

# Höga ljudnivåer från musik och dess effekter på vuxna och barn

Stig Arlinger

Linköping University Electronic Press  
Linköpings universitet, 2012  
URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-85054>

© Stig Arlinger, 2012

## ***Innehåll***

Förord	sid. 2
Sammanfattning och förslag	3
0. Syfte och avgränsning	7
1. Hörselsinnet	8
2. Ljudexponering	8
2.1. Riktvärden	8
2.2. Mätteknik	10
3. Hörselnedsättning	11
3.1. Bakgrund	11
3.2. Studier av TTS	13
3.3. Studier av PTS	18
3.4. Studier av otoakustiska emissioner	19
3.5. Risk för fosterpåverkan för gravida	20
3.6. Påverkan på barn	21
4. Tinnitus	23
5. Regelverk i andra länder	25
6. Sammanfattning	25
7. Diskussion	27
8. Förslag	28
9. Referenser	30
Bilaga A. Tabeller A.1-A.6 med sammanställning av studier avseende hörselpåverkan	36
Bilaga B. Regelverk i andra länder	47
Tabell B.1 sammanställning av regelverk i andra länder	51

## FÖRORD

Socialstyrelsens utgav 2005 det allmänna rådet SOSFS 2005:7 om höga ljudnivåer. Rådet har följande innehåll:

*Dessa allmänna råd gäller för sådana lokaler och platser, såväl inom- som utomhus, där hög musik spelas, t.ex. diskotek, konsert- och träningslokaler. Verksamhetsutövaren skall enligt 26 kap. 19 § miljöbalken fortlöpande planera och kontrollera verksamheten för att motverka eller förebygga att olägenheter för människors hälsa uppstår. Egenkontrollen bör bland annat inkludera fortlöpande kontroller av ljudnivåerna. Standardiserade mätmetoder bör användas.*

*Dessa riktvärden bör tillämpas vid bedömningen av om olägenhet för människors hälsa föreligger. Såväl värdena i tabell 1 som 2 bör beaktas vid bedömningen.*

### **Tabell 1 – Riktvärden för lokaler och platser dit barn under 13 års ålder inte har tillträde**

Maximalt ljud  $L_{AFmax}^1$  115 dB

Ekvivalent ljud  $L_{AeqT}^2$  100 dB

1 Den högsta A-vägda ljudnivån.

2 Den A-vägda ekvivalenta ljudnivån under en viss tidsperiod (T).

### **Tabell 2 – Riktvärden för lokaler och platser dit både barn och vuxna har tillträde**

Maximalt ljud  $L_{AFmax}^1$  110 dB

Ekvivalent ljud  $L_{AeqT}^2$  97 dB<sup>3</sup>

1 Den högsta A-vägda ljudnivån.

2 Den A-vägda ekvivalenta ljudnivån under en viss tidsperiod (T).

3 Särskild hänsyn bör tas i verksamheter som är särskilt riktade till barn, s.k. knattediskotek eller liknande. Där bör ekvivalenta A-vägda ljudnivåer under 90 dB alltid eftersträvas.

Dessa riktvärden har ibland kritiserats, bl.a. av arrangörer för olika musikfestivaler sommartid. Bland annat år 2007 (Dagens Nyheter 4 maj, 14 och 18 juni) kritiserades ovanstående riktvärden för att vara orimligt låga och sakna vetenskaplig grund. Andra intressegrupper anser att riktvärdena borde skärpas. Mot den bakgrunden har Socialstyrelsen initierat en översyn av SOSFS 2005:7, där undertecknad fått uppdraget att sammanställa det vetenskapliga underlag som finns om höga ljudnivåer från musik och dess effekter på vuxna och barn.

Linköping 2011-06-23

Stig Arlinger

## SAMMANFATTNING OCH FÖRSLAG

Om temporär hörselnedsättning, TTS, uppgår till storleksordningen 40 dB eller mera anses detta kunna innebära risk för kvarstående hörselnedsättning direkt, d.v.s. att den temporära nedsättningen aldrig helt går tillbaka oavsett hur långvarig en bullervila är. Om storleken av TTS uppmätt direkt efter exponeringen är högst 25 dB anses hörtrösklarna vara tillbaka till utgångsläget inom ett dygn och risken för permanent hörselnedsättning försumbar. Den exponering som sker i samband med framförande av musik kan uppenbarligen ge upphov till TTS. Ekvivalentnivåer över storleksordningen 90 dB(A) under en typisk konsert om någon-några timmar orsakar genomsnittligt TTS på mer än storleksordningen 5 dB. Intermittent exponering ger mindre TTS än kontinuerlig. Om maximal TTS hos exponerade individer ska begränsas till ca 25 dB bör ekvivalent ljudnivå för en 2 timmar lång konsert inte överskrida storleksordningen 95-98 dB(A) för att med tillräckligt stor sannolikhet undvika permanent hörtröskelpåverkan. Djurstudier visar att även exponering som enbart orsakar TTS, d.v.s. ingen kvarstående mätbar nedsättning av hörtrösklar, ändå kan orsaka permanent tinnitus.

Vad gäller permanent hörselnedsättning, PTS, föreligger ett fåtal studier där PTS kan relateras till exponering för musik med höga ljudnivåer. Dock kan konstateras att där någorlunda kvantitativa data för exponeringen föreligger har signifikant sämre hörtrösklar påvisats i grupper med mera omfattande exponering jämfört med grupper med färre konsertbesök.

För otoakustiska emissioner, som fr.a. återspeglar tillståndet hos innerörats yttre hårceller, gäller att citerade studier visar att redan så måttliga exponeringar som 80-90 dB(A) ger upphov till svagare OAE-aktivitet från innerörats yttre hårceller såväl i korttids- som långtidsperspektiv. Ungdomar som ofta besöker konserter och festivaler uppvisar svagare emissioner än ungdomar med lägre besöksfrekvens.

Temporär tinnitus är uppenbarligen mycket vanligt i samband med exponering för musik med höga ljudnivåer. De siffror som rapporteras för prevalensen av tinnitus hos flitiga konsertbesökare ligger väsentligt högre än hos slumpmässigt utvalt kontrollmaterial. Tinnitus kan förekomma utan kliniskt mätbar hörselnedsättning. Djurexperiment visar att även mycket måttlig akustisk exponering kan orsaka permanent tinnitus till och med utan att vara kopplat till temporär påverkan av hörtrösklarna. Tyvärr saknas kvantitativa data avseende samband mellan exponering (ljudnivå och exponeringstid) och sannolikhet för tinnitus i både temporär och permanent form.

Det finns inget stöd för ökad känslighet för bullerskada hos barn i varje fall från skolåldern eller tidiga tonår och uppåt. Däremot tycks även lätta bullerskador som ådragits vid ung ålder kunna utgöra ett sämre utgångsläge inför kommande åldersrelaterade hörsselförsämringar. Detta är självfallet en viktig aspekt för att skydda barn och unga så långt möjligt från potentiellt hörselskadande exponering.

Hos gravida som exponeras för musik på hög nivå reagerar fostret med ändrad hjärtfrekvens och rörelse under graviditetens senare del när fostrets hörsel fungerar. Den akustiska dämpning som moderns vävnader och fostervätskan ger, tillsammans med att fostrets ytter- och mellanöron är vätskefyllda, torde dock innebära försumbar risk för hörselskada eller annan påverkan på fostret när gällande gränsvärden för yrkesmässig bullerexponering ej överskrids. Fosterreaktioner har påvisats vid ljudnivåer om ca 95 dB, men risken för skadlig påverkan på fostret vid exponering för musik vid konserter torde vara försumbar.

Internationellt föreligger en ganska skiftande bild med riktvärden eller gränsvärden för den ekvivalenta ljudnivån mellan 90 och 105 dB(A). I Tyskland och i det norska förslaget är högsta ljudnivå kopplad till konsertens varaktighet – längre konsert innebär lägre tillåten ljudnivå, baserat på en maximal ljuddos. Riktvärden för den maximala ljudnivån saknas i många länder och där den finns varierar den mellan 100 och 125 dB(A). I de länder där den maximala toppnivån är specificerad förekommer 130 resp. 135 dB(C) som högsta tillåtna värde. I några länder specificeras också att varning för hörselskaderisk ska finnas anslagen och att hörselskydd ska tillhandahållas för publiken, i Schweiz till och med gratis. I några men långt ifrån alla länder anges hur ljudnivåerna ska mätas i förhållande till publikplatser. I vissa fall krävs nivåbegränsning på den förstärkarutrustning som används. Ett relativt vanligt problem i många länder är otillräcklig tillsyn och därmed bristande efterlevnad av befintligt regelverk.

I många områden där människor utsätts för risker eftersträvar samhället en nollvision – ingen ska behöva dödas eller skadas är det yttersta målet. För att nå sådana mål formuleras olika regelverk eller föreslås olika åtgärder. Hastighetsbegränsning i trafiken, bilbälten och cykelhjälm är exempel på detta. För att sådana ska ha effekt förutsätts tillsyn och ofta också påföljd om reglerna inte efterlevs. För arbetsmiljön finns ett stort antal föreskrifter och gränsvärden för att reducera risker att arbetstagare skadas. Detta gäller också exponering för höga ljudnivåer i arbetsmiljöer.

För fritidsmiljöer är reglering ofta svårare, relaterat till att hälsorisker ofta är kopplade till exponeringstid, som kan variera över ett mycket vitt område och ofta är svårbedömd. Som argument mot reglering av höga ljudnivåer vid offentliga musikställningar anförs ofta att deltagande är frivilligt och därför sker på egen risk. Detta är dock knappast ett starkt argument – att köra iväg i en bil eller sätta sig på en cykel sker också normalt frivilligt och på egen risk.

De riktvärden för höga ljudnivåer från musik som Socialstyrelsen haft sedan ett antal år har trots invändningar från vissa aktörer ändå varit relativt väl accepterade som princip. En svaghet har dock varit att tillsynen av efterlevnaden inte haft den omfattning som är önskvärd och att mätmetod inte varit tydligt specificerad.

Den genomgång av relevant vetenskaplig litteratur som presenterats ovan tyder på att nuvarande riktvärde om 100 dB(A) för musik som framförs vid konserter, diskotek, träningslokaler etc. är så hög att inte oväsentlig risk för hörselskada föreligger, framför allt i form av tinnitus men också som hörselnedsättning hos känsliga individer. Många miljöer och situationer där musik framförs med hög ljudnivå innebär exponeringstider på ibland bara någon timme men oftast väsentligt längre – intervallet 2-4 timmar torde vara mera representativt. Ett riktvärde som tar hänsyn till exponeringens längd, som exempelvis i Tyskland eller i det norska förslaget, har fördelen av större precision avseende riskerna för hörselskada. Det innebär å andra sidan svårigheter med avseende på kontroll och tillsyn och blir naturligtvis komplicerat vid exempelvis stora musikfestivaler med många olika framträdanden på olika scener.

De studier av TTS som presenterats ovan ger det bästa kvantitativa underlaget för att bedöma skaderisk. TTS-värden på högst 25 dB anses innebära minimal risk för bestående mätbar hörselnedsättning, även om fortfarande risken för tinnitus inte kan uteslutas och kunskapen om eventuella andra kvarstående effekter är bristfällig. Om maximalt TTS på ca 25 dB accepteras innebär detta en hösta ljudnivå om ca 98 dB(A) vid 2 timmars exponering eller 95 dB(A) vid 4 timmars exponering. Antagande att merparten av exponeringar innebär

varaktighet i intervallet 2-4 timmar torde en sänkning av riktvärdet från 100 till 97 dB vara adekvat. Detta motsvarar en halvering av den akustiska energi som lyssnaren utsätts för. Med hänsyn till de viktiga resultat som påvisats av Kujawa och Liberman (2009) kan man dock inte vara helt fri från risk för permanent påverkan på hörselorganet, men risken torde dock vara väsentligt reducerad.

Baserat på ovanstående redovisning framläggs följande förslag:

Riktvärden för musikexponering sänks till följande ljudtrycksnivåer:

***Riktvärden för lokaler och platser dit barn under 13 års ålder inte har tillträde***

*Maximal ljudnivå  $L_{AFmax}$  110 dB*

*Ekvivalent ljudnivå  $L_{AeqT}$  97 dB*

*Maximal toppnivå  $L_{Cpeak}$  135 dB*

***Riktvärden för lokaler och platser dit både barn och vuxna har tillträde***

*Maximal ljudnivå  $L_{AFmax}$  105 dB*

*Ekvivalent ljudnivå  $L_{AeqT}$  94 dB*

*Maximal toppnivå  $L_{Cpeak}$  130 dB*

Detta innebär en sänkning från nuvarande ekvivalenta ljudnivåer med 3 dB, vilket motsvarar en halvering av den akustiska energin och därmed en väsentlig minskning av risken för någon form av hörselskada. Parallellt med denna sänkning föreslås en sänkning av maximal ljudnivå med 5 dB. Vidare innebär det att riktvärdena också innehåller krav på maximal toppnivå. Denna parameter ingår i gränsvärdena för arbetsmiljön och bör också inkluderas i dessa riktvärden.

Värdena skall gälla alla platser där publik tillåts uppehålla sig. De föreslagna ändringarna ansluter sig väl till rådande praxis i Europa.

De lägre värdena för arrangemang där barn också har tillträde - och i synnerhet för sådana som är specifikt riktade till barn - kan inte motiveras med att barn från skolåldern och uppåt antas ha större känslighet att skadas av höga ljudnivåer. Däremot kan de motiveras med att barn inte har samma förmåga som vuxna att bedöma miljörisker, att en skada som drabbar barn kommer att följa med under återstoden av ett förmodat långt liv och att en sådan skada kan öka känsligheten för fortsatta försämringar av hörseln senare i livet. Åldersgränsen 13 år föreslås oförändrad. Den motsvarar gränsen mellan grundskolans mellan- och högstadiet vilket bedöms rimligt.

Den åldersgräns för begreppet barn som SoS hittills tillämpat – under 13 år – ligger nära den definition som tillämpas i de internationella standarderna för leksaker, EN 71-1 *Safety of toys Part 1: Mechanical and physical properties* och ISO 8124-1 *Safety of toys – Part 1: Safety aspects related to mechanical and physical properties*. Båda dessa standarder sätter gränsen för barn under 14 år, d.v.s. ett år äldre än SoS' hittillsvarande. Denna förhållandevis marginella skillnad kan knappast vara skäl att ändra 13-årsgränsen i det svenska regelverket. Gränsen 13 eller 14 år torde vara baserad på utvecklingspsykologiska grunder snarare än på biologiska.

Inget stöd finns för att foster skulle påverkas negativt om gravida exponeras för miljöer som uppfyller ovanstående riktvärden.

Arrangör bör på lämpligt sätt tillhandahålla hörselskydd för publiken vid arrangemang där den ekvivalenta ljudnivån förväntas överskrida 90 dB(A).

Riktvärdena bör vara giltiga inte bara för arrangemang där musik framförs utan också för andra miljöer där publik exponeras för höga ljudnivåer, t.ex. gym, aerobics, biografier, teatrar, motorsport etc.

För egenkontroll av huruvida riktvärdena uppfylls bör specificeras att mätmetod framtagen av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP, 2007) bör användas med hänvisning till den Internet-adress där metodbeskrivningen kan hämtas.

Riktvärdena bör förbli riktvärden och inte för närvarande ändras till gränsvärden för höga ljudnivåer.

Annonsering och skyltar på plats skall innehålla en av två följande meningar:

- Vi garanterar att SoS:s regler för höga ljudnivåer upprätthålls.
- Vi garanterar INTE att SoS:s regler för höga ljudnivåer upprätthålls, varför risk för hörselskada inte kan uteslutas. Hörselskydd bör därför användas.

På samma sätt som arbetsgivaren har ansvaret för arbetsmiljön har arrangören av konserter etc ansvaret för ljudmiljön för den deltagande publiken.



## 0. SYFTE OCH AVGRÄNSNING

Syftet med denna översyn är att presentera ett förslag avseende om SOSFS 2005:7 behöver revideras eller ej, baserat på existerande vetenskapligt underlag om effekter på vuxna och barn från exponering för höga ljudnivåer från musik. De nuvarande riktvärdena har vid olika tillfällen ifrågasatts. Från arrangörer av musikfestivaler har hävdats att gränsvärdena är för låga och att det saknas vetenskapligt stöd för dem. Från organisationer med hörselhälsa i fokus har man tvärtom menat att de borde sänkas eftersom för många enskilda fall har rapporterats, där hörselskada i form av hörselnedsättning och/eller tinnitus kunnat kopplas till en specifik exponering i samband med konsert eller diskoteksbesök.

I översynen ska också ingå sammanställning av motsvarande eller liknande riktlinjer i andra länder. I uppdraget ingår även att ta ställning till om Socialstyrelsen bör be om föreskrivningsrätt, d.v.s. att riktvärdena ersätts av gränsvärden för höga ljudnivåer.

Arbetet som redovisas i denna rapport har baserats på sökning i den vetenskapliga litteraturen via framför allt databasen PubMed, granskning av referenslistor i relevanta rapporter, andra sökningar på Internet samt kontakter med internationella kollegor med insikter i aktuella regelverk. Söktermer har varit *music, rock, jazz, discotheque, night-club, concert, hearing, hearing impairment, hearing loss, tinnitus, children* i olika kombinationer. Rapporter som fokuserat helt på yrkesmusiker har som regel exkluderats, eftersom exponeringsförhållandena för musiker typiskt skiljer sig från publikens vid konserter, musikfestivaler etc.

Randomiserade kontrollerade studier saknas med några få undantag för den aktuella frågeställningen, utan merparten är observationsstudier med eller utan kontrollgrupp. Värdet av kontrollgrupp i studier av temporär hörselnedsättning, TTS, efter musikexponering som pågått upp till några timmar är sannolikt begränsat, eftersom sannolikheten att hörtrösklarna för en oexponerad kontrollgrupp skulle förändras under denna begränsade tidsrymd är försumbar. Grundprinciperna för bedömning av kvaliteten i redovisade studier är i huvudsak hämtade från de principer som tillämpas av Statens beredning för medicinsk utvärdering, SBU. Enskilda studiers bevisvärde graderas som högt (1), måttligt (2) eller lågt (3). Följande principer har använts:

*Högt bevisvärde (1):* Studier med fall-kontroll-grupper med  $n > 50$ , med lämplig studieuppläggning och relevant statistisk analys.

*Måttligt bevisvärde (2):* Som ovan men med mindre studiestorlek ( $n = 10-50$ ) eller observationsstudier utan kontrollgrupp med  $n = 10-50$  med lämplig studieuppläggning och relevant statistisk analys.

*Lågt bevisvärde (3):* Studier som inte uppfyller kriterierna ovan. Studier med mera osäker relevans, t.ex. djurstudier.

Rapporten har granskats av professor Ulf Rosenhall, Karolinska institutet, professor Claes Möller, Örebro universitet, docent Björn Hagerman, Karolinska institutet, och med.dr. och leg. audionom Kim Kähäri, Göteborgs universitet. Synpunkter och förslag framförda av dem har inlemmats i skrivningen.

## 1. HÖRSELSINNET

Hörselsinnet består av en perifer och en central del. Den perifera delen utgörs av ytterörat med öronmusslan och hörselgången, mellanörat med trumhinnan och de tre hörselbenen, samt det vätskefyllda innerörat, där omvandlingen från akustisk energi till aktivitet i hörselnerv sker. Härifrån går informationen vidare i de centrala hörselbanorna upp till hjärnbarken, där perceptionen, uppfattandet och tolkningen av ljudstimuli sker.

I innerörat är belägna de hårceller som ansvarar för omvandlingen från ljud till nervsignaler. Dessa hårceller är den mest sårbara delen i hörselorganet, som således drabbas oftast, först och mest av olika faktorer som ger upphov till hörselskador – åldrande, överbelastning genom exponering för alltför starka ljud under för lång tid, olika sjukdomar etc.

Det friska hörselorganet har ett mycket stort arbetsområde. Nätt och jämnt hörbara ljud motsvarar ungefär 0 dB i det känsligaste frekvensområdet. Lagom ljudstyrka, varken för starkt eller för svagt, upplevs normalt mellan ca 50 och 70 dB. Obehagligt starka blir ljud när nivåerna kommer upp i registret 90-100 dB eller mer. All subjektiv upplevelse av ljudstyrka beror inte enbart på den akustiska ljudnivån utan också på ljudets varaktighet. Ju kortvarigare ett ljud är desto mera underskattar man ljudets faktiska styrka. Detta är framför allt ett problem vid mycket korta men starka impulsljud, exempelvis från vapen och detonationer men också från slagverk och andra impulsartade ljud från musikinstrument.

Lagomområdet, 50-70 dB, är just lagom inte enbart för att ljud upplevs som lagom starka utan också för att man kan visa att hörseln fungerar bäst i detta område. Vid högre ljudnivåer försämras förmågan att uppfatta detaljer i ljudsignalen. Flera studier på normalhörande lyssnare har visat att förmågan att uppfatta tal försämras gradvis när talsignalen nivå överstiger ca 70 dB (Studebaker et al, 1999). Detta fenomen är mera påtagligt när talsignalen presenteras samtidigt med ett bakgrundsljud. Översatt till musikvärlden kan man konstatera att publikens förmåga att uppfatta en sångtext mot en instrumental bakgrund försämras när texten presenteras på nivåer som överstiger ca 70 dB.

## 2. LJUDEXPONERING

### 2.1 Riktvärden för buller

Arbetsmiljöverkets föreskrifter, AFS 2005:16, anger insatsvärden för tillåtet buller i arbetslivet - se tabell 2.1 nedan. Dessa värden utgår från EU:s bullerdirektiv 2003/10/EG. När dessa värden uppnås eller överskrids måste åtgärder vidtas för att undvika risk för hörselskada. Föreskrifterna anger också gränsvärden som inte alls får överskridas.

Den internationella och tillika svenska standarden SS-ISO 1999 presenterar detaljerat underlag för bedömning av hörselskaderisken efter bullerexponering. Samtliga dessa källor har fokus på bullerexponering i arbetsmiljön med dess oftast dagligen upprepade exponering under kortare eller längre tid.

Tabell 2.1: Insatsvärden som kräver åtgärder om värdena överskrids, samt gränsvärden som inte får överskridas i arbetsmiljön enligt AFS 2005:16.

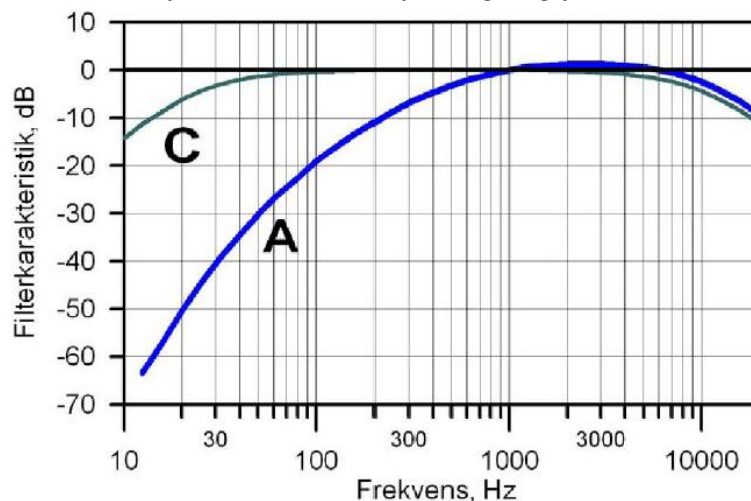
	Undre insatsvärden	Övre insatsvärden	Gränsvärden
Daglig bullerexponeringsnivå, $L_{EX,8h}$ (dB)	80	85	85
Maximal A-vägd ljudtrycksnivå, $L_{pAFmax}$ (dB)	-	115	115
Impulstoppvärde, $L_{pCpeak}$ (dB)		135	

Vid tillämpning av *insatsvärdena*, när bullerexponeringen bestäms, skall hänsyn inte tas till eventuell användning av hörselskydd. Om de undre insatsvärdena överskrids skall en arbetstagare få tillgång till hörselskydd. Om de övre insatsvärdena överskrids skall hörselskydd användas.

Vid tillämpning av *gränsvärdena* skall, i de fall arbetstagarna bär hörselskydd, hänsyn tas till dämpningen hos dessa när bullerexponeringen bestäms.

A-vägd ljudmätning innebär att man filtrerat bort de lägre frekvenserna. A-filtret är från början framtaget för att efterlikna hörselns frekvensgång vid låga ljudnivåer, där känsligheten för låga frekvenser är betydligt lägre än känsligheten för högre frekvenser (fig. 2.1). A-kurvan har senare även visat sig vara bra vid uppskattning av hörselskaderisk. Man presenterar resultatet som ett siffervärde med enheten dB(A) (relativt ljudtrycket 20  $\mu$ Pa). Vid mätning av impulstoppvärdet används dock C-vägning (figur 2.1).

Fig 2.1: Ljudnivåmätarens filterkaraktäristik för vägningsfilter A och C (enligt IEC 61620)



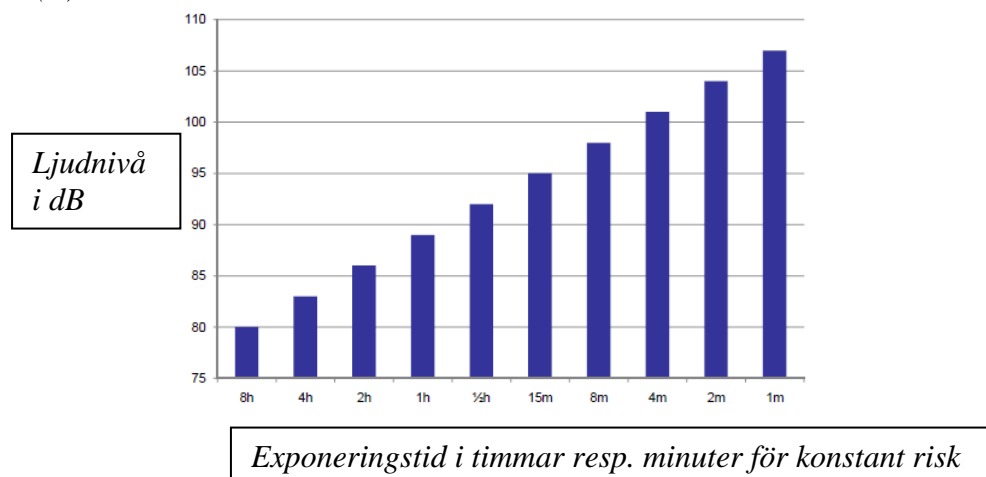
Daglig bullerexponeringsnivå,  $L_{EX,8h}$ , innebär energiekvivalent 8-timmarsnivå, dvs. den konstanta ljudnivå som under 8 timmar ger samma totala energi som det varierande uppmätta ljudet, oavsett hur lång tid det uppmätta ljudet pågått. Med maximal A-vägd ljudtrycksnivå,  $L_{pAFmax}$ , menas den högsta erhållna nivå mätt med en integrationstid på 125 ms. Impulstoppvärdet  $L_{pCpeak}$  avser den högsta erhållna nivå för korta ljud (hur korta som helst) mätt med en integrationstid  $<50 \mu$ s.

Den 85 dB-gräns som är fastslagen som gränsvärde för ekvivalentnivån är ett statistiskt beräknat mått. Efter tio års daglig bullerexponering för 85 dB räknar man med en hörselnedsättning på 5 dB vid 4 kHz. Det är ett medianvärde, vilket betyder att hälften av de

exponerade personerna drabbas något mindre, hälften något mera. Vissa individer är känsligare än andra medan vissa tål mer. Det undre insatsvärdet, 80 dB(A) för 8 timmars exponeringstid, anses innebära närmast försumbar skaderisk. Flera studier har uppskattat området upp till 75-80 dB(A) som säker nivå i bemärkelsen att exponeringen inte orsakar mätbar påverkan på hörrösklar oavsett exponeringstidens längd (Melnick, 1991).

Om man fördubblar ljudeffekten från 85 dB, vilket betyder en ökning med 3 dB till 88 dB, måste man halvera exponeringstiden för att hålla risken för hörselskada konstant. Det innebär att högsta tillåtna ljudnivå blir 88 dB under 4 timmar. Fördubblas ljudeffekten igen måste tiden halveras ytterligare en gång, alltså 91 dB under 2 timmar o.s.v. Detta är innebörden av ekvivalentnivån  $L_{EX,8h}$ , som är ett dosmått. Standarden SS-ISO 1999 ger som nämnts ovan underlag för beräkning av risk för hörselskada orsakad av bullerexponering. Dess data anger att 80 dB(A) är den gräns under vilken risk för hörselskada är helt försumbar. Figur 2.2 nedan visar kombinationer av ljudnivå och exponeringstid som motsvarar 80 dB(A) under 8 timmars exponering.

Figur 2.2 Exponeringstid i timmar som motsvarar samma risk för hörselpåverkan som 80 dB(A) i 8 timmar.



Här kan man dra en jämförelse med hur ljudnivån ändras med antal ljudkällor. För lika starka ljudkällor ökar ljudnivån 3 dB vid varje fördubbling av antal samtidiga källor. Om man t.ex. fördubblar antalet musiker i en orkester bör alltså ljudnivån öka 3 dB under förutsättning att var och en spelar lika starkt i bägge fallen.

## 2.2 Mätteknik

Den ekvivalenta ljudnivån kan mätas med en stationär ljudnivåmätare med placering som är representativ för den exponerade publiken. Ljudnivåmätaren ska uppfylla kraven i IEC 61672-1 och bör kunna ange både den ekvivalenta A-vägda ljudtrycksnivån för den aktuella konsertens varaktighet och också ha kapacitet att registrera maximal A-vägd ljudnivå som uppnåtts under denna tid. Den tredje parametern som beskriver exponeringen är det maximala impulstoppvärdet, peak-nivån, uppmätt med mycket kort reaktionstid (tidskonstant) i mätinstrumentet och med C-vägning.

Ett alternativ till den stationära ljudnivåmätaren är personburen bullerdosimeter, som bärs av en person som befinner sig i representativ position. En fördel med denna mätteknik är när man vill kartlägga exponeringen för en person som rör sig mellan olika positioner. Samma

parametrar för att beskriva exponeringen som för stationär ljudnivåmätare bör kunna fastställas.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås har utarbetat en detaljerad metodbeskrivning avsedd för egenkontroll vid diskotek, konserter och andra arrangemang med publik (SP, 2007). I denna ges en grundlig genomgång av lämplig utrustning och genomförande av mätningar för att på ett tillförlitligt sätt bedöma om gällande riktvärden är uppfyllda.

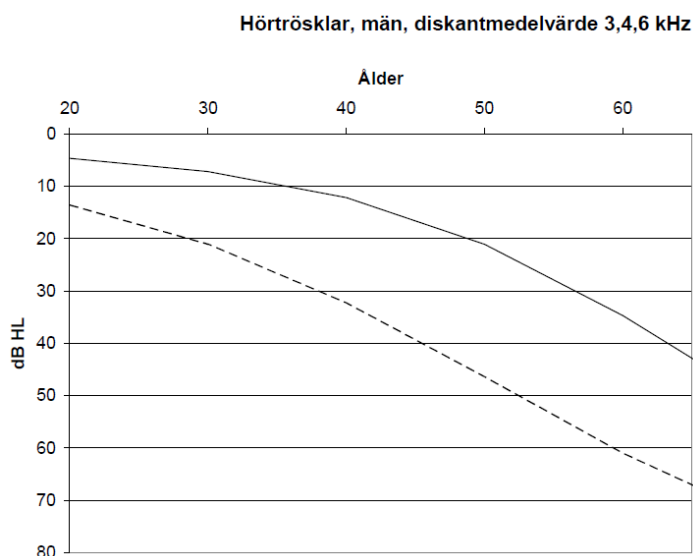
### 3. HÖRSELNEDSÄTTNING

#### 3.1 Bakgrund

Hörselnedsättning innebär försämrade känslighet i hörselorganet. Detta beskrivs i form av försämrade hörtrösklar, d.v.s. styrkan hos nätt och jämt hörbara toner från bas till diskant. En vanlig orsak till hörselnedsättning är akustisk överbelastning av sinnesorganet, vilket orsakar s.k. *bullerskada*. Denna ljudexponering kan vara yrkesmässig, men också många fritidsmiljöer innebär potentiell risk för hörselskada. Fritidsexponering för musik innebär ofta höga ljudnivåer men som regel väsentligt kortare exponeringstider än den yrkesmässiga exponeringen.

Hörselnedsättning kan uppstå också av *många andra orsaker*. Den i I-länder vanligaste orsaken är den *åldersbetingade* nedsättningen. Detta är en biologisk process som börjar redan i barnåren och långsamt fortskrider. Den orsakas bland annat av att hårceller i innerörat dör, men också andra degenerativa processer ingår. Utvecklingen av denna nedsättning sker med en hastighet som tilltar med stigande ålder men hela tiden med stora individuella variationer som antas vara genetiskt styrda och leder till större nedsättning för män jämfört med kvinnor. I statistiska termer är denna åldrandeprocess väl beskriven i den internationella standarden ISO 7029 (2000). SS-ISO 1999/Bilaga NA:2005 anger hörtrösklar som funktion av ålder för en svensk genomsnittspopulation som inte varit yrkesmässigt bullerexponerad. Fig 3.1 visar medianvärden (heldragen kurva) och 90-percentilvärden (streckad kurva) för medelvärdet av hörtrösklarna vid 3, 4 och 6 kHz för män som funktion av ålder enligt denna bilaga.

Fig. 3.1. Medianvärden och 90-percentiler för hörtrösklarna vid 3, 4 och 6 kHz som funktion av ålder hos män som inte varit yrkesmässigt bullerexponerade



Olika *sjukdomar* kan också drabba hörselorganet och orsaka hörselnedsättning. Sjukdomar som drabbar mellanörat kan i stor utsträckning åtgärdas kirurgiskt, medan däremot skadan är permanent när innerörat drabbats. Ärftliga hörselnedsättningar finns också, dels som medfödda, dels i former som debuterar i senare ålder.

Bedömning av hörselskaderisken kan i princip ske på två sätt. Det ena är att undersöka förekomsten, *prevalensen*, av hörselnedsättning hos aktuella grupper i förhållande till hörselnedsättning hos en referenspopulation som inte exponerats för potentiellt hörselskadliga ljud.

Den andra vägen är studier av *temporär hörselnedsättning*, *TTS* (*Temporary Threshold Shift*), efter kortvarig exponering för musik av relevant typ och ljudnivå. Om TTS uppstår efter en viss exponering kan detta indikera risk för *permanent hörselskada*, *PTS* (*Permanent Threshold Shift*), vid upprepade exponering. Om TTS uppgår till storleksordningen 40 dB eller mera anses detta kunna innebära risk för kvarstående hörselnedsättning direkt, d.v.s. att den temporära nedsättningen aldrig helt går tillbaka oavsett hur långvarig en bullervila är. Om storleken av TTS uppmätt direkt efter exponeringen är högst 25 dB anses hörtrösklarna vara tillbaka till utgångsläget inom ett dygn och risken för permanent hörselnedsättning försumbar (Ward et al, 1976). En exponering som inte ger upphov till TTS ger med största sannolikhet inte heller upphov till PTS. På ett individuellt plan kan dock inte bedömning av TTS användas som en tillförlitlig indikation på risken för PTS. TTS är relaterat till reversibla effekter på nervfibrer och andra strukturer i innerörat (Yamasoba et al., 2005). Förändringar i centrala hörselbanor har dock påvisats hos försöksdjur efter ljudexponering som orsakat TTS men ej PTS, vilka antas vara relaterade till tinnitus (Eggermont & Roberts, 2004; Bauer et al., 2008). En annan viktig djurexperimentell studie (Kujawa & Liberman, 2009) har visat att en exponering för brus på 100 dB under 2 tim gav upphov till TTS i storleksordningen 30-40 dB som helt återgått till normala hörtrösklar 2 veckor efter exponeringen. Men trots detta kunde man konstatera degeneration av nervfibrer i hörselnerven – innerörats hårceller återhämtade sig, återspeglade av normala hörtrösklar, men bestående skador uppstod i synapsen mellan inre hårceller och uppåtleddande nervtrådar, och antalet uppåtleddande nervtrådar minskade. TTS är inte godartad konsekvens av en ofarlig bullerexponering. Vid PTS föreligger permanenta skador på hårceller och nervfibrer, kopplade till celldöd (Meltser et al, 2010).

Den vanligaste formen att registrera påverkan på hörseln är att bestämma hörtrösklar för rena toner med hjälp av *tonaudiometri*. På senare tid har också mätningar av s.k. *otoakustiska emissioner*, OAE, utnyttjats i några studier. OAE är akustisk aktivitet som genereras av de yttre hårcellerna i innerörat, vilka utgör den mest sårbara komponenten i hörselorganet vid akustisk överbelastning. Två varianter förekommer: Transient-utlöst OAE (TEOAE), där ljudstimuleringen sker med serier av korta klick-ljud, respektive registrering av distorsionsprodukter (DPOAE), där stimuleringen sker med två kontinuerliga toner med närliggande frekvenser

Det är väl känt att det finns påtagliga *individuella skillnader* när det gäller effekter av bullerexponering på hörseln. Ett flertal faktorer är sannolikt involverade i detta såsom individuella skillnader i ytterörats (Hellström, 1995) och mellanörats anatomi, stapediusreflexens skyddseffekt (Borg et al., 1983) och innerörats egenskaper (Barrenäs & Hellström, 1996). I dagens kunskapsläge finns dock inga säkra metoder att avgöra om en enskild individ är mer eller mindre känslig och därmed löper större eller mindre risk att skadas av en given ljudexponering.

Kan *ljudträning* göra örat mindre känslig för skada? Subramaniam et al. (1992) beskrev att ljudkonditionering av försöksdjur kunde signifikant minska risken för bullerskada orsakad av en därefter presenterad kraftig ljudexponering. Denna träningseffekt gjorde att de drabbades av väsentligt mindre skada på hårceller i innerörat jämfört med en kontrollgrupp av försöksdjur som inte genomgått de 10 dyggen om 6 timmars ljudbelastning på 85 dB SPL. Senare studier (Canlon et al., 2007) har indikerat att skyddsmekanismen är relaterad till komplexa biokemiska processer i innerörat. Miyakita et al. (1992) lät en grupp unga försökspersoner lyssna på musik 6 tim/dag under 9 dagar. TTS uppmättes efter exponering för ett brusljud på 105 dB i 10 minuter, varvid man fann att från den femte försöksdagen och framåt minskade storleken av den temporära hörselnedsättningen orsakad av brusexponeringen jämfört med vid projektstarten. Man tolkade detta som en yttring av samma träningseffekt som visats i studierna på försöksdjur.

Den form av hörselskada som är mest uppenbar är hörselnedsättning. En annan yttring av skada som kan vålla väl så stora besvär för den drabbade är tinnitus, definierat som upplevelse av ljud utan att upplevelsen orsakas av en akustisk signal. Tinnitus har nästan alltid sin grundorsak i en skada i innerörat, som ger upphov till en onormal aktivitet i hörselbanorna, vilket tolkas av hjärnan som ljud. Tinnitus kan dock förekomma utan kliniskt mätbar hörselnedsättning (Weisz et al, 2006; Gu et al, 2010).Ljudet har ofta karaktären av en högfrekvent ton eller brus eller kombinationer härav. Vissa personer som drabbats av tinnitus lider också av hyperakusis, överkänslighet för starka ljud. Detta kan innebära att många ljudrika miljöer blir närmast outhärdliga för den drabbade.

### 3.2 Studier av TTS

Rintelmann et al. (1972) rapporterade resultat med TTS-mätningar från en studie där 20 unga normalhörande lyssnare exponerades för rock-musik under en timme med antingen kontinuerlig eller intermittent presentation (3 min musik följt av 1 min tystnad) på 110 dB SPL i ljudfält. Elva personer (55%) uppvisade TTS vid 4 kHz överstigande 20 dB. Också 1½ timme efter exponeringens slut förelåg en kvarstående TTS på i genomsnitt ca 8 dB vid 4 kHz för hela gruppen. Den kontinuerliga exponeringen orsakade i genomsnitt ca 15 dB TTS vid frekvenserna 1/2/3/4/6/8 kHz medan den intermittenta orsakade ca 12 dB.

Flera TTS-studier baserade på inspelad musik återgiven via hörtelefoner under begränsad tid har presenterats. Lindgren & Axelsson (1983) testade 10 unga försökspersoner 5 gånger med inspelad musik presenterat binauralt via hörtelefoner på 106 dB(A) under 10 minuter. Det framgår inte hur angiven ljudnivå uppmätts – i örat eller på artificiellt öra – och inte heller om den omräknats till ekvivalent ljudfältsnivå. Störst TTS förelåg i frekvensområdet 4-6 kHz och den uppgick i genomsnitt till ca 5 dB med maximala värden i storleksordningen 20 dB.

Swanson et al. (1987) testade 20 unga manliga normalhörande försökspersoner, som exponerades för samma inspelade musik (David Bowie pop/rock-musik) som använts av Lindgren & Axelsson (1983) med 10 minuters exponeringstid. Exponeringen var binaural med hörtelefoner och ekvivalent ljudnivå 106 dB(A), uppmätt på öronsimulator. Genomsnittligt TTS uppgick till 7,1 dB vid 4 kHz och 6,9 dB vid 6 kHz.

Såväl Lindgren & Axelsson (1983) som Swanson et al. (1987) exponerade sina försökspersoner för dels musik, dels en brussignal som framställdes med hjälp av det aktuella musikavsnittet, hade samma frekvensinnehåll och samma variationer i ljudnivå samt som

presenterades på samma exponeringsnivå (106 dB(A) mätt på öronsimulator) under 10 minuter. Lindgren & Axelsson fann signifikant större TTS för brus jämfört med musik vid 2, 3, 4 och 5 kHz. Swanson et al. testade enbart vid 4 och 6 kHz. I hela gruppen om 20 personer fanns ingen skillnad i TTS mellan musik- och brusexponering. När gruppen uppdelades i två undergrupper, där hälften gillade musiken medan hälften ogillade den, påvisades skillnader. De som gillade musiken fick signifikant mindre TTS vid 6 kHz än de som ogillade den. Vid 4 kHz gick emellertid skillnaden i motsatt riktning, om än mindre. Generellt kan sägas om dessa två studier att skillnaderna är så små och grupperna så begränsade att man knappast kan dra några generella slutsatser angående inverkan av den subjektiva inställningen till ljudets karaktär med avseende på hörselskaderisken.

En senare studie från Göteborgsgruppen (Hellström et al., 1998) redovisade TTS-studier på 21 unga normalhörande personer efter lyssnande på självvald inspelad musik via hörtelefoner under 1 timme. Försökspersonerna representerade tre undergrupper: vana hörtelefonlyssnare (PCP), vana högtalarlyssnare (LS) och ovana musiklyssnare (IF) med 7 personer i varje grupp. Den självvalda ljudnivån låg i genomsnitt i intervallet 90-100 dB(A), korrigerat till ekvivalent ljudfältsnivå, där LS-gruppen i genomsnitt lyssnade på högre ljudnivå (97 dB(A)) än de båda andra grupperna (91-92 dB(A)). Uppmätt TTS var också störst för LS-gruppen – i genomsnitt ca 8 dB i frekvensområdet 2-5 kHz mot 4-7 dB för de andra grupperna. En analys av sambandet mellan uppmätt individuell lyssningsnivå och genomsnittlig TTS för frekvensområdet 2-8 kHz visar att TTS ökade påtagligt när lyssningsnivån översteg ca 95 dB(A).

Clark & Bohne (1986) rapporterade en studie av TTS hos 6 frivilliga efter en 4½ timmes konsert med Bruce Springsteen. De angav en genomsnittlig ljudnivå på ca 100 dB(A). Fem av de sex personerna uppvisade signifikant TTS, dominerande i 4 kHz-området.

Yassi et al (1993) testade hörseln på 21 frivilliga försökspersoner (18-40 år) före och efter en rockkonsert som pågick i 2½ timme. Beroende på plats i konsertlokalen varierade den ekvivalenta ljudnivån mellan 98 och 101 dB(A). Den maximala ljudnivån under konserten låg mellan 121 och 139 dB(A). Efter konserten uppvisade 17 av de 21 TTS vid 4 kHz. I den delgrupp som exponerades för 101 dB(A) ekvivalentnivå uppvisade alla signifikant TTS vid 4 kHz på i genomsnitt 21 dB. En timme efter konsertens slut uppvisade fortfarande 10 av de 21 signifikant TTS vid 4 kHz. Efter ett dygn var alla hörtrösklar tillbaka i utgångsläget.

Liebel et al. (1996) testade 46 unga personer efter 1, 1½ respektive 2 timmars vistelse i diskotek med 105 dB(A) genomsnittlig ljudnivå. Den genomsnittliga försämringen av hörtrösklarna uppgick till 6,2 dB för 1-timmesgruppen, 7,1 dB för 1½-timmesgruppen och 10,1 dB för 2-timmesgruppen.

Smith et al. (2000) rapporterade en studie omfattande 356 ungdomar i åldrarna 18-25 år i Nottingham, England, som kartlagts avseende sina exponeringar för höga ljudnivåer i olika miljöer. Buller i sociala miljöer rapporterades av 18,8% medan yrkesmässig bullerexponering endast gällde 3,5%. Den dominerande ljudmiljön för socialt buller var nattklubb/diskotek, där man konstaterade ljudnivåer i registret 85 – 105 dB(A) beroende av position i de tre lokaler som uppmättes. Bland de ungdomar som ofta frekventerade nattklubbar/diskotek rapporterades 2/3 temporära hörsleffekter i form av tillfällig hörselnedsättning och/eller tinnitus

Nassar (2001) undersökte TTS efter 60 minuters exponering för musiken under en aerobics-klass. Ljudnivån var ca 92 dB(A) och 28 unga normalhörande försökspersoner ingick. Hälften



exponerades och hälften utgjorde kontrollgrupp som deltog i aerobics-klass men utan musikexponering. Hörtröskelförsämringen i den exponerade gruppen var i genomsnitt 7 dB vid 4 kHz, 12 dB vid 6 kHz och 10 dB vid 8 kHz. Kontrollgruppen uppvisade signifikant bättre hörtrösklar efter övningen, sannolikt som inlärningseffekt, d.v.s. att de lärt sig att medverka bättre vid hörselmätningen.

Tre andra studier har bedömt TTS efter en kombination av ljud på hög nivå och samtidig fysisk aktivitet, motsvarande vad som är aktuellt i många aerobics-miljöer. Lindgren & Axelsson (1988) exponerade nio försökspersoner för ett smalbandsbrus på 105 dB under 10 minuter. Jämfört med enbart ljudexponering orsakade ljudexponering och samtidigt fysiskt arbete på ergometercykel motsvarande 40% av individuell arbetskapacitet signifikant större TTS vid 5 och 6 kHz. Vittitow et al. (1994) exponerade 12 försökspersoner på motsvarande sätt med musik på 96 dB(A) under 20 minuter med och utan samtidig ergometercykling. Också de fann signifikant större TTS i den kombinerade situationen. Krishnamurti & Grandjean (2003) kunde dock inte bekräfta dessa resultat. I ett likartat experiment deltog nio kvinnor under 20 minuter med musik via hörtelefoner på ljudnivå mellan 90 och 95 dB och ergometercykling. De kunde inte påvisa några effekter på hörseln i någon av exponeringskombinationerna. Bilden är således inte entydig, men man kan inte helt förkasta risken att fysisk ansträngning samtidigt med exponering för höga ljudnivåer kan öka risken för hörselpåverkan.

Emmerich et al. (2002) bestämde TTS hos en grupp om 34 unga personer med normala hörtrösklar före exponeringen. Denna försiggick under 4 timmar i diskotek med en medelnivå på 95 dB(A) och maxvärden överstigande 120 dB. TTS-värden upp till 20-25 dB noterades för samtliga deltagare. Två timmar efter exponeringens slut hade denna hörselpåverkan i det närmast försvunnit. I denna studie registrerades också s.k. evoked magnetic fields från hjärnbarken, vilka uppvisade temporära latensförlängningar i paritet med uppmätt TTS och med likartad återhämtningstid.

Park (2003) studerade karaoke-miljöers inverkan på hörtrösklar. Arton frivilliga deltog, både som sångare och som lyssnare. Ljudnivåerna låg mellan 88 och 97 dB(A) beroende på musiktyp. Förändringar i hörtrösklar upp mättes efter ca 100 min exponering. TTS var störst och statistiskt signifikant vid 4 kHz och uppgick till i genomsnitt ca 8 dB.

I en amerikansk studie (Opperman et al., 2006) medverkade 29 frivilliga konsertbesökare i ålder mellan 17 och 59 år med hörselprov direkt före och efter deltagande i konserter av typ pop, heavy metal och rock-a-billy. Deltagarna placerades parvis i konsertlokalen på olika platser; en i varje par använde hörselproppar med en nominell dämpning på ca 20 dB och en exponerades med fria öron. Medelnivåerna för de olika konserterna och platserna varierade mellan 95 och 107 dB(A) medan maxnivåerna uppmättes till området 106 – 126 dB(A). Konserterna pågick mellan 3 och 6 timmar. Uppmätt TTS vid konserternas slut var som vanligt störst vid 4 kHz med ett medelvärde av 12 dB och en standardavvikelse av 10 dB för deltagarna som exponerats med fria öron. Vid 3 kHz uppgick TTS till 10 dB i genomsnitt med en standardavvikelse på 9 dB. Deltagarna som använt hörselskydd uppvisade genomsnittliga TTS vid 3 och 4 kHz på ca 3 dB med standardavvikelser på 8 respektive 6 dB. Av de 14 som exponerades med fria öron uppvisade 9 (64%) signifikanta försämringar i ena eller båda öronen medan bland de 15 hörselproppsanvändarna motsvarande siffra var 4 (27%).

En annan amerikansk studie (Kramer et al., 2006) baserad på TTS fokuserade på möjligheten att skydda öron som exponeras för musik på hög ljudnivå med en antioxidant, NAC (N-

acetylcystein), som i djurförsök tidigare har visats kunna minska bullerskada. 32 unga normalhörande försökspersoner deltog i ett dubbel-blind placebo-kontrollerat försök. Förutom hörtrösklar i frekvensområdet 1-8 kHz registrerades också otoakustiska emissioner i form av distorsionsprodukter, DPOAE. Hälften av försökspersonerna fick en enkeldos NAC och hälften placebo inför två timmars exponering för musik på en nattklubb. Var fjärde deltagare bar dosimeter under exponeringen. Ekvivalentnivåerna varierade mellan 92 och 103 dB(A) med ett genomsnitt på 98 dB(A). TTS var störst vid 4 kHz, i genomsnitt 14 dB för hela gruppen. Inga signifikanta skillnader i TTS förelåg mellan försöks- och kontrollgrupperna. DPOAE-amplituderna reducerades av exponeringen i hela frekvensområdet som testades, 2-8 kHz, mest vid 6 kHz med i genomsnitt ca 7 dB, men ingen signifikant skillnad förelåg mellan grupperna. NAC tycks således inte ha någon hörselskyddande effekt med här använd dosering.

Schmuziger et al (2007) rapporterade en studie där 16 amatörmusiker i åldrarna 27-49 år testades före och efter en 90 minuters repetition. Ekvivalentnivån vid spelningen som gällde pop/rockmusik var i genomsnitt ca 103 dB(A) med maximala nivåer i genomsnitt 112 dB(A). Hörtrösklar uppmätta före respektive ca 20 minuter efter repetitionen visade signifikanta förändringar över hela frekvensområdet från 0,5 till 8 kHz. Medianförsämringen uppgick till 5 dB för 0,5, 1, 1,5 och 8 kHz, till 7,5 dB vid 2, 3 och 6 kHz och till 10 dB för 4 kHz.

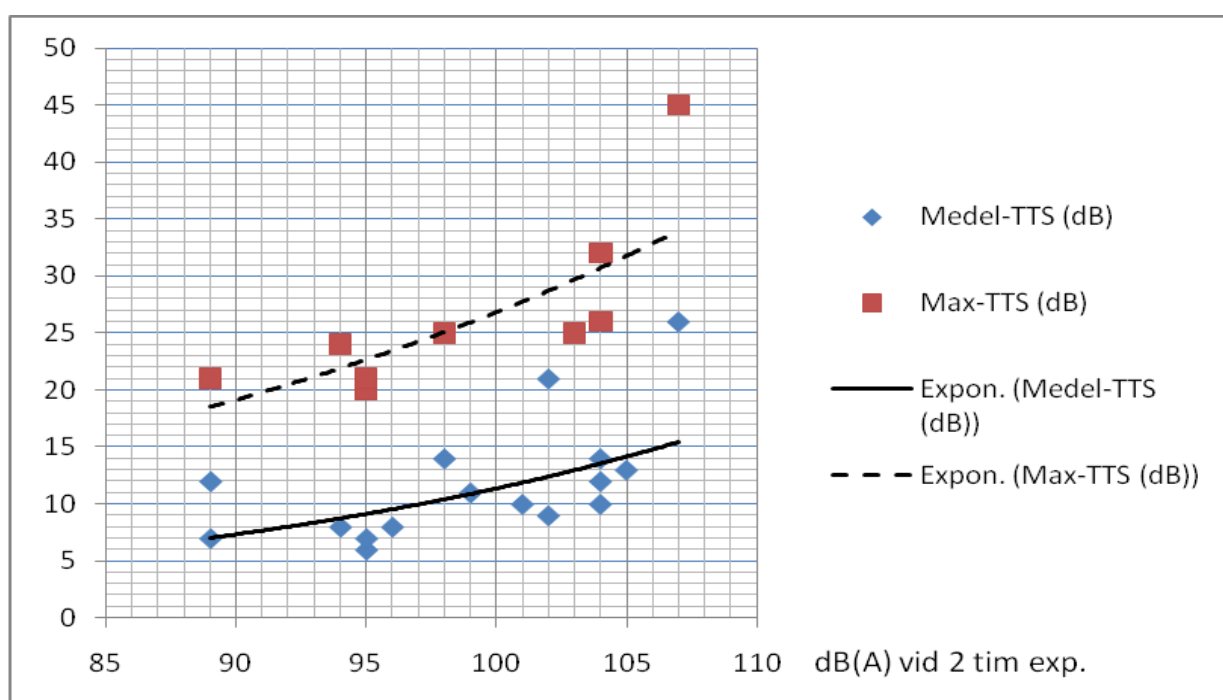
Müller et al. (2010) testade 15 unga normalhörande försökspersoner efter 3 timmar i diskoteksmusik med ljudnivån i genomsnitt 102 dB(A). Hörtrösklar bestämdes före, omedelbart efter och dagen efter (8-14 timmar senare) exponeringen. Mätningarna gjordes i små frekvenssteg i området 3,5 - 4,5 kHz. Genomsnittligt TTS i detta frekvensområde var 14 dB med variation från 0 till 26 dB vid mätningen direkt efter exponeringen. Dagen efter var genomsnittligt TTS fortfarande 3,6 dB och 8 personer uppvisade TTS-värden mellan 2 och 9 dB.

En i sammanhanget ytterst viktig experimentell studie publicerades av Kujawa & Liberman 2009. Man exponerade sammanlagt 21 möss för ett oktavband brus på 100 dB SPL i 2 timmar och testade hörseln med ett antal olika tekniker före samt 1 dag, 3 dagar, 2 veckor och 8 veckor efter exponeringen. Initialt påvisades TTS i området 30-40 dB som efter 2 veckor helt återhämtat sig, d.v.s. hörtrösklar var tillbaka på samma nivåer som före exponeringen. Men vid registrering av aktivitet från hörselbanorna med ljudstimulering över hörtrösklarna fann man signifikant lägre amplitud i aktiviteten i hjärnstamssvar medan däremot otoakustiska emissioner, återspeglade aktivitet i yttre hårceller, uppvisade normala förhållanden. Vid slutlig dissekering av försöksdjuren och jämförelser med icke exponerade kontrolldjur kunde man påvisa kvarstående förändringar i synapser – övergången mellan inre hårcell och efterföljande afferent (uppåtledande) nervfiber i hörselnerven – och i antalet afferenta nervfibrer ut från snäckan. Den senare parametern följdes hos ca 1 år i 7 djur och 2 år i 6 djur. Efter 2 år hade antalet nervceller i hörselnerven sjunkit med ca 50% jämfört med hos icke exponerade kontrolldjur. Författarnas slutsatser är att bullerexponering som orsakar TTS har progressiva egenskaper som inte framgår vid konventionell hörtröskelmätning. De konsekvenser som studien påvisat i form av skada på synapser och långsamt tilltagande celldöd i hörselnerven kan antas försvåra möjligheten att uppfatta tal i störande bakgrundsljud och orsaka tinnitus, hyperakusis och andra negativa konsekvenser av en inneröreskada. *”The clear conclusion is that noise exposure is more dangerous than has been assumed”.*

Bilaga A, Tabell A.1 ger en sammanställning av TTS-studierna.

De rapporterade studierna på människa ovan omfattar ganska skiftande ljudnivåer och exponeringstider. För att bättre kunna se ett mönster har bullerdosen för de studier där ljudnivå och exponeringstid finns klart angivna räknats om till den ekvivalenta ljudtrycksnivå vid 2 timmars exponering som motsvarar den faktiska exponeringen i respektive studie. En undersökning där exponeringen exempelvis innebar 100 dB under 15 min motsvaras alltså av ekvivalentnivån 91 dB vid 2 timmars exponering. Figur 3.1 nedan visar grafiskt medelvärden respektive maxvärden för TTS från de studier som rapporterats ovan, där sådana data redovisats tillsammans med exponeringens omfattning. I några studier där standardavvikelse rapporterats men inte maxvärde, har medelvärde plus två standardavvikelser använts i stället för maxvärde.

Fig. 3.1. TTS (medel- respektive maxvärden) i förhållande till ekvivalent ljudnivå vid 2 timmars exponering. För en konsert med 4 timmars varaktighet är ekvivalentnivåerna 3 dB lägre.



Exponentiella anpassningar till de enskilda mätvärdena finns också markerade i figuren. Även om spridningen är relativt stor, kan man dock se ett mönster som indikerar att såväl medelvärden som maxvärden tenderar att öka tydligt efter en exponering motsvarande ekvivalentnivån i storleksordningen 100 dB under två timmar eller 97 dB under fyra timmar. Vid ekvivalentnivån 95 dB [92 dB(A) för fyra timmar] är maxvärdena för TTS i intervallet 20-25 dB och medelvärdena runt 10 dB. Vid TTS-värden som ej överstiger 25 dB är påverkan på hörtrösklar normalt reversibel. Dock kan man inte utesluta lokala skador på hårceller och nervfibrer som inte återspeglas i den kliniska tonaudiometrin. Den djurexperimentella studien av Kujawa & Liberman (2009) understryker klart allvaret i detta.

#### Sammanfattning av TTS-studier:

Som nämnts tidigare gäller att om TTS uppgår till storleksordningen 40 dB eller mera anses detta kunna innebära risk för kvarstående hörselnedsättning direkt, d.v.s. att den temporära nedsättningen aldrig helt går tillbaka oavsett hur långvarig en bullervila är. Om storleken av TTS uppmätt direkt efter exponeringen är högst 25 dB anses hörtrösklarna vara tillbaka till

utgångsläget inom ett dygn och risken för permanent hörselnedsättning försumbar. Den exponering som sker i samband med framförande av musik kan uppenbarligen ge upphov till temporär hörselnedsättning. Ekvivalentnivåer över storleksordningen 90-95 dB(A) under en typisk konsert om någon-några timmar orsakar genomsnittligt TTS på mer än storleksordningen 5 dB. Intermittent exponering ger mindre TTS än kontinuerlig. Om maximal TTS hos exponerade individer ska begränsas till ca 25 dB bör ekvivalent ljudnivå för en 2 timmar lång konsert inte överskrida storleksordningen 95-98 dB(A) för att med tillräckligt stor sannolikhet undvika permanent hörtröskelpåverkan. Djurstudier visar att även exponering som enbart orsakar TTS, d.v.s. ingen kvarstående mätbar nedsättning av hörtrösklar, ändå kan orsaka permanent tinnitus.

### 3.3 Studier av PTS

Antalet rapporter avseende permanent hörselnedsättning efter musikexponering är få. Detta har rimligen sin förklaring i svårigheten att utforma sådana studier där orsaken till PTS entydigt är exponering för musik som publik. Personer som drabbats av akut hörselnedsättning efter musikexponering söker förmodligen hjälp vid hörselvården eller öronklinik, men sammanställning av erfarenheterna från sådana fall görs alltför sällan. Ett generellt problem är också att i de rapporter som publicerats saknas exakta data om den faktiska exponeringen.

Fearn (1991) redovisade resultat från hörselmätningar på en stor grupp engelska ungdomar i åldrarna 11-25 år. Hans studie inkluderar bl.a. en grupp med 217 personer, som ofta deltagit i pop/rock-konserter, och en kontrollgrupp med 149 personer, båda följda över i genomsnitt 3 år. Analysen av deltagarnas audiogram baserade sig på andelen med försämringar i hörtröskeln på 15 eller 20 dB eller mera vid någon av frekvenserna 3, 4 eller 6 kHz i förhållande till 2 kHz. Bland konsertbesökarna uppvisade 26,7% försämringar på 15 dB eller mera jämfört med kontrollgruppens 17,4%. Försämringar på 20 dB eller mer förelåg i 11,5% av konsertbesökarna mot 2,7% i kontrollgruppen. Skillnaderna mellan grupperna var statistiskt säkerställda.

Meyer-Bisch (1996) bestämde hörtrösklarna hos en stor grupp unga människor och relaterade dessa data till olika former av musiklyssnande. Den grupp som främst exponerats för rockkonserter 2 gånger per månad eller mer (87 personer med genomsnittsalder ca 20 år) uppvisade signifikant sämre hörtrösklar jämfört med en matchad kontrollgrupp, fr.a. vid 4 och 6 kHz.

En studie som omfattade 24 personer som sökt för akut hörselpåverkan efter musikexponering har publicerats av Metternich & Brusis (1999). Hos 16 av de 24 debuterade problemen efter rock- eller popkonsert medan 4 drabbats i samband med diskotekbesök. Majoriteten uppvisade hörselnedsättning i området 40-60 dB vid 3 eller 4 kHz. Hos 13 av de 24 var hörselnedsättningen ensidig och förenad med ensidig tinnitus i samma öra.

Muhr & Rosenhall (2010) har nyligen publicerat en sammanställning baserad på 839 unga män i samband med inryckning till militärtjänst. Studien involverade dels mätning av hörtrösklar, dels frågeformulär avseende subjektiva hörselproblem och exponering för hörselpåverkande faktorer. Majoriteten (93%) angav att de besökt rockkonserter eller diskotek men uppvisade inte signifikant större prevalens av hörselnedsättning. Dock är omfattningen av musikexponeringen inte beskriven.

### *Sammanfattning av PTS-studier*

Ett fåtal studier föreligger där permanent hörselnedsättning kan relateras till exponering för musik med höga ljudnivåer. Aktuella ljudnivåer och exponeringstider är inte kända, utan studierna bygger på retrospektivt angivna besöksfrekvenser vid konserter. Dock kan konstateras att där någorlunda kvantitativa data för exponeringen föreligger i form av besöksfrekvens har signifikant sämre hörtrösklar påvisats i grupper med mera omfattande exponering jämfört med grupper med färre konsertbesök. Bilaga A, Tabell A.2 visar en sammanfattning av PTS-studierna.

## 3.4 Studier av otoakustiska emissioner

I en studie av Liebel et al. (1996) testades 46 unga diskoteksbesökare efter exponering för en medelnivå på 105 dB(A) under 1, 1½ och 2 timmar. Signifikant minskning av amplituden för såväl TEOAE som DPOAE registrerades vid testfrekvenserna 2 och 3 kHz. Man mätte samtidigt förändring i hörtrösklar och menade att tonaudiometrin var en säkrare mätmetod för att beskriva hörselpåverkan.

Delb et al. (1999) testade 13 unga normalhörande försökspersoner före och efter exponering för brus på 98 dB(A) under en timme i ett ljudisolerat rum. Denna exponering valdes för att någorlunda representera ljudexponeringen under en konsert eller ett diskotekbesök. En kontrollgrupp om 14 personer testades på samma sätt men utan bullerexponering. Mätningarna bestod av dels tonaudiometri, dels otoakustiska distorsionsproduktemissioner, DPOAE. Den exponerade gruppen uppvisade signifikant TTS, framför allt i området 2-6 kHz medan kontrollgruppens hörtröskelskillnader inte avvek från noll. DPOAE-registreringarna visade också signifikanta skillnader mellan exponerad och kontrollgrupp. Man identifierade de stimulusparametrar för DPOAE-registreringarna som gav bäst sensitivitet och specificitet, men konstaterade att denna metod inte tycks vara mera känslig än tonaudiometri för att tidigt detektera bullerskada.

Rosanowski et al. (2006) rapporterade en studie där 88 unga vuxna (medelålder 23 år) med normala hörtrösklar enligt tonaudiometri testades med otoakustiska emissioner och besvarade ett frågeformulär avseende lyssnarvanor för musik. I genomsnitt besökte försökspersonerna diskotek 1,4 gånger per månad – en tredjedel 2-3 gånger per månad. Sexton procent rapporterade övergående tinnitus efter varje besök och 37 % efter nästan varje besök. Amplituden i registrerade otoakustiska emissioner avtog signifikant med ökande antal diskoteksbesök per månad – denna siffra varierade från 0 upp till 6 gånger per månad.

I studien av Kramer et al. (2006) testades 32 unga normalhörande försökspersoner med avseende på otoakustiska emissioner i form av distorsionsprodukter, DPOAE. Ekvivalentnivåerna varierade mellan 92 och 103 dB(A) med ett genomsnitt på 98 dB(A). DPOAE-amplituderna reducerades av exponeringen i hela frekvensområdet som testades, 2-8 kHz, mest vid 6 kHz med i genomsnitt ca 7 dB.

Bhagat & Davis (2008) exponerade 20 unga normalhörande försökspersoner under 30 minuter för inspelad musik med ekvivalentnivån 85 dB(C) uppmätt i hörselgången under lyssning med MP3-spelare. Trots den tämligen måttliga exponeringen uppmättes signifikant svagare otoakustiska emissioner efter musiklyssningen jämfört med före.

Helleman et al (2010) jämförde otoakustiska emissioner med hörtrösklar på en grupp om 320 personer som yrkesmässigt i ett tidningstryckeri exponerades för bullernivåer i intervallet 80-

90 dB(A). Två testningar genomfördes med 17 månaders intervall. Man konstaterade att OAE-mätningarna och framför allt TEOAE begränsas av att aktiviteten kan registreras stabilt endast om hörtrösklarna är relativt bra, vilket är en generell nackdel. Hos de personer som hade förhållandevis bra hörtrösklar vid studiens början kunde man dock påvisa att emissionerna var påverkade av bullerexponeringen över ett större frekvensområde än tonaudiogrammens hörtrösklar, vilket tyder på en större känslighet hos OAE-mätningen med förmåga att påvisa också subkliniska effekter från exponeringen.

Müller et al (2010) exponerade 15 unga normalhörande försökspersoner för 3 timmars musik på diskotek med en medelnivå på 102 dB(A). Distorsionsprodukt-OAE i frekvensområdet 3,5-4,5 kHz registrerades före, direkt efter exponeringen och dagen efter (8-14 timmar senare). OAE-nivåerna sjönk i genomsnitt med 10-13 dB direkt efter exponeringen. Dagen efter var de fortfarande ca 3,5 dB svagare än före exponeringen.

Bilaga, Tabell A.3 visar en sammanställning av de OAE-studier som baserats på musikexponering.

#### *Sammanfattning av OAE-studier*

Citerade studier av otoakustiska emissioner visar att redan så måttliga exponeringar som 80-90 dB(A) under storleksordningen någon timme eller mer ger upphov till svagare OAE-aktivitet från innerörats yttre hårceller i såväl korttids- som långtidsperspektiv. Ungdomar som ofta besöker konserter och festivaler uppvisar svagare emissioner än ungdomar med lägre besöksfrekvens.

### 3.5 Risk för fosterpåverkan för gravida

Gerhardt & Abrams (2000) har i flera studier utnyttjat får som modell för att studera fosterreaktioner på externa ljud. Vid frekvenser över 0,5 kHz är dämpningen in till fostret i storleksordningen 40-50 dB, medan lägre frekvenser dämpas i mindre grad. Vid 125 Hz uppskattas dämpningen till storleksordningen 10-15 dB.

En studie från samma grupp (Huang et al., 1997) presenterade resultat från registrering av hjärnstamssvar, (ABR, Auditory Brainstem Response), från lammfoster i livmodern före resp. efter exponering för lågpasfilterat resp. högpasfilterat brus på 120 dB SPL (gränshörsnivå i båda fallen 1 kHz) under 16 timmar. Exponering för det lågfrekventa bruset orsakade signifikant förhöjning av ABR-trösklarna med 5-6 dB vid 0,5 och 1 kHz och ca 3 dB vid 2 kHz. Exponering för det högpasfilterade bruset orsakade mindre påverkan på ABR-trösklarna – ca 2 dB vid 0,5 kHz, 3 dB vid 1 kHz och 1 dB vid 2 kHz

Kisilevsky et al. (2004) studerade mänskliga fosters reaktion på pianomusik (Brahms vaggvisa) uppspelad under 5 minuter på olika medelnivå från 95 till 110 dB(A). Försöken gjordes under graviditetens sista tremånadersperiod. Fosterreaktioner observerades i form av ändrad hjärtpulsfrekvens och kroppsrörelser. Sammanlagt 122 foster i normala graviditeter testades. Under graviditetsveckorna 28-34 reagerade fostren först vid ljudnivåer på 105 dB(A) och högre, medan från vecka 35 och framåt reaktion också erhöles vid 95 dB(A). Intressant är att notera att fosterreaktionen hade olika karaktär beroende på fostrets ålder.

Den svenska försvarsmakten har nyligen granskat kunskapsområdet och sammanställt råd och riktlinjer för gravida och ammande arbetstagare (Försvarsmakten, 2006). Man skriver där avseende buller: *”Daglig yrkesmässig bullerexponering under 8 timmar överstigande 85 dB(A) har relaterats till ökad risk för tillväxthämning hos fostret. Med tillämpning av försiktighetsprincip skall inte den maximalt tillåtna ljudnivån överstiga 100 dB(A), exkl. enstaka kraftig exponering.--- --- Om exponeringsnivåerna understiger de gränsvärden som gäller för arbetsmiljön och som anges i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller (AFS 2005:16) finns det i dagsläget ingenting som talar för någon risk för fostrets utveckling.”*

#### *Sammanfattning av fosterstudier:*

Hos gravida som exponeras för musik på hög nivå reagerar fostret med ändrad hjärtfrekvens och rörelse under graviditetens senare del när fostrets hörsel fungerar. Den akustiska dämpning som moderns vävnader och fostervätskan ger tillsammans med att fostrets ytter- och mellanöron är vätskefyllda torde dock innebära försumbar risk för hörselskada eller annan påverkan på fostret när gällande gränsvärden för yrkesmässig bullerexponering ej överskrids. Fosterreaktioner har påvisats vid ljudnivåer om ca 95 dB, men risken för skadlig påverkan på fostret vid exponering för musik vid konserter torde vara försumbar. Kunskapen på detta område när det gäller mänskliga foster är dock ännu ofullständig. Bilaga A, Tabell A.4 visar en sammanställning av fosterstudierna.

### 3.6 Påverkan på barn

Hörselgångens och ytterörats utformning och dimensioner påverkar den akustiska överföringen från omgivningen till trumhinnan. Hos vuxna innebär detta en akustisk förstärkning vars tyngdpunkt ligger i frekvensområdet 3-4 kHz. Man har visat att denna akustiska faktor inverkar på effekterna av exponering för starka ljud (Gerhardt et al, 1987; Hellström, 1993). Små barn har kortare hörselgång och mindre öronmussla än vuxna, och därför ligger denna akustiska förstärkning vid högre frekvens – hos nyfödda i området 5-7 kHz. Detta skulle kunna innebära ökad skadekänslighet för ljud vid dessa högre frekvenser, men å andra sidan är känsligheten samtidigt lägre än vuxnas i området 3-4 kHz, där musik som regel innehåller mera energi. Denna akustiska skillnad mellan barn och vuxna försvinner dock gradvis och är i stort sett eliminerad vid 2-3 års ålder (Kruger, 1987), även om en viss fortsatt sänkning av resonansfrekvensen fortsätter fram till ca 7-årsåldern (Dempster & Mackenzie, 1990).

#### Djurstudier:

Direkta studier av risker för hörselskada hos barn saknas, men däremot finns ett flertal djurstudier publicerade. Campo et al. (2003) jämförde skadekänsligheten hos unga (3 månader) och gamla (ca 2 år) råttor: Bullerexponering skedde med bredbandsbrus med tyngdpunkt runt 8 kHz på 92 eller 97 dB ljudtrycksnivå 6 timmar/dag, 5 dagar/vecka under 4 veckor. Den lägre brusnivån orsakade samma grad av hörselnedsättning i de två grupperna medan den högre brusnivån gav upphov till större hörselnedsättning i den äldre gruppen råttor jämfört med den yngre. Miller et al (1998) exponerade unga (6 månader) och gamla (21 månader) möss för bredbandsbrus på 108 dB SPL under 45 minuter. Också denna studie visade större påverkan på hörseln hos de äldre djuren jämfört med de yngre.

Rybalko & Syka (2001) rapporterade en studie där man jämförde effekten av bullerexponering på unga (3-7 veckor) råttor med resultaten från tidigare försök på vuxna djur. Exponeringen bestod av bredbandsbrus på 120 dB SPL under 1 timme. Några av de yngsta djuren uppvisade långsammare återhämtning efter exponeringen än de vuxna djuren. Alla unga försöksdjur drabbades av någon grad av permanent hörselnedsättning, ju yngre de var desto större, jämfört med vuxna djur, som återhämtat sig nästan helt 2 veckor efter exponeringen. Resultaten visade att råttor yngre än 5 veckor uppvisar större känslighet för hörselnedsättning efter bullerexponering än vuxna djur i åldern 3-5 månader.

Kujawa & Liberman (2006) testade möss i åldrar från 4 till 124 veckor. Försöksdjuren exponerades för oktavbandsbrus i området 8-16 kHz på 100 dB SPL i 2 timmar. Kontrollgrupper av motsvarande åldrar ingick i studien. Man fann att unga möss (4-8 veckor) var betydligt sårbarare för bullerexponeringen än gamla. Sårbarheten avtog dramatiskt mellan 8 och 16 veckors ålder, vilket motsvarar ungefär den ålder då möss blir könsmogna. Författarnas slutsats är att orsaken till den åldersrelaterade förändringen i sårbarhet måste tillskrivas innerörat. Ett viktigt fynd som presenteras i studien är att de försöksdjur som i tidig ålder drabbades av en bullerskada uppvisade större åldersrelaterad hörselnedsättning. Detta fynd återspeglas i data från äldre människor med varierande grad av diskantnedsättning av bullerskadetyp (Gates et al., 2000). När man undersökte förändring i hörtrösklar över en 15-årsperiod fann man att de personer som initialt uppvisade s.k. bullertaggar drabbades av större försämring under 15-årsperioden, fr.a. vid lägre frekvenser. Rosenhall (2003) har påvisat likartade fynd i en stor epidemiologisk undersökning av bullerexponerade personer jämfört med en kontrollgrupp utan bullerexponering. En möjlig slutsats av dessa fynd är att även relativt beskedliga diskantnedsättningar på grund av bullerexponering i unga år kan orsaka sämre hörsel vid högre ålder. En alternativ möjlig förklaring är naturligtvis att de som drabbades tidigt utgjorde en mera känslig grupp som av samma anledning försämrades mera.

McFadden et al (1998) exponerade en grupp unga (< 3 år) och gamla (10-15 år) chinchilla-kaniner för oktavbandsbrus runt 500 Hz på 95 dB under 6 timmar/dag i 10 dagar och en annan grupp för 106 dB kontinuerligt under 48 timmar. Djuren som exponerats för den lägre bullernivån uppvisade ingen åldersmässig skillnad i hörselpåverkan. Hos de djur som exponerats för den högre ljudnivån visade resultaten också här något större känslighet för skada hos de äldre djuren jämfört med de yngre.

Det är inte helt enkelt att överföra dessa resultat från försöksdjur till människa. En faktor som är en möjlig förklaring, där man funnit ökad skadekänslighet hos unga djur, är att djurens hörselorgan i motsats till människans inte är färdigutvecklat vid födseln utan först ett antal veckor senare. Men också andra faktorer som påverkar innerörats känslighet kan vara delaktiga.

#### *Sammanfattning av studier av relevans för barns känslighet*

Sammanfattningsvis finns inget stöd för ökad känslighet för bullerskada hos barn i varje fall från skolåldern eller tidiga tonår och uppåt. Däremot tycks även lätta bullerskador som ådragits vid ung ålder kunna utgöra ett sämre utgångsläge inför kommande åldersrelaterade hörselförsämringar. Detta är självfallet en viktig aspekt för att skydda barn och unga så långt möjligt från potentiellt hörselskadande exponering. Bilaga A, Tabell A.5 visar en sammanställning av studier avseende barn resp. unga försöksdjur.



## 4. TINNITUS

Förekomsten av tinnitus förutsätter inte en samtidig hörselnedsättning utan kan föreligga som ensamt symptom. Weisz et al (2006) presenterade en studie av elva personer med tinnitus men utan kliniskt mätbar hörselnedsättning. De konstaterade att en förklaring kan ligga i att tonaudiogrammet inte är tillräckligt känsligt för att påvisa en lätt perifer skada som trots det kan initiera tinnitus. Gu et al (2010) rapporterade en liknande studie med 13 tinnitusdrabbade med normala hörrösklar.

Musik spelar en stor roll i barn och ungdomars liv. Förutom musiker och andra anställda som i någon form exponeras för stark musik finns några undersökningar som visar förekomsten av tinnitus bland ungdomar som lyssnar på musik. I en undersökning som Artister och musiker mot tinnitus gjort för Socialstyrelsen (Hellqvist, 2002) tillfrågades 316 ungdomar i åldrarna 15-20 år om de hade tinnitus. Resultatet visade att 64 procent av ungdomarna alltid eller ibland upplevde temporär tinnitus efter musikexponering och av dessa hade 22 procent (motsvarande 15% av hela gruppen) dagliga besvär. Den vanligaste orsaken till dagliga besvär av tinnitus var musikexponering i olika former.

Widén & Erlandsson (2004) lät 1 285 studerande i åldern 13-19 år besvara en enkät med bland andra frågor om permanent tinnitus och hyperakusis. Det visade sig att 9 procent av ungdomarna uppgav att de hade permanent tinnitus och 17 procent hyperakusis, framförallt bland de äldre studenterna.

Metternich & Brusis (1999) rapporterade om 24 patienter som behandlats för akut hörselnedsättning och tinnitus efter musikexponering. För 13 patienter förelåg ensidig tinnitus i samma öra som uppvisade hörselnedsättning medan 5 personer uppvisade bilateral tinnitus. Tre patienter hade drabbats av dubbelsidig tinnitus och 2 av ensidig utan samtidig hörselnedsättning.

En stor webbaserad undersökning visade att 61 procent av 9693 ungdomar hade temporär tinnitus efter musikkonserter och 43 procent hade temporär tinnitus efter klubbbesök (Chung et al., 2005).

Meecham & Hume (2001) undersökte 545 universitetsstudenter med frågeformulär avseende besök på nattklubbar med musik med höga ljudnivåer - 97-106 dB(A). Av dessa kunde svaren från 494 deltagare analyseras. Ett eller flera besök per månad angavs av 81%. De fann en statistiskt signifikant relation mellan antalet nattklubbsbesök per månad och tinnitus med varaktighet mer än 4 timmar. De som inte besökte nattklubbar (13% av deltagarna) uppvisade signifikant mindre sannolikhet att drabbas av tinnitus.

Holgers & Juul (2006) undersökte 95 konsekutiva tinnituspatienter i åldrarna 8-20 år. Av dessa angav 54 procent att deras tinnitus börjat hastigt efter exponering för starka ljud, fr.a. musik. 14% upplevde tinnitus varje dag och 2,2% angav att de alltid hade tinnitus.

Kähäri (2002) redovisade undersökningar av klassiska och rock/jazzmusikers hörselstatus. Resultaten visade att det inte var traditionella bullerutlösta hörselnedsättningar som tycktes vara det stora besväret i dessa yrkesgrupper utan snarare förekomsten av tinnitus, ljudöverkänslighet och även i viss mån distorsion och diplakusis. Även om hennes studier avsåg musiker och inte publik, bekräftar resultaten en ofta omvittnad klinisk iakttagelse att

tinnitus förefaller vanligare än hörselnedsättning efter exponering för musik med hög ljudnivå.

Rosanowski et al (2006) intervjuade 88 läkarstudenter avseende omfattningen av diskoteksbesök och förekomst av tinnitus. I genomsnitt besöktes diskotek 1,4 gånger/månad med variation från noll till 4-6 gånger per månad. Sexton procent angav övergående tinnitus efter varje besök och 58 % efter nästan varje besök.

I en omfattande enkätstudie av 839 svenska män i samband med inryckning till militärtjänst konstaterade Muhr & Rosenhall (2010) att tillfällig tinnitus efter bullerexponering är en tydlig markör för att få tinnitus ofta eller alltid.

#### Djurstudier:

Flera djurexperimentella studier har publicerats som påvisar att tinnitus kan uppstå efter akustisk exponering som enbart orsakar TTS men ingen mätbar PTS. Dong et al. (2010) studerade tre grupper om vardera fem marsvin som exponerades för en ren ton vid 10 kHz vid ljudtrycksnivån 124 dB i en timma. En lika stor kontrollgrupp ingick också men utan exponering. De tre exponerade grupperna undersöktes med olika neurofysiologiska metoder, en direkt efter exponeringen, en två veckor senare och en fyra veckor senare. Den akuta hörselnedsättningen var uttalad, i storleksordningen 60-70 dB. Efter två veckor kvarstod en viss nedsättning i intervallet 0-20 dB. Efter fyra veckor var hörtrösklarna helt återställda för tre av de fem djuren i den gruppen, medan två djur fortfarande hade kvarstående lätt påverkan, huvudsakligen i intervallet 5-10 dB. Hörtröskelpåverkan efter exponeringen hade alltså helt eller nästan helt försvunnit, d.v.s. exponeringen orsakade huvudsakligen TTS, men trots detta uppmättes signifikanta förändringar i spontanaktivitet i olika delar av hjärnstammen i form av ökad nervaktivitet efter såväl två som fyra veckors återhämtning. Andra djurexperiment ger starkt stöd för teorin att ökad spontanaktivitet i hjärnstammens hörselbanor är kopplad till tinnitus. Dong et al's studie pekar alltså på att en akustisk exponering vars inverkan på hörtrösklarna är reversibel, d.v.s. som inte ger en mätbar kvarstående hörselnedsättning, ändå kan orsaka kvarstående effekt i form av tinnitus.

Bauer et al. (2008) undersökte en grupp om fem chinchilla-kaniner som utsattes för den mycket måttliga exponeringen av en 4 kHz-ton på ljudtrycksnivån 85 dB under en timma i ena örat. Djuren hade dessförinnan tränats med en betingningsteknik som gjorde att man kunde påvisa om djuret hade tinnitus eller inte. Exponeringen orsakade minimal hårcellsskada i de exponerade innerörönen men ingen påvisbar TTS. När djuren testades 2 månader efter exponeringen kunde man påvisa närvaron av tinnitus med en karaktär liknande en 1 kHz-ton. Efter dessa försök registrerades nervaktivitet i hjärnstammens hörselbanor varvid man fann en signifikant ökad spontanaktivitet jämfört med den icke exponerade sidan och jämfört med en kontrollgrupp som inte exponerats alls. Två andra djurgrupper exponerades för olika farmaka som är kända för att orsaka hörselnedsättning och tinnitus. Också dessa båda grupper uppvisade tinnitus och förändringar i nervaktivitet i hjärnstammens hörselbanor men med mycket olika grad av hårcellsskada.

#### *Sammanfattning av tinnitusstudier*

Temporär tinnitus är uppenbarligen mycket vanligt i samband med exponering för musik på höga ljudnivåer. Johansson & Arlinger (2003) rapporterade en prevalens för tinnitus med mer än 5 minuters varaktighet om ca 5% bland slumpmässigt utvalda kvinnor i åldersgruppen 20-

50 år och ca 11% bland män i samma åldersgrupp. De siffror som rapporteras för flitiga konsertbesökare ligger väsentligt högre än hos detta kontrollmaterial. Djurexperiment visar att även mycket måttlig akustisk exponering kan orsaka permanent tinnitus. Tinnitus kan förekomma utan kliniskt mätbar hörselnedsättning. Tyvärr saknas kvantitativa data avseende samband mellan exponering (ljudnivå och exponeringstid) och sannolikhet för tinnitus i både temporär och permanent form. Bilaga A, Tabell A.6 visar en sammanställning av tinnitusstudierna.

## 5. REGELVERK I ANDRA LÄNDER

I uppdraget har också ingått att ge en överblick över liknande regelverk i andra länder. Resultatet av denna genomgång presenteras i bilaga B.

## 6. SAMMANFATTNING

Om temporär hörselnedsättning, TTS, uppgår till storleksordningen 40 dB eller mera anses detta kunna innebära risk för kvarstående hörselnedsättning direkt, d.v.s. att den temporära nedsättningen aldrig helt går tillbaka oavsett hur långvarig en bullervila är. Om storleken av TTS uppmätt direkt efter exponeringen är högst 25 dB anses hörtrösklarna vara tillbaka till utgångsläget inom ett dygn och risken för permanent hörselnedsättning försumbar. Den exponering som sker i samband med framförande av musik kan uppenbarligen ge upphov till TTS. Ekvivalentnivåer över storleksordningen 90 dB(A) under en typisk konsert om någon-några timmar orsakar genomsnittligt TTS på mer än storleksordningen 5 dB. Intermittent exponering ger mindre TTS än kontinuerlig. Om maximal TTS hos exponerade individer ska begränsas till ca 25 dB bör ekvivalent ljudnivå för en 2 timmar lång konsert inte överskrida storleksordningen 95-98 dB(A) för att med tillräckligt stor sannolikhet undvika permanent hörtröskelpåverkan. Djurstudier visar att även exponering som enbart orsakar TTS, d.v.s. ingen kvarstående mätbar nedsättning av hörtrösklar, ändå kan orsaka permanent tinnitus.

Vad gäller permanent hörselnedsättning, PTS, föreligger ett fåtal studier där PTS kan relateras till exponering för musik med höga ljudnivåer. Dock kan konstateras att där någorlunda kvantitativa data för exponeringen föreligger har signifikant sämre hörtrösklar påvisats i grupper med mera omfattande exponering jämfört med grupper med färre konsertbesök.

För otoakustiska emissioner, som fr.a. återspeglar tillståndet hos innerörats yttre hårceller, gäller att citerade studier visar att redan så måttliga exponeringar som 80-90 dB(A) ger upphov till svagare OAE-aktivitet från innerörats yttre hårceller såväl i korttids- som långtidsperspektiv. Ungdomar som ofta besöker konserter och festivaler uppvisar svagare emissioner än ungdomar med lägre besöksfrekvens.

Temporär tinnitus är uppenbarligen mycket vanligt i samband med exponering för musik med höga ljudnivåer. De siffror som rapporteras för prevalensen av tinnitus hos flitiga konsertbesökare ligger väsentligt högre än hos slumpmässigt utvalt kontrollmaterial. Tinnitus kan förekomma utan kliniskt mätbar hörselnedsättning. Djurexperiment visar att även mycket måttlig akustisk exponering kan orsaka permanent tinnitus till och med utan att vara kopplat till temporär påverkan av hörtrösklarna. Tyvärr saknas kvantitativa data avseende samband mellan exponering (ljudnivå och exponeringstid) och sannolikhet för tinnitus i både temporär och permanent form.

Det finns inget stöd för ökad känslighet för bullerskada hos barn i varje fall från skolåldern eller tidiga tonår och uppåt. Däremot tycks även lätta bullerskador som ådragits vid ung ålder kunna utgöra ett sämre utgångsläge inför kommande åldersrelaterade hörsselförsämringar. Detta är självfallet en viktig aspekt för att skydda barn och unga så långt möjligt från potentiellt hörselskadande exponering.

Hos gravida som exponeras för musik på hög nivå reagerar fostret med ändrad hjärtfrekvens och rörelse under graviditetens senare del när fostrets hörsel fungerar. Den akustiska dämpning som moderns vävnader och fostervätskan ger, tillsammans med att fostrets ytter- och mellanöron är vätskefyllda, torde dock innebära försumbar risk för hörselskada eller annan påverkan på fostret när gällande gränsvärden för yrkesmässig bullerexponering ej överskrids. Fosterreaktioner har påvisats vid ljudnivåer om ca 95 dB, men risken för skadlig påverkan på fostret vid exponering för musik vid konserter torde vara försumbar.

Internationellt föreligger en ganska skiftande bild med riktvärden eller gränsvärden för den ekvivalenta ljudnivån mellan 90 och 105 dB(A). I Tyskland och i det norska förslaget är högsta ljudnivå kopplad till konsertens varaktighet – längre konsert innebär lägre tillåten ljudnivå, baserat på en maximal ljuddos. Riktvärden för den maximala ljudnivån saknas i många länder och där den finns varierar den mellan 100 och 125 dB(A). I de länder där den maximala toppnivån är specificerad förekommer 130 resp. 135 dB(C) som högsta tillåtna värde. I några länder specificeras också att varning för hörselskaderisk ska finnas anslagen och att hörselskydd ska tillhandahållas för publiken, i Schweiz till och med gratis. I några men långt ifrån alla länder anges hur ljudnivåerna ska mätas i förhållande till publikplatser. I vissa fall krävs nivåbegränsning på den förstärkarutrustning som används. Ett relativt vanligt problem i många länder är otillräcklig tillsyn och därmed bristande efterlevnad av befintligt regelverk.

## 7. DISKUSSION

I många områden där människor utsätts för risker eftersträvar samhället en nollvision – ingen ska behöva dödas eller skadas är det yttersta målet. För att nå sådana mål formuleras olika regelverk eller föreslås olika åtgärder. Hastighetsbegränsning i trafiken, bilbälten och cykelhjälm är exempel på detta. För att sådana ska ha effekt förutsätts tillsyn och ofta också påföljd om reglerna inte efterlevs. För arbetsmiljön finns ett stort antal föreskrifter och gränsvärden för att reducera risker att arbetstagare skadas. Detta gäller också exponering för höga ljudnivåer i arbetsmiljöer.

För fritidsmiljöer är reglering ofta svårare, relaterat till att hälsorisker ofta är kopplade till exponeringstid, som kan variera över ett mycket vitt område och ofta är svårbedömd. Som argument mot reglering av höga ljudnivåer vid offentliga musikställningar anförs ofta att deltagande är frivilligt och därför sker på egen risk. Detta är dock knappast ett starkt argument – att köra iväg i en bil eller sätta sig på en cykel sker också normalt frivilligt och på egen risk.

De riktvärden för höga ljudnivåer från musik som Socialstyrelsen haft sedan ett antal år har trots invändningar från vissa aktörer ändå varit relativt väl accepterade som princip. En svaghet har dock varit att tillsynen av efterlevnaden inte haft den omfattning som är önskvärd och att mätmetod inte varit tydligt specificerad.

Den genomgång av relevant vetenskaplig litteratur som presenterats ovan tyder på att nuvarande riktvärde om 100 dB(A) för musik som framförs vid konserter, diskotek, träningslokaler etc. är så hög att inte oväsentlig risk för hörselskada föreligger, framför allt i form av tinnitus men också som hörselnedsättning hos känsliga individer. Många miljöer och situationer där musik framförs med hög ljudnivå innebär exponeringstider på ibland bara någon timme men oftast väsentligt längre – intervallet 2-4 timmar torde vara mera representativt. Ett riktvärde som tar hänsyn till exponeringens längd, som exempelvis i Tyskland eller i det norska förslaget, har fördelen av större precision avseende riskerna för hörselskada. Det innebär å andra sidan svårigheter med avseende på kontroll och tillsyn och blir naturligtvis komplicerat vid exempelvis stora musikfestivaler med många olika framträdanden på olika scener.

De studier av TTS som presenterats ovan ger det bästa kvantitativa underlaget för att bedöma skaderisk. TTS-värden på högst 25 dB anses innebära minimal risk för bestående mätbar hörselnedsättning, även om fortfarande risken för tinnitus inte kan uteslutas och kunskapen om eventuella andra kvarstående effekter är bristfällig. Om maximalt TTS på ca 25 dB accepteras innebär detta en hösta ljudnivå om ca 98 dB(A) vid 2 timmars exponering eller 95 dB(A) vid 4 timmars exponering. Antagande att merparten av exponeringar innebär varaktighet i intervallet 2-4 timmar torde en sänkning av riktvärdet från 100 till 97 dB vara adekvat. Detta motsvarar en halvering av den akustiska energi som lyssnaren utsätts för. Med hänsyn till de viktiga resultat som påvisats av Kujawa och Liberman (2009) kan man dock inte vara helt fri från risk för permanent påverkan på hörselorganet, men risken torde dock vara väsentligt reducerad.

## 8. FÖRSLAG

Baserat på ovanstående redovisning framläggs följande förslag:

Riktvärden för musikexponering sänks till följande ljudtrycksnivåer:

***Riktvärden för lokaler och platser dit barn under 13 års ålder inte har tillträde***

*Maximal ljudnivå  $L_{AFmax}$  110 dB*

*Ekvivalent ljudnivå  $L_{AeqT}$  97 dB*

*Maximal toppnivå  $L_{Cpeak}$  135 dB*

***Riktvärden för lokaler och platser dit både barn och vuxna har tillträde***

*Maximal ljudnivå  $L_{AFmax}$  105 dB*

*Ekvivalent ljudnivå  $L_{AeqT}$  94 dB*

*Maximal toppnivå  $L_{Cpeak}$  130 dB*

Detta innebär en sänkning från nuvarande ekvivalenta ljudnivåer med 3 dB, vilket motsvarar en halvering av den akustiska energin och därmed en väsentlig minskning av risken för någon form av hörselskada. Parallellt med denna sänkning föreslås en sänkning av maximal ljudnivå med 5 dB. Vidare innebär det att riktvärdena också innehåller krav på maximal toppnivå. Denna parameter ingår i gränsvärdena för arbetsmiljön och bör också inkluderas i dessa riktvärden.

Värdena skall gälla alla platser där publik tillåts uppehålla sig. De föreslagna ändringarna ansluter sig väl till rådande praxis i Europa.

De lägre värdena för arrangemang där barn också har tillträde - och i synnerhet för sådana som är specifikt riktade till barn - kan inte motiveras med att barn från skolåldern och uppåt antas ha större känslighet att skadas av höga ljudnivåer. Däremot kan de motiveras med att barn inte har samma förmåga som vuxna att bedöma miljörisker, att en skada som drabbar barn kommer att följa med under återstoden av ett förmodat långt liv och att en sådan skada kan öka känsligheten för fortsatta försämringar av hörseln senare i livet. Åldersgränsen 13 år föreslås oförändrad. Den motsvarar gränsen mellan grundskolans mellan- och högstadiet vilket bedöms rimligt.

Den åldersgräns för begreppet barn som SoS hittills tillämpat – under 13 år – ligger nära den definition som tillämpas i de internationella standarderna för leksaker, EN 71-1 *Safety of toys Part 1: Mechanical and physical properties* och ISO 8124-1 *Safety of toys – Part 1: Safety aspects related to mechanical and physical properties*. Båda dessa standarder sätter gränsen för barn under 14 år, d.v.s. ett år äldre än SoS' hittillsvarande. Denna förhållandevis marginella skillnad kan knappast vara skäl att ändra 13-årsgränsen i det svenska regelverket. Gränsen 13 eller 14 år torde vara baserad på utvecklingspsykologiska grunder snarare än på biologiska.

Inget stöd finns för att foster skulle påverkas negativt om gravida exponeras för miljöer som uppfyller ovanstående riktvärden.

Arrangör bör på lämpligt sätt tillhandahålla hörselskydd för publiken vid arrangemang där den ekvivalenta ljudnivån förväntas överskrida 90 dB(A).

Riktvärdena bör vara giltiga inte bara för arrangemang där musik framförs utan också för andra miljöer där publik exponeras för höga ljudnivåer, t.ex. gym, aerobics, biografier, teatrar, motorsport etc.

För egenkontroll av huruvida riktvärdena uppfylls bör specificeras att mätmetod framtagen av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP, 2007) bör användas med hänvisning till den Internet-adress där metodbeskrivningen kan hämtas.

Riktvärdena bör förbli riktvärden och inte för närvarande ändras till gränsvärden för höga ljudnivåer.

Annonsering och skyltar på plats skall innehålla en av två följande meningar:

- Vi garanterar att SoS:s regler för höga ljudnivåer upprätthålls.*
- Vi garanterar INTE att SoS:s regler för höga ljudnivåer upprätthålls, varför risk för hörselskada inte kan uteslutas. Hörselskydd bör därför användas.*

På samma sätt som arbetsgivaren har ansvaret för arbetsmiljön har arrangören av konserter etc ansvaret för ljudmiljön för den deltagande publiken.

## 9. REFERENSER

AFS 2005:16 Buller. Arbetsmiljöverket, Stockholm. <http://www.av.se/lagochratt/afs/>.

Barrenäs ML & Hellström PA (1996) The effect of low level acoustic stimulation on susceptibility to noise in blue- and brown-eyed young human subjects. *Ear and Hearing*, 17, 63–68.

Bauer CA, Turner JG, Caspary DM, Myers KS & Brozoski TJ (2008). Tinnitus and inferior colliculus activity in chinchillas related to three distinct patterns of cochlear trauma. *Journal of Neuroscience Research*, 86, 2564-2578.

Bhagat SP, Davis AM (2008). Modification of otoacoustic emissions following ear-level exposure to MP3 player music. *International Journal of Audiology*, 47, 751-760.

Borg E, Nilsson R & Engström B (1983) Effect of the acoustic reflex on inner ear damage induced by industrial noise. *Acta Otolaryngologica*, 96, 361–369.

Campo P, Pouyatos B, Lataye R & Morel G (2003). Is the aged rat ear more susceptible to noise or styrene damage than the young ear? *Noise and Health*, 5, 1-18.

Canlon B, Meltser I, Johansson P & Tahera Y (2007). Glucocorticoid receptors modulate auditory sensitivity to acoustic trauma. *Hearing Research*, 226, 61-69.

Chung JH, Des Roches CM, Meunier J & Eavey RD (2005). Evaluation of noise-induced hearing loss in young people using a web-based survey technique. *Pediatrics*, 115, 861-867.

Clark WW & Bohne BA (1986). Temporary threshold shifts from attendance at a rock concert. *Journal of the Acoustical Society of America*, 79, S48-49.

Davis AC (1989). The prevalence of hearing impairment and reported hearing disability among adults in Great Britain. *International Journal of Epidemiology*, 18, 911-917.

Delb W, Hoppe U, Liebel J & Iro H (1999). Determination of acute noise effects using distortion product otoacoustic emissions. *Scandinavian Audiology*, 28, 67–76.

Dempster JH & Mackenzie K (1990). The resonance frequency of the external canal in children. *Ear and Hearing*, 11, 296-298.

DIN 15905-5 (2007). *Veranstaltungstechnik - Tontechnik - Teil 5: Maßnahmen zum Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik*. Deutsches Institut für Normung, Berlin.

Dong S, Mulders WHAM, Rodger J, Woo S & Robertson D (2010). Acoustic trauma evokes hyperactivity and changes in gene expression in guinea-pig auditory brainstem. *European Journal of Neuroscience*, 31 1616-1628.

Eggermont JJ & Roberts LE (2004). The neuroscience of tinnitus. *Trends in Neurosciences*, 27, 676-682.



Emmerich E, Richter F, Hagner H, Giessler F, Gehrlein S & Dieroff HG (2002). Effects of discotheque music on audiometric results and central acoustic evoked neuromagnetic responses. *International Tinnitus Journal*, 8, 13–19.

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2003/10/EG. *Minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysikaliska agens (buller) i arbetet*. EU, Bryssel.

EU-kommissionen (2009). *COMMISSION DECISION of 23 June 2009 on the safety requirements to be met by European standards for personal music players pursuant to Directive 2001/95/EC of the European Parliament and of the Council*.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:161:0038:0039:EN:PDF>

Fearn RW (1991). Serial audiometry in young subjects aged 11-25 years exposed to amplified music. *Journal of Sound and Vibration*, 150, 350-355.

Folkehelseinstituttet Oslo. <http://www.plugin-turnon.com/sfiles/8/73/94/56/5/file/allmenn-miljohygienisk-standard-for-stoy-fhi-.pdf>

Forum Schall (2006). *Anleitung Schallschutz von Besuchern bei Musikdarbietungen*.  
[http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/forum\\_schall/downloads/Schallschutz\\_von\\_Besuchern\\_bei\\_Musikdarbietungen.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/forum_schall/downloads/Schallschutz_von_Besuchern_bei_Musikdarbietungen.pdf)

Frankrike (1998). *Décret n° 98-1143 du 15 décembre 1998 relatif aux prescriptions applicables aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée, à l'exclusion des salles dont l'activité est réservée à l'enseignement de la musique et de la danse*. <http://ile-de-france.sante.gouv.fr/santenv/bruit/textes/d15dec98.htm>

Försvarsmakten (2006). *Försvarsmaktens råd och riktlinjer för gravida och ammande arbetstagare*. Stockholm: Försvarsmakten.

Gates GA, Schmid P, Kujawa SG, Nam B & D'Agostino R (2000). Longitudinal threshold changes in older men with audiometric notches. *Hearing Research*, 141, 220-228.

Gerhardt KJ & Abrams RM (2000). Fetal exposure to sound and vibroacoustic stimulation. *Journal of Perinatology*, 20, S21-30.

Gerhardt KJ, Rodriguez GP, Hepier EL & Moul ML (1987). Ear canal volume and variability in the patterns of temporary threshold shifts. *Ear and Hearing*, 8, 316-321.

Gu JW, Halpin CF, Nam EC, Levine RA & Melcher JR (2010). Tinnitus, diminished sound-level tolerance, and elevated auditory activity in humans with clinically normal hearing sensitivity. *Journal of Neurophysiology*, 104, 3361-3370.

Helleman HW, Jansen EJM & Dreschler WA (2010). Otoacoustic emissions in a hearing conservation program: General applicability in longitudinal monitoring and the relation to pure tone thresholds. *International Journal of Audiology*, 49, 410-419.

Hellqvist C (2002) *Rapport: Höga ljudnivåer; ungdomars beteenden, kunskaper och attityder*. Socialstyrelsen, Stockholm.

Hellström, PA (1993). The relationship between sound transfer functions from free sound field to the eardrum and temporary threshold shift. *Journal of the Acoustical Society of America*, 94, 1301-1306.

Hellström PA, Axelsson A & Costa O (1998). Temporary threshold shift induced by music. *Scandinavian Audiology*, 27, Suppl 48, 87-93.

Helsedirektoratet Oslo (2010). Veileder for vurdering av lydnivå for å forebygga helseskader ved bruk av musikkanlegg.

[http://www.helsedirektoratet.no/miljo\\_helse/veileder\\_for\\_vurdering\\_av\\_lydniv\\_for\\_forebygge\\_helseskader\\_ved\\_bruk\\_av\\_musikkanlegg\\_h\\_ringsbrev\\_706244](http://www.helsedirektoratet.no/miljo_helse/veileder_for_vurdering_av_lydniv_for_forebygge_helseskader_ved_bruk_av_musikkanlegg_h_ringsbrev_706244)

Holgers KM & Juul J (2006). The suffering of tinnitus in childhood and adolescence. *International Journal of Audiology*, 45, 267-272.

Huang X, Gerhardt KJ, Abrams RM & Antonelli PJ (1997). Temporary threshold shifts induced by low-pass and high-pass filtered noises in fetal sheep in utero. *Hearing Research*, 13, 173-182.

IEC 61672-1 (2002). *Electroacoustics – Sound level meters - Part 1: Specifications*. Geneva: International Electrotechnical Commission.

ISO 7029 (2000). *Akustik - Statistisk fördelning av hörtrösklar som en funktion av ålder*. Geneva: International Organization for Standardization.

Johansson M & Arlinger S (2003). Prevalence of hearing impairment in a population in Sweden. *International Journal of Audiology*, 42, 18-28.

Kisilevsky BS, Hains SMJ, Jaquet AY, Granier-Deferre C & Lecaunet JP (2004). Maturation of fetal responses to music. *Developmental Science*, 7, 550-559.

Kramer S, Dreisbach L, Lockwood J, Baldwin K, Kopke R, Scranton S & O'Leary M (2006). Efficacy of the antioxidant N-acetylcysteine (NAC) on protecting ears exposed to loud music. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 265-278.

Krishnamurti S & Grandjean PW (2003). Effects of simultaneous exercise and loud music on hearing acuity and auditory function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 307-313.

Kruger B (1987). An update of the external ear resonance in infants and young children. *Ear and Hearing*, 8, 333-336.

Kujawa SG & Liberman MC (2006). Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a misspent youth. *Journal of Neuroscience*, 26, 2115-2123.

Kujawa SG & Liberman MC (2009). Adding insult to injury: Cochlear nerve degeneration after “temporary” noise-induced hearing loss. *Journal of Neuroscience*, 29, 14077-14085.

- Kähäri K (2002). *The influence of music on hearing. A study in classical and rock/jazz musicians*. Akademisk avhandling, ISBN 91-628-5339-2, Göteborgs Universitet.
- Liebel J, Delb W, Ands C & Koch A (1996). Detection of hearing loss in patrons of a discotheque using TEOAE and DPOAE. *Laryngorhinootologie*, 75, 259-264.
- Lindgren F & Axelsson A (1983). Temporary threshold shift after exposure to noise and music of equal energy. *Ear and Hearing*, 4, 197-201.
- Lindgren F & Axelsson A (1988). The influence of physical exercise on susceptibility to noise-induced temporary threshold shift. *Scandinavian Audiology*, 17, 11-17.
- McFadden SL, Campo P, Ding D & Quaranta N (1998). Effects of noise on inferior colliculus evoked potentials and cochlear anatomy in young and aged chinchillas. *Hearing Research*, 117, 81-96.
- Meecham EA & Hume KI (2001). Tinnitus, attendance at night-clubs and social drug taking in students. *Noise and Health*, 3, 53-62.
- Melnick W (1991). Human temporary threshold shift (TTS) and damage risk. *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 147-154.
- Meltser I, Tahera Y & Canlon B (2010). Differential activation of mitogen-activated protein kinases and brain-derived neurotrophic factor after temporary or permanent damage to a sensory system. *Neuroscience*, 165, 1439-1446.
- Metternich FU & Brusis T (1999). Acute hearing loss and tinnitus caused by amplified recreational music. *Laryngorhinootologie*, 78, 614-619.
- Meyer-Bisch C (1996). Epidemiological evaluation of hearing damage related to strongly amplified music (personal cassette players, discotheques, rock concerts) – high-definition audiometric survey on 1364 subjects. *Audiology* 35, 121-142.
- Miyakita T, Hellström PA, Frimanson E & Axelsson A (1992). Effect of low level acoustic stimulation on temporary threshold shift in young humans. *Hearing Research*, 60, 149-155.
- Miller JM, Dolan DF, Raphael Y, Altschuler RA. (1998). Interactive effects of aging with noise induced hearing loss. *Scandinavian Audiology*, Suppl. 48, 53-61.
- Muhr P & Rosenhall U (2010). Self-assessed auditory symptoms, noise exposure, and measured auditory function among healthy young Swedish men. *International Journal of Audiology*, 49, 317-325.
- Müller J, Dietrich S & Janssen T (2010). Impact of three hours of discotheque music on pure-tone thresholds and distortion product otoacoustic emissions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 128, 1853-1869.

Nassar G (2001). The human temporary threshold shift after exposure to 60 minutes' noise in an aerobics class. *British Journal of Audiology*, 35, 99-101.

Opperman DA, Reifman W, Schlauch R & Levine S (2006). Incidence of spontaneous hearing threshold shifts during modern concert performances. *Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, 134, 667-673.

Park MY (2003). Assessment of potential noise-induced hearing loss with commercial "Karaoke" noise. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31, 375-385.

Rintelmann WF, Lindberg RF & Smitley EK (1972). Temporary threshold shift and recovery patterns from two types of rock and roll music presentation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 51, 1249-1255.

Rosanowski F, Eysholdt U & Hoppe U (2006). Influence of leisure-time noise on outer hair cell activity in medical students. *Archives of Occupational and Environmental Health*, 80, 25-31.

Rosenhall U (2003). The influence of ageing on noise-induced hearing loss. *Noise and Health*, 5, 47-53.

Roskilde-festivalens ljudpolitik. [http://www.roskilde-festival.dk/om\\_festivalen/lydpolitik/](http://www.roskilde-festival.dk/om_festivalen/lydpolitik/)

Rybalko N & Syka J (2001). Susceptibility to noise exposure during postnatal development in rats. *Hearing Research*, 155, 32-40.

Schmuziger N, Patscheke J & Probst R (2007). An assessment of threshold shifts in nonprofessional pop/rock musicians using conventional and extended high-frequency audiometry. *Ear and Hearing*, 28, 643-648.

Schweizerische Bundesrat (2007). *Verordnung über den Schutz des Publikums von Veranstaltungen vor gesundheitsgefährdenden Schalleinwirkungen und Laserstrahlen (Schall- und Laserverordnung, SLV)*. Bundesamt for Gesundheit, Bern.

Smith PA, Davis A, Ferguson M & Lutman ME (2000). The prevalence and type of social noise exposure in young adults in England. *Noise and Health*, 2, 41-56.

SP (2007). *Mätning av höga ljudtrycksnivåer – Mätmetod för diskotek, konserter och andra arrangemang med publik. Del 1: Operativ tillsyn resp. Del 2: Egenkontroll*. SP INFO 2004:455 Reviderad 2007. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås.  
<http://www.sp.se/sv/publications/Sidor/Publikationer.aspx>

SS-ISO 1999 (1995). *Akustik - Bestämning av yrkesmässig bullerexponering och uppskattning av bullerorsakad hörselskada*. International Organization for Standardization, Geneva.

SS-ISO 1999/Bilaga NA:2005. *Akustik – Bestämning av yrkesmässig bullerexponering och uppskattning av bullerorsakad hörselskada – Bilaga NA*. SIS Swedish Standards Institute, Stockholm.

- SS-ISO 7029 (2000). *Akustik - Statistisk fördelning av hörtrösklar som en funktion av ålder*. International Organization for Standardization, Geneva.
- Studebaker GA, Sherbecoe RL, McDaniel DM & Gwaltney CA (1999). Monosyllabic word recognition at higher-than-normal speech and noise levels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 2431-2444.
- Subramaniam M, Henderson D, Campo P & Spongr V (1992). The effect of 'conditioning' on hearing loss from a high frequency traumatic exposure. *Hearing Research*, 58, 57-62.
- Swanson SJ, Dengerink HA, Kondrick P & Miller CL (1987). The influence of subjective factors on temporary threshold shifts after exposure to music and noise of equal energy. *Ear and Hearing*, 8, 288-291.
- Vittitow M, Windmill IM, Yates JW, Cunningham DR. (1994). Effect of simultaneous exercise and noise exposure (music) on hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*, 5, 343-348.
- Ward WD, Cushing EM & Burns EM (1976). Effective quiet and moderate TTS: Implications for noise exposure standards. *Journal of the Acoustical Society of America*, 59, 160-165.
- Weisz N, Hartmann T, Dohrmann K, Schlee W & Norena A (2006). High-frequency tinnitus without hearing loss does not mean absence of deafferentiation. *Hearing Research*, 222, 108-114.
- Widén S, & Erlandsson S (2004). Self-reported tinnitus and noise sensitivity among adolescents in Sweden. *Noise and Health*, 7, 29-40.
- World Health Organization (1999). Community noise (eds. Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H. Schwela). <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-4.pdf>.
- Yamasoba T, Pourbakht A, Samamoto T & Suzuki M (2005). Ebselen prevents noise-induced excitotoxicity and temporary threshold shift. *Neuroscience Letters*, 380, 234-238.
- Yassi A, Pollock N, Tran N & Cheang M (1993). Risks to hearing from a rock concert. *Canadian Family Physician*, 39, 1045-1050.

## Bilaga A - Tabeller

Tabell A.1: Sammanställning av TTS-studier.

Studie	Musiktyp	Exponering	Spec. faktorer	Försöks- personer	Fp ålder	Resultat	Noteringar	Bevisvärde
Rintelmann & al 1972	Rockmusik	1 tim kontinuerlig resp intermittent (3 min musik/1 min tyst), 110 dB SPL	Jämförelse kontinuerlig- intermittent exponering	20 kvinnliga lyssnare	18-22 år	11/20 hade TTS > 20 dB vid 4 kHz efter kontinuerlig exponering. Efter 1½ tim kvarstående TTS på i genomsnitt 8 dB vid 4 kHz. Kontinuerlig exponering gav i genomsnitt ca 26 dB TTS vid 4 kHz, intermittent gav ca 22 dB.	Labbstudie, inspelad musik	2
Lindgren & Axelsson 1983	Rock/pop-musik	Hörtelefonlyssning 106 dB(A), 10 min		10 frivilliga	16-17 år	Störst TTS vid 4-6 kHz, i genomsnitt ca 6 dB med max ca 20 dB.	Labbstudie, inspelad musik	2
Lindgren & Axelsson 1983	Brus med samma frekvensinnehåll o. styrkevariationer som musiken ovan	Hörtelefonlyssning binauralt, 106 dB(A), 10 min	Uppskattad resp. icke-uppskattad musik	10 frivilliga	16-17 år	Större TTS för bruset än musiken i området 1-5 kHz med skillnader på 2 - 3,5 dB i genomsnitt.	Labbstudie, inspelad musik	2
Clark & Bohne 1986	Rock – Bruce Springsteen	4½ timmes konsert		6 frivilliga	16-44 år	5 av 6 fick signifikant TTS, fr.a. i 4 kHz-området.	Konsert	3
Swanson et al 1987	Rock/pop-musik	Hörtelefonlyssning binauralt, 106 dB(A), 10 min		20 frivilliga	18-22 år	Genomsnittligt TTS 7 dB vid 4 och 6 kHz.	Labbstudie, inspelad musik	2
Swanson et al 1987	Brus med samma	Hörtelefonlyssning binauralt, 106	Uppskattad resp. icke-	20 frivilliga	18-22 år	Ingen skillnad i TTS vid 4 eller 6 kHz mellan brus	Labbstudie, inspelad musik	2

	frekvensinnehåll o. styrkevariationer som musiken ovan	dB(A), 10 min	uppskattad musik			och musikexponering. Lyssnare som uppskattade musiken fick något mindre TTS av musiken vid 6 kHz men något mera TTS vid 4 kHz, men skillnaderna var små..		
Hellström et al 1998	Självvald musik	Binaural hörtelefon en timme, självvalda ljudnivåer 90-100 dB(A)	Vana hörtel.lyssnare (PCP), vana högtalarlyssnare (LS), ovana musiklyssnare (IF)	21 frivilliga	13-30 år, medel 15 år	Störst TTS för LS-gruppen, i genomsnitt 8 dB för 2-5 kHz mot 4-7 dB för de andra grupperna. Medel 15 dB för alla grupperna vid 3 kHz. LS valde högre ljudnivå – 97 dB(A) mot 91-92 dB(A) för PCP och IF. TTS ökade tydligt när nivån översteg ca 95 dB(A)	Labbstudie, inspelad musik	2
Yassi et al 1993	Rockkonsert	98-101 dB(A), 2½ tim		21 frivilliga	18-40 år	17 av 21 uppvisade TTS vid 4 kHz. Alla som exponerats för 101 dB(A) hade TTS, medel 21 dB vid 4 kHz.	Konsert	2
Liebel et al 1996	Diskotek	105 dB(A) i 1, 1½ resp 2 tim		46 unga frivilliga		Medelhörtrösklar försämrades i snitt 6,2/7,1/10,1 dB efter de tre exponeringstiderna	Diskotek	2
Nassar 2001	Aerobics-musik	92 dB(A) under 60 min		28 normalhörande fp, hälften kontrollgrupp utan musikexponering	Medelålder 21 år	TTS i exponerad grupp i genomsnitt 7 dB/4 kHz, 12 dB/6 kHz, 10 dB/8 kHz. Kontrollgruppen närmast negativ TTS (inlärningseffekt)	Aerobicsklass	2
Emmerich 2002	Diskoteksmusik	Medelnivå 95 dB(A), max >120		34 normalhörande	18-24 år	TTS upp till 20-25 dB uppmättes direkt efter	Diskotek	2

		dB(A), 4 timmar				exponeringen. Två timmar senare var TTS närmast borta.		
Park 2003	Karaoke	Nivåer mellan 88 och 97 dB(A) beroende på music och sångare, 100 min exponering		18 frivilliga	22-27 år	Signifikant TTS vid 4 kHz på i genomsnitt 8 dB.	Karaoke-klubb	2
Opperman et al, 2006	Pop, heavy metal, rock-a-billy konserter	Medelnivåer 95-107 dB(A), 3-6 tim	Hälften med, hälften utan hörselskydd	29 frivilliga	17-59 år	TTS vid 4 kHz i medel 12 dB med SD 10 dB utan hörselskydd. Med hörselskydd medel 3 dB, SD 6 dB.	Konsert	2
Kramer et al 2006	Nattklubb	Medelnivå 98, dB(A), range 92-103, 2 tim	Försök med antioxidant till hälften av fp	32 unga normalhörande		TTS vid 4 kHz i medel 14 dB.	Nattklubb	2
Schmuziger et al 2007	Pop/rockmusik,	103 dB(A), 1½ tim		16 amatörmusiker som spelar själva	27-49 år	TTS vid 4 kHz median 10 dB	Konsert	2
Müller et al 2010	Diskotek	102 dB(A), 3 tim		15 unga normalhörande	21-27 år	TTS vid 3,5-4,5 kHz medel 14 dB, max 26 dB	Diskotek	2

Tabell A.1-b. Djurexperimentell TTS-studie

Studie	Ljudtyp	Exponering	Spec.faktorer	Försöksdjur	Resultat	Noteringar	Bevisvärde
Kujawa & Liberman 2009	Oktavband brus 8-16 kHz	100 dB SPL, 2 tim	Tester med OAE, hjärnstamssvar, histologisk analys	21 möss, 16 veckor gamla. Matchad kontrollgrupp utan exponering	Max TTS 30-40 dB, helt reversibel efter 2 veckor. Skador på synapser och nervceller i hörselnerven utvecklas långsamt över åtminstone 2 år	Författarnas slutsats: Noise exposure is more dangerous than has been assumed.	1



Tabell A.2: Sammanställning av PTS-studier

Studie	Musiktyp	Exponering	Spec. faktorer	Försökspersoner	Fp-ålder	Resultat	Noteringar	Bevisvärde
Fearn 1991	Pop/rock-konserter	Konsertbesök under 3 års tid	Prospektiv studie av försämrade hörtrösklar	217 fp och 149 kontroller	11-25 år	26,7% av konsertbesökarna försämrades 15 dB mot 17,4% i kontrollgruppen. 11,5% av besökare försämrades $\geq 20$ dB mot 2,7% i kontrollgruppen.	Subjektiv skattning av antal besök	2
Meyer-Bisch 1996	Rockkonserter	Varierande antal besök/månad	Mätning av hörtrösklar, skattad besöksfrekvens	224 konsertbesökare med minst 1 besök/månad; 87 konsertbesökare med minst 2 besök/månad; matchade kontrollgrupper	14-45 år, majoriteten 15-25 år	87 personer med minst 2 besök/månad hade signifikant sämre hörtrösklar än grupp med minst 1 besök/månad och kontrollgrupp	Subjektiv skattning av besöksfrekvens	1
Metternich & Brusis 1999	Rock/pop-musik	Konsert, diskotek, exponering okänd	Fallstudie	24 personer som sökt för akut hörselpåverkan efter konsert eller diskotek		67% fick hörselnedsättning efter en enskild konsert, 17% efter diskotek.		3
Muhr & Rosenhall 2010	Rockmusik, diskotek	Inga kvantitativa data	Hörselmätning, frågeformulär om hörselproblem och musikexponering	839 män vid inryckning till militärtjänst	19-22 år	Ingen signifikant skillnad i hörtrösklar mellan 93% som angav exponering ofta eller några gånger jämfört med 7% som ej exponerats.		3

*Tabell A.3: Sammanställning av OAE-studier*

Studie	Musiktyp	Exponering	Metod	Försöks- personer	Fp ålder	Resultat	Noteringar	Bevisvärde
Liebel et al 1996	Diskotek	105 dB(A), 1, 1½ resp. 2 tim	TEOAE, DPOAE	46 unga frivilliga	15-35 år	Signifikant minskning av båda TEOAE och DPOAE vid 2 och 3 kHz.		2
Delb et al 1999	Brus i laboratorium	98 dB(A), 1 timme	DPOAE	13 unga normalhörande; 14 personer kontrollgrupp utan exponering	27± 3 år resp 24±2 år	Exponerade fp uppvisade signifikanta försämringar av DPOAE jfrt med kontrollgrupp		2
Rosanowski et al 2006	Diskotek	Varierande frekvens av diskoteksbesök	TEOAE	88 unga normalhörande	Medelålder 23 år	TEOAE-amplitud avtog signifikant med ökande antal diskoteksbesök per månad.		1
Kramer et al 2006	Nattklubb	92-103 dB(A), medel 98 dB(A)	DPOAE	32 unga normalhörande	19-29 år	DPOAE-amplituder minskade i hela området 1-8kHz men mest vid 6 kHz med i genomsnitt 7 dB.	Testet avsåg om antioxidant skyddade mot exponeringen; kontrollgrupp fick samma exponering men med placebo. Inga signifikana skillnader.	2
Bhagat & Davis 2008	Inspelad musik från MP3-spelare	85 dB(C), 30 min		20 unga normalhörande	18-38 år	Signifikant svagare OAE-aktivitet efter exponeringen.		2
Müller et al 2010	Diskotek	102 dB(A), 3 rim	DPOAE 3,5-4,5 kHz	15 unga normalhörande	21-27 år	OAE-amplituder minskade med 11 dB direkt efter exp., dagen efter med 3,5 dB		2

*Tabell A.4: Sammanställning av fosterstudier*

<b>Studie</b>	<b>Exponering</b>	<b>Metod</b>	<b>Försöks- personer/djur</b>	<b>Resultat</b>	<b>Noteringar</b>	<b>Bevisvärde</b>
Gerhardt & Abrams 2000		Studie av ljuddämpning genom bukvägg hos får.	Fårfoster	Dämpning 10-15 dB vid 125 Hz stigande mot 40-50 dB vid frekvenser över 500 Hz	Relevant under antagande om fårmodellen som representativ för människa	2
Huang et al 1997	Lågpas- resp högpassfilterat brus 120 dB SPL mot tackans bukvägg under 16 timmar.	Hjärnstamssvar från fårfoster i tackans livmoder.	Fårfoster	LP-brus gav TTS om 5-6 dB vid 0,5 och 1 kHz, 3 dB vid 2 kHz. HP-brus gav TTS på ca 2, 3 resp 1 dB vid dessa frekvenser	Se ovan	2
Kisilevsky et al 2004	Pianomusik (Brahms vaggvisa), 5 min med nivå i intervallet 95-110 dB(A) mot kvinnans bukvägg.	Registrering av ändrad hjärtpulsfrekvens och kroppsrörelser hos fostret.	122 mänskliga foster	Reaktion först vid 105 dB under graviditetsvecka 28-34, från vecka 35 och senare redan vid 95 dB. Olika reaktion vid olika fosterålder.		2

Tabell A.5: Sammanställning av påverkan på barn och unga försöksdjur

Studie	Exponering	Metod	Försöks- personer/djur	Resultat	Noteringar	Bevisvärde
Gerhardt et al 1987	Bredbandsbrus 90 dB under 2 tim resp 95 dB under 20 min	Mätning av hörselgångsvolym, tonaudiometri	27 resp 19 fp, medelålder 25 år	Mindre hörselgångsvolym gav upphov till max TTS vid högre frekvens		2
Hellström 1993	Oktavbandsbrus 96 dB i 10 min	Akustisk mätning av hörselgångens längd och volym, korrelation till hörtrösklar	36 fp, 16-52 år	Hörselgång med hög resonansfrekvens orsakade max TTS vid högre frekvens.		2
Kruger 1987	Ingen	Akustisk mätning av hörselgångens resonansfrekvens	29 barn under 40 månaders ålder	Signifikant åldersberoende från ca 6 kHz för nyfödda till ca 3 kHz vid 2-3 år		1
Dempster & Mackenzie 1990	Ingen	Akustisk mätning av hörselgångens resonansfrekvens	250 barn, 3-12 år	Resonansfrekvensen minskade något från ca 3,1 kHz vid under 5 år till ca 2,7 kHz vid mer än 7 år.		1
Gates et al 2000	ingen	Longitudinell studie över 15 år av hörtröskelförändringar hos äldre i relation till tidigare PTS	203 män, 58-80 år	Personer med tidigare PTS försämrades mera		3
Rosenhall 2003	ingen	Kohortstudie av äldre 70-90 år. Tonaudiometri, frågeformulär om bl.a. bullerexponering	1485 fp	Åldersrelaterad hörsel-försämring är större hos fp med tidigare yrkesbuller-exponering.		3
Campo et al 2003	8 kHz oktavbandsbrus 92 resp 97 dB 6tim/dag, 5 dag/vecka i 4 veckor		16 unga och 16 gamla råttor, kontrollgrupp med 8 djur	De äldre djuren drabbades av större PTS och större bortfall av hårceller än de yngre efter samma exponering	Djurstudie	3
Miller et al 1998	Bredbandsbrus 108 dB i 45 min	Interaktion mellan åldersnedsättning och bullerskada	31 unga och gamla möss varav 4 i kontrollgrupp	Äldre djur med presbyacusic fick större bullerorsakad nedsättning	Djurstudie	3

				jämfört med unga.		
Rybalko & Syka 2001	Bredbandsbrus 120 dB i 1 timma	Jämförelse av hörselnedsättning m.h.t. ålder	20 råttor 3-7 veckor gamla	Avtagande skadekänslighet med stigande ålder	Djurstudie	3
Kujawa & Liberman 2006	Oktavbandsbrus 8-16 kHz, 100 dB i 2 tim	Jämförelse av hörselnedsättning m.h.t. ålder, testat 2-96 veckor efter exponering	Möss i ålder 4- 124 veckor	Möss mellan 4 och 8 veckor gamla skadas mer än äldre möss. Möss som drabbats av tidig bullerskada utvecklade större åldersrelaterad nedsättning än möss som bullerexponerats senare	Djurstudie	3
McFadden et al 1998	Oktavbandsbrus vid 500 Hz, 95 dB 6 tim/dag i 10 dagar resp 106 dB i 48 tim.		15 unga (<3 år) och 15 gamla (10- 15 år) chinchilla- kaniner	Yngre djur tycks vara lika känsliga som äldre för måttlig bullerexponering men äldre djur något mera känsliga för bullerexponering på högre nivå	Djurstudie	3

Tabell A.6: Sammanställning av tinnitusstudier

Studie	Musiktyp	Exponering	Metod	Försöks-personer/ djur	Fp-ålder	Resultat	Noteringar	Bevisvärde
Hellqvist 2002	-	-	Frågeformulär	316 ungdomar i Sverige	15-20 år	64% angav tinnitus efter musikexponering alltid eller ibland, 22% (=15% av hela gruppen) av dessa angav dagliga besvär	15% går på konsert $\geq$ 1-2 ggr/mån , 27% på disco $\geq$ 1-3 ggr/mån.	2
Widén & Erlandsson 2004	-	-	Frågeformulär	1285 ungdomar i Sverige	13-19 år	109 fp (8,7%) angav permanent tinnitus. Konsserter och diskotek angavs som vanligast orsak. 11% använde hörselskydd vid diskotekbesök, 30% vid konsserter		2
Metternich & Brusis 1999	-	-	Klinisk undersökning av pat. med akut hörselnedsättning och tinnitus	24 fp		67% hade skadats vid konsert, 17% i diskotek. 13% hade bilateral tinnitus utan hörselnedsättning	Exponerings- data saknas	3
Chung et al 2005	-	-	Frågeformulär via MTV:s Internetsida.	9458 svarande	99,8% var mellan 13 och 35 år, medel 19,2 år	61% angav tinnitus och 43% TTS i samband med exponering för stark musik. 60% hade besökt		2

						konsert 1-9 ggr/6 mån, 6% minst 10 ggr/6 mån.		
Holgers & Juul 2006	-	-	Klinisk undersökning av unga med tinnitus	95 pat	8-20 år	54 procent angav att tinnitus börjat hastigt efter exponering för starka ljud, fr.a. musik. 14% upplevde tinnitus varje dag , 2,2% angav att de alltid hade tinnitus.	Exponeringsdata saknas	3
Kähäri 2002								3
Muhr & Rosenhall 2010	-	-	Frågeformulär	839 män i samband med inryckning till militärtjänst	19-22 år	Tillfällig tinnitus efter exponering för starka ljud är en tydligt markör för tinnitus ofta eller ständigt. 3,4% angav tinnitus ofta eller alltid, 19,8% ibland.		3
Rosanowski et al 2006	-	-	Frågeformulär	88 studenter	20-32 år	Diskoteksbesök 0-6 ggr/mån, genomsnitt 1,4. 16% angav tinnitus efter varje besök, 58% efter nästan varje besök.		3
Weisz et al 2006	.	.	Klinisk studie av pat med tinnitus utan hörselnedsättning	11 studenter	Medelålder 27 år	8 av 11 hade "dead regions" , hårcellskada i ett mycket begränsat område som inte	Orsakerna till tinnitus ej kända	

						orsakade mätbar påverkan på hörtrösklar		
Gu et al 2010	-	-	Klinisk studie av pat med tinnitus o/e överkänslighet för ljud utan hörselnedsättning	13 pat med tinnitus	43±3 år	Tinnitus kan förekomma utan samtidig hörselnedsättning		3
Bauer et al 2008	-	4 kHz ton, 85 dB i 1 timma i ena örat	Djurstudie. Betingningsmetod för påvisande av tinnitus.	5 exponerade chinchilla-kaniner och 4 kontroldjur		2 månader efter exponeringen förelåg minimal hårcellskada, ingen TTS men väl tinnitus		2
Dong et al 2010	-	10 kHz ton 124 dB 1 timma i ena örat	Djurstudie med neurofysiologiska mätmetoder	24 marsvin – 19 exponerade och 5 kontroldjur		Omedelbart efter exponeringen uttalad TTS men efter 4 veckor ingen signifikant PTS men däremot signifikanta förändringar i centrala hörselbanor som antas representera tinnitus		3



## Bilaga B.

### REGELVERK I ANDRA LÄNDER

Sammanställningen av regelverk i andra länder har fokuserat på Europeiska länder. Fakta har inhämtats genom sökning på Internet med söktermer *maximum sound levels – concert – rock - requirement – regulation* i olika kombinationer. Framför allt har information erhållits från aktiva forskare inom audiologin i berörda länder. Sammanställningen kan inte göra anspråk på att vara komplett i bemärkelsen att avse alla länders regelverk, men torde vara tillräckligt omfattande för att ge en relevant jämförelse för de svenska rekommendationerna.

#### a. Norge

Folkehelseinstituttet i Norge har riktlinjer i form av Allmen miljøhygienisk standard for støy. För all underhållning i form av konserter, cirkus, uppvisningar etc såväl inomhus som utomhus i lokaler och publikområden skall den A-vägda ekvivalenta ljudnivån över 3 timmar ej överstiga 95 dB. Den maximala A-vägda ljudtrycksnivån, mätt med tidsvägning Fast, får ej överskrida 110 dB och den C-vägda impulstoppnivån, mätt med tidsvägning Peak, får ej överskrida 130 dB.

Helsedirektoratet har efter förberedande diskussioner i en arbetsgrupp i mars 2010 presenterat ett förslag till gränsvärden som för närvarande är utsänt på remiss. Dessa gränsvärden ska kunna användas i kommunernas tillsynsarbete. Gränsvärdena i form av ekvivalenta ljudtrycksnivåer och impulstoppnivåer för olika varaktighet framgår av nedanstående tabell.

Tabell 5.1: Förslag från norska Helsedirektoratet

Varaktighet	Gänsvärden		
		$L_{p,Aeq30min}$	$L_{Cpeak}$
$T \leq 1$ timme	$L_{p,Aeq1h} \leq 101$ dB	$\leq 101$ dB	$\leq 130$ dB
$T \leq 2$ timmar	$L_{p,Aeq2h} \leq 98$ dB	$\leq 98$ dB	$\leq 130$ dB
$T \leq 4$ timmar	$L_{p,Aeq4h} \leq 95$ dB	$\leq 95$ dB	$\leq 130$ dB
$T \leq 8$ timmar	$L_{p,Aeq8h} \leq 92$ dB	$\leq 92$ dB	$\leq 130$ dB

Anledningen till att man för alla fyra kategorierna av varaktighet har satt gränsvärden också för 30 minuter är att förebygga höga ljudnivåer under korta perioder. Gränsvärdena bör också gälla på biograf, diskotek etc.

När ljudnivåerna på den mest utsatta publikplatsen väntas överstiga 85 dB(A) under 15 minuter skall man med specificerad metod jämföra ljudnivån i den positionen med ljudnivån där mätning/övervakning ska företas och ta hänsyn till denna skillnad. Den som övervakar ljudnivåerna ska ha möjlighet att justera ljudnivån. Lämpliga hörselskydd ska finnas tillgängliga för publiken, och publiken ska erhålla information om detta på biljetten eller på annat lämpligt sätt.

När ljudnivån på den mest utsatta publikplatsen förväntas överstiga 90 dB(A) under 15 minuter ska dessutom den som övervakar ljudnivåerna ha tillgång till optisk indikering av när ljudnivån på den mest utsatta platsen närmar sig gränsvärdet. Detta kan t.ex. vara en färgdisplay som visar rött när ekvivalent ljudnivå mätt över mer än 5 sekunder ligger på gränsvärdet och gult när denna ljudnivå ligger 4 dB under gränsvärdet. Gränsvärdena för arrangemangets längd framgår av tabellen ovan.

I en senare version innebär det norska förslaget från Helsedirektoratet en ”varslingsgräns” vid 92 dB(A) mätt över 30 minuter och en absolut gräns vid 99 dB(A). Om varslingsgränsen överskrids kan det vara aktuellt

- att kräva att information ges om risk för hörselskada och var lämpligt hörselskydd finns tillgängligt, som kan erbjudas utan extra kostnad,
- att tydligt markerade tysta zoner etableras, fritt tillgängliga för publiken, där den A-vägda ljudnivån är under 85 dB
- att ljudnivån registreras kontinuerligt i lämplig position i publikområdet (t.ex. i mixerposition eller 1/3 ut i salen) och att denna kan dokumenteras i efterhand. Mätningarna ska följa specificerade metoder enligt norska standarder.

De angivna gränsvärdena anses kunna accepteras utan att det uppstår risk för hörselskada för större grupper av befolkningen.

## b. Danmark

Danmark saknar nationella riktlinjer för att skydda publiken i samband med konserter eller andra underhållningsarrangemang. Roskildefestivalen, som varje sommar innebär en vecka fylld av rock- och popmusik, har däremot formulerat en egen ljudpolitik. Ljudnivåmätningen skall ske så att den är representativ för den genomsnittliga publikmängden. Den sker vid mixerbordet framför varje scen. Mätt över 15 minuter får den ekvivalenta ljudnivån inte överstiga 102 eller 103 dB(A) vid de olika scenerna. Dessa krav ingår i kontrakten med alla band som uppträder. Om ljudteknikern är på väg att överbelasta anläggningen eller brister i sin förmåga att kontrollera ljudnivåerna har festivalledningen rätt att överta kontrollen över mixerbordet. Högtalarna är upphängda så högt som möjligt för att hindra att publik hamnar för nära. Hörselproppar som är anpassade till musiklyssning, d.v.s. som ger en måttlig dämpning och av lika grad över hela frekvensområdet, försäljs över hela festivalområdet.

## c. Tyskland

Tyskland har en nationell standard, DIN 15905-5 (2007) som utgår från ekvivalent ljudnivå över två timmar, varvid ljudnivån skall vara mindre än 99 dB(A) i den ljudstarkaste plats där publik kan befinna sig. Pågår en konsert i fyra timmar sänks gränsvärdet till 96 dB(A) utifrån en ekvivalent bullerdosbedömning. Den C-vägda impulstoppnivån skall vara mindre än 135 dB. Då den ekvivalenta ljudnivån överstiger 95 dB(A) ska hörselskydd tillhandahållas. När ljudnivån överstiger 90 dB(A) föreligger informationsplikt om risk för hörselskada. Om kraven ej uppfylls kan arrangör i princip ställas till svars och bli skadeståndsskyldig. I egenskap av standard bedöms dokumentet dock närmast som en rekommendation.

#### d. Nederländerna

Nederländerna saknar nationella riktlinjer för offentliga konserter utifrån principen att publiken deltar på egen risk. De större arrangörerna har dock enats om en högsta ekvivalent ljudnivå om 103 dB mätt över hela konserten.

#### e. Belgien

I Belgien finns ett dekret från 1977 som fastställer att vid offentliga etablissemang får ljudnivån från musiken inte överstiga 90 dB(A). Ljudnivån ska mätas där publiken normalt befinner sig. Vidare innehåller skrivningen bl.a. krav på att ljudnivåerna i närliggande lokaler eller byggnader inte får överskrida bakgrundsljudnivåerna i dessa lokaler om dessa är 35 dB(A) eller högre.

#### f. England

England har ingen specifik lagstiftning eller regelverk med fokus på publikens exponering utöver de allmänna kraven som gäller buller i arbetsmiljön - max 85 dB(A) för 8 timmars exponering och impulstoppnivå max 140 dB(C).

#### g. Österrike

Österrike (Forum Schall, Umweltsbundesamt, 2006) har ett generellt gränsvärde för friluftsansamling på 93 dB(A) mätt under en minut. Om detta gränsvärde leder till oproportionerlig inskränkning av uppförandet eller till fullständig förändring av dess karaktär (vilket endast kan antas gälla danstillställningar och diskotek på dansgolvet samt vid pop- och rockkonserter) så gäller:

- att besökare ska erbjudas gratis hörselskydd med minst 15 dB ljuddämpning
- att publiken ska informeras om de möjliga riskerna för hörselskada
- att den A-vägda ekvivalenta ljudtrycksnivån aldrig får överstiga 100 dB
- att uppfyllandet av kravet på högst 100 dB ska säkerställas med begränsnings- eller övervakningsutrustning.

Område i högtalares närhet, där gränsvärdet 100 dB kan överskridas, ska på tillförlitligt sätt avskärmade så att besökare förhindras att befinna sig där.

Vid danstillställningar och diskotek gäller dessutom ett gränsvärde på 95 dB mätt vid kanten av dansgolvet, varvid i övriga uppehållsytor gränsvärdet 93 dB måste vara uppfyllt.

Alla elektroakustiska anläggningar i detta regelverks användningsområde ska ha tillgång till utrustning för nivåbegränsning eller övervakning av ljudnivåerna. Om elektronisk nivåbegränsare saknas ska ljudnivåerna kontinuerligt övervakas och registreras.

I förekommande fall ska besökare i entréområdet informeras om möjlig risk för hörselskada genom piktogram eller text.

Anvisningarna enligt ovan gäller inte vid arrangemang som huvudsakligen riktar sig till barn under 12 år.

## h. Schweiz

Schweiz har sedan 2007 (Schweizerische Bundesrat, 2007) en förordning som kräver att den A-vägda ekvivalentnivån mätt per timme ej överstiger 93 dB. Detta krav är absolut om barn och ungdom under 16 år utgör publik. För vuxenpublik kan högre nivåer tillåtas under särskilda villkor, varvid en maximalnivå om 125 dB(A) ej får överskridas.

Om den ekvivalenta ljudnivån ligger mellan 93 och 96 dB krävs:

- att ljudnivån är begränsad så att 96 dB(A) ej överskrids,
- att publiken ska informeras i entréområdet att den högsta ljudnivån är 96 dB(A), att risk för hörselskada föreligger och att denna risk ökar med längden på exponeringen,
- att publiken erbjuds gratis godkända hörselskydd,
- att ljudnivån övervakas med ljudnivåmätning under föreställningen.

Om den ekvivalenta ljudnivån ligger mellan 96 och 100 dB(A) och föreställningen pågår högst tre timmar krävs:

- att ljudnivån är begränsad så att 100 dB(A) ej överskrids,
- att publiken ska informeras i entréområdet att den högsta ljudnivån är 100 dB(A), att risk för hörselskada föreligger och att denna risk ökar med längden på exponeringen,
- att publiken erbjuds gratis godkända hörselskydd,
- att ljudnivån övervakas med ljudnivåmätning under föreställningen.

Om föreställningen pågår mer än tre timmar med ljudnivå mellan 96 och 100 dB(A) ska dessutom ljudnivån under hela föreställningen registreras elektroniskt och bevaras minst 30 dagar. Vidare måste publiken erbjudas fri tillgång till en återhämtningszon med en högsta ljudnivå av 85 dB(A). Zonen måste ha en area om minst 10 % av den yta som är tillgänglig för publiken i föreställningen.

Föreställningar med ekvivalent ljudnivå överstigande 93 dB(A) måste anmälas skriftligt av arrangören minst 14 dagar i förväg till verkställande myndighet inom respektive kanton.

## i. Frankrike

Här tillåts upp till 105 dB(A) på ljudstarkaste plats för publik enligt regeringsdekret nr 98-1143 från 1998. Den högsta ljudnivån under en konsert får inte överstiga 120 dB(A). Företag kan göras straffrättsligt ansvarigt för överträdelse av kraven.

## j. Italien

Italien har en begränsning av ljudnivån vid offentliga arrangemang till 95 dB(A) på ljudstarkaste plats. Regeln baserar sig på lagen om bullerskydd, Nr 447, 1995.

## k. EU

Den Europeiska Unionen har idag inga regler för högsta ljudnivåer vid konserter. En viss relevans har dock EU-mandatet från 2009 (EU-kommissionen, 2009) avseende bärbara musikspelare. I mandatet står det att säker användning beror på hur länge man lyssnar och vid

vilken volym. Vid 80 dB(A) ska exponeringstiden begränsas till 40 timmar per vecka, och vid 89 dB(A) skall den begränsas till 5 timmar per vecka.

## I. WHO

I publikationen "Community noise" (1999) rekommenderas att publiken inte bör exponeras för ekvivalent ljudtrycksnivåer överstigande 100 dB(A) under en 4-timmars period vid högst fyra tillfällen per år. Den maximala A-vägda ljudtrycksnivån bör alltid vara lägre än 110 dB.

Tabell B.1: Sammanställning av regler i andra länder:

Land	Ekv. ljudnivå dB(A)	Exp.tid	Max ljudnivå dB(A)	Toppnivå dB(C)
Norge	101	< 1 tim		130
Norge	98	< 2 tim		130
Norge	95	< 4 tim		130
Norge	92	< 8 tim		130
Danmark/Roskilde- festivalen	102/103	15 min		
Tyskland	99	2 tim		135
Tyskland	96	4 tim		135
Nederländerna – arrangörsmål	103			
Belgien	90			
England	=arbetsmiljökraven			
Österrike/utomhus	93		100	
Österrike/diskotek	93/95			
Schweiz	93/96/100 med villkor		125	
Frankrike	105		120	
Italien	95			
EU	-			
WHO	100		110	

### Sammanfattning av regelverk i andra länder

En ganska skiftande bild förekommer internationellt med riktvärden eller gränsvärden för den ekvivalenta ljudnivån mellan 90 och 105 dB(A). I Tyskland och i det norska förslaget är högsta ljudnivå kopplad till konsertens varaktighet – längre konsert innebär lägre tillåten ljudnivå, baserat på en maximal ljuddos. Riktvärden för den maximala ljudnivån saknas i många länder och där den finns varierar den mellan 100 och 125 dB(A). I de länder där den maximala toppnivån är specificerad förekommer 130 resp. 135 dB(C) som högsta tillåtna värde. I några länder specificeras också att varning för hörselskaderisk ska finnas anslagen och att hörselskydd ska tillhandahållas för publiken, i Schweiz till och med gratis.

I några men långt ifrån alla länder anges hur ljudnivåerna ska mätas i förhållande till publikplatser. I vissa fall krävs nivåbegränsning på den förstärkarutrustning som används.