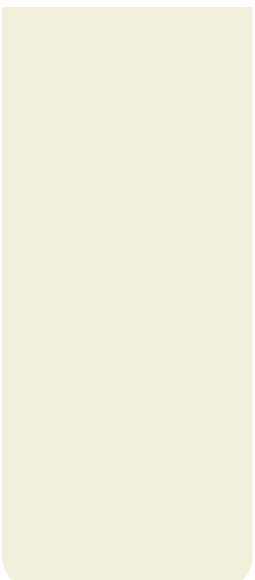


2011



# **Virkninger av støy fra jagerfly på befolkningen nær militære flyplasser**

Norun Hjertager Krog

Per Schwarze

Bo Engdahl

Gunn Marit Aasvang



# Virkninger av støy fra jagerfly på befolkningen nær militære flyplasser

Norun Hjertager Krog

Per Schwarze

Bo Engdahl

Gunn Marit Aasvang

Utgitt av Nasjonalt folkehelseinstitutt  
Divisjon for miljømedisin  
Avdeling for luftforurensning og støy  
Oktober 2011

**Tittel:**

Virkninger av støy fra jagerfly på befolkningen nær militære flyplasser

**Forfattere:**

Norun Hjertager Krog  
Per Schwarze  
Bo Engdahl  
Gunn Marit Aasvang

**Prosjektleder:**

Norun Hjertager Krog

**Bestilling:**

Rapporten kan bestilles fra  
Nasjonalt folkehelseinstitutt  
Postboks 4404 Nydalen  
NO-0403 Oslo  
[publikasjon@fhi.no](mailto:publikasjon@fhi.no)  
Telefon: 21 07 82 00  
Telefaks: 21 07 81 05

**Design omslag:**

Per Kristian Svendsen

**Layout omslag:**

Grete Søimer

**Opplag: 30****Foto omslag:**

Colourbox

ISBN: 978-82-8082-467-7 trykt versjon

ISBN: 978-82-8082-468-4 elektronisk versjon

## Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Forsvarsbygg Futura. Forsvarets flyaktivitet forholder seg til samme regelverk som sivil flytrafikk. Men man har generelt liten kunnskap om hvordan støy fra jagerfly faktisk oppleves og virker på de eksponerte som bor i nærområdene til militære flyplasser. Forsvaret står foran valg av base for nye jagerfly. Det er viktig at man får bedre kunnskap om virkninger av denne støyen før valget av lokalisering skal tas. Denne rapporten oppsummerer eksisterende vitenskapelig kunnskap om effekter av støy fra jagerfly på de som bor i nærområdene til militære flyplasser, og identifiserer videre forskningsbehov. Resultatene som gjelder støy fra jagerfly blir sammenholdt med hva man vet om støyvirkninger rundt sivile flyplasser. Rapporten ser spesielt på hva man vet om betydning av driftsmønster, militære øvelser, forutsigbarhet og varsling for støyens virkninger. Wenche Jacobsen, spesialbibliotekar ved FHI's bibliotek, har stått for de systematiske litteratursøkene.

Folkehelseinstituttet, oktober 2011

## Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>Innledning</b> .....	<b>6</b>
Målsettingen med rapporten.....	6
<b>Metode</b> .....	<b>6</b>
<b>Støyplage</b> .....	<b>7</b>
Betydningen av forutsigbarhet og opplevd kontroll.....	7
Effekt av militære øvelser og varsling.....	8
Betydning av driftsmønster.....	8
Effekt av endring.....	11
<b>Andre effekter av støy fra jagerfly</b> .....	<b>12</b>
Virkninger på hjerte-karsystemet.....	12
Forstyrrelser av søvn og hvile .....	13
Virkninger på hørsel .....	14
Virkninger på svangerskapslengde og fødselsvekt .....	14
Flere helseutfall i samme studie .....	15
<b>Virkninger av støy fra jagerfly kontra støy fra sivil luftfart</b> .....	<b>18</b>
<b>Oppsummering og konklusjon</b> .....	<b>19</b>
<b>Forskningsbehov</b> .....	<b>21</b>
<b>Litteratur</b> .....	<b>22</b>
<b>Definisjoner</b> .....	<b>26</b>

## Sammendrag

I denne rapporten oppsummeres eksisterende vitenskapelig kunnskap om effekter av støy fra jagerfly på befolkningen nær militære flyplasser, og det identifiseres videre forskningsbehov.

Helse- og trivselseffekter av sivil flystøy er godt dokumentert i den internasjonale forskningslitteraturen. Færre studier er gjort av virkninger av støy fra jagerfly på befolkningen nær militære flyplasser. De fleste av disse studiene har undersøkt konsekvenser for de som bor i områder med lavflygingsaktivitet. Svært få studier har sett spesifikt på situasjonen til de nærmeste naboene til militære flyplasser.

Jagerflytrafikken i Norge har et noe annet driftsmønster enn sivil flytrafikk. Jagerflytrafikken foregår i hovedsak på dagtid på hverdager, mens sivil luftfart har spredt trafikk fordelt på hele døgnet og alle ukedager. I denne rapporten undersøker vi spesielt mulig betydning av driftsmønster for støyplage. Videre ser vi på hva eksisterende litteratur kan si om betydningen av faktorer som varsling, forutsigbarhet og opplevd kontroll, og hva militære øvelser betyr for støyplagen rundt militære flyplasser. Vi oppsummerer studier av ulike typer helseeffekter, og gjør en tentativ sammenligning med det man vet om virkninger av sivil flystøy.

De spredte studiene som er gjort på støyvirkninger fra jagerfly finner en rekke forskjellige helseeffekter både av somatisk og psykologisk karakter, i likhet med hva man har funnet for støy fra andre kilder, inkludert sivil luftfart. Man har blant annet sett på effekter på hjertekarsystemet, søvn, hørsel, svangerskapslengde og fødselsvekt, og psykisk helse. I gjennomgangen av litteraturen fant vi ingen studier av støy fra jagerfly som har sett på betydning av driftsmønster for støyplage. Enkelte studier som gjelder situasjonen rundt sivile flyplasser gir imidlertid indikasjoner på at driftsmønster kan ha en viss betydning. Det er funnet en større sensitivitet for støyvirkninger på natt og kveld, og i noen studier på morgen, enn på dagtid. Det fins enkeltstudier som har funnet at forutsigbarhet, varsling og opplevd kontroll kan bidra til å redusere støyplagen. Det finnes imidlertid ikke datagrunnlag i litteraturen per i dag for å kunne si om eksponerings-respons sammenhengen mellom støyeksponering og plage er annerledes for jagerfly enn for sivile fly. På den ene siden er driften ved de militære flyplassene i Norge begrenset i forhold til ved de sivile flyplassene. På den annen side stoyer jagerflyene mer enn sivile fly. Den relative betydningen av disse faktorene må det en studie til for å avgjøre. Det er også behov for mer kunnskap om hva endringer i støyforholdene ved en flyplass har å si for støyplagen. Det vil si, hvorvidt støyplage etter en gitt endring i støyeksponering kan forutsies på grunnlag av etablerte eksponerings-respons sammenhenger.

## Innledning

Helse- og trivselseffekter av flystøy er veldokumentert i den internasjonale forskningslitteraturen. I tillegg til støyplage, finner man bl.a. effekter på hjerte-karrelaterte utfall, barns skoleprestasjoner, og søvn (Kaltenbach m.fl., 2008). Det norske regelverket som er ment å begrense de negative effektene av støy er det samme for sivil og militær flytrafikk. Imidlertid har jagerflytrafikken et noe annet driftsmønster enn sivil flytrafikk. Jagerflytrafikken foregår i hovedsak innenfor tidsrommet 07 – 19 på hverdager, med en stor del av trafikken konsentrert til perioden 08 – 16 når mange er på jobb. Sivil luftfart har spredt trafikk som også inkluderer tidlig morgen, sen ettermiddag, og noe natt. Og man har også trafikk i helgene. De fleste studier av virkninger av flystøy er gjort på befolkningen nær sivile flyplasser. Man har generelt liten kunnskap om hvordan støy fra jagerfly faktisk oppleves og virker på de eksponerte som bor i nærområdene til militære flyplasser.

## Målsettingen med rapporten

I denne rapporten vil vi oppsummere eksisterende vitenskapelig kunnskap om virkninger av jagerflystøy på befolkningen i nærheten av militære flyplasser, og identifisere videre forskningsbehov. Virkninger av støy fra jagerfly vil bli sammenlignet med virkninger av støy fra sivil luftfart. Vi vil undersøke hva eksisterende litteratur gir av kunnskap om betydningen av jagerflyenes spesielle driftsmønster for støyplage. Videre vil vi se på betydningen av forutsigbarhet, dvs. at man har et gitt antall flybevegelser i et gitt tidsrom, med et gitt flygemønster. Til sist vil vi vurdere betydningen av militære øvelser. Disse har ofte et noe annet mønster enn normal drift ved jagerflybasen, men skal være godt kommunisert på forhånd og avgrenset i tid. Vi vil undersøke hva forutsigbarhet og varsling/kommunikasjon i forbindelse med øvelser har å si for opplevelsen av støyen.

## Metode

Systematiske litteratursøk ble gjort i de fem databasene EMBASE, Medline, PsycINFO, ISI Web of Knowledge, og SCOPUS. På bakgrunn av den teknologiske, samfunnsmessige, og forskningsmessige utviklingen vil de nyere studiene være de mest relevante. Derfor ble søket etter studier om effekter av sivil flystøy avgrenset til de siste 10 årene. Imidlertid hadde vi grunn til å anta at vi ville finne relativt få studier om effekter av jagerflystøy på befolkningen. For å få med alt som kunne være av relevans for å belyse rapportens spesifikke problemstillinger, valgte vi derfor å ikke avgrense dette søket bakover i tid. Det ble først gjort et bredt søk hvor søkeord med synonymer for fly og flyplass ble kombinert med søkeord med synonymer for støy og flyplasstøy, og søkeord med synonymer for effekter og helseserisiko. Dette søket gav svært mange treff, over 1000, men svært mange var ikke relevante, eller svært perifere. For å skille ut de referansene som gjaldt militærstøy, ble søket gjentatt med søkeordet ”military” tilføyd (ingen tidsavgrensning bakover). Dette gav 112 treff. Brorparten av disse gjaldt effekter av støy på militært personell, altså yrkeseksponering. En del studier gjaldt effekter på natur- og dyreliv. Som det vil fremgå, fant vi svært få studier i det hele tatt av relevans for problemstillingene i denne rapporten.



## Støyplage

På bakgrunn av en rekke undersøkelser der man har sett på forholdet mellom støyeksponering og støyplage, er det etablert eksponerings-respons kurver som brukes til å forutsi virkninger av miljøstøy fra forskjellige kilder på befolkningen (Schultz, 1978; Miedema og Oudshoorn, 2001). Disse eksponerings-respons kurvene er de beste verktøyene man har til å kunne fastsette grenseverdier for transportstøy. Kurvene sier likevel kun noe om en tendens i befolkningen, mens det i virkeligheten er store individuelle forskjeller i støyplage. En rekke forhold som påvirker støyplage, er det ikke justert for i disse kurvene. Noen faktorer er det mulig å påvirke eller ta høyde for (f.eks. tiltak som gir mestringsmuligheter), andre ikke (f.eks. støysensitivitet).

## Betydningen av forutsigbarhet og opplevd kontroll

Forutsigbarhet og opplevd kontroll er foreslått som mulige viktige psykologiske faktorer i forbindelse med støyrelaterte plager (Hatfield m.fl., 2002). Hatfield og medarbeidere (Hatfield m.fl., 2002) har argumentert for at opplevd kontroll over støyen kan være en modifierende faktor som bidrar til å redusere, i det minste delvis, de kognitive, motivasjonsmessige, følelsesmessige, og fysiologiske konsekvensene av støyeksponering. De argumenterer for dette gjennom å vise til at typen effekter av samfunnsstøy er slående lik effekter på både dyr og mennesker av eksponering for ukontrollerbare hendelser. Ukontrollerbare hendelser er vist å kunne føre til et syndrom av utfall som går under merkelappen ”lært hjelpeløshet”, fordi utfallene var antatt å komme av lært mangel på kontroll over omgivelsene. Et av utfallene av ukontrollerbare hendelser er nedsatt yteevne når det gjelder kognitive oppgaver, noe som kan skyldes både en kognitiv og en motivasjonsmessig svekkelse. Hatfield (Hatfield m.fl., 2002) viser til at effekter av støy på kognitiv yteevne hos barn er godt dokumentert i litteraturen (f.eks. Cohen m.fl., 1986; Evans m.fl., 1995; Haines m.fl., 2001), og det fins også studier som viser effekter på motivasjon, for eksempel at barn gir lettere opp å løse en oppgave når de er eksponert for støy (Cohen m.fl., 1986; Evans, 1998; Bullinger m.fl., 1999). Videre er lært hjelpeløshet forbundet med angst og depresjon, og Hatfield peker på at det er noe indikasjon i litteraturen på en sammenheng mellom støyeksponering og emosjonelle forstyrrelser som angst og depresjon. Til sist nevner de laboratorieforsøk som har vist at dyr utsatt for ukontrollerbare hendelser er blitt mindre motstandsdyktige mot sykdom. De foreslår derfor at sammenhengen som er påvist i litteraturen mellom fysiologiske symptomer og høy støyeksponering, også kan være påvirket av en psykologisk faktor som mangel på opplevd kontroll. Dette er plausibelt ut i fra at mangel på opplevd kontroll må betraktes som en mulig stressfaktor. Og stress innvirker også på fysiologiske helseutfall. Både kognitive utfall, som evnen til problemløsning, og et fysiologisk utfall, som søvnforstyrrelser, vil selvfølgelig kunne være en direkte effekt av støynivået, men disse forskernes poeng er at psykologiske faktorer som mangel på opplevd kontroll og derav følgende lært hjelpeløshet også kan være av vesentlig betydning for disse utfallene.

Hatfield og medarbeidere (Hatfield m.fl., 2002) testet antagelsen om at ”lært hjelpeløshet” bidrar til effektene av støy på et datamateriale samlet inn rundt Sydney flypass (n=1015). Undersøkelsen ble gjennomført i forkant av omleggingen av flyplassen i 1994. Den forestående omleggingen gav dem muligheten til å sammenligne virkninger av støy i områder med fire ulike støyscenarioer: De som hadde høy støyeksponering, og fortsatt ville ha høy eksponering etter omleggingen, de som hadde høy eksponering, men ville få lav eksponering, de som hadde lav eksponering, og fortsatt ville ha lav i etterkant, og de som hadde lav eksponering, men ville få høy i etterkant. Hva de definerer som høy og lav eksponering er ikke oppgitt i artikkelen. De

fant ingen forskjell i opplevd kontroll mellom områdene med høy og lav støyeksponering. Men de fant delvis støtte for antagelsen om at ”lært hjelpeløshet” bidrar til konsekvensene av støyeksponering når de så på hvert område for seg. Alle resultatene var ikke konsistente på tvers av studieområder, men opplevd kontroll over støyen var konsekvent negativt relatert til både forstyrrelse av lesing og søvn, og selvrapportert generell helse. Det vil si, jo mer opplevd kontroll, jo mindre effekt på lesing, søvn og selvrapportert helse. Opplevd kontroll hadde imidlertid ingen signifikant sammenheng med selvrapporterte symptomer på depresjon og angst.

### **Effekt av militære øvelser og varsling**

Varsling av militære øvelser med perioder med økt støy er et tiltak som kan fremme forutsigbarhet og en følelse av kontroll. Vi har ikke funnet noen studier som har hatt som direkte formål å undersøke effekt av varsling av militære øvelser på støyplage i boligområder. En norsk studie fra 1995 (Gjestland m.fl., 1995) undersøkte hvordan opplevelsen av flystøy fra en flyplass med både sivil og militær trafikk endret seg i perioder med militære øvelser. Denne studien kunne ikke påvise noen forskjell i respons mellom øvelsesperiode og normal drift ved flyplassen. Den beste eksponerings-respons sammenhengen ble uansett situasjon oppnådd ved å relatere respons til *EFN* referanseverdiene for flyplassen, som var basert på trafikk i løpet av de fire travleste sommermånedene, og ikke til beregningene for øvelsesperiodene. Denne studien hadde ikke responsmål som skilte på kilde (sivil eller militær trafikk, eller type fly), men så kun på totalrespons på flystøy fra flyplassen, og hvordan denne ble påvirket av øvelsesperioder med økt trafikk. Økningen i støyeksponering i øvelsesperiodene var på 6 dB. En mulig forklaring på at økningen i støyeksponering i øvelsesperiodene (som varte 2-3 uker) ikke førte til en tilsvarende økning i støyplage, kan være at øvelsene har vært varslet. Dette er imidlertid ikke nevnt eller diskutert som en mulig forklaringsfaktor i artikkelen til Gjestland.

Den eneste studien vi har funnet som har sett direkte på betydningen av varsling er en amerikansk undersøkelse av støyplage fra jagerfly i et friluftsområde (Elias, 1998). Omtrent halvparten av turgåerne som deltok i undersøkelsen ble gitt informasjon gjennom et skilt som ble satt opp ved starten på turstien med påskriften: ”Militærfly kan regelmessig ses eller høres fra denne stien”. Resultatene viste at de som husket å ha fått denne informasjonen da de startet turen var signifikant mindre plaget ved samme støyeksponeringsnivå enn de som ikke husket å ha fått informasjonen. Siden støyplage til dels er avhengig av hvilken situasjon man opplever den i, og denne undersøkelsen gjelder en helt annen situasjon enn hjemmesituasjonen, er ikke resultatene nødvendigvis direkte overførbare til en boligsituasjon. Men resultatene understøtter det som er funnet for lyd ellers at forutsigbarhet og en form for opplevd kontroll kan bidra til å redusere de negative virkningene av uønsket lyd.

### **Betydning av driftsmønster**

Døgnet er fylt med ulike aktiviteter som kan forstyrres i ulik grad og på forskjellig vis av støy. Bak en ellers lik støyeksponering målt som gjennomsnittsnivået over en gitt tidsperiode, kan det være ulike underliggende mønster av eksponering. Støyen kan være spredt utover hele tidsperioden, jevnt eller ujevnt fordelt, eller den kan være samlet i kortere, mer intense eksponeringssituasjoner i løpet av tidsperioden, som gir lengre perioder med ”støyfri”. Hva vet man så om betydningen av eksponeringsmønsteret for støyplagen?

Spørsmålet om betydningen av jagerflyenes spesielle driftsmønster for støyplage besvares ikke direkte av eksisterende studier. Vi har ikke funnet en eneste studie som har sett på betydning av driftsmønster for støyplage fra jagerfly. I det hele tatt er det få studier av støyplage generelt som har sett på detaljer i hva som ligger bak en støyplagerespons. Som regel kombineres et generelt

samlemål på plage for en lengre tidsperiode med et mål på gjennomsnittlig støyeksponering. Men noen nyere studier av støyplage rundt sivile flyplasser har sett nærmere på tidsmønsteret i støyplagen, og disse kan gi oss en indikasjon.

Brooker (Brooker, 2010) har reanalysert dataene som ble brukt som understøttelse for britisk støypolitikk (ANIS, eller Storbritannias "Aircraft Noise Index Study" (Brooker m.fl., 1985)), og funnet holdepunkter for en viss effekt av driftsmønster for støyplage. Som et tiltak for å redusere støyvirkninger, er det pålagt alternerende rullebanebruk ved Heathrows to vestlige rullebaner. Det vil si at den ene av rullebanene brukes kun til landinger fra morgenen og til midt på ettermiddagen, deretter overtar den andre rullebanen. Slik får de som bor under de vestlige flytraseene alltid perioder med redusert flystøy, enten i første eller andre halvdel av dagen. Bruken av rullebanene skifter på en forutsigbar måte fra dag til dag. Selv om man hadde indikasjoner på at alternerende rullebanebruk var et godt virkemiddel for å redusere støyplage, manglet man kvantifisering av effekten. Formålet med analysen var en slik kvantifisering.

Dataene som ble reanalysert ble opprinnelig samlet inn i 1980 og 1982, og består av intervjuer med 2097 innbyggere i 26 områder nær flyplasser i Storbritannia, i tillegg til støymålinger. Innbyggerne i hvert område hadde omlag samme støyeksponering, målt ved et sentralt punkt i området. Den nye analysen ble gjort på aggregatnivå, det vil si at både respons- og støymål var på områdenivå. Andel "svært plaget" i hvert område var responsmålet, støyparametren var 16 timers ekvivalentnivå for uken forut for spørreundersøkelsen. (I Storbritannia har man valgt å bruke  $L_{eq16t}$  (perioden 06 - 22, for 3 sommermåned) ved beregning av støyplage ved flyplasser. Begrunnelsen er at drift på dag og natt gir kvalitativt forskjellige støyeffekter, støyplage versus søvnforstyrrelser, som man mente burde behandles separat.) I tillegg ble det i analysen kontrollert for andelen i området med arbeid tilknyttet flyplassen. Resultatene viste at de som bodde slik at de hadde fordel av alternerende rullebanebruk i form av forutsigbart stillere perioder, var mindre plaget ved samme gjennomsnittlige støynivå enn de som opplevde andre driftsmønstre. Effekten tilsvarte omlag 2 dB i støyeksponering for områder med  $L_{eq16t}$  (1 uke) over 55 dB. Dette er en effekt som Brooker påpeker ville gitt signifikante endringer i støykonturene rundt flyplassen, dersom den ble tatt med i beregningen.

Enkelte studier har pekt på betydning av tid på døgnet for respons på eksponering for flystøy rundt sivile flyplasser. Hume og medarbeidere har i to artikler undersøkt tidsbestemte variasjoner i klager på flystøy fra Manchester flyplass, den tredje travleste flyplassen i Storbritannia (Hume m.fl., 2002; Hume m.fl., 2003). I den første studien (Hume m.fl., 2002) så de på data fra perioden 1991-1999, for å undersøke om det fantes et mønster for klagen for år, måned, ukedag, og tid på dagen. De undersøkte også klagefrekvens for dem som klagde. En detaljert analyse av dataene fra året 1998 viste at majoriteten av de som klagde, gjorde det en eller to ganger. Det kom dette året 2027 klager fra 594 personer. Men tre personer sto alene for hele 41 % av klagen. Dette illustrerer et viktig poeng angående klageatferd som responsmål, eller indikasjon på problemomfang av støy ved en flyplass. Det er en terskel for å klage, og denne terskelen er avhengig av mange andre faktorer enn støynivå og plagegrad, som for eksempel personlighetsmessige faktorer. De som ikke klager kan være like plaget, men det er et stort spørsmål hvor representative de som klager er for befolkningen som sådan. Likevel, i den grad klagerne tidsbestemte opplevelse av støyen er lik befolkningens forøvrig, kan en studie av deres klagemønster gi en indikasjon på hvor "skoen trykker" mest. Det tidsbestemte mønsteret i klagen var som følger: Det var en jevn økning i klager per 1000 flybevegelser over uka, fra lavest på mandag, til høyest på lørdag/søndag. Det var dobbelt så mange klager per 1000 flybevegelser mellom klokken 23 og 07 som resten av døgnet. Om man tok med eller utelot "serieklagerne" fra analysen var resultatet det samme: Sen kveld og nattestid, spesielt de tidlige

nattetimene, syntes ut fra klagemønsteret å være tiden på døgnet med størst sensitivitet for flystøy.

I det andre arbeidet (Hume m.fl., 2003) så Hume og medarbeidere nærmere på klagedataene fra to 6-måneders perioder: Juli-desember 1998, og juli-desember 1999. I løpet av disse studieperiodene var det kommet inn totalt 2667 klager relatert til 190 000 flybevegelser. Ett av formålene med analysen av 1998-materialet var å undersøke hvordan klagen varierte over døgnet sammenholdt med variasjoner fra time til time i antall flygninger. Dataene fra 1999 ble brukt til å se på klagemønsteret i forhold til støynivåer. Analysen av klagemønsteret over døgnet gav omlag samme resultat som i det første arbeidet. Nattflygninger (23 - 06) forårsaket omlag fem ganger flere klager enn resten av dagen. Høyest andel klager gjaldt perioden 01 - 02 om natten, færrest 08 - 09 om morgenen. På dagtid var det en liten topp i andel klager rundt lunsjtider, kl 12-13.

Resultatene viste at laveste nivå for utendørs flystøy som utløste en klage var  $PNL = 75$  PNdB, mens gjennomsnittsnivået for klager var  $PNL = 97$  PNdB. Gjennomsnittlig klagefrekvens for et gitt støynivå ble beregnet ved å dele antall klager på antall hendelser som forårsaket klager på det støynivået. Det relative antallet klager økte med støynivået. Den største økningen i andel klager kom mellom 100-104 PNdB og 105-109 PNdB. Ved en hendelse på 110-114 PNdB var den relative andelen klager doblet sammenlignet med ved nivået 75-79 PNdB.

En artikkel fra 2004 som gjennomgår resultater fra flere studier peker også på den større sensitiviteten for støyvirkninger om kvelden og natten (Hoeger, 2004). Den ene studien forfatteren viser til er en eksperimentell studie (Reichart, 1981) hvor forsøkspersonene ble utsatt for en blanding av vegtrafikkstøy, støy fra spunting og pneumatisk slagboring. Hver forsøksperson ble i 12 døgn eksponert etter ett av følgende mønster: Støyeksonert om dagen, stille om natten; støyeksonert om natten, stille om dagen; støyeksonert både dag og natt; ikke støyeksonert til noen tid av døgnet. Forsøkspersonene ble gitt kognitive tester hver 2. dag i forsøksperioden. Den repeterte testingen gav en læringseffekt. Resultatene viste at læringsgraden var størst for dem som ikke var eksponert for støy til noen tid av døgnet. Læringseffekten var mindre for dem som var utsatt for støy på dagtid. Den sank ytterligere for de som var eksponert på natt. Svakest læringseffekt hadde de som var eksponert for støy hele døgnet (Reichart, 1981). Hoeger (Hoeger, 2004) viser også til en annen studie, som har sett på klagefrekvens ved Frankfurt flyplass relativt til trafikkvolumet (Kastka, 1999). Det absolutte antallet klager var mye større for flygninger på dagtid, men studien viste en overrepresentasjon av klager om natten, relativt til trafikkvolumet. Hoeger viser også til eksponerings-respons studier for flystøy, som indikerer en større grad av forstyrrelse om natten enn om dagen ved samme støynivå (Hoeger, 2002). Artikkelen til Hoeger støtter seg ikke på et veldig bredt materiale, og er ikke en uhildet gjennomgangsartikkel i den forstand. Den har nok som formål i utgangspunktet å påpeke den spesielle støysituasjonen på natt. Forfatteren kommer også med forslag til hvordan flytrafikken kan omdistribueres i tid og rom, for å flytte den vekk fra natt, men samtidig avbøte den mer intense støysituasjonen dette vil medføre på dagtid. Likevel, disse resultatene føyer seg pent inn i det litteraturen ellers sier om distribusjonen av støyvirkninger over døgnet.

En svensk studie brukte en tilnærming basert på økonomisk verdsetting til å se på variasjoner i vurdering av flystøy etter tid på dagen (Carlsson m.fl., 2004). Utvalget var tilfeldig trukket fra befolkningen (18-64 år) nær Bromma flyplass, Stockholm. Denne flyplassen hadde totalforbud mot nattflygninger, derfor var ikke vurderinger av flystøy på natt med i denne undersøkelsen. Flygninger var kun tillatt i tiden 07 - 22 på hverdager, 09 - 17 på lørdager, og 10 - 20 på søndager. Gjennom en serie hypotetiske valg ble deltakerne i studien bedt om å vurdere henholdsvis ønske om kompensasjon for økt flytrafikk, eller betalingsvillighet for mindre

trafikk. Resultatene viste en signifikant vilje til å betale for færre flybevegelser om morgenen (09 - 12) og kvelden (17 - 22) gjennom hele uka. Villigheten til å betale for stillere morgener var større for helgedagene enn for ukedagene. Betalingsvilligheten var størst for en nedgang i trafikken om kvelden. En stor andel av respondentene ønsket imidlertid ingen endring i trafikken, verken i den ene eller den andre retningen. En mulig årsak til dette som forfatterne oppgir, kan være de relativt strenge restriksjonene som allerede var lagt på bruken av denne flyplassen på grunn av nærheten til Stockholm, og at det var en relativt ”stille” flyplass i forhold til størrelsen.

I en relativt ny oversiktsartikkel av helseeffekter av flystøy viser Kaltenbach og medarbeidere (Kaltenbach m.fl., 2008) bl.a. til resultater fra en fersk undersøkelse av støyplage som ble gjennomført i nærheten av Frankfurt flyplass. I denne studien (Schreckenber, 2007) fant man tidsvariasjoner i støyplage i tråd med hovedtrendene i de andre studiene vi har referert til. Flystøyen var spesielt plagsom om natten og morgen og kveld. Plagen var også større i helgene enn ellers i uka.

## Effekt av endring

Eksponeerings-respons kurvene som bl.a. brukes til å forutsi reaksjoner på endringer i støyforholdene er i hovedsak basert på data fra stabile støysituasjoner. Hvorvidt det kan trekkes gyldige slutninger om reaksjon på endring ut i fra slike data, har vært undersøkt i flere studier. Resultatene har vært sprikende. Endringseffekten er ikke lett å studere, fordi mange forhold vil kunne påvirke den, som tidligere erfaringer med støyen på stedet (hvor lenge man har bodd der), størrelsen på endringen, hvorvidt den er et resultat av en gradvis trafikkøkning, eller om den kommer brått som ved åpningen av en ny flyplass. Derfor varierer også anslagene på størrelsen på endringseffekten, omregnet i desibelekvivalent. Men sannsynligheten for en slik effekt er det greit å være klar over. En relativt fersk oversiktsartikkel fra 2009 (Brown og van Kamp, 2009) har gått gjennom hovedfunnene så langt for både fly, veg og tog. Forfatterne skilte mellom studier som gjaldt endring ved kilden (trafikkendring) og endring i form av tiltak (fasadeisolering/skjerming), hvor ikke trafikkmengden er endret. Brown og van Kamp konkluderer med at det er overveiende støtte for at det fins en effekt av endring, utover eksponeringseffekten. Endringseffekten betyr at endringen i plagerespons er større enn det man ville forvente ut i fra de etablerte eksponerings-respons kurvene fra stabile støysituasjoner. Spesielt når det gjelder vegtrafikk konkluderer Brown og van Kamp med at effekten er godt nok dokumentert. Når det gjelder flystøy er resultatene mindre tydelige. Noen studier har funnet en endringseffekt for flystøy, andre ikke. Og noen av effektene har vært veldig små. Men Brown og van Kamp peker på at de fleste flystøystudier har sett på veldig små endringer i støyeksponeringen, eller kun midlertidige endringer. Det er derfor ikke grunnlag for å si at det ikke fins en endringseffekt for flystøy. I en før- og etterundersøkelse gjennomført ved Folkehelseinstituttet i forbindelse med flyttingen av Norges hovedflyplass i 1998 ble det funnet en markert endringseffekt på støyplage i to friluftsområder, ett ved den gamle og ett ved den nye hovedflyplassen (Krog og Engdahl, 2004; Krog og Engdahl, 2005; Krog m.fl., 2010). Det vil si, endringen i plagerespons fra før- til ettersituasjonen var mye større i begge retninger enn hva man ville ha forutsagt ut i fra eksponerings-respons sammenhengene fra førsituasjonen. Endringsdata for boligområder rundt disse flyplassene har vi imidlertid ikke.

Endringseffekten Brown og van Kamp finner dokumentert gjelder når endringen i støyeksponering skyldes endringer ved kilden. Studiene av effekt av fasadetiltak er mer tvetydige, og resultatene kan tyde på at folk reagerer annerledes på en endring som skyldes fasadetiltak enn en endring som skyldes en trafikkmengdeendring. Forfatterne konkluderer med at disse typene endring i eksponering derfor bør studeres separat og holdes fra hverandre når det

gjelder hvilken effekt de har på støyplage. Det er sannsynlig at disse forskjellene i endringseffekt skyldes samspillseffekter, dvs. at andre faktorer enn bare støyen virker inn på opplevd støyplage. Dersom det skjer en endring ved kilden, som f.eks. trafikkomlegginger, vil det ved en økning i trafikken også være andre negative faktorer som utrygghet, luftforurensning og barrierer, som kan forsterke støyplagen. Og motsatt dersom det skjer en endring til det bedre. Reduserer man kun støynivået, som ved fasadeisolering eller støyskjerm, er det holdpunkter for at man ikke får denne endringseffekten, men at reduksjon i støyplage kan predikeres ut fra eksponerings-respons sammenhenger fra førsituasjonen (Amundsen m.fl., 2011; Nilsson og Berglund, 2006). Det er ellers foreslått en rekke forskjellige forklaringer på endringseffekten, med varierende grad av belegg (Brown og van Kamp, 2009b).

Relativt få studier har sett på hva som skjer med endringseffekten over tid. Består den som en varig forskyvning i eksponerings-respons forholdet, eller skjer det en tilvenning til den nye støysituasjonen? Brown og van Kamp (2009) konkluderer med at det ikke fins støtte i litteraturen for at endringseffekten svekkes med tiden. Tvert i mot er denne tilleggseffekten av endring funnet å vare i flere år i etterkant, det vil si så langt i etterkant man har data fra. En studie fant at effekten vedvarte så lenge som 7-9 år etter en reduksjon i vegtrafikkstøy (Griffiths og Raw, 1986; Griffiths og Raw, 1987; Griffiths og Raw, 1989).

## Andre effekter av støy fra jagerfly

De fleste studier vi har funnet av virkninger av jagerflystøy gjelder mer spesifikke psykologiske, kognitive, og fysiologiske utfall. Nedenfor vil vi gi en gjennomgang av funnene i disse studiene. En del av forskningslitteraturen på virkninger av jagerflystøy på mennesker frem til år 2000 er presentert i en NOU fra 2001 (NOU 2001:15, 2001) som oppsummerte arbeidet til "Utvalg for å utrede Forsvarets lavflygingsområder". Dette utvalget (nedsatt av Forsvarsdepartementet i 1998) skulle bl.a. vurdere "hvilke belastninger til hvilke tidspunkter lavflyging har på miljø, naturressurser og samfunn". I tråd med utvalgets mandat var man den gangen mest opptatt av hvordan støy fra lavflygingsaktivitet virker i forskjellige situasjoner og områder – fokus var ikke på virkninger av den jevne driftssituasjonen for de nærmeste flyplassnaboene. Disse har en annen type eksponering og situasjon enn de som kun opplever sporadisk lavflygingsaktivitet. I denne rapporten fokuseres det først og fremst på de nærmeste flyplassnaboene, men vi inkluderer her også noen studier som gjelder effekter av lavflygingsaktivitet, siden det er gjort så lite på støyvirkninger av jagerfly på befolkningen generelt.

## Virkninger på hjerte-karsystemet

Siden støy er en generell stressfaktor, og stress er en risikofaktor for hjerte-karlidelser, er det de senere årene fokusert stadig mer på spørsmålet om hvordan støy virker på hjerte-karsystemet. Det er også gjort enkelte studier som har sett på dette når det gjelder støy fra jagerfly. I NOU 2001:15, angående lavflygingsvirksomhet, vises det til laboratoriestudier og en befolkningsundersøkelse som fant en viss effekt av jagerflystøy på blodtrykk. I laboratoriestudiene fant man en midlertidig økning i blodtrykk ved eksponering for jagerflystøy med et maksnivå på  $L_{Amax} = 125$  dB. En eksponering på 105 dB ga kun minimal blodtrykksøkning. Tilsvarende resultat ble funnet for stresshormonet kortisol (Curio og Michalak, 1993). Gjentatte eksponeringer er i flere studier funnet å gi en økt stressrespons, det vil si en sensitivering i forhold til støyen, ikke en tilvenning (NOU 2001:15, 2001). En tysk befolkningsundersøkelse så på blodtrykk hos skolebarn i to lavflygingsområder. I området med høyest lavflygingsaktivitet (laveste flyhøyde 75 m,  $L_{Amax} = 125$  dB,  $L_{Aeq,24t} = 65$  dB) fant man

forhøyet blodtrykk hos jentene, men ikke hos guttene (Ising m.fl., 1990). Resultatene kunne imidlertid ikke verifiseres i en senere lignende feltundersøke. Det er ikke grunnlag for å trekke endelige konklusjoner når det gjelder sammenheng mellom lengre tids eksponering for støy fra militær lavflyging og permanent forhøyet blodtrykk på bakgrunn av disse studiene. Og de gir ikke grunnlag for å trekke konklusjoner for flyplassnaboer.

En nyere studie fra Korea har sett på forholdet mellom kronisk eksponering for flystøy og forekomst av hypertensjon blant mennesker som bor nær militære flybaser (Rhee m.fl., 2008). Deltakerne i studien var 137 personer (gjennomsnittlig alder 60 år) som bodde innenfor 5 kilometers avstand fra en helikopterbase, og 486 personer (gjennomsnittlig alder 58 år) som bodde innenfor en avstand av 5 kilometer fra en jagerflybase. I tillegg inkluderte studien en kontrollgruppe på 252 personer (gjennomsnittlig alder 58 år) som ikke var eksponert for flystøy, det vil si de bodde minst 10 kilometer fra basene. Undersøkelsesområdene var landlige områder. Deltakerne som bodde nær en helikopterbase var fordelt på to områder med følgende støyeksponering målt på dagtid (10 - 18):  $L_{Aeq,8t}$  var henholdsvis 71 og 72 dB,  $L_{AMax}$  var 114 og 116 dB. Deltakerne ved en jagerflybase var fordelt på seks områder med eksponeringen:  $L_{Aeq,8t}$  68, 74, 78, 79, 80, og 82 dB, og  $L_{AMax}$  på henholdsvis 105, 107, 108, 109, 110 og 115 dB. Resultatene viste en noe høyere forekomst av hypertensjon blant dem som var eksponert for helikopterstøy enn kontrollgruppen. Forekomsten av hypertensjon i gruppen som var eksponert for jagerflystøy var litt forhøyet, men ikke signifikant. I analysen var det kontrollert for alder, kjønn, BMI, nåværende røykevaner, alkoholinntak, diabetes og treningsaktivitet. Forskerne konkluderer med at resultatene tyder på at forskjellige typer støy kan ha forskjellig innvirkning på forekomsten av hypertensjon.

## Forstyrrelser av søvn og hvile

Forstyrrelser av søvn og hvile regnes blant de alvorligere helseeffektene av støy, og er godt dokumentert i litteraturen, om enn ikke spesifikt hva angår støy fra jagerfly. Men eksponeringsnivåene fra disse flyene vil uansett være minst like høye og høyere enn det man har dokumentert effekter for. Siden jagerflyaktiviteten i Norge i hovedsak foregår på dagtid, vil den imidlertid i realiteten ha liten betydning for nattesøvnen. Likevel vil det finnes enkelte grupper i befolkningen som har behov for å sove på dagtid, og som kan få søvnen forstyrret. Det kan være små barn, eldre, syke og skiftarbeidere. Søvn er viktig for å bevare god fysiologisk og mental helse. Støy kan gi vanskeligheter med innsovning, endringer i søvnmønster og dybde, oppvåkninger, og generelt nedsatt subjektiv søvnkvalitet (Griefahn og Jansen, 1978; Öhrström, 1995; NOU 2001:15, 2001; Aasvang, 2003; Basner m.fl., 2008). Støy som forstyrrer søvnen kan også gi tretthet og redusert velvære, humør og yteevne (Öhrström og Rylander, 1990; NOU 2001:15, 2001). Støy som er preget av hendelser med høye maksimale lydnivåer forstyrrer søvnen mer enn mer jevn, kontinuerlig støy. I tillegg har man funnet en temporær økning i hjertefrekvens hos sovende som eksponeres for støy (di Nisi m.fl., 1990; NOU 2001:15, 2001). Slike kardiovaskulære responser forekommer også i våken tilstand som en helt normal aktiveringsrespons, men responsen har vist seg å være sterkere under søvn enn i våken tilstand (di Nisi m.fl., 1990). Det er videre funnet liten grad av tilvenning til slike fysiologiske responser spesielt under søvn (Carter m.fl., 2002; Griefahn m.fl., 2008). Slike akutte fysiologiske endringer er helt normale og ikke helseskadelige i seg selv, men kan ved vedvarende aktivering øke risiko for mer kroniske endringer, spesielt hos de som er disponert eller har andre helsebelastninger (Aasvang m.fl., 1999). Søvn er en tilstand av redusert aktivitet i det sympatiske og autonome nervesystemet, fulgt av nedsatt hjertefrekvens og blodtrykk. Søvn kan slik tenkes å ha en beskyttende og restituerende effekt på hjerte-karsystemet, mens kroniske søvnforstyrrelser på grunn av støy kan tenkes å ha motsatt effekt. Slik sett kan svært små

vedvarende økninger i blodtrykk ha konsekvenser for den kardiovaskulære helsen på sikt (Carter m.fl., 2002; Carter, 1995; Collins m.fl., 1990).

Nattskiftarbeidere har behov for å sove på dagtid når eksponeringen for miljøstøy er størst, og vil derfor kunne være spesielt utsatt. I en eksperimentell studie ble det undersøkt akutte virkninger av støy på blodtrykk og hjerterefrekvens under søvn hos nattskiftarbeidere (Carter m.fl., 2002). Studien ble gjennomført i et søvnlaboratorium, og deltakerne var 9 friske kvinnelige nattskiftarbeidere. De ble eksponert for fire ulike typer støy mens de sov i laboratoriet på dagtid: Støy fra sivile fly under landing, passerende lastebiler, rentoner (1000 Hz) og lavtflygende jagerfly. Hver type støyhendelse ble presentert med følgende maksverdier: 55, 65, og 75  $L_{Amax}$ . Resultatene viste at størrelsen på økningen i hjerterefrekvens var avhengig av støynivå, men ikke støytype. Blodtrykksøkninger ble funnet primært som følge av lyder som startet brått, inkludert overflyginger av jagerfly. Endringer i hjerterefrekvens ble registret ved avspilling av støy fra jagerfly, presentert i løpet av 10-minutters intervaller og nivåer som over.

### **Virkninger på hørsel**

For å forhindre mulige hørselsskader er anbefalingene for kontinuerlig støy, basert på studier fra en yrkessammenheng, at man ikke bør eksponeres for ekvivalentnivåer som overskrider 85 dBA over en periode på 8 timer. Den samme risikovurderingen gjelder for andre typer støy i andre sammenhenger. Eksponering for relativt kortvarige lyder kan gi en skade uavhengig av hyppighet og varighet hvis det maksimale lydnivået overskrider  $L_{Amax} = 115-120$  dB. Impulsllyder som varer i brøkdeler av ett sekund kan gi skade hvis toppverdien overskrider  $L_{Cpeak} = 130 - 140$  dB. Noen mennesker kan få hørselsskade ved lavere nivåer (NOU 2001:15, 2001).

Hørselsskade er generelt ikke ansett å være et sannsynlig utfall av miljøstøy, men på grunn av muligheten for svært høye eksponeringsnivåer, er det gjort noen undersøkelser om sannsynligheten for at jagerflyaktivitet kan gi støyindusert hørselstap. De fleste av disse studiene har undersøkt effekt av lavflygingsaktivitet, uten å ha funnet veldig sterke indisier for noen særlig grad av risiko (NOU 2001:15, 2001; Ising m.fl., 1998; Kuronen m.fl., 1999; Wheeler, 2000). Vi har funnet en studie som har sett på mulige hørselseffekter nær militære flybaser (Ludlow og Sixsmith, 1999). I denne studien undersøkte man hørselen til 153 unge voksne (16-25 år) som hadde vokst opp på eller svært nær militære flybaser, som barn av RAF-ansatte. Siden denne undersøkelsen gjaldt betydningen av deres støyeksponering langt tilbake i tid, hadde man ingen støyeksponeringsdata, utover kvalifiserte antagelser om at de antagelig har bodd innenfor støysoner med 70 dB  $L_{Aeq}$ , og noen innenfor 83 dB. Resultatene viste ikke signifikant forskjell i høreterskel mellom de som hadde vært eksponert for flystøy i barndommen, og en kontrollgruppe uten eksponering for militær flystøy der de vokste opp. Selv om det ikke er grunn til å anta at flyplasstøy i seg selv gir hørselsskade, kan man ikke utelukke at kronisk eksponering for høye nivåer av miljøstøy kan bidra for enkelte gjennom å komme i tillegg til annen støyeksponering individet opplever. Når man skal vurdere risiko, må man ta med helheten i individets eksponering, i yrkessammenheng og på fritiden (Berglund m.fl., 1990).

### **Virkninger på svangerskapslengde og fødselsvekt**

En japansk undersøkelse (Matsui m.fl., 2003) har sett på registerdata for 160 460 fødsler fra 1974 til 1993 i 15 kommuner rundt de to militære flyplassene Kadena og Futenma, for å undersøke sammenhengen mellom forekomsten av lav fødselsvekt, svangerskapslengde og støyeksponering. Lav fødselsvekt var definert som under 2 500 gram, og for tidlig fødsel når den skjedde før uke 37 i svangerskapet. Som mål på støyeksponering brukte man



gjennomsnittseksponeringen for hver kommune, siden man manglet nøyaktige adresseopplysninger. Studien er publisert på japansk, slik at vi kun har et kort sammendrag på engelsk å holde oss til. Støyeksponeringen er ikke nærmere beskrevet i dette sammendraget. Men studien er gjort ved de samme basene som de to japanske studiene som er beskrevet nedenfor, i avsnittet om "Flere helseutfall i samme studie". Det betyr i så fall at studiepopulasjonen antagelig har vært eksponert for et stort antall flyginger per døgn, inkludert nattflyginger. Det rapporteres at de fant en signifikant eksponerings-respons sammenheng mellom lav fødselsvekt og støyeksponering. Effekten i området med høyest støyeksponering er imidlertid relativt beskjedent. Det rapporteres også om signifikant høyere rater av for tidlig fødsel i de støyeksponerte områdene. Analysen var kontrollert for andre risikofaktorer relatert til fostervekst og svangerskapslengde, men ikke alle potensielt betydningsfulle faktorer, som for eksempel røyking. Dette er en svakhet, men forskerne rapporterer at røykeraten for kvinner ikke varierte særlig mellom områdene som ble undersøkt, hvilket skulle bety at forskjeller de finner i fødselsvekt ikke kan forklares ved forskjeller i røykevaner.

### Flere helseutfall i samme studie

En nederlandsk studie fra 1990 kombinerte en spørreundersøkelse, en medisinsk undersøkelse, og et laboratorieeksperiment for å undersøke forskjellige typer helseeffekter (Pulles m.fl., 1990). På bakgrunn av antagelsen at forskjellige typer miljøstøy kan gi forskjellige effekter, ble det undersøkt effekter av to typer kilder: Militær flystøy og vegtrafikkstøy. Deltakere i studien var trukket blant befolkningen nær de militære flybasene Leeuwarden og Twenthe, og byene Amsterdam og Groningen. Om lag 2000 personer deltok i spørreundersøkelsen. Deltakerne var i alderen 20-55 år, og ofte hjemme på hverdager. Halvparten var eksponert for militær flystøy, den andre halvdel for vegtrafikkstøy. Eksponeringen for vegtrafikkstøy varierte fra  $< 51$  dB til  $> 71$  dB  $L_{Aeq}$ . Når det gjelder eksponeringen for militær flystøy er den oppgitt ved en indeks som dessverre gjør den vanskeligere å relatere til, og sammenligne. De bruker den nederlandske indeksen "Kosten Eenheden"; KE, som beskrives som den nederlandske varianten av "støy og antall"-indeksen ("the Noise and Number Index"). Scoren er beskrevet som en gjennomsnittlig aktivitetsforstyrrelsesscore. Ifølge forfatterne er scorene til utvalget ved den militære flyplassen høyere enn man skulle forvente ut i fra definisjonen på denne indeksen. De anfører to mulige forklaringer på dette: Enten at de faktiske flygingene ved flyplassen avvek fra de foreskrevne rutene, slik at faktisk eksponering var annerledes enn beregnet, eller at militær flystøy gir større grad av plage eller forstyrrelse enn sivile fly (som indeksdefinisjonen da antagelig var basert på). Verdiene på "Kosten Eenheden"-indeksen varierte fra  $< 36$  KE til  $> 56$  KE. Ifølge forskerne var graden av forstyrrelse også høyere ved de nivåene man hadde av militær flystøy enn nivåene av vegtrafikkstøy i denne undersøkelsen. Gitt at eksponeringen er oppgitt i helt ulike enheter er vi imidlertid usikre på hvor sammenlignbare disse nivåene var. Men at flystøy generelt er mer plagsom enn vegtrafikkstøy ved tilsvarende nivåer er helt i tråd med nyere funn.

Omtrent 1300 personer ble invitert til den medisinske helsesjekken. Av disse møtte 830 opp. Helsesjekken besto av måling av blodtrykk, analyse av blodet for komponenter som kunne indikere nyresykdom og iskemisk hjertesykdom, samt måling av høyde og vekt. En liten gruppe på 24 kvinnelige forsøkspersoner som hadde deltatt på både spørreundersøkelsen og den medisinske sjekken ble plukket ut til å delta på et laboratorieeksperiment. Disse personene var plukket ut på basis av score når det gjaldt mestring og kontrollplassering ("locus of control"). Formålet var å se hvordan støy (80 dB ved en kombinasjon av innvendig fabrikkstøy, vegtrafikkstøy og flystøy) påvirket mentale prosesser og oppgaveløsning. Eksperimentet besto av to identiske serier med oppgaver som skulle løses henholdsvis i stillhet og under støyeksponeringen som beskrevet.

Resultatene viste ingen korrelasjon mellom støyeksponering og objektivt målte helseeffekter som blodtrykk, verken for vegtrafikkstøy eller støy fra militærfly (den medisinske undersøkelsen). Hver person fikk målt blodtrykket to ganger, ved starten og avslutningen av konsultasjonen. Det var betydelig variasjon i disse målingene, noe som forfatterne påpeker reiser seriøs tvil om representativiteten av denne typen registrering av blodtrykk som indikator på langsiktig individuell helse. Med støtte i et annet arbeid (Thompson og Fidell, 1988) antar de at de støyinduserte blodtrykksendringene antagelig er såpass små at det måtte et større utvalg (2000-4000) til for å kunne påvise dem i en undersøkelse av denne typen. Blodtrykk ble målt kontinuerlig under laboratorieforsøket, og her fant de støyinduserte blodtrykksendringer. Men disse umiddelbare endringene er ikke det samme som de man er ute etter i en feltstudie, hvor man ser etter langtids gjennomsnittsendringer. Det ble ikke funnet noen effekt av støy på oppgaveløsning i dette eksperimentet.

Tre uavhengige dimensjoner ved helse ble analysert på grunnlag av spørreundersøkelsen: Objektivt målbar helse, subjektiv helse, og plage. Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom støyeksponering og objektiv helse, men det ble funnet en korrelasjon med subjektiv helse og plage. Forskerne undersøkte videre betydningen av kontrollplassering og mestringsstrategi for forholdet mellom støyeksponering og henholdsvis plage og subjektiv helse. Forskerne fant at opplevd kontrollplassering hadde betydning for forholdet mellom støyeksponering og støyplage. Personer som opplevde å ha kontroll i forhold til støyeksponeringen rapporterte mindre støyplage sammenlignet med personer som oppfattet at de selv var uten kontroll over situasjonen. Betydningen av kontrollplassering var uavhengig av støyeksponeringen. Det stemmer godt overens med resultatene av Hatfield og medarbeideres (Hatfield m.fl., 2002) studie ved flyplassen i Sydney, om betydningen av lært hjelpeløshet for støyplage (se avsnittet om betydningen av forutsigbarhet og opplevd kontroll). Pulles og medarbeidere fant imidlertid ikke, eller knapt signifikant betydning, av kontrollplassering for forholdet mellom støyeksponering og subjektiv helse. Betydningen av tre ulike mestringsstrategier ble undersøkt: (1) En handlingsorientert mestringsstrategi, som f.eks. å lukke vinduet, klage etc.; (2) Utvikling av en trøstende erkjennelse av at ”denne støyen er ikke det verste som kunne hende meg, det er mange ting som er mye mer ubehagelige”; (3) og til sist en mestringsstrategi preget av fornektelse og unngåelse: ”Støy? Ikke noe problem, det plager ikke meg. Jeg kan fint leve med det.” Resultatene viste at bare den tredje mestringsstrategien signifikant influerte på virkningen av støyeksponeringen. De som var preget av en fornektende og unngående mestringsstrategi var i realiteten mer støyplaget enn andre med tilsvarende eksponering. Samme type effekt, men ikke så sterk, fant man for subjektive helseplager. Den negative effekten av denne mestringsstrategien var større blant dem som var eksponert for militær flystøy enn blant dem som var eksponert for vegtrafikkstøy, noe forskerne imidlertid anfører kan ha hatt med ulik grad av eksponering og plage å gjøre.

To japanske studier fra 1997 og 2002 har sett på subjektive helseeffekter av å bo i nærheten av større militære flybaser i Japan (Hiramatsu m.fl., 1997; Miyakita m.fl., 2002). Begge studiene brukte et japansk utviklet skjema for å måle helseutfall (Todai helseindeks) som består av 130 spørsmål om en rekke subjektive symptomer, mental helse, vaner etc. Den første undersøkelsen så på 14 forskjellige helseutfall basert på disse spørsmålene (Hiramatsu m.fl., 1997). For denne undersøkelsen ble innbyggerne i nærheten av en militær flyplass delt i 5 grupper etter støyeksponering (*WECPNL* = Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level): 75-79, 80-84, 85-89, 90-94 og over 95 dB. Deretter ble et tilfeldig utvalg av personer som var 20 år eller eldre trukket ut til å delta fra hver støyeksponeringsgruppe. I tillegg inkluderte studien en kontrollgruppe av personer som ikke var eksponert for støy fra flyplassen. I alt 830 personer hadde besvart spørreskjemaene fullstendig. Resultatene indikerte effekt av en kontinuerlig støyeksponering fra *WECPNL* = 75 dB og oppover på psykosomatisk sykdom, og på psykiske

problemer (som depressivitet, nervøsitet og psykisk ustabilitet), når man sammenlignet med kontrollgruppen. Man fant imidlertid ikke en veldig klar eksponerings–respons sammenheng mellom økende støyeksponering og plager. Mulige årsaker til dette kan være at det var for få i hver eksponeringsgruppe, og at støyeksponeringsdataene var usikre. Studien har flere svakheter i design og metode. Forholdene den beskriver er ikke sammenlignbare med forholdene ved norske militære flyplasser. Driftssituasjonen synes å ha vært en helt annen, med et stort antall flyginger hele døgnet, og også søn- og helligdager. Gjennomsnittlig antall hendelser per natt for perioden de har data for (som vi får inntrykk av kan være en helt annen enn den studien ble gjennomført i, det fremgår ikke klart når spørreundersøkelsen ble gjennomført) var for eksempel 10, maksimalt observert antall hendelser i løpet av en natt var 123. Gjennomsnittlig antall daglige hendelser (landinger og avganger) var 270. Betydningen av driftssituasjonen for helseutfallene fremgår ikke av denne studien.

Den andre japanske studien publisert i 2002 (Hiramatsu m.fl., 2002) var en større spørreundersøkelse som inkluderte 7095 respondenter, inkludert 848 i en kontrollgruppe. Alderen på respondentene var fra 15 til 75 år. Denne undersøkelsen ble gjennomført i 1995-1996. Respondentene kom fra 6 kommuner rundt en flybase, og tre kommuner ved en annen base. Støyeksponeringen uttrykt i  $L_{ADN}$  varierte fra under 55 til over 70 dB. Igjen ble det gjort et stratifisert tilfeldig utvalg blant befolkningen i nærheten av flybasene. Det vil si at de først ble gruppert etter støyeksponering som følger: Under 55, 55-60, 60-65, 65-70, og over 70 dB. Deretter ble et tilfeldig utvalg trukket slik at alle støyeksponeringsgrupper var representert. I tillegg inkluderte studien en kontrollgruppe som kom fra tre kommuner i samme region, lenger unna flybasene, hvor det var mindre flystøy. Det fremgår ikke hvilken støyeksponering kontrollgruppen hadde. Denne undersøkelsen så på 12 av de samme helseutfallene som den forrige studien vi refererte til. Variablene var dikotomisert ved 90ende percentil. Det vil si at man så på sannsynligheten for å være blant de 10 prosentene som scoret høyest på skalaen. Resultatene viste signifikante sammenhenger mellom støynivå og følgende utfallsvariabler: Vage symptomer, respiratoriske plager, fordøyelsesbesvær, psykisk ustabilitet, depresjon og nervøsitet. Sannsynligheten for å score i øvre sjikt av ”vage symptomer” var signifikant forhøyet for beboere som hadde en støyeksponering fra  $L_{ADN}$  65-70 dB, og i gruppen over 70 dB. For respiratoriske plager og fordøyelsesbesvær fant man en signifikant forhøyet sannsynlighet for å score så høyt på skalaen kun i gruppen fra 65 til 70 dB, for depresjon kun i gruppen over  $L_{ADN}$  70 dB. For nervøsitet derimot fant man en signifikant forhøyet sannsynlighet for å score i øvre sjikt av skalaen i alle støyeksponeringsgrupper, så nær som den under 55 dB.

En koreansk studie publisert i 2008 (Kim m.fl., 2008) inkluderte både støyberegninger, en spørreskjemaundersøkelse, og en helseundersøkelse for 917 personer som bodde i nærheten av militære flybaser. Utvalget besto av 4 grupper: Personer som bodde nær jagerflybasen (høy eksponering), personer som bodde langs flytraseene (middels eksponering), personer som bodde nær en helikopterbase, og en kontrollgruppe. Studien er publisert på koreansk, og vi har bare informasjon fra et kort sammendrag på engelsk. Derfor har vi ikke nærmere opplysninger om støyeksponering, og vi kan ikke vurdere kvaliteten på studien, f.eks. om det i tilstrekkelig grad er tatt hensyn til andre risikofaktorer som kan påvirke sammenhengen mellom støy og helseutfall (konfundering). Men i sammendraget rapporteres det at de fant en høyere forekomst av ”flystøyrelaterte ulykker”, irriterbar tarmsyndrom, søvnvansker, og angstlidelse i de støyeksponerte gruppene enn i kontrollgruppen. Det gis ingen nærmere beskrivelse i sammendraget av hva de legger i ”flystøyrelaterte ulykker”, eller hvordan dette er målt. De rapporterer også en høyere risiko for støyindusert hørselstap, økt blodtrykk, og diabetes i de eksponerte gruppene enn i kontrollgruppen.

## Virkninger av støy fra jagerfly kontra støy fra sivil luftfart

Det er generelt gjort lite på virkninger av militærstøy på samfunnet. De fleste studier vi har funnet av støyvirkninger av militær virksomhet gjelder yrkeseksponering for militært personell. De fleste av studiene som har sett på støyvirkninger fra jagerfly har undersøkt konsekvensene for dem som bor i områder med lavflygingsaktivitet. Svært få studier har sett spesifikt på situasjonen til de nærmeste naboene til militære flyplasser. Generelt er forskningsgrunnlaget alt for spinkelt til å kunne trekke klare konklusjoner om forskjeller i virkninger av flystøy ved militære kontra sivile flyplasser. Det er likevel grunnlag for å kunne anta at man må forvente å finne samme typer effekter som for støy generelt, og sivile fly spesielt.

Viktige effekter som er funnet i forskning på virkninger av sivil flystøy er for eksempel effekter på hjerte-karsystemet, og på læring hos barn. En oversiktsartikkel fra 2008 (Kaltenbach m.fl., 2008) fant at utendørs ekvivalente flystøynivåer på 60 dB(A) på dagtid og 45 dB(A) på natt var forbundet med en økt insidens av hypertensjon. De fant at det var en eksponerings-respons sammenheng mellom flystøy og forekomst av hypertensjon. Foreskriving av blodtryksreducerende medisin var assosiert eksponeringsavhengig med flystøy fra et eksponeringsnivå på ca 45 dB(A). Omkring 25 % av befolkningen var sterkt plaget av støy ved 55 dB(A) på dagtid. Til sist fant de på bakgrunn av sin litteraturgjennomgang at eksponering for utendørsnivåer på 50 dB(A) på dagtid var assosiert med lærevanskeligheter hos barn.

At man finner eksponerings-respons sammenhenger sannsynliggjør at støynivå er en avgjørende faktor for grad av effekt. En slik tolkning forutsetter selvfølgelig at studien er hensiktsmessig designet, og at man har tatt hensyn til andre faktorer som kan tenkes å være korrelert med eksponeringsnivå og som kan påvirke helseutfallet. Faktorer som selvrapporert støysensitivitet og holdninger til kilden kan spille en rolle, uten at deres betydning for helseutfall per i dag er veldig godt dokumentert. For norske forhold har vi fått beskrevet at driften ved de militære flyplassene er begrenset i forhold til ved de sivile flyplassene. På den annen side støyer jagerflyene mer enn sivile fly. Den relative betydningen av disse faktorene må det en studie til for å avgjøre. Men det er en forskjell i driftsmønster som imidlertid uansett klart vil utgjøre en forskjell i effekt. Jagerflyene har primært drift på dagtid. Slik vil man i stor grad unngå en av de alvorligste helsekonsekvensene av flystøy, som er søvnforstyrrelser.

Flere studier de senere år har vist sammenheng mellom sivil flystøy og risiko for høyt blodtrykk (Jarup m.fl., 2008; Eriksson m.fl., 2007; Eriksson m.fl., 2010; Floud m.fl., 2011). Dette støttes også av mer kontrollerte, eksperimentelle studier som har påvist akutte blodtrykksøkninger ved eksponering for flystøyhendelser, både på natt hos sovende individer (Haralabidis m.fl., 2008) og i våken tilstand (di Nisi m.fl., 1990). Det er indikasjoner på at det er spesielt flystøy om natten som kan ha negative virkninger på hjerte-karutfall og blodtrykk på lengre sikt (Jarup m.fl., 2008; Haralabidis m.fl., 2008). Det er likevel for få studier som har skilt mellom virkninger av nattestøy og dagstøy på hjerte-karsykdom, slik at de relative bidragene fremdeles er usikre.

Andelen som rapporterer at de er sterkt plaget og sterkt søvnforstyrret på grunn av støy er høyere blant de som er utsatt for sivil flystøy enn de som er utsatt for samme ekvivalente støynivå fra vegtrafikk og tog (Miedema og Oudshoorn, 2001; Miedema og Vos, 2007). Årsaken til disse forskjellene i plage og selvrapporerte søvnforstyrrelser er ikke helt kjent, men det faktum at flystøyeksponering gir mindre mulighet til stillere side i bolig sammenlignet med vegtrafikk- og togstøy, kan være en viktig faktor. Forskjeller i akustiske egenskaper, deriblant

dempning over husfasaden, kan også bidra til forskjellig opplevelse. Støy med mye innhold av lave frekvenser er vanskeligere å dempe enn lyder med høyere frekvens.

Et viktig aspekt ved flystøy er sammenhengen mellom flystøy og barns skoleprestasjoner. De senere år er det gjort flere undersøkelser av hvordan støy, spesielt flystøy, påvirker læring og hukommelse hos skolebarn. Mye av den læring som skjer i klasserommet skjer via muntlig kommunikasjon og er derfor avhengig av gode akustiske forhold. Barn er spesielt sårbare i en læringssituasjon, da de har mindre erfaring og kontroll over sine omgivelser. En tysk studie som ble gjennomført før og etter åpning av ny flyplass og lukking av gamle München flyplass, viste at barna (8-12 år) på skolen som fikk flyplass i nærheten presterte dårligere på tester av leseferdigheter og langtidshukommelse sammenlignet med før flyplassen ble åpnet. Samtidig ble det funnet at skolebarna som bodde ved den gamle flyplassen forbedret sine leseferdigheter etter at flyplassen ble lukket (Hygge m.fl., 2002).

Senere har undersøkelser av skolebarn (9-10 år) i nærheten av flyplasser i England, Spania og Nederland vist tilsvarende resultater, og samtidig funnet en eksponeringsavhengig sammenheng mellom flystøy og reduserte leseferdigheter (Stansfeld m.fl., 2005). De mest konsistente funn er observert for leseferdigheter, men det er også funnet at flystøy har negativ innvirkning på ulike typer hukommelse, spesielt gjenkjenningshukommelse. Fordi flystøy har høyere maksimalt lydtryknivå, er varierende og mer uforutsigbar, påkaller trolig slik støy lettere barnas oppmerksomhet og distraherer barna i større grad enn vegtrafikkstøy, som er mer jevn og forutsigbar. Det er ikke urimelig å tenke seg at militær flyging på dagtid vil kunne ha samme negative virkning på barn i en læringssituasjon.

Som vi har sett, er det i litteraturen om effekter av sivil flystøy også indikasjoner på at andre forhold ved driftssituasjonen enn tidsmønsteret kan ha betydning for virkningene på befolkningen, som forutsigbarhet, varsling, og opplevd kontroll over støyeksponeringen. Men det er per i dag ikke mulig å gi en kvantifisering av hvor store disse effektene eventuelt kan være på støyplagen ved en militær flybase. En annen mulig kilde til forskjell i respons på sivil og militær flystøy kan være forskjeller i holdning til støykilden. En av studiene vi presenterte ovenfor (Pulles m.fl., 1990) antydte at reaksjonene i deres utvalg kunne bety at folk ble mer forstyrret av militær enn av sivil flystøy. En koreansk eksperimentell studie (lyder presentert i et laboratorium, ikke virkelig situasjon) fant på den annen side at støy fra sivile fly opplevdes mer sjenerende enn støy fra militære fly (Kim m.fl., 2010). Vi har ikke funnet noen epidemiologiske studier som har sammenlignet virkninger av disse to flytypene. Det finnes ikke datagrunnlag i litteraturen per i dag for å si om eksponerings-respons sammenhengen mellom støyeksponering og plage er annerledes for jagerfly enn for sivile fly.

## Oppsummering og konklusjon

Målsettingen med denne rapporten var å oppsummere eksisterende vitenskapelig kunnskap om virkninger av jagerflystøy på befolkningen i nærheten av militære flyplasser, og identifisere videre forskningsbehov. Hovedanliggendet var å undersøke hva eksisterende litteratur gir av kunnskap om betydningen av jagerflyenes spesielle driftsmønster for støyplage, og vurdere betydningen av militære øvelser. Det ble undersøkt om litteraturen kunne si noe om betydningen av forutsigbarhet, varsling og kommunikasjon for støyopplevelsen ved øvelser. I tillegg ble det gjort en generell gjennomgang av studier av andre typer helseeffekter enn støyplage.

Gjennomgangen av litteraturen viser at forskningen på dette området er svært mangelfull. Det er likevel mulig å trekke noen konklusjoner i forhold til rapportens hovedproblemstilling angående

betydning av driftsmønster, forutsigbarhet og kontroll. Selv om det ikke er vist direkte i forhold til jagerflystøy, understøtter litteraturen ganske entydig at forutsigbarhet og en form for opplevd kontroll har en betydning for støyplage. Større grad av forutsigbarhet og opplevd kontroll gir mindre støyplage, ved tilsvarende støyeksponering (Elias, 1998; Hatfield m.fl., 2002; Brooker, 2010). Opplevd kontroll er en variabel som både kan påvirkes gjennom ytre forhold (Elias, 1998; Brooker, 2010), eller den kan avhenge av individuell tilbøyelighet til kontrollplassering (Pulles m. fl., 1990). Studiene viste en effekt av begge former for opplevd kontroll i forhold til støyplage, men det er den kontrollen som følger av ytre forhold som er mest interessant i denne sammenheng, fordi det er den det er mulig å fremme gjennom organisatoriske tiltak.

Opplevd kontroll henger sammen med forutsigbarhet. Studien som mest håndgripelig viste hvordan et forutsigbart driftsmønster kan påvirke støyplage var studien fra Storbritannia av betydningen av alternerende rullebanebruk som gav forutsigbart stillere perioder i løpet av dagen. Dette driftsmønsteret gav en reduksjon i støyplage tilsvarende om lag 2 dB i støyeksponering. Det er to elementer ved dette driftsmønsteret som kan ha hatt betydning for effekten. Det ene er selve forutsigbarheten i mønsteret, at man visste hva man hadde å forholde seg til, det andre er pausene med stillere perioder som det gav. Uansett bidrag fra hver av disse elementene, illustrerer denne studien ganske tydelig at et ekvivalentnivå ikke sier alt om hva man kan forvente av støyvirkninger. Ulike trafikkmønstre kan gi samme ekvivalentnivå, og dette mønsteret er ikke uten betydning for hvordan støyen virker.

Et viktig element ved driftsmønsteret er hvordan støyen fordeler seg over døgnet og ukedagene. Studiene som ble gjennomgått i denne rapporten pekte alle i samme retning. Støyen oppleves verst om natten, kvelden, og i helgene. Dette resultatet betyr ikke nødvendigvis at støy på dagtid ikke er så plagsom for dem som opplever den, men avspeiler nok i stor grad hvilken tid på døgnet og uka som flest er hjemme, og har behov for søvn, hvile og rekreasjon. Men vi kan på bakgrunn av disse studiene konkludere med at et driftsmønster med forutsigbare pauser i trafikken i løpet av døgnet og uka, og uten nattflyginger, kan forventes å gi mindre plage enn et driftsmønster med flyginger spredt over hele døgnet og uka, gitt ellers sammenliknbare nivåer på støyhendelsene. Det er imidlertid vanskelig å si noe om hvordan forholdet mellom støyplage i den ene og den andre driftsituasjonen vil være, dersom nivåene på støyhendelsene samtidig er svært forskjellige. Høyere grad av støyeksponering gir generelt større plage, og de modifierende effektene av forutsigbarhet og kontroll synes å være relativt moderate. En spesialdesignet studie av aktuelle forhold måtte til for å kunne gjøre en slik sammenligning og komme frem til en effektstørrelse som kunne tas inn i en eksponerings-respons beregning, lik det Brooker gjorde angående effekten av alternerende rullebanebruk (Brooker, 2010). Generelt mangler studier med direkte overføringsverdi til norske forhold, og studier med effektstørrelser oppgitt på en måte som gjør dem direkte forvaltningsmessig tilgjengelige og anvendbare.

At varsling av militære øvelser skulle kunne bidra til å dempe støyplage er helt i tråd med betydningen av forutsigbarhet og opplevd kontroll som er påvist, og støttes indirekte gjennom de funnene. Utover det er litteraturgrunnlaget altfor spinkelt til å kunne trekke noen velfunderte konklusjoner om støyplage ved militære øvelser.

For å konkludere: Litteraturgjennomgangen gir grunnlag for å si at driftsmønster, forutsigbarhet og opplevd kontroll har betydning for støyplage. Men vi har ikke funnet dokumentasjon som muliggjør en mer nøyaktig kvantifisering av effekten av disse faktorene på støyplage rundt norske militære flyplasser.

Når det gjelder hvilke helseeffekter man kan forvente utover støyplage, vil det avhenge av eksponeringsnivåer og hvordan støyeksponeringen fordeler seg over døgnet. Et driftsmønster med kun drift på dagtid vil begrense de alvorligere helseeffektene, sammenliknet med et

driftsmønster med flyginger hele døgnet. Dette fordi noen av de mest alvorlige helseeffektene av støy både direkte og indirekte skyldes støy på natt. For hoveddelen av befolkningen vil man unngå søvnforstyrrelser, selv om noen grupper av befolkningen også har behov for å sove på dagtid. Dette gjelder på den annen side grupper som kan være ekstra sårbare for å få søvnen forstyrret, som barn, eldre og syke, ved siden av skiftarbeidere. Det er også indikasjoner på at støy på natt bidrar mer enn støy på dag til mulige langsiktige negative virkninger på blodtrykk og hjerte-kar. Men effekter på hjerte-karsystemet av flystøy på dagtid er også påvist (di Nisi m.fl., 1990; Kaltenbach m.fl., 2008). De studiene vi fant som har sett spesifikt på effekter av jagerflystøy på hjerte-kar utfall fant imidlertid liten eller ingen effekt (Ising m.fl., 1990; Curio og Michalak, 1993; Rhee m.fl., 2008). Studier av støyeffekter på hjerte-karsystemet er et relativt nytt innsatsområde innen støyforskningen, og generelt spriker resultatene en del. De studiene som er gjort spesifikt på effekter av jagerflystøy på hjerte-karsystemet er for få og til dels for små til at vi kan trekke noen klar konklusjon om hvorvidt slike effekter fins eller ikke. Men det er grunnlag for å anta at effektene vil være relativt beskjedne. Et område å være oppmerksom på, er imidlertid mulige negative effekter av jagerflystøy på barns læring. Slike effekter er relativt godt dokumentert i litteraturen som gjelder sivil flystøy, og er relevante for støy på dagtid. Dette er de viktigste og best dokumenterte effektene. Ellers er det gjort spredte studier av en rekke helseutfall, men det mangler god nok dokumentasjon til å kunne trekke konklusjoner om disse for norske forhold.

## Forskningsbehov

I de spredte studiene som er gjort av jagerflystøy har man sett på svært ulike typer utfall, for ulike typer populasjoner, med ulik type eksponeringssituasjon. Man har blant annet sett på virkninger på hjerte-karsystemet, søvn, hørsel, svangerskapslengde og fødselsvekt, og psykisk helse. En del studier er av litt eldre dato, og norske forhold av i dag er ikke nødvendigvis sammenlignbare med forholdene i disse studieområdene. Det er et klart behov for mer forskning på effekter av støy fra militære jagerfly på befolkningen nær militære flyplasser.

Det er et behov for studier som muliggjør en sammenligning av effekter av støy fra jagerfly og effekter av støy fra sivile fly, med særlig tanke på om eksponerings-respons sammenhengen er forskjellig. Det er behov for å undersøke nærmere, og kvantifisere, betydningen av driftsmønster for støyplage. Til sist er det generelt et behov for mer kunnskap om hvilken betydning endringer i støyforholdene ved en flyplass har for støyplagen: Hvorvidt støyplage etter en gitt endring i eksponering kan forutsies på grunnlag av etablerte eksponerings-respons kurver.

## Litteratur

- Aasvang, G. M. (2003). Transportstøy og søvnforstyrrelser - Helsefaglig utredning som grunnlag for begrensning av støynivå på natt. Nasjonalt folkehelseinstitutt, Rapport 6:2003.
- Aasvang, G. M., m.fl. (1999). Trafikkmiljø, stress og helse. Statens institutt for folkehelse, Rapport 3:1999.
- Amundsen, A. H., R. Klæboe, og G. M. Aasvang. (2011). The Norwegian Facade Insulation Study: the efficacy of facade insulation in reducing noise annoyance due to road traffic. *Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 3, 1381-89.
- Basner, M., m.fl. (2008). Aircraft noise: effects on macro- and microstructure of sleep. *Sleep Medicine*, 9, 382-7.
- Berglund, B., T. Lindvall, og S. Nordin. (1990). Adverse effects of aircraft noise. *Environment International*, 16, 315-38.
- Brooker, P. (2010). Aircraft noise annoyance estimation: UK time-pattern effects. *Applied Acoustics*, 71, 7, 661-67.
- Brooker, P., m.fl. (1985). United Kingdom Aircraft Noise Index Study (ANIS): main report DR report 8402, for CAA on behalf of the Department of Transport. CAA.
- Brown, A. L. og I. van Kamp. (2009). Response to a change in transport noise exposure: A review of evidence of a change effect. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 5, 3018-29.
- Brown, A. L. and I. van Kamp (2009b). Response to a change in transport noise exposure: Competing explanations of change effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 905-14.
- Bullinger, M., m.fl. (1999). The psychological cost of aircraft noise for children. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin*, 202, 127-38.
- Carlsson, F., E. Lampi, og P. Martinsson. (2004). The marginal values of noise disturbance from air traffic: does the time of the day matter? *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 9, 5, 373-85.
- Carter, N., m.fl. (2002). Cardiovascular and autonomic response to environmental noise during sleep in night shift workers. *Sleep*, 25, 457-64.
- Carter, N. L. (1995). "Environmental Noise, Sleep, and Health". I: Newman, M., ed. *Proceedings of the Fifteenth International Congress on Acoustics*, Trondheim, Norway, 1995. Vol. II, s. 33-36.
- Cohen, S., m.fl. (1986). *Behavior, Health, and Environmental Stress*. New York: Plenum.
- Collins, R., m.fl. (1990). Blood pressure, stroke, and coronary heart disease Part 2, short-term reductions in blood pressure: overview of randomised drug trials in their epidemiological context. *Lancet*, 335, 827-38.
- Curio, I. og R. Michalak. (1993). Results of a low-altitude flight noise study in Germany: acute extraaural effects. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene*, 88, 307-21.



- Di Nisi, J., m. fl. (1990). Comparison of cardiovascular responses to noise during waking and sleeping in humans. *Sleep*, 13, 108-20.
- Elias, B. (1998). "Strategies for Mitigating Aircraft Noise Impacts on Outdoor Recreationists". *Noise Effects '98* Sydney, Australia: 1998. s. 497-502.
- Eriksson, C., m.fl. (2010). Aircraft noise and incidence of hypertension-Gender specific effects. *Environmental Research*, 110, 764-72.
- Eriksson, C., m.fl. (2007). Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology*, 18, 716-21.
- Evans, G. W. (1998). "Motivational Consequences of Exposure to Noise". *Noise Effects '98* Sydney, Australia: 1998. s. 311-20.
- Evans, G. W., S. Hygge, og M. Bullinger. (1995). Chronic noise and psychological stress. *Psychological Science*, 6, 333-38.
- Floud, S., m.fl. (2011). Medication use in relation to noise from aircraft and road traffic in six European countries: results of the HYENA study. *Occupational and Environmental Medicine*, 68, 518-24.
- Gjestland, T., K. H. Liasjo, og I. L. N. Granoien. (1995). Community Response to Noise from Short-Term Military Aircraft Exercise. *Journal of Sound and Vibration*, 182, 2, 221-28.
- Griefahn, B., m.fl. (2008). Autonomic arousals related to traffic noise during sleep. *Sleep*, 31, 569-77.
- Griefahn, B. og G. Jansen. (1978). EEG-responses caused by environmental noise during sleep: their relationships to exogenic and endogenic influences. *Science of the Total Environment*, 10, 2, 187-99.
- Griffiths, I. D. og G. J. Raw. (1986). Community and individual response to changes in traffic noise exposure. *Journal of Sound and Vibration*, 111, 209-17.
- Griffiths, I. D. og G. J. Raw. (1987). Community and Individual Response to Changes in Traffic Noise Exposure. *Environmental Annoyance: Characterization, Measurement, and Control*. Ed. H. S. Koelega. Amsterdam: Elsevier, s. 333-43.
- Griffiths, I. D. og G. J. Raw. (1989). Adaptation to changes in traffic noise exposure. *Journal of Sound and Vibration*, 132, 331-36.
- Haines, M. M., m.fl. (2001). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine*, 31, 2, 265-77.
- Haralabidis, A. S., m.fl. (2008). Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *European Heart Journal*, 29, 658-64.
- Hatfield, J., m.fl. (2002). Human response to environmental noise: The role of perceived control. *International Journal of Behavioral Medicine*, 9, 4, 341-59.
- Hiramatsu, K., m.fl. (1997). A survey on health effects due to aircraft noise on residents living around Kadena air base in the Ryukyus. *Journal of Sound and Vibration*, 205, 4, 451-60.
- Hiramatsu, K., m.fl. (2002). Population-based questionnaire survey on health effects of aircraft noise on residents living around US airfields in the Ryukyus - Part 1: An analysis of 12 scale scores. *Journal of Sound and Vibration*, 250, 1, 129-37.

- Hoeger, R. (2004). Aircraft noise and times of day: Possibilities of redistributing and influencing noise exposure. *Noise and Health*, 6, 22, 55-58.
- Hoeger, R., m.fl. (2002). Night-time noise annoyance: State of the art. *Noise and Health*, 4, 19-25.
- Hume, K., m.fl. (2003). Complaints caused by aircraft operations: an assessment of annoyance by noise level and time of day. *Journal of Air Transport Management*, 9, 153-60.
- Hume, K., D. Terranova, og C. Thomas. (2002). Complaints and annoyance caused by aircraft operations: Temporal patterns and individual bias. *Noise and Health*, 4, 15, 45-55.
- Hygge S., G. W. Evans, og M. Bullinger. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological science : a journal of the American Psychological Society / APS*, 13, 469-74.
- Ising, H., m.fl. (1998). Auditory effects of military low-altitude flight noise. *Journal of Audiological Medicine*, 7, 87-99.
- Ising, H., m.fl. (1990). Annoyance and health risk caused by military low-altitude flight noise. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 62, 357-63.
- Jarup, L., m.fl. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports: The HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, 116, 329-33.
- Kaltenbach, M., C. Maschke, og R. Klinke. (2008). Health consequences of aircraft noise. *Deutsches Arzteblatt International*, 105, 548-56.
- Kastka, J. (1999). Untersuchung der Fluglärmbelastungs- und Belästigungssituation der Allgemeinbevölkerung der Umgebung des Flughafen Frankfurt. Gutachten im Auftrag der Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt/Main. Düsseldorf Heinrich-Heine-Universität.
- Kim, H., m.fl. (2008). Study on the health status of the residents near military airbases in Pyeongtaek City. *Journal of preventive medicine and public health = Yebang Uihakhoe chi*, 41, 307-14.
- Kim, J., m.fl. (2010). Noise-induced annoyance from transportation noise: Short-term responses to a single noise source in a laboratory. *Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 2, 804-14.
- Krog, N. H. og B. Engdahl (2004). Annoyance with aircraft noise in local recreational areas, contingent on changes in exposure and other context variables. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 323-33.
- Krog, N. H. og B. Engdahl (2005). Annoyance with aircraft noise in local recreational areas and the recreationists' noise situation at home. *Journal of the Acoustical Society of America*, 117, 221-31.
- Krog, N. H., B. Engdahl, og K. Tambs. (2010). Effects of changed aircraft noise exposure on experiential qualities of outdoor recreational areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3739-59.
- Kuronen, P., R. Paakkonen, og S. Savolainen. (1999). Low-altitude overflights of fighters and the risk of hearing loss. *Aviation Space & Environmental Medicine*, 70, 650-55.
- Ludlow, B. og Sixsmith, K. (1999). Long term effects of military jet aircraft noise exposure during childhood on hearing thresholds levels. *Noise & Health*, 2, 33-39.

- Matsui, T., m.fl. (2003). Association between the rates of low birth-weight and/or preterm infants and aircraft noise exposure. *Nippon eiseigaku zasshi*, Japanese journal of hygiene. 58, 385-94.
- Miedema, H. M. E. og C. G. M. Oudshoorn. (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109, 4, 409-16.
- Miedema, H. M. E. og H. Vos. (2007). Association between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behavioral Sleep Medicine*, 5, 1, 1-20.
- Miyakita, T., m.fl. (2002). Population-based questionnaire survey on health effects of aircraft noise on residents living around US airfields in the Ryukyus - Part 1: An analysis of 12 scale scores. *Journal of Sound and Vibration*, 250, 129-37.
- Nilsson, M. E. og B. Berglund. (2006). Soundscape quality in suburban green areas and city parks. *Acta Acustica United with Acustica*, 92, 903-11.
- NOU 2001:15. (2001). Forsvarets områder for lavflyging. Utredning fra et utvalg oppnevnt av Forsvarsdepartementet den 24. september 1998. Avgitt 18. oktober 2000. Statens forvaltningstjeneste. Informasjonsforvaltning, Rapport NOU. Norges offentlige utredninger 2001: 15.
- Öhrström, E. (1995). Effects of low levels of road traffic noise during the night: a laboratory study on number of events, maximum noise levels and noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration*, 179, 603-15.
- Öhrström, E. og R. Rylander. (1990). Sleep disturbance by road traffic noise - a laboratory study on number of noise events. *Journal of Sound and Vibration*, 143, 93-101.
- Pulles, M. P. J., W. Biesiot, og R. Stewart. (1990). Adverse effects of environmental noise on health: An interdisciplinary approach. *Environment International*, 16, 437-45.
- Rhee, M. Y., m.fl. (2008). The effects of chronic exposure to aircraft noise on the prevalence of hypertension. *Hypertension Research*, 31, 641-47.
- Reichart, B. (1981). "Experimentelle Untersuchung Zur Wirkung Mehrwöchigen Lärms Auf Das Lernverhalten Und Die Mentale Leistung." Diss. Technische Universität München.
- Schreckenber, D. (2007). Stellungnahme zum Antrag der Landesregierung betreffend Verordnung über die Änderung des Landesentwicklungsplans (LEP) Hessen 2000 - Erweiterung Flughafen Frankfurt/Main (Drucksache 16/6057). Bochum: Zeus GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung.
- Schultz, T. J. (1978). Synthesis of social surveys on noise annoyance. *Journal of the Acoustical Society of America*, 64, 377-405.
- Stansfeld, S. A., m.fl. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: A cross-national study. *Lancet*, 365, 1942-49.
- Thompson, S. J. and S. Fidell. (1988). "Feasibility of Studying Human Health Effects of Aircraft Noise in Large Populations". Stockholm, Sweden: Swedish Council for Building Research, s. 363-71.
- Wheeler, P. D. (2000). "Military Low Flying and Hearing - Good Practice Guidelines for the Assessment of Auditory Effects in the Overflown Population". Inter-Noise 2000 Nice, Frankrike.

## Definisjoner

dB	Desibelenhet som beskriver lydnivået $L$ .
$EFN$	Ekvivalent flystøynivå. Gjennomsnittlig A-veid lydnivå av flystøyhendelser over døgnet på dimensjonerende gjennomsnittlig uke over en valgt periode på 3 måneder. Videre skal det korrigeres i forhold til om støy forekommer på søndager, på kvelden (18-24) og om natta (24-07).
Eksponerings-respons sammenheng	Sammenhenger, ofte vist grafisk, mellom ulik grad av eksponering og andel berørte eller risiko for helseutfall.
Kontrollplassering ("locus of control")	I hvilken grad individet opplever at det er en selv eller noe utenfor individet som har kontroll over resultatet av en handling. Skiller gjerne mellom intern kontrollplassering, der individet opplever å ha kontroll over resultatet av en handling og ekstern kontrollplassering der kontrollen ligger utenfor individet selv.
$L_{EX,8h}$	Daglig støyekseponeringsnivå. Ekvivalentnivået for en arbeidsdag normalisert til 8 t. Benyttes ved vurdering av risiko for hørselsskader.
$L_{Cpeak}$	C-veid toppverdi av lydnivå i måleperioden med tidskonstant peak. Benyttes ved vurdering av risiko for hørselsskader.
$L_{Aeq,t}$	A-veid gjennomsnittlig lydnivå over en tidsperiode $t$ .
$L_{Aeq,24h}$	A-veid gjennomsnittlig lydnivå over et døgn. Ofte som et gjennomsnittlig døgn over et år.
$L_{ADN}$	Årsekvivalent A-veid lydnivå med 10 dB ekstra vekt på det som opptrer om natta.
$L_{ADEN}$	Årsekvivalent A-veid lydnivå med 10 dB ekstra vekt på det som opptrer om natta og 5 dB på det som foregår om kvelden.
$L_{Amax}$	A-veid maksimalt lydnivå i måleperioden. For flystøy oftest målt med tidskonstant SLOW og angitt som $L_{ASmax}$ .
Lært hjelpeløshet	Personer som gjentatte ganger opplever at handlingene deres ikke fører til det ønskede resultatet vil miste motivasjonen til å prøve, og står i fare for å utvikle lært hjelpeløshet.
$MFN$	Maksimalt flystøynivå. Høyeste A-veide lydnivå (målt med tidskonstant SLOW) av flystøyhendelser som forekommer minst 3 ganger i løpet av en gjennomsnittlig uke.
$PNL$	Perceived Noise Level. Vurdering av en flyhendelse basert på hvor støyende den oppleves. Benytter et mer komplekst filter enn enkel A-veing. Det er ingen enkel sammenheng mellom $PNL$ og $L_{ASmax}$ , men et vanlig anslag er $PNL = L_{ASmax} + 13$ .
PNdB	Desibelenhet som beskriver $PNL$ .
$WECPNL$	Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level. På samme måte som for $L_{ADEN}$ er $WECPNL$ et gjennomsnittlig støynivå over døgnet med 5 dB straff for kveld og 10 dB straff for natt. Det er imidlertid benyttet samme filter som for $PNL$ .



[www.fhi.no](http://www.fhi.no)

Utgitt av Nasjonalt folkehelseinstitutt  
Oktober 2011  
Postboks 4404 Nydalen  
NO-0403 Oslo  
Telefon: 21 07 70 00  
Rapporten kan lastes ned gratis fra  
Folkehelseinstituttets nettsider [www.fhi.no](http://www.fhi.no)  
Trykt ISBN: 978-82-8082-467-7  
Elektronisk ISBN: 978-82-8082-468-4