott stöd i senare tids forskning.

Till de arbetsmiljöer som rönt särskild fokus vad gäller forskning kring störningseffekter skall nämnas miljöer med pedagogisk verksamhet, främst skola (Augusty ska et al., 2010; Grebennikov, 2006; Kristiansen et al., 2011) och förskola (Sjödén et al., 2012 a, 2012 b). För dessa miljöer har under senare år en växande kunskap vuxit fram, främst fokuserad på de effekter som buller kan ge på minne och inläring. Kring förskolan finns en växande kunskap kring bullrets effekter på ljudtrötthet, stress, slitenhet och utbrändhet. Ny kunskap har på senare år även vuxit fram kring minnesstörning och stress på kontor (Navai och Veitch 2003, Jahncke et al., 2011; 2012a) och arbete på call centres (Smagowska 2010, Smagowska 2010, Nobile 2008). Även forskningen kring störande buller i sjukhusmiljöer har rönt särskilt fokus under senare år (Choiniere, 2010; James, 2008; Morrison et al., 2003; Pope, 2008; Pugh et al., 2007; Savithiri et al., 2011). Forskningen kring bullrets störande effekter för de miljöer som omfattas av regelverkets rekommendationer för medelhöga bullernivåer är av mindre omfattning (Chao et al., 2011; Hodgson et al., 2010; Humann et al., 2005; Mazer, 2010; Nassiri et al., 2010; Sensogut, 2007; Turner et al., 2007,).

10. Ekonomi

Forskningen kring ekonomi och bullerstörning är idag av en mycket begränsad omfattning. Ett fåtal studier finns publicerade under senare år kring produktionsbortfall på grund av omgivningsbuller (Maldikar, 2011) och socio-ekonomiska konsekvenser av främst trafikbuller (Gjestland, 2007; Xie och Kang 2007). Enligt Maldikar (2011) innebär ett ökat bullertryck från omgivningen, en minskning i produktiviteten för alla typer av arbeten. Studien pekar även på en generell ökning av kostnadsrelaterade arbetsolyckor med ökat buller.

I Gjestlands rapport (Gjestland 2007) återges en metod för att beräkna kostnaderna för den ohälsa som följer av bullerstörning från trafik (fysiologiska effekter, stress, sömnstörning, kommunikationsproblem, hörselrelaterade besvär och produktionsbortfall relaterade till dessa besvär). Kostnaderna för en mycket bullerstörd individ (enligt metodens definition) beräknas kunna uppgå till 1600 Euro per år. Kostnaderna för lätt bullerstörd individ beräknas kunna uppgå till 800 Euro per år. Den sammantagna kostnaden för kraftigt bullerstörda personer i Norge, uppgår enligt denna beräkning till över 800 miljoner Euro per år. Målsättningen för Norge är en 25 procent minskning av den sammantagna trafikbullerstörningen, vilket innebär att mer än 200 miljoner Euro kan avsättas för att nå detta mål och samtidigt betraktas som en lönsam insats.

Enligt Xie och Kangs studie (2007) över hur bullernivån i London påverkar den socio-ekonomiska strukturen, domineras boendet i bullriga områden av människor med högre sjuktal och sämre hälsostatus. Fler studerande finns bosatta i bullriga miljöer. Födelsetalen är också lägre i dessa områden. Andelen deltidsarbetande är högre i tystare områden.

Studier över hur störande buller i arbetslivet inverkar i ekonomiskt avseende är mycket eftersatt. Siffror för vad den bullerrelaterade ohälsan kostar samhället saknas idag. Avsaknaden av sådana uppgifter skall sättas i relation till samtida rapporter (AFA 2011; Arbetsmiljöverket, 2011b), som visar på en uppgång av bl.a. stressrelaterad ohälsa inom flera sektorer av arbetslivet och där bullerexponeringen samtidigt rapporteras som ett uttalat besvär. Den i Gjestlands rapport redovisade kalkylen för kostnader avseende bullerrelaterad ohälsa på grund av trafik, kan på goda grunder sägas ha samma tillämpbarhet för arbetslivet. Till kostnaderna för den arbetsrelaterade bullerstörningen skall dessutom läggas det produktionsbortfall som störningen leder fram till. En sänkt prestationsnivå i pedagogiskt arbete, på kontor, inom sjukvården etc. kan innebära kraftiga försämringar i arbetseffektivitet och därmed kostnader. En enprocentig nedsättning av arbetsprestation på grund av bullerstörning för en yrkesutövare med en månadslön inklusive LKP på 50 000 kronor, innebär ett bortfall på 6 000 kronor per år och arbetstagare för arbetsplatsen i fråga. Enbart för landets ca 100 000 pedagoger inom förskolan, innebär detta ett nationellt bortfall i lönsamhet på 600 000 000 kronor per år. Nedsättningen i arbetsprestation på grund av dålig ljudmiljö ligger för såväl pedagoger som många andra yrkesgrupper sannolikt dessutom väsentligt högre.

11. Åtgärder

Åtgärder mot störande buller i arbetslivet, följer samma principiella modell som hörselskadligt buller. Åtgärder riktas i första hand mot bullerkällan, där traditionell och ny teknik har sin tillämpning beroende på källans natur (Cattanei et al., 2007; Granne-manet al., 2010; McCullagh och Robertson, 2009). Åtgärder vidtas i andra hand för att begränsa bullrets utbredning och i tredje hand för att skydda mottagaren. Den senare åtgärden kan utgöras av hörselskydd eller att genom organisatoriska åtgärder minska den individuella bullerexponeringen.

Åtgärder mot störande buller kompliceras i många fall av att den exponerade personen måste kunna uppfatta tal eller andra ljud i omgivningen. Detta innebär att exempelvis pedagoger eller personer inom vård och omsorg inte kan utnyttja hörselskydd. Betydelsen av åtgärder mot källan och utbredningen blir i sådana fall av särskild vikt. Åtgärder av rumsakustisk natur, exempelvis att sänka efterklangstider eller att på annat sätt öka den rumsakustiska kvaliteten, har visat sig vara av särskild vikt (Kaarlela-Tuomaala, et al., 2009; Kristiansen et al., 2011; Ljung och Kjellberg 2007).

Insatsen mot störande buller kan även fokuseras på att finna åtgärder för att motverka den ohälsa eller de besvär som det störande bullret orsakar. Störningsupplevelser, ljudtrötthet, stress och trötthet relaterat till en bullrig arbetsmiljö kan åtgärdas via arbetsorganisatoriska insatser. Som exempel kan nämnas nyttjande av hörselvilorum, återhämtning och pedagogiska insatser för att påverka attityder, röst användning eller ljudklimatet på arbetsplatsen (Adedayo, 2007; Benton 2008; Bistrup, 2002; Sjödin et al., 2012). Arbetsrotation för att minska eller variera en daglig bullerexponering kan även minska graden av bullerstörning (Tharmmaphornphilas et al., 2003),

12. Referenser

- Acton, W.I. (1974) The effects of industrial airborne ultrasound on humans. *Ultrasonics*, 12, 124–128.
- Adedayo, O. (2007). Does knowledge of hazards of exposure to noise change attitudes and translate into healthful practices? *The Internet Journal of Health*, 5(2).
- AFA Försäkring (2011). *Allvarliga arbetsskador och långvarig sjukfrånvaro*, AFA 2011.
- AFS (2005). *Arbetarskyddsstyrelsens Författningssamling*, AFS 2005:16, Buller, Arvbetarskyddsstyrelsen.
- Allebeck, P., Moradi, T. & Jacobsson, A. (2006). *Sjukdomsördan i Sverige och dess riskfaktorer - Svensk tillämpning av WHO:s "DALY-metod" för beräkning av sjukdomsördan och riskfaktorer*. Statens Folkhälsoinstitut och Karolinska institutet. Rapport FHI nr A 2006:4.
- Andrén L, Hansson L, Björkman M, Jonsson A, & Borg K O. (1978). Hemodynamic and hormonal changes induced by noise. *Acta Medica Scandinavica*, 625, 13-18.
- Arbetsmiljöverket (1977). *Bullerbekämpning – principer och tillämpning*.
- Arbetsmiljöverket (1990). *Buller och bullerbekämpning*.
- Arbetsmiljöverket (2011a). *Arbetsskador 2010*, Arbetsmiljöstatistik 2011:1.
- Arbetsmiljöverket (2011b). Södersten, M & Lindhe, C. *Kunskapsöversikt - Yrkesrelaterade röststörningar och röstergonomi*. Arbetsmiljöverket Rapport 2011:6.
- Asutay, E., Västfjäll, D., Tajadura-Jiménez, A., Genell, A., Bergman, P. & Kleiner, M. (2012). Emoacoustics: A study of the psychoacoustical and psychological dimensions of emotional sound design. *Journal of the Audio Engineering Society*, 60, 21-28.
- Atkinson, H.C., Wood, S.A., Kershaw, Y.M., Bate, E & Lightman, S-L. (2006). Diurnal variation in the responsiveness of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis of the male rat to noise stress. *Journal of Neuroendocrinology*, 18, 526-522.
- Augustyńska, D., Kaczmarek, A., Mikulski, W. & Radosz, J. (2010). Assessment of teachers' exposure to noise in selected primary schools. *Archives of Acoustics*, 35, 521-542.
- Aures, W. (1985) Ein Berechnungsverfahren für den sensorischen Wohlklang beliebigen Schallsignale. *Acustica* 59, 130-141.
- Babisch, W. (2002). The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise & Health*, 4, 1-11.
- Babisch, W. (2011). Cardiovascular effects of noise. *Noise & Health*, 13, 201-204.
- Banbury, S. P. & Berry, D. C. (1997). Habituation and dishabituation to speech and office noise. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 3, 181–195.
- Bangjun, Z., Lili, S. & Guoqing, D. (2003). The influence of the visibility of the source on the subjective annoyance due to its noise. *Applied Acoustics*, 64, 1205–1215
- Beaman, C. P. & Jones, D. M. (1998). Irrelevant sound disrupts order information in free as in serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 615–636.
- Beaman, C.P. (2005). Auditory distraction from low-intensity noise a review of the consequences for learning and workplace environments. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 1041–1064

- Bell, R., Röer, J. P., Dentale, S. & Buchner, A. (2012) Habituation of the irrelevant sound effect: Evidence for an attentional theory of short-term memory disruption. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38, 1542-1557.
- Benton, S. (2007). The central role of interpersonal conflict in low frequency noise annoyance. noise notes. *Acoustics and Vibration, Dynamical Systems, Control*, 6. 3-18.
- Benton, S. (2007). Low frequency noise annoyance and the negotiation challenge for environmental officers and sufferers. In: Hansen, Colin H., (ed.) *The effects of low-frequency noise and vibration on people*. Multi-Science Publishing, Brentwood, UK, pp. 227-244. ISBN 9780906522455.
- Benton, S. (2008). Personal and proactive cognitive behavioural therapy (CBT): a method for coping with low frequency noise annoyance. In: *13th International Conference on Low Frequency Noise and Vibration Control*, 21 - 23 Oct 2008, Tokyo.
- Berglund, B., Preis, A. & Rankin, K. (1990). Relationship between loudness and annoyance for ten community sounds. *Environment International*. 16, 523-531
- Bergman, P. Sköld, A., Västfjäll, D. & Fransson, N. (2009). Perceptual and emotional categorization of sound. *Journal of Acoustical Society of America*, 126, 3156-3167.
- Beurskens, A.J., Bültmann, U., Kant, I., Vervoulen, J.H., Bleijenberg, G. & Swaen, G.M. (2000) Fatigue among working people: validity of a questionnaire measure. *Occupational and Environmental Medicine*, 57, 353-357.
- Bigert, C., Bluhm, G. & Theorell, T. (2005). Saliva cortisol – a new approach in noise research to study stress effects. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 208, 227-230.
- Bistrup M.L. (2002). *Children and noise – prevention of adverse effects*. Report from a project coordinated by the National Institute of Public Health, Denmark. Copenhagen 2002.
- Björk, E.A. (1999) Startle, annoyance and psychophysiological responses to repeated sound bursts *Acta Acustica united with Acustica*, 85, 575-578.
- Björk, E.A. (2002). Effects of inter-stimulus interval and duration of sound elements on annoyance. *Acta Acustica united with Acustica*, 88, 104-109.
- Björkman, M. (1991). Community noise annoyance: Importance of noise levels and the number of noise events. *Journal of Sound and Vibration*, 15, 497-503.
- Björkman, M., Åhrlin, U. & Rylander, R. (1992). Aircraft noise annoyance and average versus maximum noise levels. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 47, 326-329.
- Blechman, E.L. & Dannemiller, E.A. (1976). Effects on performance of perceived control over noxious noise. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 44, 601-607
- Blois, R., Debilly, G. & Mouret, J. (1980). Daytime noise and its subsequent sleep effects. In J.V. Tobias, G.D. Jansen & W.D. Ward (Eds), *Proceedings of the Third International Conference on Noise as a Public Health Problem*, pp 425-431. ASHA Reports 10, Rockville, Maryland, 1980.
- Bluhm, G. & Eriksson. C. (2011). Cardiovascular effects of environmental noise: Research in Sweden. *Noise & Health*, 13, 212-216
- Blumenthal, T. D. & Berg, W. K. (1986). Stimulus rise time, intensity, and bandwidth effects on acoustic startle amplitude and probability. *Psychophysiology*, 23, 635-641.

- Bohlin, G. (1971). Monotonous stimulation, sleep onset and habituation of the orienting reaction. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 31, 593-601
- Boman, E. & Enmarker, I. (2004). Factors affecting pupils' noise annoyance in schools. the building and testing of models. *Environment and Behavior*, 36, 207-228.
- Boman, E., Enmarker, I. & Hygge, S. (2005). Strength of noise effects on memory as a function of noise source and age. *Noise & Health*, 7, 11-26.
- Borg, E. (1981). Physiological and pathogenic effects of sound. *Acta Oto-Laryngologica*, 92(S381), 1-64.
- Botteldooren, D. & Lercher, P. (2004). Soft-computing base analyses of the relationship between annoyance and coping with noise and odor. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 2974.
- Botteldooren, D., Lercher, P. (2006). Putting noise annoyance in the broader context of sustainable development. *Inter-Noise 2006. 3-6 December 2006*, Honolulu, Hawaii, USA
- Botteldooren, D., Verkeyn, A. & Lercher, P. (2003). A fuzzy rule based framework for noise annoyance modeling. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 114, 1487-1498.
- Botteldooren, D., Verkeyn, A., Lercher, P. (2002) Noise annoyance modelling using Fuzzy rule based systems. *Noise & Health*, 4, 27-44.
- Breier, A., Albus, M., Pickar, D., Zahn, T. P., Wolkowitz, O.M. & Paul, S. M. (1987). Controllable and uncontrollable stress in humans: alterations in mood and neuroendocrine and psychophysiological function. *American Journal of Psychiatry*, 144, 1419-1425.
- Broadbent D E. (1980). Noise in relation to annoyance, performance, and mental health. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68, 15-17.
- Bröer, C. (2008). Private trouble, policy issue: people's noise annoyance and policy discourse. *Critical Policy Analysis*, 2, 93-117.
- Bröer, C. (2008). Noise annoyance: a socio-political approach (2008). *Airlines*, 38, 1-3. ISSN 15697649.
- Bruce, R. D., Bommer, A. S., Lefkowitz, K. A. & Hart, N. W. (2010). Safe lifetime occupational exposure-1 LONE (lifetime occupational noise exposure). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 1881-1881.
- Buchner, A., Steffens M.C., Irmen, L. & Wender, K.R. (1999) Irrelevant Auditory Material Affects Counting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 24, 48-67
- Burell G. (2002) Women's hearts need special treatment. *International Journal of Behavioral Medicine*, 9, 228-242.
- Burow, A., Day, H.E. & Campeau, S. (2005). A detailed characterization of loud noise stress: Intensity analysis of hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis and brain activation. *Brain Research*, 1062, 63-73.
- Busch-Vishniac, I.J., West, J.E., Barnhill, C., Hunter, T., Orellana, D. & Chivukula, R. (2005). Noise levels in Johns Hopkins Hospital. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118, 3629-3645.
- Byström, M., Kjellberg, A. & Landström, U. (1992a). *Störningströsklar för kontinuerligt och intermittert bredbandigt buller vid olika uppgifter*. Arbetsmiljööinstitutet, Arbete och Hälsa 1992:12.

- Byström, M., Kjellberg, A. & Landström, U. (1992b) *Störningströsklar för olika typer av intermittenta ljud*. Arbetsmiljöinstitutet Undersökningsrapport 1992:39.
- Cardoso, A. P., Oliveira, M. J., Silva, A. M., Aguas, A. P. & Pereira, A. S. (2006). Effects of long term exposure to occupational noise on textile industry workers' lung function. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 12, 45-59.
- Cassidy, G. & MacDonald, R.A.R. (2007). The effect of background music and background noise on the task performance of introverts and extraverts. *Psychology of Music*, 35, 517-537.
- Cattanei, A., Ghio, R., and Bongiovi, A. (2007). Reduction of the tonal noise annoyance of axial flow fans by means of optimal blade spacing. *Applied Acoustics*, 68, 1323-1345.
- Chalupper, J., Powers, T.A. (2007). New algorithm is designed to take the annoyance out of transient noise. *Hearing Journal*, 60, 42-48.
- Chang, T. Y., Jain, R. M., Wang, C. S. & Chan, C. C. (2003). Effects of occupational noise exposure on blood pressure. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45, 1289-1296.
- Chang, T. Y., Su, T. C., Lin, S. Y., Jain, R. M. & Chan, C. C. (2007). Effects of occupational noise exposure on 24-hour ambulatory vascular properties in male workers. *Environmental Health Perspectives*, 115, 1660-64.
- Chao, P. C., Chen, C. J., Tsao, T. H., Dai, Y. T. & Juang, Y. J. (2011). Subjective Annoyance From Exposure to Low Frequency Noise of Semiconductor Manufacturing in the Packaging and Testing Processes. *Epidemiology*, 22, 258.
- Chen, C. J., Dai, Y. T., Sun, Y. M., Lin, Y. C. & Juang, Y. J. (2007). Evaluation of auditory fatigue in combined noise, heat and workload exposure. *Industrial Health*, 45, 527-534.
- Chen, J. Y. & Chang, T. Y. (2009). Prolonged exposure to occupational noise and hypertension among workers in the aviation industry. *Epidemiology*, 20, S132.
- Chiovenda, P., Pasqualetti, P., Zappasodi, F., Ercolani, M. et al. (2007). Environmental noise-exposed workers: event-related potentials, neuropsychological and mood assessment. *International Journal of Psychophysiology*, 65, 228-237.
- Choiniere, D. B. (2010). The effects of hospital noise. *Nursing Administration Quarterly*, 34, 327-333.
- Clausen, TG., Christensen, K. B, Lund, T. & , Kristiansen, J. (2009). Self-reported noise exposure as a risk factor for long-term sickness absence. *Noise & Health*, 11, 93-97.
- Cohen, M. E., Cranney, J. & Hoffman, H. S. (1983). Motor and cognitive factors in the modification of a reflex. *Percept Psychophys*, 34, 214-220.
- Cohen, S., Glass, D. C. & Phillips S. (1979). Environment and health. In Freeman H E, Levine L.G. and Reeder (Eds.), *Handbook of medical sociology*, (134-149). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Davies, D. R. & Jones, D. M. (1985). Noise and efficiency. In Tempest W (Ed), *The noise handbook*, Academic Press, New York.
- Davies, H.W., Teschke, K., Kennedy, S.M., Hodgson, M.R. & Demers, P.A. (2009). A retrospective assessment of occupational noise exposures for a longitudinal epidemiological study. *Occupational and Environmental Medicine*, 66, 388-394.

- Donnerstein E, Wilson DW. (1976). Effects of noise and perceived control on ongoing and subsequent aggressive behavior. *Journal of Experimental Social Psychology*, 34, 774-781, 1976.
- Easterbrook, J.A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, 66, 183-201.
- Ellermeier, W. & Zimmer, K. (1997). Individual differences in susceptibility to the 'irrelevant speech effect'. *Journal of the Acoustical Society of America*, 102, 2191-2199.
- Elliott, E. M. (2002). The irrelevant speech effect and children: theoretical implications of developmental change. *Memory and Cognition*, 30, 478-487.
- Enmarker, I. & Boman, E. (2004). Noise annoyance responses of middle school pupils and teachers. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 527-536.
- Enmarker, I., Boman, E. & Hygge, S. (2006). Structural equation models of memory performance across noise conditions and age groups. *Scandinavian Journal of Psychology*, 47, 449-460.
- Evans, G. W., Hygge, S. & Bullinger, M. (1995). Chronic noise and psychological stress. *Psychological Science*, 6, 333-338.
- Evans, G. W., Hubal, E. A. C., Kyle, A. D., Morello-Frosch, R. A. & Williams, D. R. (2007). Vulnerability as a function of individual and group resources in cumulative risk assessment. *Environmental Health Perspectives*, 115, 817.
- Evans, G.W. & Hygge, S. (2007). Noise and cognitive performance in children and adults. In L. M. Luxon & D. Prasher (Eds.), *Noise and its effects* (pp. 549-566). Chichester: John Wiley.
- Evans, G.W. & Johnson, D. (2000). Stress and open-office noise. *Journal of Applied Psychology*, 85(5), 779-783.
- Fidell, S. (2007). Noise-induced annoyance. In M.J. Crocker, (Ed.), *Handbook of noise and vibration control*. Wiley.
- Fields J.M. & Walker JG. (1982). Comparing the relationships between noise level and annoyance in different surveys: A railway noise vs. aircraft and road traffic comparison. *Journal of Sound and Vibration*, 81, 51-80.
- Fogari, R., Zoppi, A., Corradi, L., Marasi, G., Vanasia, A. & Zanchetti, A. (2001). Transient but not sustained blood pressure increments by occupational noise. An ambulatory blood pressure measurement study. *Journal of Hypertension*, 19, 1021-1027.
- Forget, P. (2011). Assessment of mean auditory hazard incurred by occupational exposure to impulse noise. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 128(1), 14-17.
- Frankenhaeuser, M. & Lundberg, U. (1977). The influence of cognitive set on performance and arousal under different noise loads. *Motivation and Emotion*, 1, 139-149.
- Fried, Y., Melamed, S. & Haim, A.B.D. (2002) The joint effects of noise, job complexity, and gender on employee sickness absence: An exploratory study across 21 organizations — the CORDIS study. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 75, 131-144.
- Friesen, M.C., Davies, H.W., Ostry, A., Teschke, K & Demers, P.A. (2007). Impact of expert versus measurement-based occupational noise exposure estimates on exposure-response relationships. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81, 837-844.

- Fruhstorfer, B., Fruhstorfer, H., Grass, P., Milerski, H. G., Sturm, G., Weseman, W. & Wiesel, D. (1983). Daytime noise and subsequent night sleep: interference with sleep patterns, endocrine functions and serotogenic 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.
- Furnham A. & Strbac, L. (2002). Music is as distracting as noise: the differential distraction of background music and noise on the cognitive test performance of introverts and extraverts. *Ergonomics*, 45, 203-217.
- Gan, W.G., Davies, H.W. & Demers, P.A. (2011). Exposure to occupational noise and cardiovascular disease in the United States: the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2004. *Occupational and Environmental Medicine*, 68, 183-190.
- Genell, A. & Västfjäll, D. (2006). The influence of meaning on noise annoyance from varied spectral. Inter-Noise 2006.
- Gjestland, T. (2007). The socio-economic impact of noise: A method for assessing noise annoyance. *Noise & Health*, 9, 42 – 44.
- Glass, D. C. & Singer, J.E. (1972). *Urban stress: experiments on noise and social stressors*. Academic Press, New York 1972.
- Golmohammadi, R. O. S. T. A. M., Atari, S. Q., Arefian, S. & Golchobian, R. (2008). A rapid method for estimating of noise exposure in work-places. *Journal of Research in Health Sciences*, 8(2), 21-27.
- Gomes, J., Lloyd, O. & Norman, N. (2002). The health of the workers in a rapidly developing country: effects of occupational exposure to noise and heat. *Occupational Medicine*, 52(3), 121-128.
- Graham, F. K. (1979). Distinguishing among orienting, defense, and startle reflexes. In H.D. Kimmel, E.H van Holst & J.F. Orlebeke (Eds.), *The orienting reflex in humans*, (137-167). Lawrence Erlbaum, New York 1979.
- Granneman, J.H., Oostdijk, J.P.J. & Schermer, F.A.G.M. (2004). Extensive survey of occupational noise exposure in the metal working industry. *Internoise 2004*, 22-25 August, Prag.
- Grebennikov, L. & Wiggins, M. (2006). Psychological effects of classroom noise on early childhood teachers. *The Australian Educational Researcher*, 33, 35-53.
- Haapakangas, A., Kankkunen, E., Hongisto, V., Virjonen, P., Oliva, D. & Keskinen, E. (2011). Effects of five speech masking sounds on performance and acoustic satisfaction: implications for open-plan offices. *Acta Acustica united with Acustica*, 97, 641-655.
- Haines, M.M., Stansfeld, S.A. Brentnall, S., Head, J., Berry, B., Jiggins, M. & Hygge, S. (2001). The west london schools study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychological Medicine*, 31, 1385-1396.
- Haralabidis, A. S., Dimakopoulou, K., Velonaki, V., Barbaglia, G., Mussin, M., Giampaolo, M., ... & Jarup, L. (2011). Can exposure to noise affect the 24 h blood pressure profile? Results from the HYENA study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 65, 535-541.
- Hatfield, J., Job, R.F.S., Carter, N. L., Peploe, P., Taylor, R. & Morrell, S. (2001). The influence of psychological factors on self-reported physiological effects of noise. *Noise & Health*, 3, 1-13.
- Hay, B. & Kemp, M.F., (1972) Measurements of noise in air conditioned, landscaped offices. *Journal of Sound and Vibration*, 23, 363-373.

- Hellbrück, J., Kuwano, S. & Namba, S. (1996). Irrelevant background speech and human performance: is there long-term habituation? *Journal of the Acoustical Society of Japan*, 17, 239-247.
- Hellman, R. & Zwicker, E. (1987). Why can a decrease in dB(A) produce an increase in loudness? *Journal of the Acoustical Society of America*, 82, 1700-1705.
- Hellman, R.P. (1985). Perceived magnitude of two-tone-noise complexes: Loudness, annoyance, and noisiness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 77, 1497-1504.
- Hellman, R.P. (1982). Loudness, annoyance, and noisiness produced by single-tone-noise complexes. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72, 62-73.
- Hodgson, M., Razavi, Z. & Steininger, G. (2010). Evaluation of Acoustical Environments in Eating Establishments. *Noise Notes*, 9, 3-22.
- Hoffman, B.W. (2008). Simple evaluation of occupational noise exposure without measurements. *Euronoise 2008, Paris*.
- Hu, Y. & Chen, K. A. (2006). Objective evaluation of annoyance degree due to mixed environmental noise. *Technical Acoustics*, 4.
- Huang, Y., Di, G., Zhu, Y., Hong, Y. & Zhang, B. (2008). Pair-wise comparison experiment on subjective annoyance rating of noise samples with different frequency spectrums but same A-weighted level. *Applied Acoustics*, 69, 1205-1211.
- Hughes, R. W. & Jones, D. M. (2005). The impact of order incongruence between a task-irrelevant auditory sequence and a task-relevant visual sequence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 316-327.
- Humann, M. J., Donham, K. J., Jones, M. L., Achutan, C. & Smith, B. J. (2005). Occupational Noise Exposure Assessment in Intensive Swine Farrowing Systems. *Journal of Agromedicine*, 10, 23-37.
- Hygge, S. (2003). Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. *Applied Cognitive Psychology*, 17, 895-914.
- Hygge, S., Boman, E. & Enmarker, I. (2003). The effects of road traffic noise and meaningful irrelevant speech on different memory systems. *Scandinavian Journal of Psychology*, 44, 13-21.
- Hygge, S., Evans, G.W. & Bullinger, M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science*, 13, 469-474.
- Ishiyama, T. & Hashimoto, T. (2000) The impact of sound quality on annoyance caused by road traffic noise: an influence of frequency spectra on annoyance. *JSAE Review*, 21, 225-230.
- Ising, H. & Braun, C. (2000). Acute and chronic endocrine effects of noise: review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene. *Noise & Health*, 2, 7-24.
- Ising H, Kruppa B. (2004). Health effects caused by noise: Evidence in the literature from the past 25 years. *Noise & Health*, 6, 5-13.
- ISO 226 (1966) Normal equal loudness contours for pure tones and normal threshold of hearing under freefield listening conditions.
- ISO 7029. (1984). Acoustics-Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons.

- Jahnke, H. (2012a). *Cognitive performance and restoration in open-plan office noise*. Doctoral Dissertation, Technical University of Luleå.
- Jahncke, H. (2012b). Open-plan office noise: the susceptibility and suitability of different cognitive tasks for work in the presence of irrelevant speech. *Noise & Health, 14*, 315-320.
- Jahncke, H. & Halin, N. (2012a). Performance, fatigue and stress in open-plan offices: the effects of noise and restoration on hearing impaired and normal hearing individuals. *Noise & Health, 14*, 260-272.
- Jahncke, H., Hongisto, V. & Virjonen, P. (2012b). Cognitive performance during irrelevant speech: effects of speech intelligibility and office-task characteristics. *Applied Acoustics, 74*, 307-316.
- Jahncke, H., Hygge, S., Halin, N., Green, A-M. & Dimberg, K. (2011). Open-plan office noise: cognitive performance and restoration. *Journal of Environmental Psychology, 31*, 373-382.
- James, R. (2008). Noise and acoustics in renal units and hospitals. *Journal of Renal Care, 34*, 33-37.
- Jonah, B. A., Bradley, J. S. & Dawson, N. E. (1981). Predicting individual subjective responses to traffic noise. *Journal of Applied Psychology, 66*, 490.
- Jones, D.M. & Broadbent, D. E. (1987). Noise. In G. Salvendy (Ed), *Handbook of human factors*, (623-649), Wiley, New York.
- Jones, D.M. & Davies, D.R. (1984) Individual and group differences in the response to noise. In: D.M. Jones & A.J. Chapman (Eds.), *Noise and society*. Pp 125-153, Chichester: Wiley.
- Jonsson, A. & Hansson, L. (1977). Prolonged exposure to a stressful stimulus (noise) as a cause of raised blood-pressure in man. *The Lancet, 309*, 86-87.
- Kaarlela-Tuomaala, A., Helenius, R., Keskinen, E. & Hongisto, V. (2009). Effects of acoustic environment on work in private office rooms and open-plan offices – longitudinal study during relocation. *Ergonomics, 52*, 1423-1444.
- Kantarelis, C. & Walker, J. G. (1988). The identification and subjective effect of amplitude modulation in diesel engine exhaust noise. *Journal of Sound and Vibration, 120*, 297-302.
- Karasek, R. & Theorell, T. (1992). *Healthy work: Stress, productivity and reconstruction of working life*. Basic books.
- Keighley, E.C. (1970) Acceptability criteria for noise in large offices. *Journal of Sound and Vibration, 11*, 83-93.
- Kirkham, T., Davies, H., Koehoorn, M. & Demers, P. A. (2009). Occupational noise levels and change in blood pressure among BC firefighters. *Epidemiology, 20*, 212.
- Kishikawa, H., Matsui, T., Uchiyama, I., Miyakawa, M., Hiramatsu, K. & Stansfeld, S. A. (2006). The development of Weinstein's noise sensitivity scale. *Noise & Health, 8*, 154-160.
- Kjellberg, A., Sköldström, B., Andersson, P. & Lindberg, L. (1996). Fatigue effects of noise among airplane mechanics. *Work and Stress, 10*, 62-71.
- Kjellberg, A. Wide, P. (1988). Effects of simulated ventilation noise on performance of a grammatical reasoning task. In B. Berglund, U. Berglund, J. Karlsson & T. Lindvall (Eds.) *Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem Vol. 3*. Stockholm: Bygghälsöversynsmyndigheten, pp. 31-36.

- Kjellberg, A. & Sköldström, B., 1991. Noise annoyance during the performance of different non-auditory tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 73, 39–49.
- Kjellberg, A. & Wadman, C (2002). *Subjektiv stress och dess samband med psykosociala förhållanden och besvär. En prövning av Stress-Energi-modellen*. *Arbete och Hälsa* 2002:12.
- Kjellberg, A., Landström, U., Tesarz, M., Söderberg, L. & Åkerlund, E. (1996) The effects of non-physical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work. *Journal of Environmental Psychology*, 16, 123–136.
- Kjellberg, A., Landström, U., Tesarz, M., Söderberg, L. & Åkerlund, E. (1992). *Betydelsen av icke-fysikaliska faktorer för bullerstörning i arbetet*. Arbetsmiljöinstitutet, *Arbete & Hälsa* 1992:37
- Kjellberg, A., Ljung, R. & Hallman, D. (2008). Recall of words heard in noise. *Applied Cognitive Psychology*, 22, 1088-1098.
- Klotzbücher, E. (1976). Zum Einfluss des Lärms auf Leistung bei geistiger Arbeit und ausgewählte physiologische Funktionen. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 37, 139-155.
- Knipschild, P. V. (1977). Medical effects of aircraft noise: Community cardiovascular survey. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 40, 185-190.
- Koskinen, H.L. & Kauppinen, L.T. (2011). Dual role of physical workload and occupational noise in the association of the metabolic syndrome with risk of coronary heart disease: findings from the Helsinki Heart Study. *Occupational and Environmental Med*, 68, 666-673.
- Kristiansen, J. (2010). Is noise exposure in non-industrial work environments associated with increased sickness absence? *Noise & Vibration Worldwide*, 41, 9-16.
- Kristiansen, J., Lund, S. P., Nielsen, P. M., Persson, R. & Shibuya, H. (2011). Determinants of noise annoyance in teachers from schools with different classroom reverberation times. *Journal of Environmental Psychology*, 31, 383-392.
- Kryter, K. D. & Pearson, K. S. (1965). Judged noisiness of a band of random noise containing an audible pure tone. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 38, 106-112.
- Kryter, K.D. (1994). *The handbook of hearing and the effects of noise. Physiology, psychology and public health*. New York: Academic Press.
- Lader, M. (1975). The psychophysiology of anxious and depressed patients. In D.C. Fowles (Ed), *Clinical applications of psychophysiology*, (pp 12-41). Columbia University Press, New York.
- Landström, U., Kjellberg, A. & Byström, M. (1993). Acceptable levels of sounds with different spectral characteristics during the (performance of a simple and a complex non-auditory task. *Journal of Sound and Vibration*, 160, 533–542.
- Landström, U., Lundström, R. & Byström, M. (1983) Exposure to infrasound-perception and changes in wakefulness. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 2, 1-11
- Leather, P., Beale, D. & Sullivan, L. (2003). Noise, psychosocial stress and their interaction in the workplace. *Journal of Environmental Psychology*, 23, 213-222.
- Lee, Y. & Brand, J.L. (2010). Can personal control over the physical environment ease distractions in office workplaces? *Ergonomics*, 53(3), 324-335.

- Lercher, P., Hortnagl, J. & Kofler, W.W. (1993). Work noise annoyance and blood pressure: combined effects with stressful working conditions. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 65, 23–28.
- Lercher, P., de Greve, B., Botteldooren, D., Baulac, M., Defrance, J. & Rüdissler, J. (2008). The effect on annoyance estimation of noise modeling procedures. *The 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008*, Foxwoods, CT.
- Leventhall, G. (2007). What is infrasound? *Progress in Biophysics & Molecular Biology*, 93, 130-137.
- Leventhall, G., Pelmear, P. & Benton, S. (2003). *A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects*. Defra Publ, Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.
- Leventhall, G..(2009). Low Frequency Noise. What we know, what we do not know, and what we would like to know. *Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. 28, 79-104.
- Levin N. (1981). The development of an annoyance scale for community noise assessment. *Journal of Sound and Vibration*, 74, 265-279.
- Ljung, R. & Kjellberg, A. (2009) Long reverberation time decreases recall of spoken information. *Building Acoustics*, 16, 301-311.
- Ljung, R., Sörqvist, P., Kjellberg, A. & Green, A. M. (2009). Poor listening conditions impair memory of intelligible lectures: Implications for acoustical classroom standards. *Building Acoustics*, 16, 257–265.
- Ljungberg, J.K. (2007). Cognitive degradation after exposure to combined noise and whole-body vibration in a simulated vehicle ride. *International Journal of Vehicle Noise and Vibration*, 3, 130-142.
- Ljungberg, J. K. (2008). Combined exposures of noise and whole-body vibration and the effects on psychological responses, a review. *Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 27, 267-279.
- Ljungberg, J., Neely, G. & Lundström, R. (2004). Cognitive performance and subjective experience during combined exposures to whole-body vibration and noise. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 77, 217-21.
- Ljungberg, J.K. & Neely, G. (2007a). Cognitive after-effects of vibration and noise exposure and the role of subjective noise sensitivity. *Journal of Occupational Health*, 49, 111-116.
- Ljungberg, J.K. & Neely, G. (2007b). Stress, subjective experience and cognitive performance during exposure to noise and vibration. *Journal of Environmental Psychology*, 27, 44-54.
- Ljungberg, J. K. (2009). Combined exposures of noise and whole-body vibration and the effects on psychological responses, a review. *Noise Notes*, 8, 21-34.
- Ljungberg, J.K. & Parmentier, F.B.R. (2010). Psychological effects of combined noise and whole-body vibration: a review and avenues for future research. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D. *Journal of Automobile Engineering*, 224, 1-14
- Lundberg, U. & Frankenhaeuser, M. (1978). Psychophysiological reactions to noise as modified by personal control over noise intensity. *Biological Psychology*, 6, 51-59.
- Maldikar, S.D. (2011). *An investigation of productivity loss due to outdoor noise conditions*. University of Texas, Arlington, <http://hdl.handle.net/10106/5639>, 2011.

- Manikandan, S., Padma, M.K., Srikumar, R., Jeya Parthasarathy, N., Muthuvel, A. & Devi, R.S. (2006). Effects of chronic noisestress on spatial memory of rats in relation to neuronal dendritic alteration and free radical-imbalance in hippocampus and medial prefrontal cortex. *Neuroscience Letters*, 399, 17–22.
- Maris, E., (2007). *The social side of noise annoyance*. Doctoral thesis. Department of Social en Organisational Psychology / Cognitive Psychology, Faculty of Social and Behavioural Sciences. 2008-12-17, 2007.
- Maris, E., Stallen, P.J., Vermunt, R. & Steensma, H. (2007). Evaluating noise in social context: The effect of procedural unfairness on noise annoyance judgments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122, 3483-3494.
- Marsh, J.E., Hughes, R.W. & Jones, D.M.. (2009) Interference by process, not content, determines semantic auditory distraction. *Cognition*, 110, 23–38.
- Mazer, S. E. (2010). Music, noise, and the environment of care history, theory, and practice. *Music and Medicine*, 2, 182-191.
- McCullagh, M. & Robertson, C. (2009) Too late smart: Farmers' adoption of self-protective behaviors in response to exposure to hazardous noise. *AAOHN Journal: Official Journal of the American Association of Occupational Health Nurses*, 57(3), 99-105.
- McKinnell, A. C. (1980). Annoyance from Concorde flights around Heathrow. In J.V. Tobias, G. Jansen and W.D. Ward (Eds.), *Proceedings of the Third International Congress on Noise as a Public Health Problem*. ASHA Reports 10, American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, MD, pp 562-566.
- McKinnell, A.C. (1963). *Aircraft noise annoyance around London (Heathrow) airport*. London: Her Majesty's Stationary Office.
- McNamee, R., Burgess, G., Dippnall, W.M.& Cherry, N. (2006). Occupational noise exposure and ischaemic heart disease mortality. *Occupational and Environmental Health*, 63, 813-819.
- Melamed, S., Fried, Y. & Froom, P. (2001). The interactive effects of chronic exposure to noise and job complexity on changes in blood pressure and job satisfaction: a longitudinal study of industrial employees. *Journal of Occupational Health Psychology*, 6(3), 182-195.
- Melamed, S., Kushmir, T. & Shirom, A. (1992). Burnout and risk factors for cardiovascular disease. *Behavioral Medicine*. 18, 53-60.
- Melamed, S., Ugarten, U., Shirom, A., Kahana, L., Lerman, Y. & Froom, P. (1999). Chronic burnout, somatic arousal and elevated salivary cortisol levels. *Journal of Psychosomatic Research*, 46, 591-598.
- Melamed, S., Fried, Y. & Froom, P. (2004). The joint effect of noise exposure and job complexity on distress and injury risk among men and women: The cardiovascular occupational risk factors determination in Israel study. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 46, 1023-1032.
- Mirowska, M. (2002). An investigation and assessment of annoyance of low frequency noise in dwellings. *Noise Notes*, 1(1).
- Moore, B. C. J., Glasberg, B. R. & Baer, T. (1997). A model for the prediction of thresholds, loudness, and partial loudness. *Journal of Audio Engineering Society*, 45, 224-240.
- Moore, S. & Davies, P. (2010). An examination of the combined effects of loudness, tonalness, and roughness on annoyance ratings of aircraft noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 1740-1740.

- Moorhouse, A.T., Waddington, D.C. & Adams, M.D. (2009). A procedure for the assessment of low frequency noise complaints. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126, 1131-1141.
- Morrison, W.E., Haas, E.C., Shaffner, D. H., Garrett, E.S. & Fackler, J.C. (2003). Noise, stress, and annoyance in a pediatric intensive care unit. *Critical Care Medicine*, 31, 113-119.
- Muzammil, M. & Hasan, F. (2004). Human performance under the impact of continuous and intermittent noise in a manual machining task. *Noise & Vibration Worldwide*, 35, 10-15.
- Møller, H. & Pedersen, C. S. (2004). Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise & Health*, 6(23), 37-57.
- Nassiri, P. Azkhash, M., Mahmoodi, A., Alimohammadi, I., Zeraati, H., Jafari, Shalkouhi, P.J. & Bahrami, P. (2011). Assessment of noise induced psychological stresses on printery workers. *International Journal of Environment Science and Technology*, 8, 169-176.
- National Occupational Health and Safety Commission (2002). *Noise - annual situation report 2002. Technical report*, Commonwealth of Australia, July 2002.
URL <http://www.nohsc.gov.au/PDF/Standards/ASR/Noise2002ASR.pdf>
- Navai, M. & Veitch, J. (2010). Acoustic satisfaction in open-plan offices: Review and recommendations. *NRC Publications Archive*. B3205.17. 2010.
- Neely, C. B. & LeCompte, D. C. (1999). The importance of semantic similarity to the irrelevant speech effect. *Memory and Cognition*, 27, 37-44.
- Neitzel, R. & Yost, M. (2002). Task-based assessment of occupational vibration and noise exposures in forestry workers. *Aiha Journal*, 63, 617-627.
- Neitzel, R., Daniell, W., Sheppard, L., Davies, H. & Seixas, N. (2009). Comparison of perceived and quantitative measures of occupational noise exposure. *Annals of Occupational Hygiene*, 53(1), 41-54.
- Nemecek J, & Grandjean E. (1973). Results of an ergonomic investigation of large-space offices. *Human Factors*, 2, 111-124.
- Nemecek, J. & Turrian, V. (1978) Der Bürolärm und seine Wirkungen. *Kämpf dem Lärm*, 25, 50-57.
- Ni, C. H., Chen, Z. Y., Zhou, Y., Zhou, J. W., Jing-jing, P., Liu, N. & Zhang, Y. J. (2007). Associations of blood pressure and arterial compliance with occupational noise exposure in female workers of textile mill. *Chinese Medical Journal-Beijing-English Edition*, 120, 1309.
- Nobile. M. (2008). Noise levels in computer data centers: Potential occupational noise hazard. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124, 2589-2589.
- Nor, M.J.M., Fouladi, M.H., Nahvi, H. & Ariffin, A.K. (2008) Index for vehicle acoustical comfort inside a passenger car. *Applied Acoustics*, 69, 343-353.
- Passchier-Vermeer, W. & Passchier, W. (2005). Environmental noise, annoyance and sleep disturbance: Environmental health impacts of transport and mobility. *Environmental Science and Technology Library*, 2005, 21, 25-38.
- Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Dudarewicz, A. & Śliwińska-Kowalska, M. (2007). Proposals of exposure criteria for the assessment of low frequency noise at workplaces in industrial control rooms and office-like areas. *Archives of Acoustics*, 32, 303-312.

- Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Dudarewicz, A., Waszkowska, M., Szymczak, W., Kameduła, M. & Śliwińska-Kowalska, M. (2005). Does low frequency noise at moderate levels influence human mental performance? *Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 24, 25-42.
- Pawlaczyk-Luszczynska, M., Dudarewicz, A., Szymczak, W. & Sliwinska-Kowalska, M. (2010). Evaluation of annoyance from low frequency noise under laboratory conditions. *Noise & Health*, 12(48), 166-181.
- Pawlaczyk-Luszczynska, M., Dudarewicz, A., Waszkowska, M. & Sliwinska-Kowalska, M. (2009). Annoyance related to low frequency noise in subjective assessment of workers. *Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 28, 1-17.
- Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Szymczak, W., Dudarewicz, A. & Śliwińska-Kowalska, M. (2006). Proposed criteria for assessing low frequency noise annoyance in occupational settings. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 19, 185-197.
- Pellerin, N. & Candas, V. (2003). Combined effects of temperature and noise on human discomfort. *Physiology & Behavior*, 78, 99-106.
- Penney, P.J. & Earl, C.E. (2004). Occupational noise and effects on blood pressure: *Exploring the relationship of hypertension and noise exposure in workers*, 52, 476-80.
- Pope, D. S. (2008). Hospital Noise: Risk to Health and Safety. *Perspectives on Hearing and Hearing Disorders: Research and Diagnostics*, 12, 40-47.
- Poulsen, T. (2003). Comparison of objective methods for assessment of annoyance of low frequency noise with the results of a laboratory listening test. *Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 22, 117-131.
- Prasher, D., Morata, T., Campo, Fechter, L., Johnson, A-C., Lund, S.P., Pawlas, K., Starcjk, J. Sliwinska-Kowalska, M. & Sulkowski, W. (2002). NoiseChem : An European Commission research project on the effects of exposure to noise and industrial chemicals on hearing and balance. *Noise & Health*, 4, 41-48
- Pugh R.J., Jones, C. & Griffiths, R.D. (2007). The impact of noise in the intensive care unit. *Intensive Care Medicine*. 20, 942-949.
- Rahé, D. (2008) Why is sharp-limited low-frequency noise annoying? *Proceedings from Acoustics, Paris, 2008*.
- Rashid, M., Craig Zimring. (2008). A review of the empirical literature on the relationships between indoor environment and stress in health care and office settings: Problems and prospects of sharing evidence. *Environment and Behavior*, 40, 151-190.
- Ryherd, E. E., Wang, L.M. (2007). Effects of exposure duration and type of task on subjective performance and perception in noise. *Noise Control Engineering Journal*, 55, 334-347.
- Rylander, R. (2006). Noise, stress and annoyance. *Noise & Vibration Worldwide*, 37, 9-13.
- Rylander, R. (2004). Physiological aspects of noise-induced stress and annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, 277, 471-478.
- Saeki, T., Fujii, Y., Yamaguchi, S. & Harima, S. (2004). Effects of acoustical noise on annoyance, performance and fatigue during mental memory task. *Applied Acoustics*, 65, 913-921.
- Sailor U, & Hassenzahl M. (2000). Assessing noise annoyance: An improvement-oriented approach. *Ergonomics*, 43, 1920-1938.

- Samson, J., Sheela Devi, R., Ravindran, R. & Senthilvelan, M. (2005). Effect of noise stress on free radical scavenging enzymes in brain. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20, 142-148.
- Saremi, M., Rohmer, O., Burgmeier, A., Bonnefond, A., Muzet, A. & Tassi, P. (2008). Combined effects of noise and shift work on fatigue as a function of age. *International Journal of occupational Safety and Ergonomics*, 14, 387-394.
- Savithiri, R., Cieslak, P., Mizzi, T., McEvoy, J. & Mounstephen, W. (2011). Physicians' perceptions of background noise in a pediatric emergency department. *Pediatric Emergency Care*, 27, 826-833.
- Scharf, B., Wagner, E. & Nieder, B. (2005). Induced loudness reduction: A review. *Journal of the Acoustical Society of America*, 117. 2454-2454.
- Scheidt, R. & Brückner C. (1981). Extraaurale Wirkung des Lärms – Eine Literaturlauswahl zum gegenwärtigen Erkenntnisstand. *Zeitschrift für die gesamte Hygiene*, 27, 733-737.
- Schlaefler, K., Schlehofer, B. & Schüz, J. (2009). Validity of self-reported occupational noise exposure. *European Journal of Epidemiology*, 24, 469-475.
- Schulz, P., Schönplflug, W. (1982). Regulatory activity during states of stress. In H.W. Krohne & L. Laux (Eds.), *Achievement, stress, and anxiety*. (pp 51-73). Hemisphere, New York 1982.
- Schutte, M., Marks, A., Wenning, E. & Griefahn, B. (2007). The development of the noise sensitivity questionnaire. *Noise & Health*, 9, 15-24.
- Schwela, D., S Kephelopoulos, S. & Prasher, D. (2005). Confounding or aggravating factors in noise-induced health effects : Air pollutants and other stressors. *Noise & Health*, 7, 41-50.
- Schönplflug, W. (1982). Aspiration level and casual attribution under noise stimulation. In H W Krohne & L Laux (Eds), *Achievement, Stress, and Anxiety*. Washington: Hemisphere.
- Schönplflug, W. (1983). Coping efficiency and situational demands. In R. Hockey (Ed.), *Stress and fatigue in human performance*, (pp 299-326). Wiley, New York.
- Sensogut, C., (2007). Occupational noise in mines and its control – A case study. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16, 939 – 942.
- Sherrod, D.R. & Downs R. (1974). Environmental determinants of altruism: The effects of stimulus overload and perceived control on helping. *Journal of Experimental Social Psychology*, 10, 468-479. Siegrist, J. (1996). Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *Journal of Occupational Health Psychology*, 1, 27-41.
- Singh, L. P., Bhardwaj, A. & Deepak, K. K. (2010). Occupational exposure in small and medium scale industry with specific reference to heat and noise. *Noise & Health*, 12, 37-48.
- Singhal, S., Yadav, B., Hashmi, S.F. & Muzammil, M. (2009). Effects of workplace noise on blood pressure and heart rate. *Biomedical Research*, 20, 122-126.
- Sjödin, F. (2012). Noise in the preschool – Health and preventive measures. Doctoral Dissertation, Umeå University, 2012.
- Sjödin, F., Kjellberg, A., Knutsson, A., Lindberg, L. & Landström, U. (2012). Noise exposure and auditory effects on preschool personnel. *Noise & Health*, 14, 72-82.
- Sjödin, F., Kjellberg, A., Knutsson, A., Lindberg, L. & Landström, U. (2012), Noise exposure and stress effects on preschool personnel. *Noise & Health*, 14, 166-78.

- Sköld, A., Bergman, P., Västfjäll, D. & Colebring, A. (2009). Perception of simple sounds from an emotional point of view. *Journal of Acoustical Society of America*, 123, 3245. 2009.
- Smagowska, B. (2010). Noise at workplaces in the call center. *Archives of Acoustics*, 35, 253-264.
- Smith, A P. (1983). 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.
- Smith A. (1989). A review of the effects of noise on human performance. *Scandinavian Journal of Psychology*, 30, 185-206.
- Smith, A. P. & Nutt, D. J. (1996). Noradrenaline and attention lapses. *Nature*, 380, 291.
- Soeta, Y., Nakagawa, S., Tonoike, M. & Ando, Y. (2004). Magnetoencephalographic responses correspond to individual annoyance of bandpass noise. *Journal of Sound and Vibration*, 277, 479-489.
- Stacher G. (1983). The responsiveness of the esophagus to environmental stimuli. In R. Hölzl & W.E. Whitehead (Eds.), *Psychophysiology of the gastrointestinal tract: Experimental and clinical applications*, (pp 21-31). Plenum, New York.
- Stansfeld, S. A., Clark, C. R., Jenkins, L. M. & Tarnopolsky, A. (1985). Sensitivity to noise in a community sample: I Measurement of psychiatric disorder and personality. *Psychological Medicine*, 15, 243-254.
- Stansfeld, S. A. (1992) Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder – epidemiological and psychophysiological studies. *Psychological Medicine*, Supplement 22.
- Stansfeld, S.A. & Matheson, M.P. (2003). Noise pollution: Non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68, 243-57.
- Stansfeld, S.A. (2003). Non-auditory physiological effects of noise: Five year review and future directions. In R.G. de Jong, T. Houtgast, E.A.M. Franssen & W.F. Hofman (Eds.), *Proceedings of the 8th International Congress of International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Delft: Foundation ICBEN 2003.
- Stansfeld, S.A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Öhrström, E., Haines, M.M., Head, J., Hygge, S., van Kamp, I. & Berry, B.F. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: A cross-national study. *The Lancet*, 365, 1942-1949.
- Stansfeld, S., Haines, M. & Brown, B. (2011). Noise and health in the urban environment. *Reviews on Environmental Health*, 15, 43-82.
- Sörensen S. (1970). 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.
- Sörqvist, P., Halin, N. & Hygge, S. (2009). Individual differences in susceptibility to the effects of speech on reading comprehension. *Applied Cognitive Psychology*, 24, 67-76.
- Sörqvist, P., Marsh, J.E. & Nöstl, A. (2013) High working memory capacity does not always attenuate distraction: Bayesian evidence in support of the null hypothesis *Psychonomic Bulletin and Review*, in press.
- Sörqvist, P. & Rönnerberg, J. (2012). Episodic long-term memory of spoken discourse masked by speech: what is the role for working memory capacity? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 55, 210-218.

- Tajadura-Jiménez, A., Väljamäe, A., Asutay, E. & Västfjäll, D. (2010a). Embodied auditory perception: The emotional impact of approaching and receding sound sources. *Emotion, 10*, 216-229.
- Tajadura-Jiménez, A., Larsson, P., Väljamäe, A., Västfjäll, D. & Kleiner, M. (2010b). When room size matters: Acoustic influences on emotional responses to sounds. *Emotion, 10*, 416-422.
- Takeo, F., Tetsuro, S. & Shizuma, Y. (2001). Annoyance, fatigue and performance during mental arithmetic task under meaningless noise. *Japanese Journal of Ergonomics, 37*, 19-28.
- Talbott, E., Helmkamp, J., Mathews, K., Kuller, L., Cottington, E. & Rendmond, G. (1985). Occupational noise exposure, noise-induced hearing loss, and the epidemiology of high blood pressure *American Journal of Epidemiology, 121*, 501-514.
- Tennant, C. (2001). Work-related stress and depressive disorders. *Journal of Psychosomatic Research, 51*, 697-704.
- Terhardt, E.G. et al. (1982) Algorithm for extraction of pitch and pitch salience from complex tonal signals, *The Journal of the Acoustical Society of America, 71*, 679-688.
- Tharmmaphornphilas, W., Green, B., Carnahan, B. J. & Norman, B. A. (2003). Applying mathematical modeling to create job rotation schedules for minimizing occupational noise exposure. *Aiha Journal, 64*, 401-405.
- Therivel, R. & Bennett, C. (2008). The use and misuse of noise standards. *Standards and Thresholds for Impact Assessment, 3*, 327-340.
- Tomei, G., Fioravanti, M., Cerratti, D., Sancini, A., Tomao, E., Rosati, M. V., & Tomei, F. (2010). Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: a meta-analysis. *Science of the Total Environment, 408*, 681-689.
- Topf, M. (2000). Hospital noise pollution: an environmental stress model to guide research and clinical interventions. *Journal of Advanced Nursing, 31*, 520-528.
- Trapenskias, D. & Johansson, Ö. (2003) Noise annoyance evaluation in a steel plant using binaural technology. *Acta Acustica united with Acustica, 89*, 888-899
- Turner, J. G., Bauer, C.A. & Rybak, L.P. (2007). Noise in animal facilities: Why it matters. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science, 46*(1), 10-13.
- van Gerven, P. W., Vos, H., Van Boxtel, M. P., Janssen, S. A. & Miedema, H. M. (2009). Annoyance from environmental noise across the lifespan. *The Journal of the Acoustical Society of America, 126*, 187-194.
- Venetjoki, N., Kaarlela-Tuomaala, A., Keskinen, E. & Hongisto, V. (2006). The effect of speech and speech intelligibility on task performance. *Ergonomics, 49*. 1068-1091.
- Virkkunen, H., Kauppinen, T. & Tenkanen, L. (2005). Long-term effect of occupational noise on the risk of coronary heart disease. *Scand J Work Environ Health, 31*, 291-299.
- Virkkunen, H., Härmä, M., Kauppinen, T. & Tenkanen, L. (2007). Shift work, occupational noise and physical workload with ensuing development of blood pressure and their joint effect on the risk of coronary heart disease. *Scandinavian Journal of Occupational Health, 33*, 425-434.
- Wadman, C. & Kjellberg, A. (2007) The role of the affective stress response as a mediator of the effect of psychosocial risk factors on musculoskeletal symptoms-Part 2: Hospital workers. *International Journal of Industrial Ergonomics, 37*, 395-403.

- Wallenius, M.A. (2004). The interaction of noise stress and personal project stress on subjective health. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 167-177.
- Weinstein, N.D. (1980) Individual differences in critical tendencies and noise annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, 68, 241-248.
- Weinstein, N.D. (1982). Community noise problems: evidence against adaptation. *Journal of Environmental Psychology*, 2, 87-97.
- Westman, J. C. & Walters, J. R. (1981). Noise and stress: a comprehensive approach. *Environ Health Perspect*, 41, 291-309.
- WHO. (2011). L. Fritschi (Ed.), *Burden of Disease from Environmental Noise - Quantification of healthy life years lost in Europe*. WHO Regional Office for Europe. (åtkomst Internet)
- Willich, S.N., Wegscheider, K., Stallmann, M. & Keil, T. (2009). Noise burden and the risk of myocardial infarction. *European Heart Journal*, 27, 276-282.
- Witterseh, T., Wyon, D.P & Clausen, G. (2004). The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. *Indoor Air*, 2004, 30-40.
- Wolf, O.T., Nicole C., Schommer, D.H., Hellhammer, H., McEwen, B.S. & Kirschbaum, C. (2001). The relationship between stress induced cortisol levels and memory differs between men and women. *Psychoneuroendocrinology*, 26, 711-720.
- Västfjäll, D. (2002). Influences of current mood and noise sensitivity on judgments of noise annoyance. *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 136, 357-370.
- Västfjäll, D. (2009). Indirect behavioral measures of musical emotions. In P.N. Juslin & J. Sloboda (Eds.). *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications: Theory, Research, Applications*. OUP Oxford.
- Xie, H. & Kang, J. (2010). On the relationships between environmental noise and socio-economic Factors in Greater London. *Acta Acustica united with Acustica*, 96, 472-481.
- Yamanaka, H., Haruna, J., Mashimo, T., Akita, T. & Kinouchi, K. (2008). The sound intensity and characteristics of variable-pitch pulse oximeters. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 22, 199-207.
- Yan, L., Chen, K. A. & Wang, J. (2008). Comparative Study on Classical Models for Accumulation of Annoyance from Combined Noise. *Noise and Vibration Control*, 4, 045.
- Zaheeruddin, G. & Garima, G. (2006). A neuro-fuzzy approach for prediction of human work efficiency in noisy environment. *Applied Soft Computing*, 6, 283-294.
- Zimmer K, Ellermeier W. (1999). Psychometric properties of four measures of noise sensitivity: a comparison. *Journal of Environmental Psychology*, 19, 295-302.
- Zimmer, K., Ghani, J. & Ellermeier, W. (2008). The role of task interference and exposure duration in judging noise annoyance., *Journal of Sound and Vibration*, 311, 1039-1051.
- Zwicker, E & Fastl, H. (1990). *Psychoacoustics, facts and models*, Springer Verlag, Berlin.
- Åhsberg, E., Gamberale, F. & Kjellberg, A. (1997) Perceived quality of fatigue during different occupational tasks. Development of a questionnaire. *Journal of Industrial Ergonomics*, 20, 121-135.
- Åkerstedt, T., Hume, K., Minors, D. & Waterhouse, J. (1994), The subjective meaning of good sleep - An intraindividual approach using the Karolinska Sleep Diary. *Perceptual & Motor Skills*, 79, 287-296.



ARBETSMILJÖ
VERKET

Arbetsmiljöverket
112 79 Stockholm
Besöksadress Lindhagensgatan 133
Telefon 010-730 90 00
Fax 08-730 19 67
E-post: arbetsmiljoverket@av.se
www.av.se

ISSN 1650-3171

Rapport 2013:3

Den här publikationen kan laddas ner på
www.av.se/publikationer/rapporter/

Vår vision: *Alla vill och kan skapa en bra arbetsmiljö*