

1997:7

# Trötthet efter arbete i buller

– en registerstudie och tre fältstudier

*Anders Kjellberg*

*Per Mubr*

*Björn Sköldström*

---

ARBETE OCH HÄLSA VETENSKAPLIG SKRIFTSERIE

ISBN 91-7045-412-4 ISSN 0346-7821



*Arbetslivsinstitutet*

## Arbetslivsinstitutet

### *Centrum för arbetslivsforskning*

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

Kompetens för forskning, utveckling och utbildning finns inom områden som

- arbetsmarknad och arbetsrätt,
- arbetsorganisation, produktionsteknik och psykosocial arbetsmiljö,
- ergonomi,
- arbetsmiljöteknik och belastningsskador,
- arbetsmedicin, allergi, påverkan på nervsystemet,
- kemiska riskfaktorer och toxikologi.

Totalt arbetar omkring 470 personer vid institutet, varav 350 med forskning. Forskning och utbildning sker i samarbete med universitet och högskolor.

### ARBETE OCH HÄLSA

---

Redaktör: Anders Kjellberg

Redaktionskommitté: Anders Colmsjö,  
Elisabeth Lagerlöf och Ewa Wigaeus Hjelm

© Arbetslivsinstitutet & författarna 1997

Arbetslivsinstitutet,  
171 84 Solna, Sverige

ISBN 91-7045-412-4

ISSN 0346-7821

Tryckt hos CM Gruppen

## Förord

Projektet Buller och trötthet har bedrivits som ett samarbetsprojekt mellan Arbetsmiljöinstitutet och Previas utvecklingsverksamhet, Futura. Finansiering har delvis skett med hjälp av medel från Arbetsmiljöfonden.

Vi vill framföra vårt tack till medverkande vid Krigsflygskolan i Ljungbyhed, vid Kustflottan i Karlskrona samt vid Sandvik, Gimoverken. Särskilt vill vi nämna huvudskyddsombudet Markko Hänninen, Ljungbyhed, divisionsingenjör Anders Eriksson, Karlskrona och Sven Grevsten, företagsläkare vid Sandvik.

Anders Kjellberg  
Projektledare

## Innehåll

Inledning	1
Registerstudie - Statshälsans referensdatabank	2
Metodik	2
Resultat	6
Diskussion	9
Studie av trötthetsvariation under en arbetsvecka i flygmiljö - ljudnivå ca 95 - 100 dB(A)	10
Metodik	10
Resultat	12
Diskussion	14
Studie av trötthetseffekter på några fartyg inom kustflottan - ljudnivå ca 80 dB(A)	15
Metodik	15
Resultat	16
Diskussion	20
Studie av trötthetseffekter i en industri - ljudnivå ca 80 dB(A)	22
Metodik	22
Resultat	23
Diskussion	25
Avslutande diskussion	25
Sammanfattning	27
Summary	27
Referenser	28
Bilaga: Antal personer i yrkesgrupperna i de tre exponeringsklasserna	

## Inledning

Trötthet är ett av de vanligaste problemen i arbetet. Till stor del är denna trötthet en naturlig följd av arbetsuppgifterna, men även faktorer i den fysiska arbetsmiljön kan bidra till att man känner sig trött eller att man blir tröttare än man annars hade varit. Sådana effekter ser man t.ex. vid exponering för organiska lösningsmedel (8).

Tröttheten har naturligtvis betydelse för den enskildes välbefinnande på och efter arbetet men kan också vara av betydelse för arbetskapaciteten genom att individens prestationsförmåga sänks, olycksfallsrisken ökar, antalet felhandlingar ökar m.m.

Även bland bullerexponerade klagar man ofta på besvärande trötthet (16, 23) men ytterst få systematiska studier har rapporterats där man försökt knyta trötthetsreaktionen till bullerexponeringen. Forskningen kring bullerproblem i arbetslivet har av förståeliga skäl i stället nästan uteslutande ägnats åt riskerna för hörselskador. Det mesta som vi vet om trötthetseffekter grundar sig därför på laboratorieexperiment, där man i en serie studier har kunnat belägga att man blir tröttare och presterar sämre efter att ha arbetat i buller, än efter arbete under tystare förhållanden (3, 6). Dessa resultat låter sig dock naturligtvis inte utan vidare generaliseras till arbetssituationer.

I en tidigare studie (10) undersökte vi en grupp flygtekniker under två bullerbetingelser: En vecka med låg bullerexponering då de utförde reparationsarbete på kompaniet, och en vecka med hög exponering då de hade kontrolluppgifter i samband med starter på plattan. Tröttheten utvärderades dels med en standardiserad stämningslägesskala (9), dels med en enkel reaktionstidsuppgift som i en rad tidigare försök visat sig vara mycket känsligt för trötthet (4). De subjektiva skattningarna gjordes före och efter arbetet under en arbetsvecka, medan reaktionstidsmätningarna endast gjordes den sista hela arbetsdagen i veckan (torsdagen).

Reaktionstiderna visade sig förlängas från morgonen till eftermiddagen då teknikerna hade arbetat på plattan i hög bullernivå, medan de tvärtom förkortades något då bullernivån var låg. En förbättrad prestation på eftermiddagen är vad man förväntar sig under normala omständigheter som en följd av dygnsrytmen. Vidare kunde man se att reaktionstiden var längre redan på morgonen under bullerveckan jämfört med kontrollveckan.

Trötthetsskattningarna visade samma tendens som reaktionstiderna. Eftersom skattningarna gjordes varje dag kunde man där följa trötthetsutvecklingen under veckan och den visade att skillnaden i vakenhet mellan de två arbetsveckorna blev större dag för dag. Detta skulle kunna vara förklaringen till att reaktionstiderna var längre redan före arbetet på torsdagen, vilket i så fall skulle avspegla en trötthet som ackumulerats under veckan.

Det är naturligtvis svårt att entydigt knyta denna effekt till bullerexponeringen. Utifrån mätningar, observationer och statistiska kontrollanalyser föreföll effekter-

na dock inte kunna förklaras av skillnader i arbetsbelastning eller exponering för ogynnsamt klimat, reabränsle eller avgaser.

För att ytterligare belysa bullrets bidrag till tröttheten i arbetet har ytterligare fyra studier genomförts:

En registerstudie där Statshälsans databas med hälsokontroller av statligt anställda användes för att studera trötthet och två andra besvärstyper. Den ena var huvudvärk eftersom buller bland dem som lider av huvudvärk ofta utpekades som en viktig utlösande faktor (19). Även på arbetsplatser upplevs buller ofta ha denna effekt (16, 23). Vi har dock inte kunnat finna någon studie som påvisat en förhöjd huvudvärksfrekvens bland bullerexponerade. Den andra besvärstypen är det som ibland kallas "negativ affekt" och karakteriseras av symptom som irriterad, deprimerad, olustig etc, och som här ges beteckningen *Olust*. I någon enstaka studie har bullerexponerade själva angivit att bullret har sådana effekter på dem (16), men studier av sambandet mellan bullerexponering och denna typ av psykiatriska symptom tyder på att något orsakssamband knappast föreligger i detta fall (20). Syftet med registerstudien var att, med bättre kontroll av andra variabelers inflytande, studera sambandet mellan bullerexponering och dessa tre besvärstyper.

Den andra studien var en direkt uppföljning av den tidigare studien av flygtekniker, med målsättningen att studera om någon kumulativ effekt på reaktionstiderna kunde observeras under arbetsveckan i buller.

De tredje och fjärde studierna var i de flesta avseenden replikationer av den tidigare flygteknikerstudien men nu i andra miljöer, där ljudnivåerna var lägre. Den tredje studien genomfördes på några fartyg inom kustflottan och den fjärde i industrimiljö. Syftet med dessa studier var att belägga trötthetseffekten i andra arbetsmiljöer.

## Registerstudie - Statshälsans referensdatabank

Stiftelsen Statshälsan var under hela 1980-talet ansvarig för företagshälsovården för i stort sett alla statligt anställda. På flertalet arbetsplatser genomfördes hälso- och arbetsmiljökartläggningar bl.a. med hjälp av en enhetlig enkätmetodik utarbetad i samarbete mellan Yrkesmedicinska kliniken i Örebro och Statshälsan (1). Dessa enkäter har bearbetats, avidentifierats och samlats i en databank som sedan har använts för olika typer av utvärderingar av arbetsmiljöfrågor och som jämförelsematerial vid nya undersökningar. Databanken innehåller flera hundratusen enkäter om statligt anställdas arbetsmiljö och hälsa.

Registerstudiens syfte var i första hand att studera sambandet mellan bullerexponering och trötthet, men även exponeringens eventuella samband med huvudvärk och negativ affekt, olust.

## Metodik

### *Den studerade gruppen*

Frågeformulären som Statshälsans referensdatabank grundas på har samlats in vid hälso- och arbetsmiljökartläggningar som bedrivits bland alla statligt anställda i Sverige under 1980-talet och början av 1990-talet. Dessa kartläggningar har insamlats på ett standardiserat sätt, och jämförbarheten inom materialet torde vara god (2).

Undersökningarna har bedrivits som totalundersökningar där alla anställda på en arbetsplats erbjudits att delta. I många fall har dessa undersökningar haft så gott som hundra procentigt deltagande. För att en enskild undersökning skulle inkluderas i totalmaterialet krävdes att bortfallet inte var större än 20 procent. Uppgifter saknas om hur många arbetsplatser och personer som fallit bort som följd av detta krav, och ingen möjlighet finns därför att uppskatta det totala bortfallets storlek.

I ett första steg valdes data från åren 1985-89, sammanlagt 115 000 enkäter, ut för analys. Bland dessa valde vi att intressera oss för de yrkesgrupper som har manuella yrken, d.v.s. i yrkesklassificeringssystemet NYK-grupp 6 "Transport och kommunikationsarbete", grupp 7 - 8 "Tillverkningsarbete, maskinskötsel m.m." och grupp 9 "Servicearbete m.m." (21). I dessa tre yrkesgrupper fanns sammanlagt 61 832 enkäter. Dessa yrken valdes för att få en stor andel buller-exponerade. Skillnaderna inom gruppen i socialt avseende och vad gäller arbetsmiljö och språkbruk kan också förväntas bli mindre än om andra yrkesgrupper inkluderats t ex grupp 0 "Tekniskt, naturvetenskapligt arbete m.m." eller grupp 2 "Administrativt, kameralt arbete m.m.". Genom att på detta sätt välja en relativt homogen grupp, minskar risken för att undergrupper skiljer sig mycket i tolkning- en av vad det innebär att vara exponerad för buller.

### *Enkäter*

De använda enkäterna utvecklades i nära samarbete mellan Yrkesmedicinska kliniken i Örebro och Statshälsan. Olika bakgrundsfaktorer liksom fysiska och psykosociala arbetsmiljöfaktorer belyses. På effektsidan ställs frågor om ett antal allmänsymtom liksom om besvär i rörelseorganen.

Enkäterna har validerats (1, 2) och har genomgående befunnits ha en god reliabilitet och acceptabel validitet.

*Indikatorer på trötthet och andra besvär* Svaret på ja/nej-frågan "Känner du dig ofta trött utan direkt anledning?" användes som mått på trötthet. En reliabilitetsstudie visade att 90 % gav samma svar vid upprepning av mätningen (1, 2).

Ytterligare två besvärsvariabler analyserades. Den ena var huvudvärk som indikerades med svaret på ja/nej-frågan "Besväras du ofta av huvudvärk?".

Den andra besvärsvariabeln var ett index bildat utifrån resultatet av en faktoranalys av besvärfrågorna som tydde på att fem frågor mätte samma underliggande variabel: *Känner du dig ofta:* 1. okoncentrerad; 2. rastlös eller spänd; 3. irriterad eller otålig; 4. ängslig, orolig eller nervös; 5. nedstämd, olustig eller ledsen.

Från svaren på dessa frågor bildades en dikotom variabel (0,1) där värdet 1 tilldelades dem som svarat ja på någon av dessa frågor.

*Bedömning av bullerexponering* Personen bedömde sin egen exponering genom att svara på en ja-nej-fråga om han regelbundet var utsatt för buller i sin nuvarande arbetsmiljö. Den validering mot expertbedömning av exponeringen som inom Statshälsan gjorts av svaren på exponeringsfrågorna (1, 2) visade genomgående att bullerfrågan hade en låg sensitivitet (47 %) och en hög specificitet (nära 100 %). Som exponering räknades då nivåer högre än lågt ventilationsbuller. Många exponerade svarade alltså *nej* på frågan, medan de som svarar *ja* nästan alltid var exponerade. Utfallet berodde naturligtvis också av var man i expertbedömningen lade skärningen mellan exponerad och oexponerad. Ju högre krav på exponeringen desto högre blir sensitivitet och desto lägre blir specificiteten. Om man t.ex. lade skärningspunkten vid "hörselskadligt buller" blev, med reservation för att den exponerade gruppen då blev tämligen liten, sensitiviteten c:a 80 % och specificiteten c:a 60 %.

Den i detta sammanhang viktigaste aspekten av frågans kvalitet som mätinstrument är att den fångar c:a 50% av dem som frekvent är exponerade för samtalsstörande buller (c:a >70 dB(A)) och att 95 % av dem som är exponerade för lägre ljudnivåer svarar nej på frågan.

Detta betyder att den grupp som svarat ja är en ganska "ren" bullerexponerad grupp, vars exponeringsnivå dock kan vara så låg som 70 dB(A). Den grupp som svarat nej innehåller däremot en hel del personer som arbetar i ljudnivåer över 70 dB(A).

Det fanns också en möjlighet att använda tilläggsfrågan "ofta besvärad av" för att försöka identifiera en mer extremt exponerad grupp, men valideringsstudien visade att detta inte förbättrar validiteten. Gruppen av besvärade personer skiljer sig dessutom med stor sannolikhet från övriga även i andra kritiska avseenden än exponeringsnivån.

Användning av självskattningar som indikator på både exponeringsnivån och som effektmått har den allvarliga svagheten att exponeringsmättet och effektmåttet med stor sannolikhet blir beroende av varandra. Sannolikheten är större att de som anser att bullret ger dem huvudvärk anger sig vara bullerexponerade, än de som exponeras för samma buller men inte besväras av det. Därför konstruerades också ett oberoende exponeringsmått utifrån personens yrkestillhörighet. För alla yrkesgrupper i materialet som innefattade mer än 50 personer (totalt 57 481 personer) gjordes en bedömning av den troliga exponeringsnivån i tre klasser: < 60, 60–80 och >80 dB(A) ( $L_{eq}$ : ekvivalentnivån, en form av medelvärdesmått; dB(A): frekvensvägd ljudnivå, dvs ljudnivå med hänsyn tagen till att människan inte är lika känslig för alla ljudfrekvenser). Klassificeringen gjordes av två oberoende bedömare med lång erfarenhet av ljudnivåmätningar i fält. De yrkesgrupper vars exponering bedömare inte var överens om togs inte med i analysen (fem grupper med sammanlagt 345 personer). De bildade grupperna innefattade 32383, 20732 resp. 4021 personer och totalgruppen reducerades därmed till 57 136 per-



soner i de analyser som byggde på detta exponeringsmått. Kategoriseringen av yrkesgrupperna ges i Bilaga 1.

I analysen av sambandet mellan bullerexponering och besvär användes en kombination av dessa två exponeringsbedömningar. Utgångspunkten var expertbedömningen utifrån yrkestillhörighet. I den lägsta exponeringsgruppen uteslöts dock de personer som själva bedömt sig som exponerade eftersom valideringsstudien visat att nästan samtliga av dessa kunde förväntas vara exponerade för nivåer över 70 dB(A). Gruppen med bedömd exponering under 60 dB(A) reducerades därmed till 24741 och totalgruppen till 49494 personer. Genom bortfall i de confounding-variabler som ingick i analysen (se nästa avsnitt) reducerades gruppen med fullständiga uppgifter till 41442 personer. Fördelningen på exponeringsgrupper blev därmed 20645 i gruppen med en bedömd exponering under 60 dB(A), 17545 i gruppen 60–80 dB(A) och 3252 i gruppen över 80 dB(A).

En analys gjordes även där den högexponerade gruppen begränsades till att endast omfatta dem som själva hade angivit sig vara bullerexponerade. Mindre vikt lades dock vid denna analys eftersom valideringsstudien (2) visade att en sådan selektion förmodligen leder till att ganska många exponerade utesluts ur gruppen, och risken är uppenbar att dessa är mindre besvärade av bullret än de som angivit sig vara exponerade. Dessutom gjordes separata analyser med självskattningarna eller expertbedömningen som exponeringsvariabel.

*Andra trötthetsrelaterade förhållanden* De personer som är exponerade för höga bullernivåer i sitt arbete har ofta en arbetsmiljö som även ur andra synpunkter är ogynnsam och skulle kunna orsaka trötthet. Det är också tänkbart att skillnader mellan ålders- och könsfördelningen mellan de exponerade och oexponerade grupperna skulle kunna påverka resultaten. För att kontrollera att ev skillnader mellan tröttheten hos bullerexponerade och oexponerade inte uppstått som följd av sådana samband togs följande variabler också in i analyserna:

- Kön (bortfall: 218 personer)
- Ålder (bortfall: 447 personer). Gruppen delades in i tre ungefär lika stora grupper: –34 år. 35–45 samt 46– år.
- Arbetets förläggning i tid (dagtid, tvåskift treskift, turlista med natt, turlista utan natt eller annan, bortfall: 2230 personer)
- Dåliga klimatförhållanden (ja/nej, bortfall: 953 personer)
- Tunga lyft (ja/nej, bortfall: 834 personer)
- Stillasittande arbete (ja/nej, bortfall: 1254 personer)
- Monotona arbetsrörelser (ja/nej, bortfall: 1055 personer)
- Svåra arbetsställningar (ja/nej, bortfall: 1249 personer)
- Stimulerande arbete. Index bildat som medelvärde av svar på två frågor om hur ofta arbetet upplevs som engagerande resp tillräckligt omväxlande (båda med fyra svarsalternativ, bortfall: 1 534 personer)
- Arbetsbelastning. Index bildat som medelvärde av svar på två frågor om hur ofta man har för mycket att göra resp om hur ofta arbetskraven är höga (båda med fyra svarsalternativ, bortfall: 1 969 personer)

Antalet personer som hade lämnat uppgifter i samtliga variabler var 52179.

*Responsbias* Om man svarar ja eller nej på en besvärfråga beror inte bara på hur intensiva besvär man upplever. Svaret kan också spegla en persons generella tendens att bejaka eller förneka besvär. En sådan generell *responsbias* kan till exempel uppstå som följd av att personerna har olika kriterier för vad som ska betraktas som ett besvär. En motsvarande *responsbias* kan också föreligga i svaret på exponeringsfrågor. Om samma *responsbias* drabbar både exponerings- och besvärbedömningarna skapas ett artificiellt samband mellan exponering och besvär. En annan effekt av en *responsbias* är att sambanden mellan exponering och besvär blir mycket ospecifika; en viss miljöfaktor kan visa sig ha samband med i stort sett alla typer av besvär.

För att kunna kontrollera att ett samband mellan bullerexponering och besvär inte uppstått som följd av en allmän *responsbias* bildades ett index av medelvärdet av svaret på fyra besvärfrågor (ja/nej-frågor där svaren kodades som 1 resp 0). De fyra frågorna valdes utifrån två kriterier. Besvären skulle inte kunna ses som en bullereffekt, och de skulle vara relativt oberoende av varandra. Det senare prövades genom en faktoranalys av besvärsskattningarna, enligt vilken de fyra utvalda besvären hamnade i olika faktorer. De fyra utvalda besvären var *orolig mage, förkylningar, klåda eller andra hudbesvär* samt *besvär från rygg, nacke eller axlar*.

*Statistisk analys* Analyserna av sambandet mellan bullerexponering och de dikotoma besvärsvariablerna gjordes med logistisk regressionsanalys, där variablerna togs in i två steg. I det första steget ingick alla variabler utom bullerexponering och *responsbias*, som togs in i ett andra och tredje steg. Oddskvoter för de bullerexponerade relativt de oexponerade beräknades och redovisas med och utan kontroll för *responsbias*.

## Resultat

### *Sambandet mellan bullerexponering och besvär*

Tabell 1 ger oddskvoter (OR) för analyserna som baseras på den expertbedömda bullerexponeringen utifrån yrkestillhörighet med uteslutning av de som själva angav sig vara exponerade i gruppen med den lägsta exponeringen med och utan kontroll av effekterna av *responsbias*. Oddskvoterna är genomgående låga och för *Olust* förelåg inte någon signifikant högre odds i de två grupperna med högre exponering. Både trötthet och huvudvärk var vanligare i gruppen med den högsta exponeringen och huvudvärk dessutom i gruppen med 60–80 dB(A) exponering.

För att en *responsbias* skulle kunna få någon påtaglig effekt på oddskvoterna skulle krävas att den visade ett starkt samband både med exponerings- och besvärbedömningen. Som framgår av tabell 1 hade kontrollen av *responsbias*-effekten en mycket liten inverkan på oddskvoterna för buller. Detta berodde på att denna variabel visserligen hade ett starkt samband med besvärsskattningen (tabell 2), medan den var helt orelaterad till exponeringsbedömningen; oddskvoten för *responsbias* med exponeringsbedömningen (högsta exponeringskategorin jämförd med den lägsta) som beroende variabel var 0,99.

**Tabell 1.** Oddskvoter och 99% konfidensintervall (KI) för olika besvär i gruppen bedömd vara exponerad för buller 60–80 dB(A) Leq och den exponerad för >80 dB(A) relativt de oexponerade, <60 dB(A) (n=20645). Oddskvoter kontrollerade för effekten av variablerna kön, ålder, arbetstid, dåliga klimatförhållanden, tunga lyft, monotona arbetsrörelser, stillasittande arbete, svåra arbetsställningar, stimulans i arbetet, och arbetsbelastning samt, i kolumn 3 och 4, för ett index på responsbias.

Beroende variabel	Kontroll för responsbias			
	60<Leq<80dB(A) (n=17545 )	Leq>80 dB(A) (n=3252 )	60<Leq<80dB(A) (n=17545 )	Leq>80 dB(A) (n=3252 )
	Oddskvot (KI)	Oddskvot (KI)	Oddskvot (KI)	Oddskvot (KI)
Trött utan anledning	1,05 (0,99-1,12)	1,19 (1,08-1,30)	1,04 (0,97-1,10)	1,16 (1,05-1,28)
Ofta huvudvärk	1,12 (1,05-1,19)	1,14 (1,02-1,26)	1,10 (1,03-1,18)	1,15 (1,02-1,28)
Olust	1,01 (0,95-1,08)	1,02 (0,92-1,12)	0,99 (0,93-1,06)	1,02 (0,91-1,13)

**Tabell 2.** Oddskvoter och 99% konfidensintervall (KI) för andra variabler än bullerexponering för de tre besvärerna. Oddskvoter beräknade efter kontroll av de övriga variablerna .

Variabel	Trötthet Oddskvot (KI)	Huvudvärk Oddskvot (KI)	Olust Oddskvot (KI)
Kön (kv, n=16809, jämförda med män, n=27525)	1,48 (1,42–1,55)	2,23 (2,16–2,30)	1,39 (1,29–1,41)
Ålder			
Jämf.grupp:–34 år (n=14025)			
35–44 (n=14527)	0,91 (0,84–0,99)	1,14 (1,06–1,22)	1,01 (0,94–1,14)
45– (n=14549)	0,97 (0,89–1,04)	0,92 (0,84–1,01)	1,00 (0,93–1,07)
Arbetstid			
Jämf.grupp: dagtid (n=32242)			
Tvåskift (N=1458)	1,12 (0,96-1,28)	0,85 (0,67-1,03)	1,08 (0,93-1,24)
Treskift (n=560)	0,90 (0,63-1,18)	0,95 (0,67-1,26)	0,82 (0,56-1,08)
Turlista m. natt (n=5595)	1,02 (0,92-1,12)	1,01 (0,90-1,12)	0,97 (0,88-1,06)
Turlista utan natt (n=2266)	0,92 (0,78-1,06)	1,04 (0,90-1,19)	1,00 (0,87-1,10)
Annan (n=980)	0,75 (0,55-0,96 )	0,83 (0,61-1,05)	0,97 (0,78-1,16)
Dåliga klimatförhållanden	1,19 (1,12-1,25)	1,07 (1,00-1,14)	1,16 (1,10-1,22)
Tunga lyft	1,01 (0,94-1,08)	0,96 (0,88-1,03)	1,02 (0,95-1,08)
Monotona rörelser	1,00 (0,92-1,07)	1,02 (0,94-1,10)	1,01 (0,93-1,08)
Stillasittande arbete	1,20 (1,13-1,26)	1,11 (1,04-1,19)	1,27 (1,21-1,34)
Svåra arbetsställningar	1,12 (1,05-1,19)	1,14 (1,06-1,22)	1,10 (1,03-1,17)
Icke stimulerande arbete	1,62 (1,55-1,69)	1,20 (1,12-1,28)	1,82 (1,75-1,88)
Hög arbetsbelastning	1,21 (1,02-1,39)	1,16 (0,96-1,36)	1,23 (1,06-1,40)
Responsbias	3,46 (3,39–3,52)	3,17 (3,09–3,25)	3,13 (3,07–3,35)

Den självskattade bullerexponeringen hade också bara ett svagt samband med responsbias (OR=1,07). Av de övriga självskattade exponeringarna visade sig stillasittande arbete ha det svagaste sambandet med responsbias (oddskvot: 1,09). Övriga oddskvoter var: arbetsbelastning (1,36), icke-stimulerande arbete (1,49), dåliga klimatförhållanden (1,53), tunga lyft (1,84), monotona arbetsrörelser (1,92) och svåra arbetsställningar (2,19).

Den självskattade bullerexponeringen visade något svagare samband med trötthet och huvudvärk (OR=1,09) än den som byggde på expertbedömningen. Inte heller denna visade ett signifikant samband med olust.

Analyser gjordes även med uteslutning av dem som sade sig vara oexponerade i den högsta exponeringsgruppen. Detta höjde oddskvoterna för denna grupp till 1,29 för trötthet och 1,22 för huvudvärk efter kontroll för effekterna av samtliga övriga variabler. Oddsquoten för olust kvarstod i stort sett oförändrad vid 1,03.

### *Övriga variablers samband med besvären*

Utöver bullerexponeringen bidrog flera av de övriga variablerna till att separera gruppen med besvär från den utan besvär (tabell 2). Såväl trötthet som huvudvärk och olust var vanligare bland kvinnorna än bland männen. Miljöfaktorer som ökade sannolikheten för dessa besvär var dåligt klimat, stillasittande arbete, svåra arbetsställningar och icke stimulerande arbetsuppgifter. Trötthet och olust, men inte huvudvärk, var dessutom vanligare bland dem med hög arbetsbelastning. Gruppen med ”andra arbetstider” var mindre ofta trött än övriga (gruppen bestod framför allt av postanställda), och huvudvärk var vanligare i åldersgruppen 35–44 år än bland de yngre och de äldre. Inget samband förelåg mellan besvär och arbetstidsschema eller tunga lyft.

Den variabel som hade det överlägset största förklaringsvärdet för alla tre besvär var indexet för responsbias.

## **Diskussion**

Registerstudiens resultat gav ett visst stöd för att buller kan bidra till trötthet och huvudvärk. Oddsquoterna för trötthet och huvudvärk låg genomgående signifikant över 1. Avvikelsen från 1 var dock mycket liten och blev signifikant som en följd av den extremt stora undersökningsgruppen. Några höga oddskvoter var dock heller inte att förvänta, eftersom så många andra förhållanden påverkar dessa symptom, i synnerhet tröttheten.

Både självskattningen av exponering och klassificeringen i exponeringsgrupper utifrån yrkestillhörighet ger mycket grova och felbemängda bedömningar av den faktiska exponeringen. Få exponerade torde ha placerats i den lägst exponerade gruppen, men i de två högre exponeringsgrupperna ingick med säkerhet en icke oväsentlig andel oexponerade. I den högsta exponeringsgruppen tillkommer problemet att många kan ha använt hörselskydd, vilket skulle göra nivån på arbetsplatsen till ett dåligt exponeringsmått. Felklassificeringarna minskar naturligtvis skill-

naderna i gruppernas exponering, och därmed också möjligheten att påvisa de eventuella effekterna av bullerexponeringen.

Att trötthet och huvudvärk är besvär påverkas av många skilda förhållanden innebär också att flera för besvären viktiga variabler troligen inte har tagits med i analysen. Om någon av dessa utelämnade variabler dessutom skulle ha ett positivt samband med bullerexponeringen skulle en kontroll av dem ha sänkt oddskvoterna. Det går naturligtvis inte att utesluta denna förklaring av resultaten.

Bortfallet i analyserna var stort, framför allt genom uteslutningen av dem som sade sig vara exponerade i den lägsta exponeringsgruppen. Dessutom är det möjligt att upp till 20 procent av de anställda på en arbetsplats inte besvarade enkäten, och ett okänt antal arbetsplatser har inte kommit in i registret eftersom bortfallet varit större än 20 procent. Ytterligare bortfall uppstod som en följd av många personer inte hade besvarat någon enstaka av de frågor som användes i analyserna. (För att minimera det senare bortfallet gjordes även analyser där endast de variabler som gav ett signifikant unikt bidrag till förklaringen av besvärsfrekvensen togs med i modellen, stegvis analys. Resultatet från dessa analyser skilde sig obetydligt från det med den fullständiga modellen.) Det är inte osannolikt att detta bortfall har lett till bristande representativitet både vad gäller besvärs- och exponeringsfrekvens. Bortfallet hade därför varit ett allvarligt problem om syftet hade varit att få en bild av förekomsten av exponering och besvär; däremot förefaller det mindre troligt att denna typ av bortfall skulle ha påverkat sambandet mellan exponering och besvär.

Ålder visade sig vara av mycket liten betydelse för de studerade besvären. Detta skulle kunna betyda att dessa besvär faktiskt inte är åldersberoende inom det undersökta åldersintervallet. Frånvaron av skillnader kan dock också tänkas vara en effekt av att de som mår särskilt illa av bullret kan tänkas söka sig till andra arbetsmiljöer. Anspråksnivåerna kan också skilja sig mellan åldersgrupperna; de äldre kan tänkas mena något annat än de yngres när de anger sig vara bullerexponerade eller trötta.

Responsbiasvariabelns starka samband med de tre undersökta besvären tyder på att det finns en grupp som har en allmän benägenhet att svara ja på frågor om besvär. Det finns alltså all anledning att försöka få kontroll över denna felkälla i den här typen av studier, och det skulle kunna göras på ett mer sofistikerat sätt än i denna studie. Sambandet mellan de tre studerade besvären och de som ingick i responsbiasindexet kan dock också tolkas på ett annat sätt; tröttheten, huvudvärken och olusten skulle delvis kunna vara följderna av att man var drabbad av nack- och magbesvär eller av de andra besvär som ingick i detta index, eller av att man var exponerad för de förhållanden som givit upphov till dessa besvär. Indexet skulle i så fall inte bara kontrollera för skillnader i svarsstil utan också för ytterligare ett antal tänkbara confounding-variabler.

Effekten av denna allmänna responsbias skulle förmodligen kunna reduceras genom bättre formuleringar av frågorna och svarsskalan; ja-nej-frågan om man ofta upplever ett visst besvär ger ett mycket stort tolkningsutrymme. Man skulle hellre fråga hur ofta man har huvudvärk, och använda en svarsskala med konkreta frekvensangivelser.

Bedömningen av bullerexponering visade ett svagare samband med responsbiasmålet än övriga exponeringsbedömningar. Den viktigaste förklaringen till detta är förmodligen att besvärsskattningarna som ingick i responsbiasindikatorn valdes med tanke på att de inte skulle kunna ha ett orsakssamband bullerexponeringen, medan de mycket väl skulle kunna ha ett sådant samband med en del andra exponeringar. Ett högt samband med responsbias kan också tänkas avspegla ett starkare beroende mellan exponerings- och besvärbedömningen. Det är t. ex. sannolikt att den som anger att klimatförhållandena är dåliga eller att arbetsställningarna är svåra därmed också indikerar att förhållandena upplevs som besvärande, medan detta inte på samma sätt torde gälla bedömningen av om arbetet är stillasittande eller ej.

## Trötthetsvariation under en arbetsvecka i flygmiljö - ljudnivå c:a 95 - 100 dB(A) $L_{eq}$

I den tidigare flygteknikerstudien (10) fann vi en stigande trötthetseffekt mätt med självskattningar under arbetsveckan i buller. Någon motsvarande analys kunde inte göras av reaktionstider, eftersom dessa endast mättes under den sista arbetsdagen. Dock förelåg det då en skillnad mellan buller- och kontrollveckan redan i morgonmätningarna, vilket skulle kunna bero på en under veckan ackumulerad trötthetseffekt.

Föreliggande studie gjordes för att pröva om en sådan gradvis försämring av reaktionssnabbheten skedde bland flygmekaniker under en arbetsvecka på plattan. Inga möjligheter förelåg att samla in data från gruppen under en mindre exponerad vecka eller i en oexponerad kontrollgrupp under en arbetsvecka.

### **Metodik**

Mätningar gjordes måndag till fredag under en arbetsvecka på startplatta dels på morgonen före tjänstens början (c:a 0700–0800), dels på kvällen efter tjänstens slut (c:a 1530–1630).

#### *Den studerade gruppen*

Studien genomfördes i en grupp med 16 värnpliktiga flygmekaniker under en vecka då de arbetade med klargörning av militära jetskolflygplan. Samtliga i gruppen var män och i åldrarna 19 - 22 år. Samtliga mekaniker bar under testveckan hörselskydd av kåptyp, fabrikat Peltor, typ H7.

#### *Exponeringsmätning*

Ljudkällan var ett militärt tvåmotorigt jetskolflygplan av typ SK60. Arbetsuppgifterna på startplattan, bestod i att göra flygplanen klara inför start samt att ta hand om dem efter landning. Man flyger oftast fyra pass per dag, två på förmiddagen och två på eftermiddagen. Vid start är ljudnivån hög under ca en halvtimme, medan exponeringstiden är kortare i samband med landning. Mellan passen på

plattan, då flygplanen befinner sig i luften, uppehåller sig flygmekanikerna oftast i "tyst" miljö i en kontrollbyggnad. Tankning av planen skedde i ett slutet system, så kallad trycktankning, varför de i mycket liten utsträckning var utsatta för ångor från flygbränslet, vilket annars skulle kunna ge trötthetseffekter (11).

Ljudnivåmätningar utfördes med personburen bullerdosimeter med mikrofonen placerad på kragen intill vänster öra. Varje mättdag utfördes mätning på två värnpliktiga. Sammanlagt mättes bullerdos under åtta arbetsdagar (c:a 8 timmar/dag) och på åtta personer. Dosimetrarna kalibrerades varje mättdag.

Bullerdosimetrar av fabrikat Larson & Davis, typ LD 700 användes vid samtliga mätningar. Inställning av dosimetern samt läsning av mätresultat görs via dator. De mätdata som registreras är A-vägd ekvivalentnivå ( $L_{eq}$ ) över dag, max- och min- nivåer, högsta peak-värde, samt antalet gånger som nivån överskrider 115 dB(A), med tidskonstanten *fast* och 140 dB(lin), med tidskonstanten *peak*. Dessa värden registreras dels över hel dag, dels för varje 15 minutersintervall så att exponeringens variation över dagen kunde beskrivas.

För varje försöksperson noterades också antalet aktiva pass med klargörningstjänst per dag. Maximalt är fyra pass per dag möjliga, två på förmiddagen och två på eftermiddagen.

Noggrannare ljudnivåmätningar med bl.a. frekvensspektra utfördes i samband med den förra flygteknikerstudien.

### *Effektmätningar*

*Reaktionstid.* Det reaktionstidstest som användes kommer från ett datoriserat testbatteri, SPES (5). En röd fyrkant presenteras med oregelbundna intervaller (2,5–5 sek) på en bildskärm, och försökspersonens uppgift är att trycka på en tangent så snabbt som möjligt. Reaktionstiden (RT) mättes och lagrades. Testet pågick i 6 minuter, varav den första minuten räknades som övningsperiod. Medelvärde och standardavvikelsen av de 80 reaktionstiderna beräknades efter uteslutning av reaktionstider kortare än 0,1 sek. eller längre än en sekund.

*Trötthetsskattningar.* En standardiserad enkät användes för bedömningen av subjektiv trötthet (9). Enkäten innehåller 16 delskalor som består av ett adjektiv och en sexgradig svarsskala med ytterpunkterna *inte alls* och *mycket, mycket*. Med dessa skalor beskrev försökspersonerna hur de hade känt sig under den senaste kvarten. Fyra av skalorna mäter vakenhet, och sex hur energisk man känner sig; dessa två skalor användes som trötthetsindikatorer. De återstående sex orden bildar en stress-skala.

Reaktionstidstestet gjordes först för att skattningarna skulle baseras på en så standardiserad situation som möjligt.

### *Statistiska metoder*

För att pröva om de skillnader i medelvärden som erhöles vid de tio mättillfällena var statistiskt säkerställda ( $p < 0,05$ ) användes tvåvägs variansanalyser. De p-värden som presenteras baseras på frihetsgrader som i aktuella fall har reducerats med Greenhouse-Geissers epsilon (7).

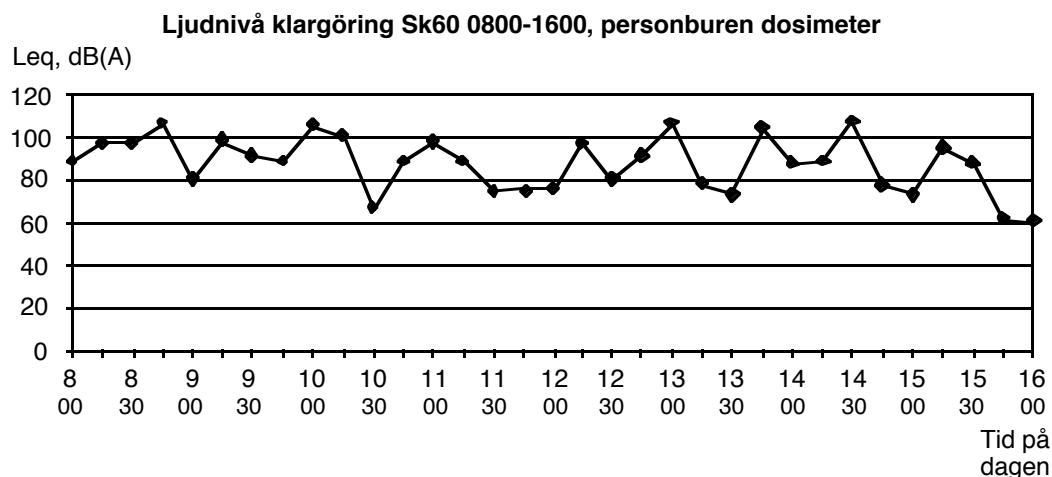
## Resultat

### Ljudnivåmätningar

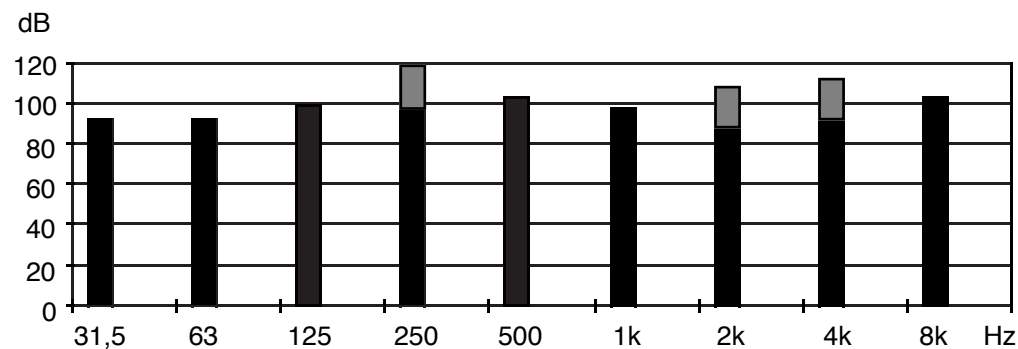
Nivåerna låg mellan 96 och 102 dB(A) mätt som ekvivalentnivå över hel arbetsdag. Resultat från enskilda mätdagar och personer framgår av tabell 3. Maximal ljudnivå under arbetsdag var mellan c:a 125 och 145 dB(A). Gränsen för hörsel

**Tabell 3.** Mätresultat från bullerdosmätning under en arbetsdag (ca 07.30–16.30)

Försöksperson och dag	Ekvivalent ljudnivå dB(A)	Maxvärde dB(A); fast	dB(A)-värde som överskreds 50% av tiden	Antal överskridanden av 115 dB(A), fast	Antal överskridanden av 140 dB(lin), peak
Fp 017, 1994-06-15	98	127	69	26	0
Fp 018, 1994-06-16	98	141	68	23	7
Fp 031, 1994-06-16	97	124	68	35	16
Fp 055, 1994-06-13	96	125	67	7	0
Fp 066, 1994-06-15	96	128	69	19	3
Fp 076, 1994-06-14	99	139	68	23	8
Fp 088, 1994-06-13	96	125	67	11	0
Fp 127, 1994-06-14	102	143	68	20	4

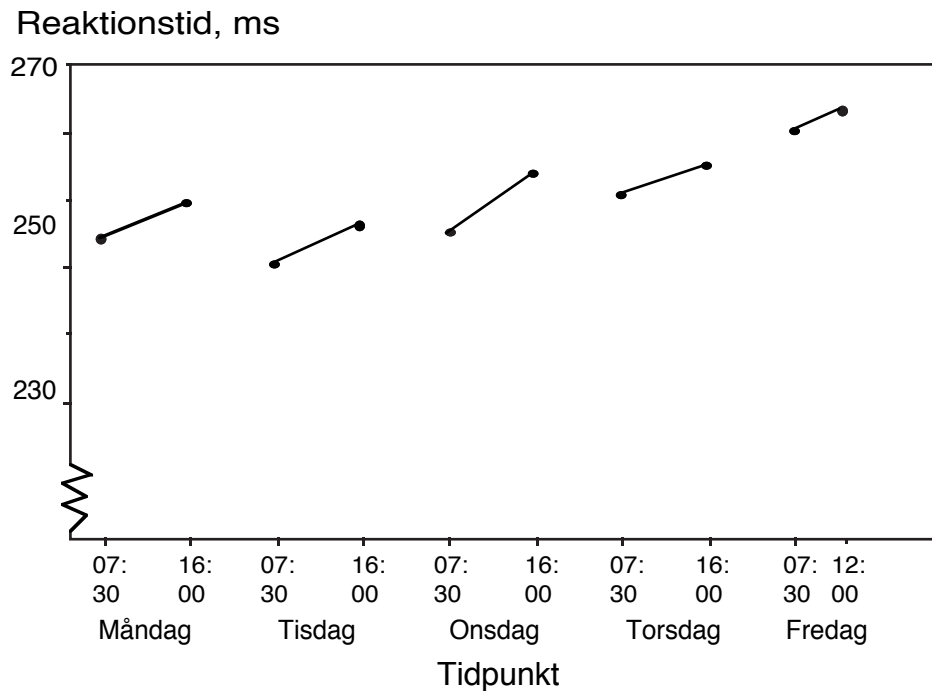


**Figur 1.** Exempel på hur den A-vägda ekvivalentnivån varierade mellan successiva 15-minutersperioder på plattan.



**Figur 2.** Oktavbandsanalys av bullret i samband med klargöring av flygplan. I tre oktavband, där det förekom rena toner har 10 dB adderat till den uppmätta nivån.





**Figur 3** Genomsnittliga reaktionstider på före och efter arbetet på plattan under arbetsveckan.

skaderisk vid enstaka exponering, 115 dB(A), *fast* överskreds upp till 35 gånger per arbetsdag. C:a 50% av arbetstiden var nivån lägre än 67-69 dB(A).

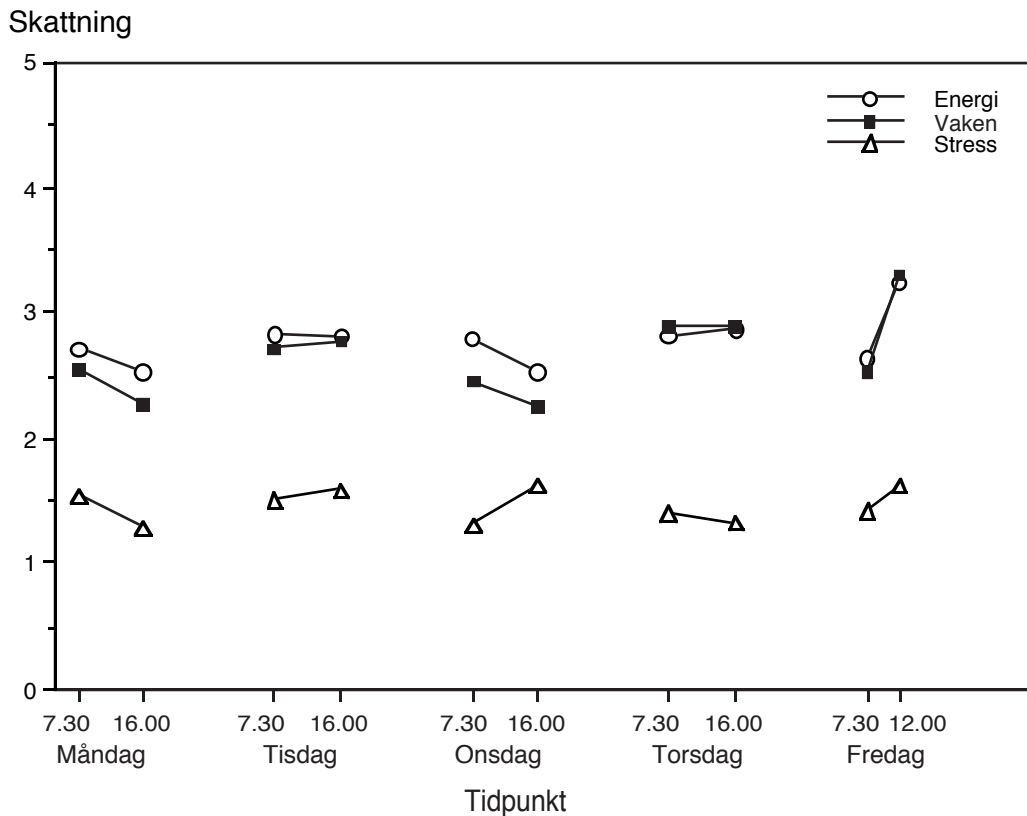
Den ekvivalenta ljudnivån varierade mycket under en arbetsdag med toppar över 100 dB(A) i samband med starter (figur 1).

Av frekvensanalysen (figur 2) framkom att det varken inom infra- eller ultraljudsområdet förelåg ljudnivåer som var tillräckligt höga för att skapa ett hörselintryck. Däremot kunde flera toner identifieras i den del av bullret som skulle kunna utgöra en hörselskaderisk. Rena toner återfanns i oktavbanden 250 Hz, 2 kHz och 4 kHz och därför har i figuren 10 dB adderats till nivåerna i dessa frekvensband.

Under förutsättning att hörselskydden fungerade enligt tillverkarens specifikationer låg den ekvivalenta ljudnivån under kåpan något under 85 dB(A).

### *Reaktionstider*

Bortsett från att reaktionstiderna var något kortare under tisdagen än under måndagen, blev man gradvis långsammare under veckan (figur 3,  $F_{4,60}=4,38$ ,  $p<.01$ ). Dessutom framgår klart att de genomsnittliga reaktionstiderna var längre efter arbetet än före. Denna skillnad var dock inte statistiskt signifikant ( $F_{1,15}=2,09$ ,  $p=.17$ ). Ett annat sätt att analysera reaktionstiderna är att se hur mycket de varierar. Ju tröttare man är desto mer oregelbundna blir reaktionstiderna. Ett mått på oregelbundenheten är reaktionstidernas standardavvikelse, som visade ungefär samma mönster som medelvärdena.



**Figur 4** Genomsnittliga energi-, vakenhets- och stress-skattningar på före och efter arbetet på plattan under arbetsveckan.

### Skattningar

Stresskattningarna låg hela veckan på en låg och relativt konstant nivå (figur 4). Vakenhets- och Energiskattningarna varierade systematiskt mellan veckodagarna, men visade ingen regelbunden tendens att sjunka eller stiga. Allra piggast kände man sig på fredagsmiddagen inför helgledigheten.

### Diskussion

Förlängningen av reaktionstiderna under veckan ger stöd för antagandet att tröttheten ackumuleras under arbetsveckan. Resultatet stöder därmed den tolkning som gjordes av den skillnad som redan på morgonen förelåg mellan buller- och kontrollbetingelsen mot slutet av veckan i flygteknikerstudien. Eftersom mätningar bara gjordes i samband med tjänst på plattan går det inte att med säkerhet säga att bullret bidrog till den ökade tröttheten. Reaktionstiderna var vidare genomgående högre på eftermiddagarna än på morgonen; under normala förhållanden kan man tvärtemot förvänta sig att prestationen i detta test är bättre på eftermiddagen än tidigt på morgonen (22).

I motsats till vad vi fann i den förra undersökningen fanns ingen motsvarande tendens i skattningarna av trötthet. Detta skulle kunna bero på att det upplevda tillståndet lätt låter sig påverkas av skillnader i arbetsförhållandena mellan undersökningsdagarna, medan reaktionstiderna då skulle avspegla en tillståndsföränd-

ring som är svårare att påverka. Sådana effekter kunde inte på samma sätt slå igenom i den förra undersökningen eftersom data där insamlades under många arbetsveckor, vilket minskade risken för systematiska skillnader mellan veckodagarna.

Förlängningen av reaktionstiderna från morgonen till eftermiddagen var inte särskilt stor. Då man tolkar detta ska man hålla i minnet att man normalt skulle vänta sig en kortare reaktionstid på eftermiddagen än på morgonen. Detta beror på att vi har en dygnsrytm i vakenhet som normalt ligger lägst vid 3-4-tiden på morgonen och högst vid 6-tiden på eftermiddagen.

## Trötthetseffekter på några fartyg inom kustflottan - ljudnivå c:a 80 dB(A) $L_{eq}$

Målsättningen med den undersökning som genomfördes på tre fartyg inom kustflottan (Tirfing, Spejaren och Smyge) var att ta reda på om liknande trötthetseffekter, som observerats i flygmiljö, kunde iaktas även vid lägre ljudnivåer och i en annan miljö.

Studien genomfördes på två patrullbåtar av typ Hugin (Tirfing och Spejaren) samt på försöksfartyget Smyge. Patrullbåtarna har ett displacement på 150 ton, en längd på 37 m, samt hastighet på 30 knop. De båda patrullbåtarna var modifierade bl.a. vad gäller förbättrad ljudisolering. Smyges displacement är 140 ton, längden 30 m och hastighet 40 knop. Patrullbåtarna har ett konventionellt skrov medan Smyge bygger på luftkuddeteknik.

### Metodik

Reaktionstider och upplevd trötthet mättes under en dag till sjöss med relativt hög bullernivå (c:a 80 dB(A)  $L_{eq}$ ) och en dag vid kaj då ljudnivån var klart lägre (< 60 dB(A)  $L_{eq}$ ).

Mätningar gjordes före tjänstens början (0700–0800), vid lunch (1200–1300) och efter tjänstens slut (1600–1700) under de båda testdagarna. Hälften av deltagarna genomgick testdagen vid kaj först och därefter testdagen till sjöss. Den andra hälften av deltagarna gjorde testerna i motsatt ordning. Under testdagarna genomfördes också ljudnivåmätningar.

#### *Deltagare i undersökningen*

Sammanlagt deltog 29 personer i studien: åtta officerare på varje patrullbåt samt fem officerare och åtta värnpliktiga på Smyge. En av deltagarna var kvinna. Åldern i gruppen varierade mellan 20 och 52 år (medelålder: 28 år).

#### *Bullerdosmätningar*

Ljudnivåmätningar utfördes med samma utrustning som i studien av flygmekaniker och utfördes för tre personer på varje fartyg. Mätvärdena registrerades under hela arbetsdagar c:a 0800–1600 och för varje timme under mätdagen.

Vid tidigare studier har ljudnivåmätningar med bl.a. kartläggning av nivåer i olika utrymmen samt frekvensspektra genomförts på fartygen.

Vidare noterades vindstyrka och våghöjd och personalen tillfrågades om intag av medicin mot sjösjuka.

### *Effekt-mätningar*

Samma reaktionstidstest och frågeformulär användes som i de tidigare undersökningarna.

Reaktionstidstestet gjordes före skattningarna för att dessa skulle göras i en situation så likvärdig som möjligt för alla försökspersoner.

### *Statistiska metoder*

För att pröva om de skillnader i medelvärden mellan tidpunkter på dagen, fartygstyperna och mätningarna vid kaj och till sjöss var statistiskt säkerställda användes variansanalyser. De skillnader som tas upp i resultatredovisningen var alla, om inte annat påpekas, statistiskt säkerställda ( $p < 0.05$ ).

Data från de två patrullbåtarna slogs ihop eftersom buller- och arbetsförhållandena på dessa båtar bedömdes vara likvärdiga; inga skillnader erhöles i resultaten från de två fartygen. Därigenom blev också de två grupperna som jämfördes ungefär lika stora (16 i patrullbåtarna och 13 på Smyge).

## **Resultat**

### *Bullerdosmätning*

Större delen av personalen ombord exponeras till sjöss för en ganska jämn bakgrunds-nivå kring 70-80 dB(A)  $L_{eq}$ , vartill kommer ljud från olika verksamheter ombord. Som framgår av tabell 4 varierade de ekvivalenta ljudnivåerna över dag mellan 78 och 110 dB(A) beroende på arbetsuppgift.

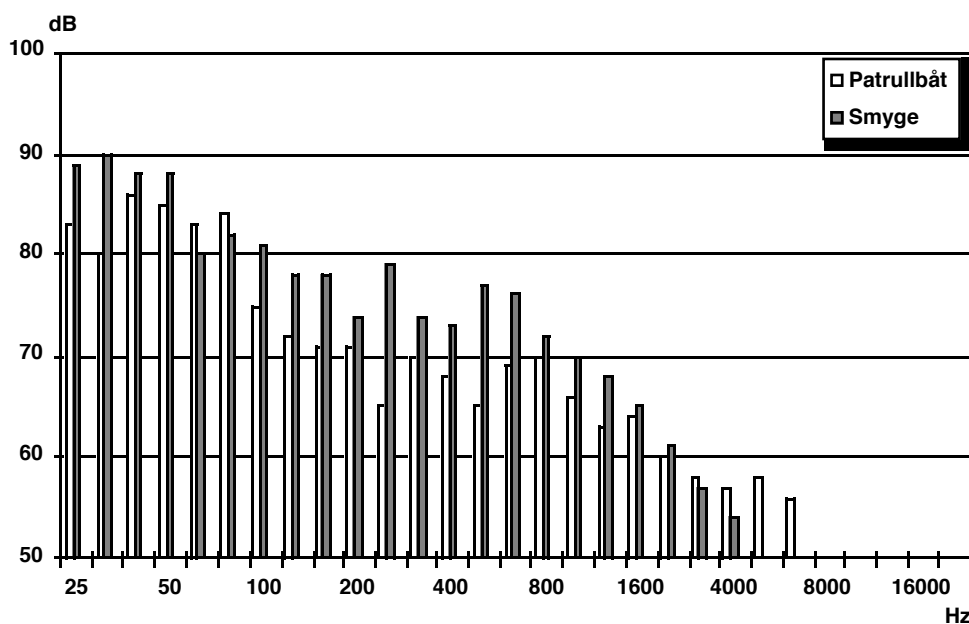
Flertalet deltagare tjänstgjorde på bryggan eller i stridsledningscentralen, där ljudnivåerna låg på c:a 80 dB(A)  $L_{eq}$ . På patrullbåtarna hade maskinpersonalen, två personer på varje fartyg, högre exponeringsnivåer (mellan 100 och 110 dB(A)  $L_{eq}$ ). På Smyge utsattes fyra personer för högre ekvivalentnivåer än 80 dB(A): Två i maskin (c:a 100 dB(A)) och två kockar (c:a 90 dB(A)  $L_{eq}$ ).

Den nivå som överskreds 50% av arbetstiden var vid alla mätningar 70-80 dB(A). Impuls-ljud  $>140$  dB(lin), *peak* förekom i stort sett inte, men maskinpersonalen utsattes regelbundet för ljud över 115 dB(A), *fast*.

Samtliga försökspersoner bar under provdagarna hörselskydd av kåptyp (Peltor, typ H7) då de vistades i utrymmen med ljudnivåer över c:a 80 dB(A). Ljudnivån på fartyget är betydligt lägre då fartygen ligger vid kaj eftersom motorerna då oftast inte är i drift och man i stället använder sig av landkraft. På Smyge var bakgrunds-nivån vid kaj och landkraftsdrift c:a 50 dB(A) i mäss och c:a 52 dB(A) på brygga. Motsvarande värden på patrullbåtar var c:a 44 dB(A) i mäss och 50 dB(A) på brygga. Då man går för egen kraft vid kaj ökas dessa värden med 5-15 dB(A).

**Tabell 4.** Mätresultat från bullerdosmätning till sjöss under hel arbetsdag (08.00–16.00).

Fartyg	Försöks- person	Datum	Ekvivalent ljudnivå dB(A)	Max värde dB(A); fast	dB(A)- värde som överskri- dits 50% av tiden	Antal gångar >115 dB(A), fast	Antal gångar nivån >140 dB(lin), peak
Spejaren	Maskin- tjänstchef	94-10-18	110	123	79	9	0
Spejaren	Stridsledn.- officer	94-10-18	90	120	72	1	0
Spejaren	1:e Officer	94-10-18	79	95	74	0	0
Tirfing	1:e Maski- nist	94-10-24	105	119	75	3	1
Tirfing	1:e Officer	94-10-24	78	108	71	0	0
Tirfing	Vpl i Strids- ledn.cent.	94-10-24	80	117	70	1	1
Smyge	Vpl Bryggan	94-05-25	80	105	79	0	0
Smyge	Vpl Maskin	94-05-25	101	120	79	9	0
Smyge	Vpl Kock	94-05-25	88	111	80	0	0



**Figur 5.** Tersbandsanalys i styrhytt på försöksfartyget Smyge och en patrullbåt. Mätningarna gjorda i styrhytt under helfart, 5- 10 m/s, med 0,5-1,0 m våghöjd.

För båda fartygstyperna dominerar ljudet inom det lågfrekventa området ljudbilden (figur 5). I de lägre frekvenserna 25–1000 Hertz är emellertid Smyges ljudnivå i de flesta tersband 5–15 dB högre än i patrullbåtarna.

### Vindförhållanden

Under testdagarna till sjöss var vindstyrkan 5–10 m/s och våghöjden 0,5–1,0 m på patrullbåtarna och 3–5 m/s respektive <0,5 m på Smyge.

### Reaktionstid

Reaktionstiderna i patrullbåtarna var ungefär lika långa till sjöss som vid kaj (figur 6). Den enda statistiskt säkerställda effekten i dessa fartyg var att reaktionstiderna var längre vid morgonmätningarna än vid de två mätningarna senare på dagen ( $F_{2,28}=7,51$ ,  $p<0.02$ ). Detta är också som påpekats ovan det mönster man förväntar sig under normala betingelser.

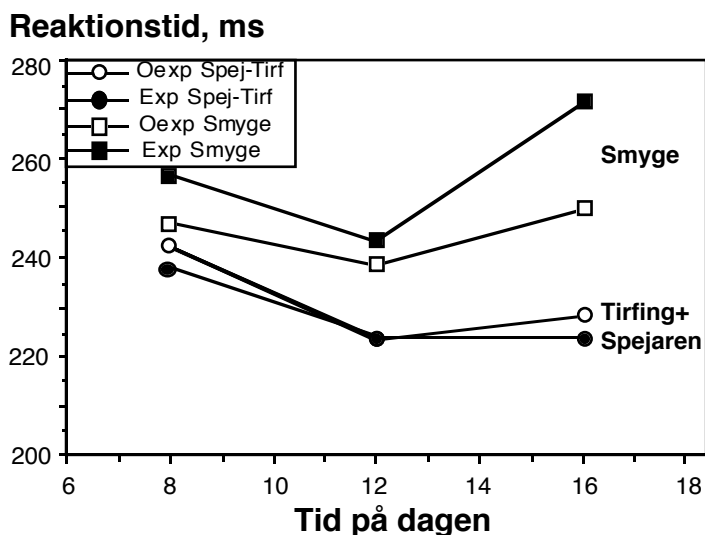
På Smyge var tvärtom reaktionstiden längst på eftermiddagen, och försämringen av reaktionssnabbheten var mycket större till sjöss än vid kaj ( $F_{2,22}=3,49$ ,  $p<0.05$ ). De genomsnittliga reaktionstiderna låg vid alla mättillfällen högre i Smyge än i patrullbåtarna. Denna skillnad var dock endast statistiskt säkerställd vid eftermiddagsmätningen ( $F_{2,54}=10,42$ ,  $p<0.01$ ).

Reaktionstiderna tyder alltså på att man på Smyge blev mer uttröttad till sjöss än vid kaj, medan ingen sådan skillnad kunde iaktas på patrullbåtarna.

### Skattningar

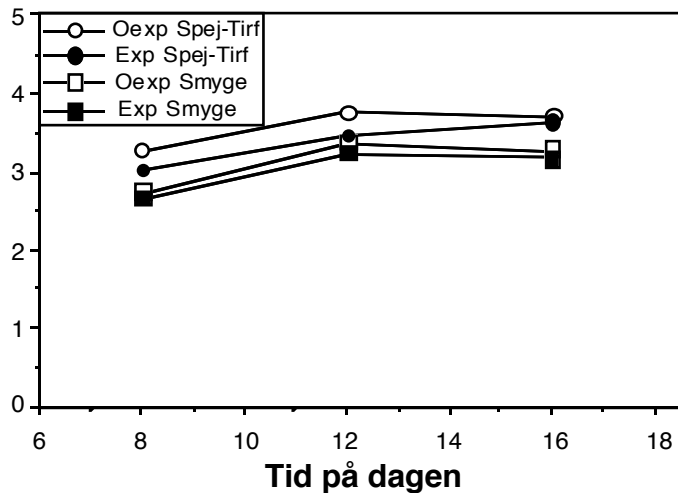
**Vakenhet.** Den enda statistiskt signifikanta skillnaden i vakenhet var att skattningarna låg lägre på morgonen än senare på dagen (figur 7,  $F_{2,54}=14,41$ ,  $p<0.01$ ). Vakenhetsnivån skilde sig alltså inte mellan mätningarna som gjordes vid kaj och de som gjordes till sjöss.

**Energi.** Energiskattningarna steg något under dagen (figur 8), men ingen säkerställd skillnad förelåg mellan mätningarna till sjöss och de vid kaj eller mellan de två fartygstyperna.



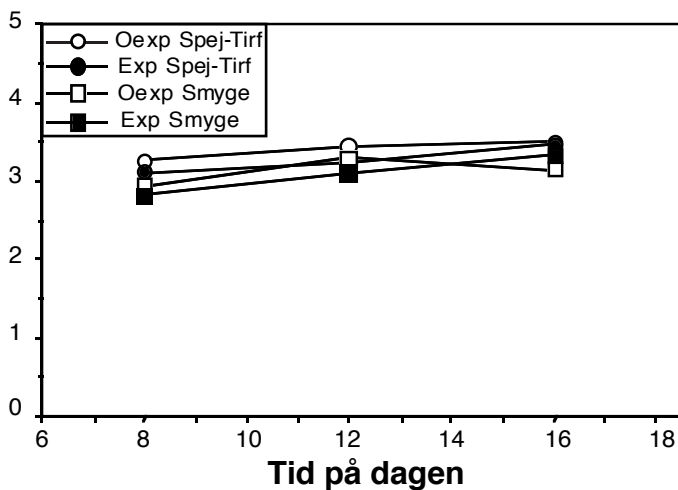
**Figur 6.** Medelvärden av reaktionstider från de två fartygstyperna vid de sex mättillfallen. Fyllda symboler: Till sjöss; ofyllda: Vid kaj.

### Vakenhet

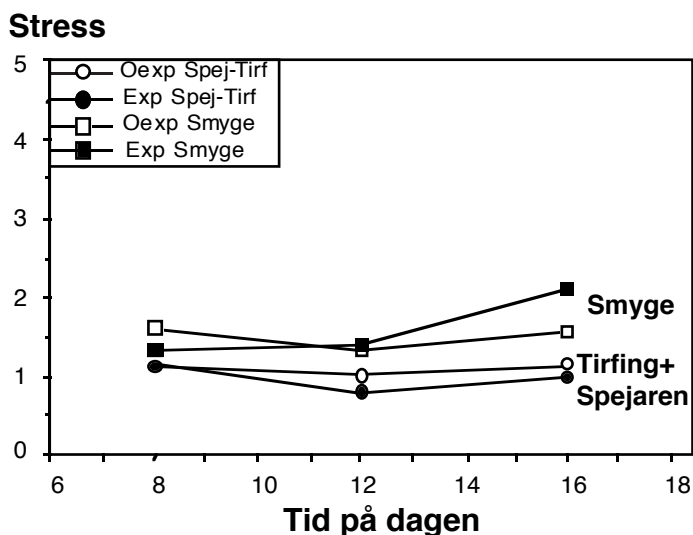


**Figur 7.** Medelvärden av vakenhetsskattningar från de två fartygstyperna vid de sex mät-tillfällena. Fyllda symboler: Till sjöss: ofyllda: Vid kaj.

### Energi



**Figur 8.** Medelvärden av energiskattningar från de två fartygstyperna vid de sex mät-tillfällena. Fyllda symboler: Till sjöss: ofyllda: Vid kaj.



**Figur 9.** Medelvärden av stresskattningar från de två fartygstyperna vid de sex mättillfällena. Fyllda symboler: Till sjöss: ofyllda: Vid kaj.

*Stress.* Stressnivån var högre på Smyge än på patrullbåtarna (figur 9), både vid kaj och till sjöss ( $F_{1,27}=10,71, p<.01$ ). På patrullbåtarna, liksom på Smyge vid kaj, sjönk nivån något under dagen, medan den steg påtagligt på Smyge till sjöss, och låg på eftermiddagen över nivån som uppmätts vid kaj ( $F_{2,54}=3,0, p=.058$ )

## Diskussion

Reaktionstidsresultaten tyder på att personalen på Smyge blev tröttare än de som arbetade på patrullbåtarna. Denna skillnad var störst på eftermiddagen, efter det att man hade varit till sjöss. Ett annat sätt att uttrycka samma sak är att man efter en arbetsdag till sjöss på Smyge var tröttare än före arbetsdagen, medan man patrullbåtarna tvärtom var tröttare på morgonen. På patrullbåtarna kunde däremot ingen sådan skillnad observeras mellan reaktionstiderna vid kaj och till sjöss.

Liksom i flygteknikerstudien förelåg inte några motsvarande tendenser i skattningarna av vakenhet och energi. Däremot låg stresskattningarna högre i Smyge än på patrullbåtarna. Det var också tydligt att personalen i Smyge kände sig mer stressad, eller snarare mindre avspänd, efter dagen till sjöss än efter dagen vid kaj. Detta har förmodligen samband med att Smyge är ett försöksfartyg och att man ständigt utför olika provningar varför arbetsuppgifterna där innehåller färre moment av rutin. Inte i något fall var dock den skattade stressnivån särskilt hög. Det finns heller ingen anledning att tro att den skulle förklara de längre reaktionstiderna på Smyge efter dagen till sjöss. En lätt förhöjd stressnivå brukar snarare förkorta reaktionstiderna.

Vad var då orsaken till att man blev tröttare efter dagen till sjöss på Smyge, och till att man inte fick motsvarande effekt på patrullbåtarna? Tanken var att studera effekterna av buller på tröttheten. Bullermätningarna visade att det var en stor skillnad mellan bullernivån till sjöss och vid kaj. Ljudnivån till sjöss var inte



lika höga som vid i flygstudien där den var 95-100 dB(A)  $L_{eq}$ . Här arbetade flertalet större delen av arbetstiden i en ljudnivå runt 80 dB(A).

De skillnader i reaktionstid som erhöles mellan de två dagarna på Smyge skulle alltså kunna vara en bullereffekt. Frågan är i så fall varför inte samma effekt kunde observeras på patrullbåtarna. Bullermätningarna visade att ljudnivån mätt med A-filter inte skilde sig påtagligt mellan de båda fartygstyperna. Vid närmare studium av ljudets frekvenssammansättning framkom dock att personalen på Smyge exponeras för lågfrekvent ljud som är c:a 10 dB högre än på patrullbåtarna. Detta kan ha betydelse för trötthetsreaktionen, eftersom det är känt från andra studier att lågfrekvent ljud är speciellt tröttnande (12). Om de trötthetseffekter som kunde iaktas berodde på bullret så skulle det alltså vara det lågfrekventa bullret som var kritiskt.

Andra förklaringar skulle kunna vara skillnad i vindstyrka och sjögång. Det var dock blåsigare och mera sjöhävning under testdagarna med patrullbåtarna än med Smyge. Om sjön hade någon effekt på resultatet borde detta ha gjort dem på patrullbåtarna tröttare än besättningen på Smyge, dvs en skillnad i motsatt riktning mot den som erhöles.

Fartygen reagerar olika på sjö, på så sätt att patrullbåtarna rullar medan Smyge snarare studsar (stöter) på sjöarna bl.a. p.g.a. luftkuddetekniken. Denna stötigare gång ger en vibration med frekvensen c:a 2 Hz. Man har visserligen funnit att även lågfrekventa vibrationer kan sänka vakenheten (13), men då endast då de har en jämn sinuskaraktär. En sådan effekt är därför mindre trolig. Om vibrationer har bidragit till skillnaderna mellan Smyge och patrullbåtarna skulle det vara genom att de bidrar till en allmän överstimulering.

Sammanfattningsvis var det bara på Smyge som några trötthetseffekter kunde observeras av arbetet till sjöss jämfört med det på kaj. Effekterna erhöles bara i reaktionstidsuppgiften och inte i de subjektiva bedömningarna av trötthet. Lågfrekvent buller är en tänkbar bidragande orsak till denna skillnad.

## Trötthetseffekter i en industri

Både flygtekniker och personalen på marinens båtar arbetar i en miljö som i många avseenden skiljer sig från de industriarbetsplatser där bullret utgör ett problem. Flygteknikerna exponeras för extremt höga bullernivåer under en mindre del av arbetsdagen; i fartygsmiljön utsätts personalen för sjögång och andra belastningar som inte är aktuella i industrimiljöer. Därför genomfördes även en studie vid en verkstadsindustri för att jämföra personalen vid avdelningar med olika bullernivå med avseende på trötthet före och efter arbetsdagen. Studien var en pilotstudie där endast subjektiva trötthetskattningar insamlades. Skattningarna har den stora fördelen framför reaktionstidsmätningarna att de utan större kostnader kan samlas in från en större grupp. Ett viktigt syfte var därför också att se om skattningarna visade sig mer användbara i industrimiljön än de hade visat sig vara i fartygsmiljön.

## **Metodik**

Personal från tre avdelningar vid en fabrik där man tillverkade borrarstål deltog i studien: pressningen, eggavrundningen och lagret. Ljudnivån var klart lägre på lagret än vid de två andra avdelningarna och det dominerande ljudet på lagret var musik från radioapparater.

Varje person deltog vid två tillfällen: Efter ett förmiddagsskift (05.30–14.00) och före ett kvällsskift (14.00–22.30). Båda mätningarna genomfördes alltså omkring kl två på eftermiddagen. Personalen från pressningen och hälften av lagerpersonalen gjorde sin första mätning före kvällspasset. Personalen från eggavrundningen och den andra hälften av lagerpersonalen gjorde mätningarna i motsatt ordning.

### *Deltagare*

I undersökningen deltog 20 personer från lagret, 24 från pressningen samt 40 från eggavrundningen. Medelåldern vid avdelningarna varierade mellan 36 och 38 år. På lagret var en majoritet (15/20) kvinnor, medan motsatsen gällde på pressningen och eggavrundningen (16/24 resp 28/40 män). På lagret arbetade 70% deltid medan bara 9 % gjorde det på pressningen och ingen på eggavrundningen.

### *Frågeformulär*

Samma standardiserade frågeformulär som i de tidigare studierna användes. Utöver detta ställdes frågor om arbetet under arbetsdagen, verksamhet under dagen innan kvällspasset, nattsömn, användningen av hörselskydd och det allmänna hälsotillståndet.

### *Bullermätningar*

Samma dosimeter som i tidigare studier användes för att under en tretimmarsperiod mäta bullerexponeringen för 16 personer (sex på pressning och lager samt fyra på eggavrundningen). Personerna valdes ut i samråd med företagets skyddsingenjör för att täcka den variation som bedömdes föreligga på avdelningen.

### *Statistiska metoder*

I de flesta analyser har pressningen och eggavrundningen slagits samman och jämförts med lagret för att pröva om det förelåg några effekter av bullerexponeringen. Bullerexponeringen och arbetsuppgifter bedömdes vara ungefär likvärdiga i pressningen och eggavrundningen, och inga skillnader erhöles heller i resultaten. För att statistiskt pröva skillnaderna i medelvärden mellan avdelningarna och mellan de två mättillfällena användes variansanalyser. De skillnader som tas upp i resultatredovisningen var alla, om inte annat påpekas, statistiskt säkerställda ( $p < 0,05$ ).

## Resultat

### *Bullernivåer*

Den genomsnittliga ekvivalenta ljudnivån för de 10 personerna på pressning och eggavrundning var 81 B(A)  $L_{eq}$  med variationsvidden 77–84 dB(A). På lagret var motsvarande medelvärde 73 och variationsvidden 72–78 B(A)  $L_{eq}$ .

**Tabell 5.** Antal timmars sömn natten före ett dag- och ett kvällsskift i de två grupperna.

	Natten före	
	Förmiddagsskift	Kvällsskift
Lager	6,5	5,9
Pressning/ eggavrundning	7,4	7,1

### *Bedömning av arbetet och andra förhållanden av betydelse för tröttheten*

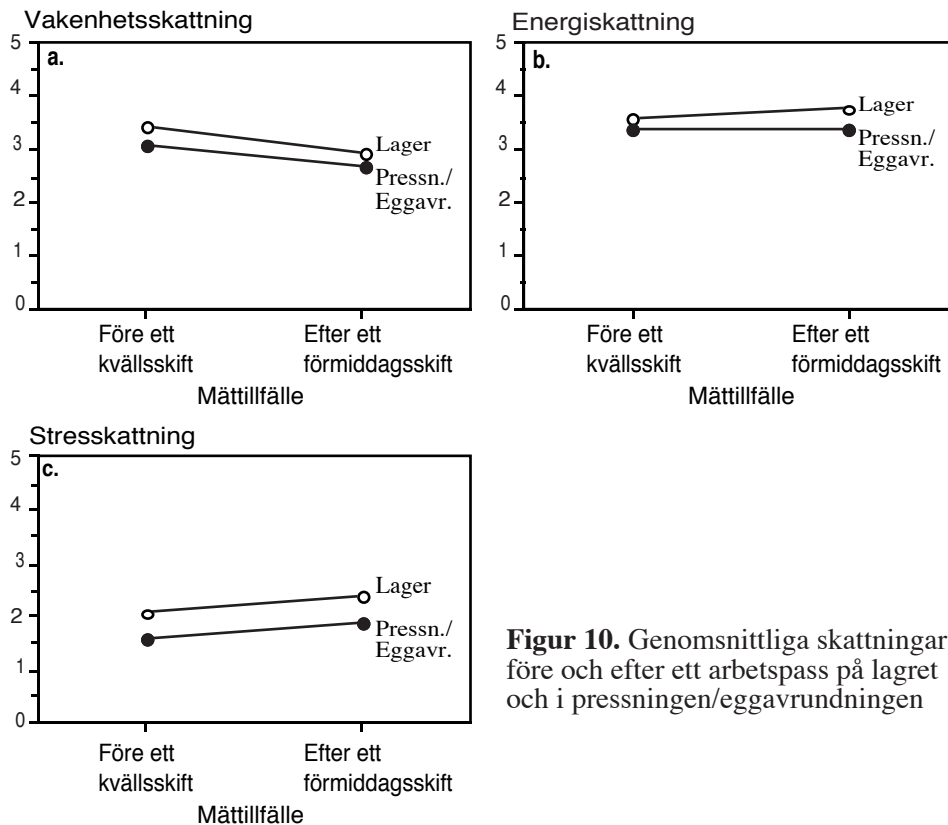
För att kunna belägga en effekt av bullret på trötthet skulle grupperna idealt vara likvärdiga i alla avseenden utom bullernivån. Så var inte fallet. Även andra förhållanden som skulle kunna påverka trötthetskattningarna skilde sig mellan grupperna. På lagret ansåg 51 procent att de haft för mycket att göra under arbetsdagen, medan bara 33 procent på pressningen och 16 procent på eggavrundningen gjorde den bedömningen. Det var också färre på pressningen som tyckte att arbetsuppgifterna var stimulerande (7 %) än på lagret (36 %) och eggavrundningen (38 %).

Nattsömnen är naturligtvis av stor betydelse för hur trött man känner sig på dagen. Av tabell 5 framgår att man i genomsnitt sov mindre natten före ett kvällsskift än före ett förmiddagsskift ( $F_{1,83}=33,98$ ,  $p<.001$ ). Dessutom var nattsömnen i genomsnitt kortare (dock ej signifikant) bland lagerpersonalen under båda nätterna ( $F_{1,83}=2,82$ ,  $p=.097$ ). Det senare förklarades inte av att det var fler kvinnor på lagret, eftersom det inte förelåg någon skillnad mellan mäns och kvinnors sömnlängd.

På lagret bar ingen hörselskydd medan 39% av personalen på pressningen och 27% på eggavrundningen gjorde det åtminstone under en del av arbetsdagen.

### *Trötthetskattningar*

Skattningarna skilde sig ganska lite mellan grupperna och mättillfällena (figur 10 a–c). Båda grupperna kände sig mindre vaken efter ett förmiddagsskift än före ett kvällsskift (figur 2a,  $F_{1,81}=19,54$ ,  $p<.001$ ), och skillnaden mellan de två tillfällena var lika stor i de två grupperna. Arbetet på lagret var alltså lika tröttande som det på pressningen och eggavrundningen. Figuren visar också att personalen på lagret i genomsnitt var något piggare än de andra både före och efter arbetet; denna skillnad var dock inte signifikant ( $F_{1,81}=2,61$ ,  $p=.113$ ).



**Figur 10.** Genomsnittliga skattningar före och efter ett arbetspass på lagret och i pressningen/eggavrundningen

Personalen på lagret kände sig i genomsnitt något mer energiska än man gjorde i den andra gruppen; skillnaden var dock inte signifikant ( $F_{1,81}=3,87$ ,  $p=.053$ ). Däremot var det ingen skillnad mellan mättillfällena. Man kände sig alltså ungefär lika energisk efter jobbet som man hade gjort före.

Den genomsnittliga stressnivån var högre på lagret än på pressningen och eggavrundningen ( $F_{1,82}=7,71$ ,  $p=.007$ ), och den var också högre efter förmiddagsskiftet än före kvällsskiftet ( $F_{1,82}=7,87$ ,  $p=.006$ ).

Sammanfattningsvis tenderade man sig alltså att känna sig mindre vaken och mer stressad efter förmiddagsskiftet än före kvällsskiftet i båda grupperna. Dessutom kände sig lagerpersonalen allmänt mer stressad och vaken än de på pressningen och eggavrundningen.

Skillnader i skattad trötthet som förelåg mellan grupper och mättillfällen blev i stort sett desamma efter statistisk kontroll (kovariansanalys) av effekterna av skillnaderna i sömnlängd och i de andra avseenden som beskrevs i föregående avsnitt.

## Diskussion

Den mest påtagliga skillnaden mellan lagret och de två andra arbetsplatserna var att man kände sig mer stressad på lagret. Den skillnaden beror sannolikt på att man där hade en starkare tidspress. Tidspressen skulle också kunna vara förklaringen till att man kände sig något piggare bland lagerpersonalen än på de två

andra arbetsplatserna. Mot detta talar att det inte var något samband mellan bedömningarna av stress och vakenhet. Det var alltså inte t ex de som kände sig mest stressade som bedömde sig själva som piggast.

Resultaten ger inget belägg för att bullret på pressningen och eggavrundningen skulle göra personalen där tröttare än den på lagret. Visserligen kände man sig lite piggare på lagret, men den skillnaden var lika stor före skiftet som efter det. Om bullret varit orsaken till skillnaden skulle den ha varit mer påtaglig efter skiftet.

Varför blev det då ingen effekt av bullret i denna undersökning? Ett skäl kan ha varit att skillnaden i bullernivå mellan avdelningarna är för liten för att det ska gå att påvisa en sådan effekt. Ett annat skäl är att andra förhållanden hade så mycket större betydelse för tröttheten och att det därför var svårt att särskilja en eventuell bullereffekt. En tredje möjlighet är att skattningarna inte är ett tillräckligt känsligt mått. Flygmekaniker- och marinstudierna visade ju att man kan få effekter på reaktionstiderna som inte visar sig i skattningarna.

## Sammanfattande analys av de genomförda studierna

De genomförda studierna av buller och trötthet med reaktionstid och skattningar som indikatorer på tröttheten har inte givit helt samstämmiga resultat. Till en del beror dessa skillnader säkerligen på interaktionseffekter, d v s på att effekternas storlek påverkas av de speciella förhållanden som rått i den enskilda undersökningen. Men det är också troligt att skillnaderna till stor del bara avspeglar de slumpmässiga skillnader som man kan förvänta sig mellan studier i en serie små grupper. För att få en sammanfattande bedömning av huvudfrågeställningarna i försöksserien genomfördes därför en metaanalys baserad på data från alla delförsök där reaktionstidsmätningar genomfördes under hög och låg bullerexponering.

De samlade data användes även för att analysera sambanden mellan de subjektiva trötthetsskattningarna och reaktionstiderna.

### Deltagare

Analysen av exponeringseffekterna på reaktionstider och subjektiv trötthet baserades på data från de 49 personer som ingick i de delstudier där mätningar av reaktionstider och skattningar genomfördes för samtliga personer både före och efter en dag med hög och en dag med låg bullerexponering. 20 personer var flygtekniker från den tidigare rapporterade studien (10), 8 kom från Tirfing, 8 från Spejaren och 13 från Smyge. Flygmekanikerstudien kunde inte användas eftersom mätningar endast gjordes under bullerexponering, och inte heller industristudien eftersom endast skattningsdata insamlades i detta fall. För att få samma design i alla delstudier användes endast morgon- och eftermiddagsmätningarna från fartygsstudierna. För varje person ingick alltså värden från fyra mätpunkter i analysen, d v s sammanlagt 196 värden.

I analyserna av sambanden mellan skattningar och reaktionstider ingick alla där mätningar gjorts vid mer än ett tillfälle av både skattningar och reaktionstider.

Detta innebar att även data från de sex flygmekanikerna ingick, trots att alla mätningar där gjordes endast under exponering; mätningarna som gjordes mitt på dagen i fartygsstudierna togs också med i dessa analyser. Vidare inkluderades den serie om åtta mätningar som gjordes i en icke rapporterad pilotstudie som omfattade åtta personer under tre arbetsdygn på en patrullbåt (Kaparen). Denna analys kom därigenom att baseras på 73 personer vid sammanlagt 576 mättillfällen.

## **Statistisk analys**

Data analyserades med hierarkiska regressionsanalyser anpassade för upprepade mätning (18). De variabler som ingick i regressionsmodellen var bullerexponering, tid på dagen, studie, veckodag samt dessa variabelers interaktioner, vilka representerades av multiplikativa variabler. Dessutom lades variabler som representerade försökspersoner in. Analyserna gjordes med SPSS' regressionsprogram, men frihetsgraderna och F-värdena korrigerades med hänsyn taget till att varje person ingick med fyra värden i analyserna. Undersökning lades in som första steg i analysen medan veckodagar och dess interaktioner (multiplikativa variabler) låg som sista steg.

Två frågor var centrala i analysen:

Ger resultaten stöd för att bullerexponeringen gjorde att personerna blev tröttare av en arbetsdag, d v s i statistiska termer, förelåg det en signifikant interaktion mellan exponering och tid på dagen?

Skiljer sig denna effekt mellan undersökningarna, d v s förelåg det en trefaktorinteraktion mellan undersökning, exponering och tid på dagen?

Separata analyser gjordes av reaktionstider, vakenhets-, energi- och stresskattningarna.

Den andra analysen gällde sambanden mellan reaktionstider och skattningsvariabler. Dessa korrelationer beräknades för varje individ och medelvärdena av dessa rapporteras (medelvärdena beräknade via transformationer av korrektionerna till Fishers  $z$ ).

## **Resultat**

### *Reaktionstid*

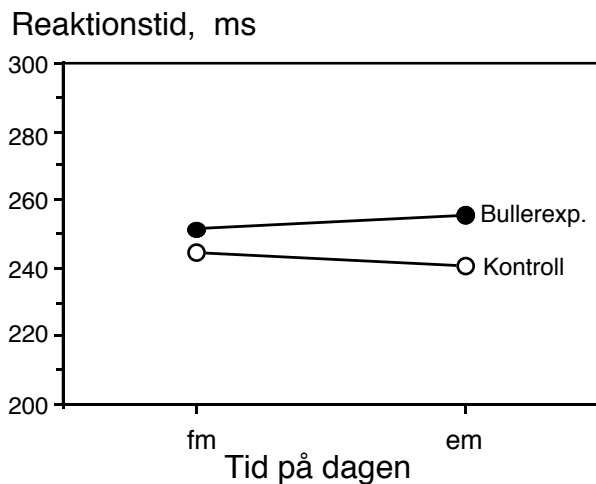
Analysen av reaktionstiderna visade att interaktionen mellan exponering och tid på dagen var signifikant ( $F_{1,91}=4,71$ ,  $p<.05$ ). Interaktionen innebar att reaktionstiden förlängdes något från morgon till eftermiddag under den exponerade dagen, medan den förkortades under kontrolldagen (figur 11). Denna interaktion skilde sig dock signifikant mellan undersökningarna ( $F_{3,96}=3,77$ ,  $p<.05$ ). Interaktionen som illustreras i figur 11 förelåg endast i studierna av flygtekniker och av personalen på Smyge.

### *Skattningar*

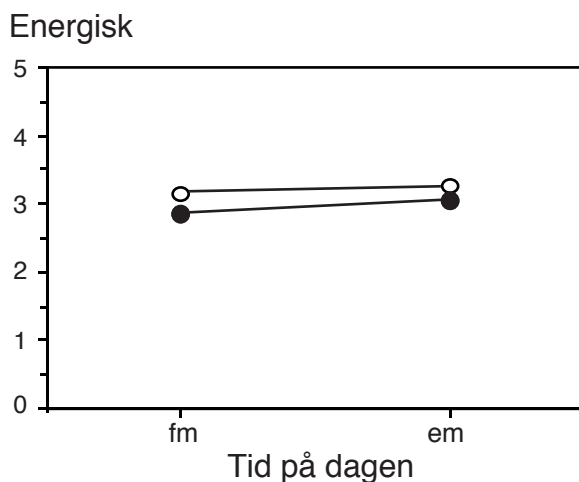
Analysen av energiskattningarna visade att man bedömde sig som mindre energisk både före och efter den exponerade arbetsdagen än under kontrolldagen

(figur 12). Denna skillnad var tydlig bland flygtekniker och Smygebesättningen medan den var betydligt mindre i de två andra grupperna ( $F_{3,31}=6,51$ ,  $p<.05$ , för interaktionen mellan undersökning och exponering). Energiskattningarna gav alltså inget stöd för att bullerexponeringen under dagen påverkade trötthetsutvecklingen.

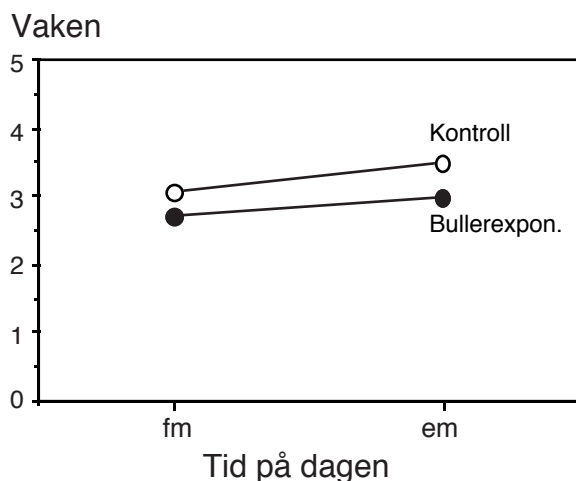
Motsvarande effekter förelåg också i vakenhetsskattningarna. I det fallet fanns dock också en tendens till en interaktion mellan exponering och tid på dagen (figur 13), som innebar en tendens att känna sig piggare efter än före arbetet var starkare under kontrollbetingelsen än under bullerbetingelsen ( $F_{1,91}=2,76$ ,  $p<.10$ ). Denna interaktion skilde sig inte mellan undersökningarna ( $F_{3,31}=0,14$ ,  $p>.10$ ).



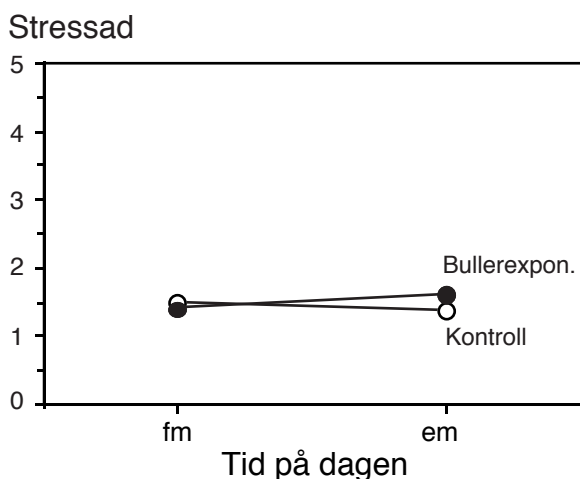
**Figur 11.** Reaktionstid före och efter en arbetsdag med hög och låg bullerexponering. Data sammanslagna från flygtekniker- och marinstudierna ( $n=49$ ).



**Figur 12.** Energiskattningar före och efter en arbetsdag med hög och låg bullerexponering. Data sammanslagna från flygtekniker- och marinstudierna ( $n=49$ ).



**Figur 13.** Vakenhetsskattningar före och efter en arbetsdag med hög och låg bullerexponering. Data sammanslagna från flygtekniker- och marinstudierna (n=49).



**Figur 14.** Stresskattningar före och efter en arbetsdag med hög och låg bullerexponering. Data sammanslagna från flygtekniker- och marinstudierna (n=49).

Även stresskattningarna förändrades på olika sätt över arbetsdagen under den exponerade dagen och kontrolldagen (Figur 14). Stressen ökade under den exponerade dagen men tenderade att minska under kontrolldagen ( $F_{1,91}=9,51$ ,  $p<.05$ , för interaktionen mellan tid och exponering). En signifikant trefaktorinteraktion avspeglar att denna effekt dock endast förelåg bland flygtekniker och Smygebesättningen ( $F_{2,96}=3,92$ ,  $p<.05$ ).

#### *Korrelationer mellan reaktionstider och skattningar*

Både energi- och vakenhetsskattningarna visade en svag men signifikant negativ korrelation med reaktionstiderna (-0,17 resp. -0,18). Ju tröttare man kände sig desto långsammare var man alltså. Korrelationen mellan stress och reaktionstider var mycket svagt positiv (0,05) och inte signifikant.



## Avslutande diskussion

Det är en ganska allmän uppfattning bland människor som arbetar i buller att bullret är tröttnande. Om man däremot letar efter vetenskapliga studier som belägger dessa effekter är resultatet påtagligt magert. Flera laboratoriestudier med viss relevans för frågan har visserligen rapporterats (6). Den enda systematiska fältstudien av bullerexponeringens trötthetseffekter var länge flygteknikerstudien, som var den första undersökningen i föreliggande projekt (10). Helt nyligen har dock en israelisk studie rapporterats av Melamed och Bruhis som studerade 35 textilarbetare under en arbetsvecka med och en utan hörselskydd. Utöver subjektiva effekter (trötthet och irritabilitet efter arbetet) fann man att kortisolnivån mot slutet av arbetspasset låg klart högre under veckan då de inte använde hörselskydd (17). När hörselskydd användes erhöles en normal förändring av kortisolnivån över dagen, d v s den sjönk från morgonen till eftermiddagen. Utan hörselskydd ökade den under eftermiddagen och närmade sig morgonvärdena. Resultatet tolkas som ett stöd för att bullret förstärkte stressreaktionerna i arbetet, och att det därmed gjorde att arbetet blev mer tröttnande.

Om buller bidrar till tröttheten i arbetet är det viktigt ur åtminstone två aspekter. För det första skulle det innebära att bullret försämrar välbefinnandet både i och utanför arbetet. För det andra skulle också kunna innebära att man presterar sämre i sitt arbete. Dessa effekter innebär naturligtvis olägenheter i alla yrken men kan var särskilt allvarliga där säkerheten kräver hög vakenhet och reaktionssnabbhet.

Resultaten från genomförda serien av studier ger ett visst stöd för att buller faktiskt har en tröttnande effekt. Däremot kan man inte utifrån försöken säga något om under vilka betingelser denna risk finns. Vi vet t ex mycket lite om kritiska ljudnivåer, frekvenser och exponeringstider.

Varför skulle man då bli trött av att arbeta i buller? En sådan effekt skulle kunna uppstå på flera sätt.

För det första kan det tänkas att långvarig stark stimulering generellt är tröttnande. Ett starkt ljud är en signal om fara som omedvetet sätter kroppen i beredskap, och vi har mycket begränsade möjligheter att habituera till (lära oss att sluta uppmärksamma) sådana starka ljud. Vi har heller ingen förmåga att blunda med öronen. Alla starka ljud, både de önskade och de oönskade, kommer därför att registreras. Detta skulle innebära att trötthetseffekter framför allt är troliga då man utsätts för höga ljudnivåer under längre tid. De förhöjda kortisolnivåer som påvisades av Melamed och Brahu (17) är ett stöd för att buller på detta sätt kan få generella stresseffekter.

För det andra har man i flera undersökningar kunnat visa att man kan bli sömning då man utsätts för monotont buller på måttliga nivåer, framför allt om ljudet är lågfrekvent (12, 14). Om detta är riktigt skulle vanliga hörselskydd kunna ha en negativ effekt i det här avseendet. Dessa dämpar generellt den högfrekventa delen av ljudet mer effektivt än den lågfrekventa, vilket innebär att lågfrekvent ljud blir mera dominerande under hörselskydden än utanför. Samma effekt kan uppnås vid bullerisolering av lokaler eller fordon. Av dessa skäl kommer det buller man

utsätts för i arbetet nästan alltid att innehålla en relativt stark lågfrekvent komponent. Melamed och Brahus (17) resultat tyder dock på att hörselskydden i huvudsak har en positiv effekt.

För det tredje kan bullret göra det svårare att genomföra arbetsuppgifterna som därmed blir mer tröttande än i en tyst miljö. Detta skulle kunna bli effekten i arbeten som kräver att man uppfattar tal eller annan akustisk information, men också t ex i arbeten där man är känslig för distraktion. Även i mindre komplexa uppgifter kan sådana effekter vara aktuella. Den ovan nämnda sövande effekten av buller kan förväntas bli särskilt påtaglig i monotona långvariga uppgifter. I mer utmanande uppgifter kan uppgiften i sig vara tillräckligt stimulerande för att uppehålla normal vakenhetsnivå.

Av de studier vi gjort tycker vi oss kunna dra några sammanfattande slutsatser.

Vi har i flera oberoende undersökningar konstaterat att reaktionstiden förlängs från morgonen till eftermiddagen för grupper som arbetar i högt buller ( $L_{eq} > 90$  dB(A)). Förändringen är i motsatt riktning mot vad man kan förvänta sig under normala förhållanden; då den bullerexponerade gruppens reaktionstider mätts i tyst miljö har det också visat sig att reaktionstiderna var kortare på eftermiddagen än på morgonen. Resultaten från de subjektiva skattningarna av trötthet är inte lika entydiga.

Vår första studie indikerade att arbete i högt buller hade en effekt som kvarstod mellan dagar (10) och detta bekräftades i undersökningen av flygmekaniker. Här fick vi förutom reaktionstidsförlängningen under dagen också en förlängning från dag till dag under arbetsveckan. Avsaknaden av en kontrollgrupp gör dessa resultat mindre entydiga än de från övriga delstudier.

I båda dessa studier arbetade man alltså i högt flygplansbuller med hörselkåpor på. Hörselkåporna påverkar inte bara ljudnivån under kåpan utan även ljudets frekvenssammansättning. Även impulsljud påverkas av kåporna inte bara till nivå utan även vad gäller peakens varaktighet som blir längre under kåporna än utanför.

Vid studierna i lägre ljudnivåer (ca 80 dB(A)  $L_{eq}$ ) där personalen inte använde hörselskydd fick vi en likadan effekt på reaktionstid som i flygstudien på det fartyg där bullret hade en mera lågfrekvent karaktär.

På den andra fartygstypen, som modifierats för att åstadkomma lägre ljudnivå, kunde vi inte konstatera någon motsvarande effekt. I en mindre förstudie på denna fartygstyp, före fullständig bullermodifiering (15), fanns däremot tecken på både en subjektiv effekt och en förlängning av reaktionstiden.

En del talar alltså för att trötthetseffekter av buller kan uppstå vid medelxponeringar omkring 80 dB(A) under arbetsdagen. Förmodligen bidrar lågfrekvent buller mer än högfrekvent till trötthetseffekten. Effekten förefaller förstärkas vid upprepad daglig exponering. Reaktionstidseffekten är i absoluta tal mycket liten, men av ungefär samma storleksordning som man funnit i studier av organiska lösningsmedel vid exponeringar omkring det hygieniska gränsvärdet (8).

Den sammanfattande analysen av reaktionstidsdata från alla fyra studierna indikerade att man blev tröttare av arbetsdagen i starkt buller. Analysen visar dock

också att de skillnader som förelåg mellan resultaten i delstudierna inte kan betraktas som ett utslag av slumpmässiga samplingfel.

Korrelationerna mellan reaktionstider och skattningar varierade starkt mellan delstudierna, men den sammanfattande analysen visade att det förelåg ett svagt men signifikant samband. Måtten tycks alltså till en liten del spegla samma underliggande process, men tycks till större delen påverkas av olika förhållanden. Det är också värt att påpeka att det var vakenhets- och energiskattningarna som visade något samband med reaktionstiderna. Stresskattningarna visade ett mycket svagt och icke signifikant samband i motsatt riktning; ju högre den skattade stressen var, desto kortare var reaktionstiderna. Det är därför osannolikt att den högre stressnivån efter den exponerade dagen skulle kunna förklara den förlängda reaktionstiden.

För att mer entydigt fastslå bullrets roll i trötthetsutvecklingen vore det viktigt studera trötthetsreaktionerna i laboratorieexperiment, där försökspersonerna utsätts för långvarig bullerexponering. Detta skulle också ge möjlighet till analys av hur exponeringstiden och bullrets nivå och frekvens påverkar eventuella trötthetseffekter.

## Sammanfattning

Kjellberg A, Muhr P, Sköldström B. Trötthet efter arbete i buller - en registerstudie och tre fältstudier. *Arbete och Hälsa* 1997; 7.

Bullerexponeringens bidrag till uppkomsten av trötthet i arbetet studerades i en registerstudie och tre fältstudier. Studie 1 baserades på svaren på exponerings- och besvärfrågor i Previas (Statshälsans) databas samt exponeringsbedömningar gjorda utifrån personernas yrkestillhörighet. Trötthet och huvudvärk var vanligare bland bullerexponerade även efter kontroll för effekten av andra kritiska variabler. Studie 2 visade en gradvis förlängning av reaktionstider under en vecka med bullerexponering i en grupp flygtekniker. Studie 3 jämförde reaktionstider och skattad trötthet i fartygsbesättningar under en dag med hög och en med låg bullerexponering. I den ena av de två undersökta båttyperna förstärktes trötthetsutvecklingen under arbetsdagen med hög exponering. En motsvarande studie vid en industri (Studie 4) kunde inte påvisa någon sådan effekt.

## Summary

Kjellberg A, Muhr P, Sköldström B. Fatigue after work in noise - one register study and three field studies. *Arbete och Hälsa* 1997; 7.

The contribution of noise exposure to fatigue at work was studied in a survey study and three field studies. The survey study was based on a questionnaire covering symptoms and work place exposure answered by 50 000 state employees. Noise exposure was also estimated from their type of job. Fatigue and headache were found to be more common among the noise exposed groups also after control for the effects of other critical variables. Study 2 showed a gradual increase of reaction times during a week of noise exposure in a group of aeroplane technicians. Study 3 compared reaction times and subjective fatigue among naval crews on a day with low and a day with high noise exposure. In one of the studied boat types the development of fatigue during the work day was accentuated on the day with high exposure. A corresponding study in an industry found no such effect.

## Referenser

1. Andersson K. *Utveckling och prövning av ett frågeformulärsystem rörande arbetsmiljö och hälsotillstånd*. Yrkesmedicinska kliniken, Regionsjukhuset i Örebro, 1986 (Rapport 2:1986).
2. Bornberger S, Westerberg H. *Validering av exponeringsfrågor i frågeformulär FHV 002 D*. Yrkesmedicinska kliniken, Regionsjukhuset i Örebro, 1987.
3. Cohen S. Aftereffects of stress on human performance and social behavior: A review of research and theory. *Psychol Bull* 1980;88:82-108.
4. Gamberale F, Iregren A, Kjellberg A. *SPES: The computerized Swedish Performance Evaluation System. Background, critical issues, empirical data, and a users' manual*. Arbetsmiljöinstitutet, 1989 (Arbete och Hälsa 1989:6).
5. Gamberale F, Iregren A, Kjellberg A. SPES: Assessing the effects of the work environment on man with computerized performance testing. In: Karwowsky W, Genaidy AM, Asfour SS, ed. *Computer aided ergonomics*. London: Taylor & Francis, 1990: 381-396.
6. Glass DC, Singer JE. *Urban stress: experiments on noise and social stressors*. New York: Academic Press, 1972.
7. Howell DC. *Statistical methods for psychology*. Belmont, CA: Duxbury Press, 1997.
8. Iregren A, Gamberale F. Human behavioral toxicology: CNS effects of low-dose exposure to neurotoxic substances in the work environment. *Scand J Work Environ Health* 1990;16 (Suppl. 1):17-25.
9. Kjellberg A, Iwanowski S. *Stress/Energi-formuläret: Utveckling av en metod för skattning av sinnesstämning i arbetet*. Arbetsmiljöinstitutet, 1989 (Undersökningsrapport 1989:26).
10. Kjellberg A, Sköldström B, Andersson P, Lindberg L. Fatigue effects of noise among airplane mechanics. *Work Stress* 1996;10:62-71.
11. Knave B, Anshelm Olson B, Elofsson S, et al. Long term exposure to jet fuel. A cross-sectional epidemiologic investigation on occupationally exposed industrial workers with special reference to the nervous system. *Scand J Work Environ Health* 1978;4:19-45.
12. Landström U, Byström M, Nordström B. Changes in wakefulness during exposure to noise at 42 Hz, 1000 Hz and individual EEG frequencies. *J Low Freq Noise Vib* 1985;4:27-33.
13. Landström U, Lundström R. Changes in wakefulness during exposure to whole body vibration. *EEG Clin Neurophysiol* 1985;61:411-415.
14. Landström U, Löfstedt P. Noise, vibration and changes in wakefulness during helicopter flight. *Aviat Space Environ Med* 1987;58:109-118.
15. Markusson L. *Trötthet hos patrullbåtbesättningar efter bullerexponering*. Arbetsmiljöinstitutet, 1993 (Projektarbete vid företagsläkarutbildningen 1992/93).
16. McDonald M, Ronayne T. Jobs and their environment: the psychological impact of work in noise. *Irish J Psychol* 1989;10:39-55.
17. Melamed S, Bruhis S. The effects of chronic noise exposure on urinary cortisol, fatigue, and irritability. *J Occup Environ Med* 1996;38:252-256.
18. Pedhazur EJ. *Multiple regression in behavioral research*. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovic, 1982.
19. Philips C, Hunter M. Pain behaviour in headache sufferers. *Beh Anal Modific* 1981;4:257-266.
20. Stansfeld SA. Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder - epidemiological and psychophysiological studies. *Psychol Med* 1992;Supplement 22:.
21. Statistiska centralbyrån. *Yrkesklassificeringar i FoB 85 enligt Nordisk yrkesklassificering och Socioekonomisk indelning (SEI): alfabetisk version*. SCB, 1989 (Meddelanden i samordningsfrågor 1989:5).

22. Söderman E, Kjellberg A, Anshelm-Olson B, Iregren A. *Standardisering av ett enkelt reaktionstidstest för användning i beteendetoxikologiska undersökningar*. Arbetskyddsstyrelsen, 1982 (Undersökningsrapport 1982:27).
23. Öhrström E, Björkman M, Rylander R. Subjective evaluation of work environment with special reference to noise. *J Sound Vib* 1979;65:241-249.

Antal personer i yrkesgrupperna och den procentuella andel som själv bedömde sig vara bullerexponerad uppdelade på de tre exponeringsklasserna

**Leq <60 dB(A)**

	n	% expon.
postkassör	1814	18,2
postkassachef	232	10,8
postkontrollör	212	37,3
postmästare	88	5,7
brevbärare	2192	25,9
postförman	198	39,9
vaktmästare	313	26,8
postområdeschef	61	4,9
postkontrollör	369	4,9
lokalpostmästare	525	9,9
postkassör	4143	20,0
postkontor, övr.	84	8,3
postiljon	7349	30,6
posten, övr.	215	21,9
expeditionsvakt	1087	26,8
tidningsbud	64	12,5
driftingenjör	1646	72,8
polisman krim.	1353	21,2
poliskommissarie	234	5,1
polisinspektör	2355	10,7
tulltjm	272	46,0
tullassistent	90	56,7
kriminalvårdare	1438	14,3
kriminalvårdstjm	264	5,7
vårdare-kriminal	569	14,2
flygplatskontroll	82	68,3
storhushållsförest.	76	32,0
köksförest.	88	38,6
hotellförest.	61	0,0
städledare	132	9,1
lokalstädare	3577	12,8
städare	1200	12,4
<b>Totalt</b>	<b>32383</b>	<b>23,6</b>
<i>Procent</i>	<i>56,7</i>	

**60<Leq<80 dB(A)**

	n	%
sjöbefäl	101	58,4
buss och lastbil	220	66,8
bussförare	95	53,7
lastbilsförare	104	68,3
telefonist	280	8,2
telexoperatör	61	26,2
färjkarl hamnvakt	64	40,6
expeditör-telefon	1608	30,3
expeditör-telex	53	1,9
kontorstelefonist	639	9,5
radioexpeditör	189	31,2
lantbrevbärare	1086	14,6
instrumentmakare	277	59,9
finmekaniker	87	41,4
installationselekt.	172	66,3

elektromekaniker	79	53,2
telereparatör	110	38,2
linjemontör-el	379	59,9
teletekniker	2345	37,0
linjemontör-tele	6130	33,6
lagerarbetare	64	21,9
förrådsarbetare	993	27,1
godsexpeditör	706	46,5
polisman	3526	24,5
tulluppsyningsman	493	31,0
kustuppsyningsman	50	78,0
väktare	187	46,5
vakt	83	89,2
fastighetsmaskinist	52	36,5
tillsynsman-fastighet	63	33,3
fastighetsarbetare	169	46,7
maskintvättare	84	69,0
<u>regementsofficer</u>	<u>183</u>	<u>29,0</u>
<i>Totalt</i>	<i>20732</i>	<i>32,7</i>
<i>Procent</i>	<i>36,3</i>	

**Leq>80 dB(A)**

	n	%
verkstadsmejaniker	155	73,5
montör	206	89,8
maskinskötare	98	86,7
verkstadsmejaniker	76	73,5
maskinoperatör	73	86,7
flygmekaniker	177	75,7
bilmekaniker	227	88,5
motorreparatör	86	81,4
reparatör	62	51,6
svetsare	197	89,8
rörsvetsare	52	34,6
reparationssnickare	64	68,8
verkstadssnickare	59	79,7
betongochasfalt	52	88,5
byggarbetare	88	73,9
offsettryckare	75	93,3
driftmaskinist	402	53,2
kock	226	62,4
köksbiträde	606	60,9
köksbiträde	349	55,0
kök/restaurang, övr.	172	61,0
yrkesmilitär	94	34,0
<u>kompaniofficer</u>	<u>425</u>	<u>52,0</u>
<i>Totalt</i>	<i>4021</i>	<i>66,7</i>
<i>Procent</i>	<i>7,0</i>	