



Statens vegvesen

Helseeffekter av vegtrafikkstøy

RAPPORT

Utbyggingsavdelingen

nr: 2007/12



Vegdirektoratet
Utbyggingsavdelingen
Miljøseksjonen
Dato: 2007-05-29



Statens vegvesen

Helseeffekter av vegtrafikkstøy

Oppdragsgiver	Oppdragstaker	ISSN-nummer ISSN 1890-2472
Statens vegvesen Vegdirektoratet Utbyggingsavdelingen Miljøseksjonen Ingunn Milford 22 07 36 43 ingunn.milford@vegvesen.no	Revisjon og litteraturgjennomgang: Brekke og Strand akustikk as Bo Engdahl	Rapportnr UTB 2007/12 <hr/> Arkivnummer 2004/040656
Helseeffekter av vegtrafikkstøy		
<p>Sammendrag</p> <p>Denne rapporten er basert på eksisterende kunnskap og tilgjengelig litteratur innen fagfeltet vegtrafikkstøy og helse. Rapporten gir en oversikt over hva lyd og støy er, hvordan vegtrafikkstøy måles, hvordan mennesket oppfatter og sanser støy og hvordan vegtrafikkstøy kan påvirke oss bevisst og ubevisst.</p> <p>Helsemessig kan støy virke som en stressfaktor på samme måte som mange andre stressfaktorer, og støy kan virke sammen med andre faktorer i vårt miljø. Det er ofte vanskelig å skille ut støy alene i et sammensatt miljø, og det er derfor mange metodiske problemer knyttet til å undersøke og forstå hvordan støyen alene påvirker vår helse.</p> <p>Det er påvist at støy kan gi kortvarlige fysiologiske forandringer i kroppen, tilsvarende som er typisk for psykisk stress. Det er også antydnet en viss forhøyet risiko for hjertesykdommer. Forstyrrelse av søvn regnes som en alvorlig virkning av støy. Videre er det i belastede byområder funnet hyppigere plager knyttet til luftveiene, allergier, hodepine, kvalme, søvnproblemer og lettere nervøse lidelser enn i andre områder.</p> <p>Rapporten er utarbeidet med fokus på vegtrafikkstøy. Mekanismene for påvirkning kan være tilsvarende for en del andre støykilder, men rapporten er ikke representativ for svært høye støynivåer og støy i arbeidsmiljø sammenheng.</p>		
Emneord		
Støy, vegtrafikk, helseeffekter, virkningsmekanismer, søvn		

Forord

Denne rapporten er basert på eksisterende kunnskap og tilgjengelig litteratur innen fagfeltet helseeffekter knyttet til vegtrafikkstøy. Den bygger på rapporten Helseeffekter av vegtrafikkstøy fra 1991. Det har innenfor revisjonsarbeidets rammer ikke vært mulig å ha en grundig, systematisk gjennomgang av all litteratur på feltet, noe som bl.a. kunne synliggjort kvalitetsforskjeller i ulike undersøkelser. Vi mener imidlertid at rapporten i sin form er et viktig dokument, og at den bidrar til vesentlig informasjon om støyproblematikken.

Statens vegvesen skal i henhold til miljøinformasjonsloven (LOV-2003-05-09-31) ha miljøinformasjon på et overordnet nivå som er relevant i forhold til sine egne ansvarsområder og funksjoner, og gjøre denne informasjonen allment tilgjengelig. Med denne rapporten vil vi gjøre kjent kunnskap og forskningsresultater knyttet til virkninger vegtrafikkstøy har på helse.

Innholdet i rapporten er revidert og oppdatert av Bo Engdahl, bs akustikk as og Nasjonalt Folkehelseinstitutt, med bidrag fra Gunn Marit Åsvang, Nasjonalt folkehelseinstitutt (kapittel 6), og Ronny Klæboe, Transportøkonomisk institutt (kapittel 4.6-4.9). De ulike bidragene er gjennomgått av Eyjolf Osmundsen, Miljøakustikk AS. Ingunn Milford, Utbyggingsavdelingen i Statens vegvesen Vegdirektoratet, har vært ansvarlig for utarbeidelse, tilrettelegging og korrektur.

Rapporten er sendt på høring til fagmiljøer, til forfatterne av den opprinnelige rapporten fra 1991 og til aktuelle direktorater og etater som Sosial- og Helsedirektoratet, Statens forurensningstilsyn og Nasjonalt folkehelseinstitutt.

Oslo, juni 2007
Miljøseksjonen

Sidsel Kålås

Sidsel Kålås
Seksjonsleder

Innhold

	Side
Forord	5
Kapittel 1 Sammen drag	9
Kapittel 2 Innledning	11
2.1 Mandat	11
2.2 Hva er helse?	11
Kapittel 3 Lyd og støy - Sansing og målemetoder	12
3.1 Sansing av lyd og støy	12
3.2 Målestørrelser for lyd	13
Kapittel 4 Støy og helse - generelle forhold og virkningsmekanismer	15
4.1 Mekanismer for støyens virkninger	15
4.2 Virkninger av stress	15
4.3 Støy som stressfaktor – fysiologiske virkninger	16
4.4 Sammenheng mellom støyplage og helse	16
4.5 Tilvenning til støy	17
4.6 Individuelle forskjeller	17
Følsomhet for støy	17
Kjønn	18
Alder	18
Sosioøkonomisk status	18
4.7 Samvirke med andre faktorer	18
Støy fra flere kilder	18
Støy og vibrasjoner	18
Støy og luftforurensning	18
Støy i nabolaget	18
Støy og utrygghet	18
4.8 Betydning av samspill ved trafikkendringer	18
4.9 Andel plagede personer ved ulike lydnivåer	19
Virkningskurve for støyplage utenfor bolig	19
Virkningskurve for støyplage inne i bolig	19
Virkningskurver som brukes i beregning av SPI	20
Kapittel 5 Støy og helse - eksperimentelle og epidemiologiske undersøkelser	21
5.1 Hormonelle virkninger	21
5.2 Nedsatt immunitet	21
5.3 Hjerte/karsystemet	21
5.4 Psykisk helse	22
5.5 Subjektive helseplager	23
5.6 Virkning på oppfattelse og læring	23
Kapittel 6 Støy og søvn	24
6.1 Generelt om søvn	25
6.2 Virkninger av støy på søvn	26
6.3 Ulike gruppers følsomhet for støy under søvn	26
6.4 Tilvenning til støy under søvn	26
6.5 Helsevirkninger av redusert søvnkvalitet	27
Vedlegg 1 Ordliste	28
Vedlegg 2 Eksisterende regelverk og grenseverdier	30
Litteratur	33

Kapittel 1

Sammendrag

Hensikten med denne rapporten er å formidle eksisterende kunnskap og forskningsresultater om støy og helsevirkninger. Det er først og fremst fokusert på støy fra vegtrafikk, men mye av stoffet gjelder støypåvirkning generelt.

Kapittel 2 Innledning

Med utgangspunkt i Verdens helseorganisasjons (WHO) definisjon av helse som en tilstand av fullstendig fysisk, psykisk og sosialt velvære, er all plagsom støy pr. definisjon helseskadelig. I denne utredningen er helsedefinisjonen snevret noe inn, ved at helse beskrives som fravær av sykdommer, symptomer og tegn på forstyrret fysiologisk likevekt.

Kapittel 3 Lyd og støy - Sansing og målemetoder

Støy er uønsket lyd, og er en subjektiv vurdering. Hva som oppfattes som støy vil derfor variere avhengig av person og situasjon. Hjernens bearbeiding av lyden (støyen) er avgjørende for de helsemessige virkningene.

Lydnivå og frekvenssammensetning kan beskrives på mange måter. Vanligst brukte målestørrelse er A-veiet døgnekvivalent lydnivå. En A-veiet frekvenskurve etterligner hørselens følsomhet for de ulike frekvenser.

Støyplage kan også være et mål for støy. Støyplageindeksen SPI er basert på forventet gjennomsnittlig plagegrad, og vil øke med økende lydnivå. Hvor plagsom man opplever en lyd vil også avhenge av støykilden, ikke bare det fysiske lydnivået.

Kapittel 4 Støy og helse - generelle forhold og virkningsmekanismer

Støy er en av mange stressfaktorer som virker sammen med andre påvirkninger i menneskenes miljø, og det er ikke skarpe grenser mellom støyens helsevirkninger og andre miljøfaktorens virkninger. Fordi mange av støyens virkninger på mennesket også forårsakes av andre faktorer, er det betydelige metodiske problemer knyttet til arbeidet med å

klargjøre hvordan støy alene påvirker helsen. Dette forsterkes av store individuelle forskjeller i hvordan støy oppleves. Selvopplevd plage er for øyeblikket kanskje det beste mål på risikoen for redusert helse som følge av støy. Flere vil føle seg plaget, jo sterkere støyen er. Ut fra foreliggende vitenskapelig dokumentasjon er det sannsynlig at støy som oppleves subjektivt sjenerende, representerer en risikofaktor for helsen, spesielt når støyen oppfattes som plagsom over lengre tid.

Kapittel 5 Støy og helse - eksperimentelle og epidemiologiske undersøkelser

Det er påvist at støy kan gi kortvarige fysiologiske forandringer, som er typisk for psykisk stress. Det er også antydning av en viss forhøyet risiko for hjertesykdom, særlig for hjerteinfarkt. Selv om det er en uklar sammenheng mellom plager fra vegtrafikk og helseproblemer, er det i belastede byområder funnet hyppigere plager knyttet til luftveiene, allergier, hodepine, kvalme, søvnproblemer og lettere nervøse lidelser, enn i andre områder.

Kapittel 6 Støy og søvn

Forstyrrelser av søvn regnes som en alvorlig virkning av støy. Den griper inn i søvnmønsteret og påvirker søvn i retning av lettere søvn og våkenhet, og innsovning forstyrres. Dette fører til nedsatt subjektiv søvnkvalitet. Støyeksponering under søvn kan også gi tretthet og redusert velvære, humør og yteevne den påfølgende dagen. Hvorvidt slike virkninger av støyinduserte søvnforstyrrelser påvirker helsen på lengre sikt, er derimot uvisst. Det er imidlertid sterke holdepunkter for at det ikke skjer en fullstendig tilvenning til støy under søvn, selv etter flere års eksponering.

Kapittel 2

Innledning

Denne rapporten er en sammenfatning av eksisterende kunnskap på området vegtrafikkstøy og virkninger på helse, og er skrevet på bakgrunn av gjennomgang av tilgjengelig litteratur på feltet.

Det har innenfor revisjonsarbeidets rammer ikke vært mulig å ha en grundig, systematisk gjennomgang av all litteratur på feltet, noe som bl.a. kunne synliggjort kvalitetsforskjeller i ulike undersøkelser. Vi mener imidlertid at rapporten i sin form er et viktig dokument, og at den bidrar til vesentlig informasjon om støyproblematikken.

2.1 Mandat

Den opprinnelige rapporten "Helseeffekter av vegtrafikkstøy" fra 1991/1995 /1/ er komplettert og revidert etter en vurdering av nyere litteratur fra søk i tidsskriftsdatabasene Medline og ISI for perioden fra 1993 til 2004. Det er også foretatt en vurdering av tilgjengelige rapporter og presentasjoner fra internasjonale støykonferanser. Absolutt sikkerhet om støyens langtidsvirkninger på helsen er ikke mulig å oppnå, blant annet fordi forskningen innen feltet er beheftet med metodiske problemer. I fagmiljøene vil det derfor alltid være en viss uenighet.

2.2 Hva er helse?

I denne utredningen forstås helse som fravær av sykdommer, symptomer og tegn på forstyrret fysiologisk likevekt.

Helsedefinisjonen i innledningen til Verdens Helseorganisasjons (WHO) grunnlov er etter hvert blitt godt kjent: "Helse er ikke bare fravær av sykdom og svakhet, men en tilstand av fullstendig fysisk, psykisk og sosialt velvære". Dette er en god definisjon for idealet om et friskt velfungerende menneske. Med utgangspunkt i denne definisjonen, vil støy som oppleves sjenerende være et helseproblem. For en praktisk avgrensning i denne rapporten, er begrepet helsevirkninger (dvs tap av helse, helseskader) knyttet til tilstander og plager som gjøres til gjenstand for diagnostikk og behandling innenfor medisinsk arbeid. Slike tilstander kan eksemplifiseres innenfor tre hovedkategorier:

a) Sykdommer

De forholdsvis klart definerte kroppslige eller psykiske sykdommene. Eksempler på slike tilstander kan være magesår, angstnevrose, hjerteinfarkt, senebetennelse eller depresjon.

b) Symptomer

Subjektive plager som er tilstrekkelig sjenerende eller alarmerende til at de oppfattes som symptomer i medisinsk forstand. Typiske eksempler er hodepine, følelse av indre spenning og søvnproblemer.

c) Tegn på forstyrret likevekt

Risikofaktorer - tegn på endret eller forstyrret likevekt i kroppen som ikke er umiddelbart merkbare for personen selv, men som kan påvises ved medisinsk undersøkelse, og som kan øke faren for utvikling av sykdom. For eksempel: forhøyet blodtrykk, redusert antall hvite blodlegemer, endret elektrisk aktivitet i hjernen under søvn.

Det vil være uskarpe overganger mellom de tre hovedgruppene som er skissert over. Denne tilnærmingen til helsebegrepet kan selvsagt være diskutabel, både fra et teoretisk og et praktisk synspunkt, og den er ikke uttømmende.

Direkte skader på hørselen som følge av svært høye lydnivåer vil under normale omstendigheter ikke forekomme som følge av vegtrafikkstøy. Slike tilfeller er derfor ikke omtalt i rapporten.



Støy defineres som uønsket lyd. Dette forutsetter en vurdering av lyden og er ikke bare knyttet til lydens fysiske egenskaper som volum og mørkelyse toner.

Kapittel 3

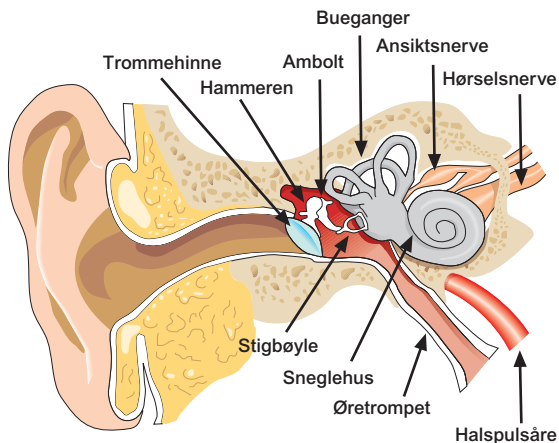
Lyd og støy

– Sansing og målemetoder

3.1 Sansing av lyd og støy

Hjernens bearbeiding av lyder er avgjørende for de helsemessige virkningene.

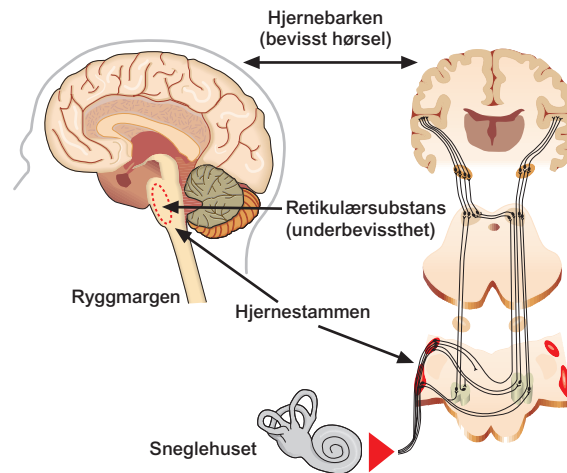
Mennesket oppfatter vanlige lyder ved hjelp av øret. Lydbølgene eller trykkbølgene i luften setter trommehinnen og bena i mellomøret i bevegelse. Bevegelsene overføres til det indre øret (sneglehuset) hvor bevegelsene omdannes til nerveimpulser.



Figur 1. Snitt gjennom ytre, mellom- og indre øre

Fra det indre øret overføres nerveimpulser via hørselsnerven til tinningområdet av hjernebarken, hvor vi finner senteret for bevisst oppfattelse av lyd. I tillegg går det nervefibre fra det indre øret til den såkalte retikulærsubstansen i hjernen. Dette er et område som ligger dypt inn mot midten av hjernen og har å gjøre med styringen av en rekke ubevisste funksjoner, som puls, blodtrykk, hormonproduksjon og åndedrett. Retikulærsubstansen spiller også en rolle for styringen av sentralnervesystemets aktivitetsgrad.

Denne doble overføringen av nerveimpulser til hjernebarken (bevisst hørsel) og retikulærsubstansen (ubevisst, for eksempel under søvn) kan være av betydning for støyens helsemessige virkninger /3/. Fra et evolusjonært synspunkt har det vært hensiktsmessig, som en overlevelsesmekanisme, å reagere akutt på lyder uten å involvere høyere hjernesentra.



Figur 2. Hvordan hjernen oppfatter lyd – bevisst og ubevisst.

Celler i hjernestammen er involvert i kontroll av flere grunnleggende fysiologiske mekanismer som regulering av puls, blodtrykk, hormonproduksjon og respirasjon. Disse mekanismene er også knyttet til refleksresponsen på lyd som et mulig varselsignal. De fysiologiske systemene som aktiveres, gir en økning i hjertefrekvens og blodtrykk samt økte nivåer av hormonene adrenalin, noradrenalin og kortisol. Disse endringene er typiske for enhver situasjon hvor kroppen settes i alarmberedskap. Dersom støyeksponeringen er forbigående, vil de fysiologiske responsene normalt gå tilbake til samme nivå som før eksponeringen /4/.

I tillegg kan lavfrekvente vibrasjoner registreres av følesansen. En bygning som vibrerer, kan gi både følbare vibrasjoner og hørbar lyd. Vibrasjoner som gir lydavstråling via konstruksjonen, kalles strukturlyd. Lyd og vibrasjoner er i prinsippet to sider av samme sak. Når det gjelder lavfrekvent lyd, medfører tilhørende vibrasjoner en tilleggsvirkning som ofte gir ytterligere plage /2/.

Hva som oppfattes som støy er subjektivt. Det vil variere fra person til person, avhengig av aktuell situasjon og aktivitet.

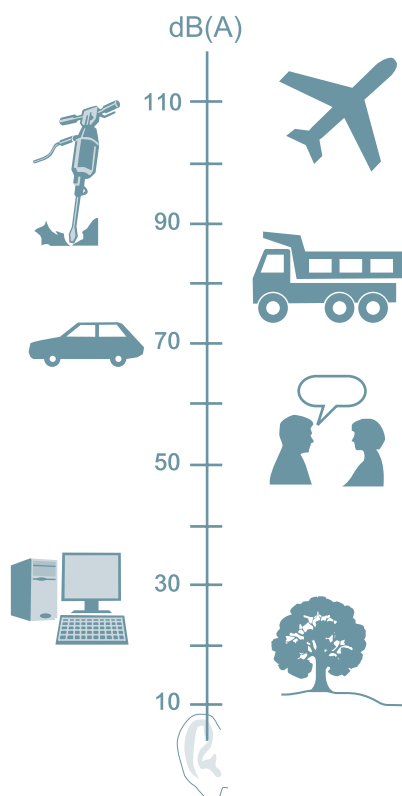
Lyder gir ofte også assosiasjoner, slik at selv svært lave lydnivåer, som en flue på soverommet eller en kran som drypper, kan være irriterende, og kilden kan av den grunn bli karakterisert som plagsom.

3.2 Målestørrelser for lyd

Døgnequivaleant A-veiet lydnivå er den mest brukte målestørrelsen for å beskrive virkninger av vegtrafikkstøy. Nattekvivalente A-veiet lydnivå, maksimalt støynivå og antall hendelser er mest brukt for å forutsi virkninger på søvn. Det benyttes også parametre for å beskrive plage-opplevelsen av støy.

Målestørrelser for lydnivå

Lyd er et resultat av små og raske endringer i lufttrykket. Størrelsen på lufttrykksendringene beskriver lydets styrke. Hørselen har svært stor spennvidde, med forholdet 1:1 million mellom tersklene for hørbar lyd og ubehaglig lyd. På grunn av dette spennet er det utarbeidet en logaritmisk skala (desibelskalaen), som passer godt til vår hørselsoppfatning. Lydnivået angis i desibel (dB).



Figur 3. Ulike aktiviteter og tilhørende lydnivå.

Endringer i lydnivå må vanligvis være 2-3 dB for at vi skal kunne oppfatte det som en endring i lydnivået. Den subjektive oppfatningen av lydstyrke (hørestyrke) vil vanligvis fordobles hvis lydtryknivået øker med ca. 10 dB. Selv om A-veiet lydnivå undervurderer lavfrekvente lyder, gir A-veiet lydnivå i de fleste tilfeller en god beskrivelse av støybelastningen.

Når lydnivået varierer med tiden - slik som for vegtrafikkstøy - angis lydnivået vanligvis som ekvivalentnivået i løpet av ett døgn ($L_{Aeq,24h}$). Ekvivalent lydnivå kan beskrives som styrken av en konstant lyd som i

løpet av det aktuelle tidsrommet representerer samme energi som den varierende lyden - altså et slags gjennomsnittsnivå. Ekvivalent støynivå er den mest benyttede målestørrelsen for å beskrive støyplage.

Retningslinjer for behandling av støy i arealplaner, T-1442 /5/ tar i bruk den nye målestørrelsen L_{den} , som er et A-veiet ekvivalent lydnivå for et helt døgn korrigert for dag-kveld-nattperioder (day-evening-night), hvor støy på kveldstid gis et straffetillegg på 5dB og om natten 10 dB. L_{den} er nærmere definert i EUs rammedirektiv for støy /6/.

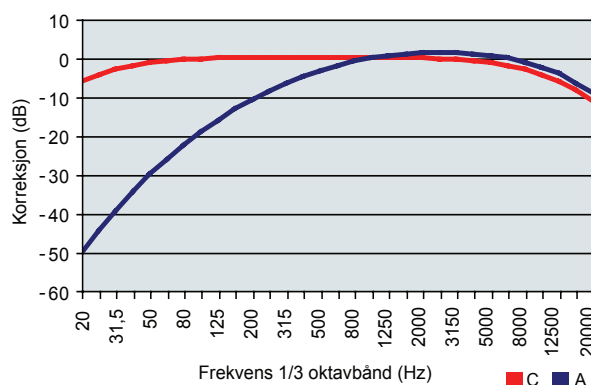
Gjennom EUs rammedirektiv for støy er utendørs nattekvivalent lydnivå, L_{night} , foreslått som målestørrelse for å vurdere støyinduserte søvnforstyrrelser. Denne målestørrelsen er trolig bedre egnet til å beskrive søvnforstyrret søvn enn det døgnequivaleante lydnivået. Men bruken av L_{night} for å beskrive søvnforstyrrelser mangler foreløpig bred vitenskapelig støtte. Mellom L_{night} og subjektivt rapporterte søvnforstyrrelser er det funnet en viss sammenheng /12,13/, men ikke mellom L_{night} og fysiologiske søvnendringer (endret søvndybde mm) når støynivået varierer sterkt med tiden /14/.

En målestørrelse som beskriver de høyeste lydnivåene ("støytoppene") og som forutsier akutte virkninger på søvn bedre, er maksimalt A-veiet lydnivå, L_{Amax} . Maksimalnivåenes påvirkning på søvn er avhengig av bakgrunnsstøyen og antallet hendelser /12/.

Hørselen er ikke like følsom for alle svingefrekvenser. Derfor er det laget en såkalt frekvensveiekurve A. Frekvensveiekurve A etterlikner hørselens følsomhet for de ulike frekvensene ved lyder på nivå med vanlig talenivå i styrke.

Når A-veifilteret brukes i beskrivelsen av vegtrafikkstøy, filtreres mye av de lavfrekvente tonene bort, se figur 4. Imidlertid kan lyder i bassområdet være meget sjenerende og vanskelige å beskytte seg mot i virkeligheten/2,15/.

A- og C- veiekurver



Figur 4. Diagrammet viser hvordan A-veiekurven gir "fratrekk" i de lavere frekvenser

Lavfrekvent støy forekommer ofte i kombinasjon med vibrasjoner, og dette øker plagegraden /16/. Ved bruk av et såkalt C-veiefilter filtreres ikke så mye av de dype tonene bort. En måte å vurdere lavfrekvensinnholdet på, er å se på forskjellen mellom C-veiet og A-veiet lydnivå. Desto større forskjell, jo høyere innhold er det av lavfrekvent energi i støyen. Forenklet regner en med at det kan være et problem med mye lavfrekvent energi når forskjellen mellom A- og C-veiet nivå er 15 dB eller mer.

Det er viktig å være klar over at de vanligst brukte målestørrelsene for støy har en del begrensninger. En rekke støyforskere har påpekt svakhetene ved kun å benytte et gjennomsnittlig, ekvivalent støymål som beregnes ved å fordele alle hendelser ut over for eksempel et helt år /7/. Vårt nervesystem reagerer i større grad på endringer i stimuli, enn på konstante stimuli. Varierende støy gir sterkere virkning enn jevn støy med samme ekvivalentnivå /8/.

Målestørrelser for støyplage

I de senere årene har flere ikke-akustiske parametere for å beskrive støyplage kommet mer i fokus. De viktigste er PSP (personer sterkt plaget) og SPI (støyplageindeks).

PSP er basert på dose-respons-kurver (se også kap 4.10), og gir sammenhengen mellom innendørs lydnivå L_{Aeq24h} og andel av befolkningen som vil føle seg sterkt plaget (SP) ved de ulike lydnivåer /117/.

$$PSP = \text{Andel SP} * \text{Antall personer}$$

Andel SP beregnes som
 $\text{Andel SP} = 2(L_{Aeq24h} - 20) \%$

Støyplageindeksen SPI er basert på forventet gjennomsnittlige plagegrad, og er et gjennomsnitt for både de som er sterkt plaget, middels plaget og litt plaget ved et gitt støynivå. /117/. Gjennomsnittlig plagegrad er basert på spørreundersøkelser hvor man beskriver plage på en skala fra 0 til 100. Plagegraden varierer avhengig av støykilden, se kapittel 4.10. SPI fra ulike kilder kan summeres direkte.

$$SPI = GP * \text{Antall personer}$$

Gjennomsnittlig plagegrad, GP, for vegtrafikkstøy:
 $GP_{veg} = 1,58(L_{den} - 39,4) \%$

Både PSP og SPI beskriver summen av støyplage ved å multiplisere antall personer utsatt for ulike støynivåer, for hvert av de aktuelle støynivåene. Se eksempel.

Parametrene for støyplage blir brukt for å beskrive omfanget av støyproblemet i Norge, for å se på endringer i plage fra år til år, samt for eksempel i handlingsplaner for støyreduksjon.

Eksempel på utregning av PSP og SPI

I et område er det 40 boliger, og det er ønskelig å vite noe om plagebelastningen, slik at man kan vurdere effekt av støyskjermende tiltak.

5 boliger med til sammen 12 beboere har 68 dB utendørs og 40 dB innendørs.

10 boliger med til sammen 24 beboere har 62 dB utendørs og 35 dB innendørs.

25 boliger med til sammen 60 beboere har 56 dB utendørs og 27 dB innendørs

PSP

Andel sterkt plaget ved 40 dB inne = $2(40-20) = 40 \%$ plaget
 12 beboere har dette nivået innendørs.

Dvs. $PSP_{40dB} = 12 * 40/100 = 4,8$

Andel sterkt plaget ved 35 dB inne = $2(35-20) = 30 \%$ plaget
 24 beboere har dette nivået innendørs.

Dvs. $PSP_{30dB} = 24 * 30/100 = 7,2$

Andel plaget ved 27 dB inne = $2(27-20) = 14 \%$ plaget
 60 beboere har dette nivået innendørs

Dvs. $PSP_{27dB} = 60 * 14/100 = 8,4$

Totalt PSP for området er $4,8 + 7,2 + 8,4 = 20,4$

SPI

Gjennomsnittlig plagegrad ved L_{den} 68 dB ute =
 $1,58(68-39,4) = 45,2 \%$

12 beboere har dette nivået utendørs.

Dvs. $SPI_{68dB} = 12 * 45,2/100 = 5,4$

Gjennomsnittlig plagegrad ved L_{den} 62 dB ute =
 $1,58(62-39,4) = 35,7 \%$

24 beboere har dette nivået utendørs.

Dvs. $SPI_{62dB} = 24 * 35,7/100 = 8,6$

Gjennomsnittlig plagegrad ved L_{den} 56 dB ute =
 $1,58(56-39,4) = 26,2 \%$

60 beboere har dette nivået utendørs.

Dvs. $SPI_{56dB} = 60 * 26,2 /100 = 15,7$

Totalt SPI for området er $5,4 + 8,6 + 15,7 = 29,7$

SPI-tallet vil alltid være høyere enn PSP-tallet, da PSP representerer bare de som er sterkt plaget, mens SPI-tallet er et gjennomsnitts plagetall for alle, både de som er litt plaget, de som er middels plaget og de som er sterkt plaget.

Kapittel 4

Støy og helse

– generelle forhold og virkningsmekanismer

4.1 Mekanismer for støyens virkninger

Støy er en stressfaktor som fører til fysiologisk aktivering. Det er sannsynlig at vedvarende aktivering over lenger tid kan bidra til redusert helse og sykdom.

Bortsett fra redusert hørsel på grunn av akustisk overbelastning av hørselen, finnes det ingen kjente direkte helseskader hvor støy er hovedårsaken. De andre negative helsevirkningene er indirekte, og kan forårsakes av en rekke andre ytre og indre stimuli. Mekanismene for helseskade er derfor kompliserte.

Bevisst og ubevisst påvirkning

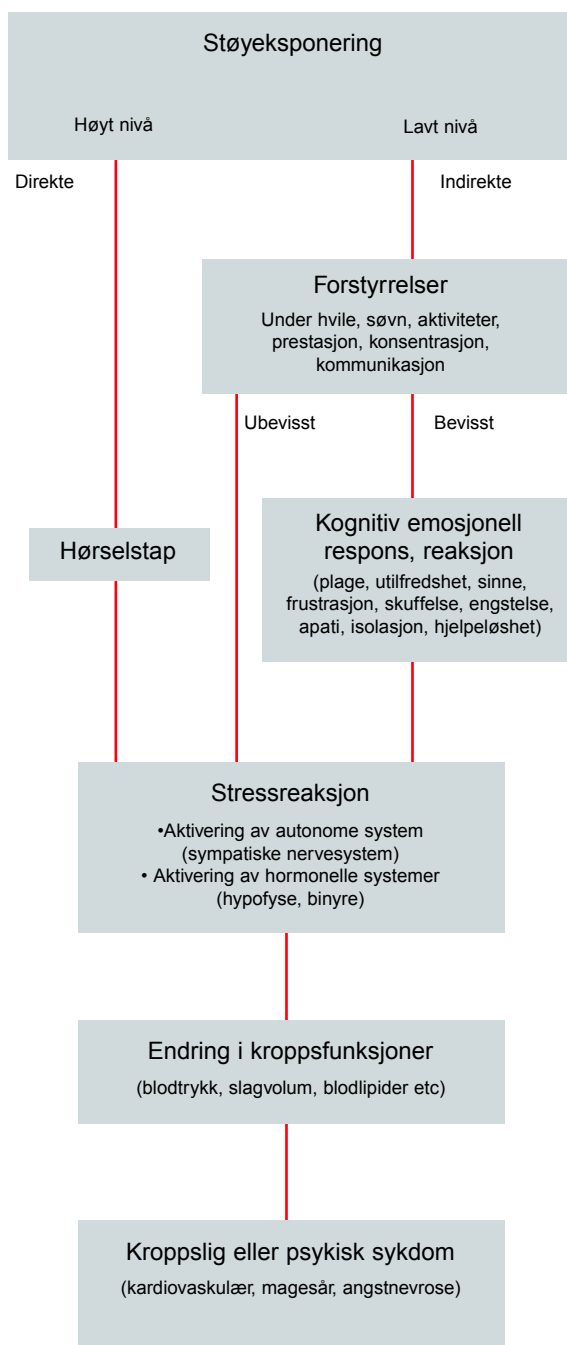
Figur 5 viser et eksempel på hvordan støy kan tenkes å virke inn på helsen /18/. To ulike indirekte veier kan tenkes: den ene involverer høyere hjernesentra, og er en bevisst prosess som går via selvopplevd støyplage. Den andre er ubevisst, for eksempel virkninger under søvn.

Aktiviteten i sentralnervesystemet varierer fra dyp søvn til maksimal våkenhet og aktpågivenhet. Støyens grunnleggende effekt er å påvirke sentralnervesystemet i retning av høyere aktivitetsgrad /3/. Samtidig med denne økte aktiveringen skjer det fysiologiske endringer og tilpasninger i de øvrige delene av kroppen. Disse fysiologiske endringene, stressreaksjonene, varsler og alarmerer om at kroppen er i ubalanse. Alarmsignalene er i seg selv ikke farlige, men de varsler om at noe er galt, og at nødvendige biologiske mekanismer er iverksatt for å forebygge mulig fare. Stressindikatorene er derfor i seg selv ikke tegn på sykdom, men fysiologisk aktivering som vedvarer over lenger tid, kan føre til sykdom /19/.

4.2 Virkninger av stress

Støy medfører reaksjoner i en rekke fysiologiske systemer. Vedvarende økt fysiologisk aktivering kan føre til stress og redusert helse.

Uttrykket stress brukes ofte upresist. I denne rapporten brukes begrepet stressreaksjon om de fysiologiske



Figur 5. Modell for mekanismer for virkning av støy på helse (forenklet fra 18)

forandringene, og stressfaktorer om de ytre påvirkninger (for eksempel støy) som fører til stressreaksjoner. Uttrykket stress brukes når normale stressreaksjoner vedvarer lenge, eller er så kraftige at normale forsvarsmekanismer overbelastes /21/.

Hva skjer under stress

En økt fysiologisk aktivering i kroppen på grunn av støy er ikke nødvendigvis skadelig. Den skiller seg egentlig ikke så mye fra den generelle vekke- eller aktiveringsreaksjonen, som er den mekanismen i hjernen som holder oss våkne. Denne reaksjonen har innvirkning på de fleste fysiologiske systemer; hormonsystemet, det sympatiske nervesystemet, immunsystemet og biokjemien i hjernen.

En rekke hormoner som frigjøres under stress er involvert i immunforsvaret, og eksempler på slike hormoner er katekolaminene (adrenalin og noradrenalin), kortisol, prolaktin (fra hypofysen) samt betaendorfin og enkefalin. Det er vist at hvite blodlegemer, både B-lymfocytter og T-lymfocytter, forandres ved fysiologisk aktivering under stress /26/. Dette er langsomme prosesser, og det kan gå uker eller måneder før man kan se endringer. Det er imidlertid også observert svært raske forandringer i immunsystemet, som delvis kan skyldes aktivering av nervesystemet og som forbereder organismen for å forbygge mulig skade /27/.

Generelt om stressvirkninger

Undersøkelser har knyttet psykisk stress sammen med kreft /22/, høyt blodtrykk /23/ og hjertesykdom /24/, og langvarig stress antas å øke risikoen for ulike psykosomatiske sykdommer /19/. Generelt er det også funnet at stress kan føre til økt tobakk- og alkoholforbruk, mindre søvn og dårligere kosthold. Alle disse faktorene gir større risiko for sykdom ved å påvirke immunsystemet eller andre biologiske prosesser /25/.

Hvilke sykdommer (hjertekarsykdom osv.) og symptomer (hodepine, muskelsmerter) som oppstår vil variere, avhengig av egenskaper ved den enkelte person og tilstedeværelsen av andre sykdomsfremkallende faktorer i miljøet. Fra dyremodeller er det vist at det er stressede situasjoner der forsøksdyrene ikke har noen mulighet for mestring, som fører til magesår, høyt blodtrykk og hjerteinfarkt.

4.3 Støy som stressfaktor – fysiologiske virkninger

Støy gir kortvarige fysiologiske og immunologiske endringer som sannsynligvis ikke har betydning for sykdomsutvikling hos friske mennesker. En stress-

relatert fysiologisk aktivering som vedvarer over lengre tid, kan føre til sykdom.

Laboratiestudier har vist at eksponering for plutselig støy kan gi fysiologiske endringer som er typisk for psykisk stress /28/. Nerveimpulser forårsaket av støy via hørselsnerven, kan stimulere det sympatiske nervesystemet og hormonsystemet som fører til økt utskillelse av stresshormonene adrenalin, noradrenalin og kortisol. Den umiddelbare virkningen av støy er sammentrekning av små blodårer perifer. I hjernen, derimot, får man en utvidelse av blodkarene ved støyeksponering. En umiddelbar blodtrykksøkning er funnet hos forsøkspersoner som er eksponert for støy i laboratoriet. Det er funnet at støy med høy intensitet gir sterkere fysiologisk respons enn tilsvarende støy med lavere intensitet /29/. Som et resultat av de fysiologiske endringene aktiveres muskelreflekser og muskulaturen i fordøyelsesapparatet slapper av. Disse endringene er kortvarige, og forsvinner kort tid etter stimulering.

Biologiske virkninger av støy er påvist helt ned i 30 dB, men virkningene er avhengige av hvorledes individet oppfatter støyen. Reaksjoner kan oppstå selv ved svært lave lydnivåer, hvis de oppfattes som plagsomme eller truende. Hvis lydene oppfattes som behagelige, gir selv sterke stimuli ingen stressvirkning. Tenåringens musikk kan gi stressreaksjon hos foreldrene, mens fravær av denne lyden kan gi fysiologiske reaksjoner (stress) hos tenåringen.

Støy er en stressfaktor, og har samme virkningsmekanisme som andre stressfaktorer. Dette gjør det vanskelig å trekke slutninger fra epidemiologiske studier av støy og helse. Selv om virkningene er små, vil den ekstra fysiologiske og psykiske belastningen av år etter år med økt stressnivå på grunn av støy, kunne samvirke med andre daglige belastende stimuli. Dette vil kunne lede til helse-skade, spesielt hos dem som er disponert for sykdom /30/.

4.4 Sammenheng mellom støyplage og helse

Det er antagelig viktigere å vite hvor plaget folk er av støyen enn hvor sterk den er rent fysisk. Flere vil føle seg plaget jo sterkere støyen er.

Det er antatt at støyplage kan være en formidler (mediator) mellom støyeksponering og mulige stressrelaterte helsevirkninger av støy, og at opplevelsen av støyen er mest avgjørende for hvilken helseskade den medfører /20,32/. Dette er i samsvar med definisjonen av støy som "uønsket lyd" - altså at den subjektive opplevelsen gjøres til et skillekriterium mellom støy og annen lyd.

Opplevd støyplage gir høyere risiko

En person som opplever støyen som plagsom, vil være mer utsatt for mulige negative langtidsvirkninger av støyen, enn en person som ikke føler seg plaget, selv om det objektive støynivået er det samme /31/. Når man føler seg plaget eller forstyrret, vil organismen settes i en alarmberedskap, som innebærer puls- og blodtrykkøkning, kraftigere produksjon av stresshormoner, forandringer av fordøyelseskanalets funksjon mv. Hvis man ikke føler seg plaget, vil slike reaksjoner oppstå i mindre utstrekning.

Hva er støyplage?

Selv om "støyplage" er det mest brukte målet for å måle virkninger av støy i støyforskningen, er det et begrep uten klar og entydig betydning. Men begrepet synes å ha to hovedaspekter: Det ene er aktivitetsforstyrrelse, det andre er et evaluende aspekt som kan beskrives i termer som ergrelse, ubehagelighet, og det at det "går en på nervene" /33/. Det hevdes at plage er noe mer enn "svak irritasjon", at støyplagen kan bety en forverring av livskvaliteten, og at den kan føre til andre negative helsevirkninger gjennom fysiologiske stressmekanismer /34/. Andre uttrykk for negative reaksjoner på støy er utilfredshet, sinne, frustrasjon, skuffelse, engstelse, apati, isolasjon og hjelpeløshet /35/.

Graden av støyplage den enkelte opplever, avhenger ikke bare av egenskaper ved støyen, men også av personlige egenskaper /38/, bl.a. holdninger til støykilden, hvor sensitiv man er for støy og i hvilken grad man har kontroll med støyen. Lyder man selv kan kontrollere, virker generelt mindre plagsomme enn uten denne kontrollen /39/.

Andel støyplagede øker med støynivået

Til tross for de store individuelle variasjonene i støyfølsomhet, og de mange øvrige faktorene som er av betydning, vil andelen av en befolkning som sier seg plaget, øke med økende objektive støynivåer /36/. Likeledes vil hver enkelt person klassifisere støy som mer plagsom jo høyere det objektive støynivået er /37/. Tradisjonelt har støyforskere også lagt vekt på akustiske faktorer, og benyttet en dose-respons modell for å se på forholdet mellom støy og (plage)reaksjon. Det har vært et mål å komme frem til akustiske parametere som best forklarer opplevd plage.

Virkninger av støyplage

I en sammenstilling for WHO basert på data fra åtte studier i byer i Europa, fant man økt relativ risiko for påvirkninger knyttet til både hjerte/karsystemet, det respiratoriske systemet, muskel/skjelettsystemet og

depresjon hos sterkt støyplagede voksne /41/. For barn viste studien at virkningene av plage på grunn av trafikkstøy i hovedsak var knyttet til det respiratoriske systemet. Ettersom man fant tilsvarende økt risiko i det respiratoriske system også ved plage av nabostøy anser man ikke at virkningene kan skyldes luftforurensning. I en studie publisert i 2005 fant man imidlertid ingen eller liten sammenheng mellom støyplage og risiko for hjerteinfarkt, selv om selve støynivået var relatert til en økt risiko for hjerteinfarkt /118/.

4.5 Tilvenning til støy

Det er uklart i hvilken grad man kan venne seg til støy, og om tilvenningen har negative helsevirkninger.

Mange virkninger av støy synes å holde seg temmelig uforandrede, selv etter flere år med støyeksponering /42/. Dette gjelder særlig søvnforstyrrelser /8/ og økt hjerterefrekvens under søvn. Med hensyn til antall oppvåkninger og subjektiv søvnkvalitet, er det en viss tilvenning.

Folk som bor i støyutsatte områder, vil ofte foreta atferdsendringer som kan redusere negative virkninger av støy, f.eks. flytting av soveværelset til den roligste siden av huset og mindre lufting av boligen ved å holde vinduer og dører lukket.

4.6 Individuelle forskjeller

En stor del av variasjonen i støyplage forklares ikke av støyen alene. Det vanlige er å anslå at støyen forklarer 20 % av variasjonen, andre variable forklarer resten /109/. De fleste studier av støyopplevelse inkluderer bakgrunnsvariabler som kan bidra til å forklare støyopplevelse.

Følsomhet for støy

Spørsmålet om følsomhet for støy eller støy-sensitivitet er viet relativt stor oppmerksomhet i støyforskningen sammenlignet med andre psykologiske variable. Det er vanlig å skille mellom selvrapportert følsomhet for støy, som måles ved at man rett og slett spør folk om hvor følsomme de er, og diagnosen overfølsomhet for støy, hyperakusis. Hyperakusis måles i laboratorier ved at man ser hvor sterk lyd forsøkspersonen kan utsettes for, før lyden oppleves som ubehagelig.

I en studie fra 2001 konkluderes det med at sensitivitet dreier seg om ulikheter i evalueringen av en lyd, snarere enn ulikheter i sanseapparatet /88/. Det er også undersøkt om de som reagerer sterkere på

lyder også har en lavere høreterskel, men det er ikke funnet noen slik sammenheng /102/.

Flere undersøkelser viser at de som oppgir at de er følsomme for støy, er mer plaget ved et gitt støynivå enn befolkningen ellers /106/. Støysensitivitet er også en av de få variablene som regnes som en signifikant og viktig påvirkning på plagegraden /89,101/. I en samleanalyse av data fra en rekke norske studier av vegtrafikkstøy og plage er sensitivitet den eneste bakgrunnsvariabelen som har en signifikant og betydelig innvirkning på støyplage /90/. I følge denne analysen vil sannsynligheten for at en person opplever en gitt lyd som plagsom, øke med 60 % hvis personen også sier at han/hun er svært følsom for støy.

Kjønn

Det er usikkert om det er noen forskjell i støyplager for menn og kvinner.

Noen enkeltstudier rapporterer at kvinner er mer plaget enn menn /99/.

I en studie av hjerteinfarktpasienter i Berlin /55/ fant man økt risiko for hjerteinfarkt blant menn som bodde i støyutsatte områder (over 70 dB). Man fant ingen tilsvarende virkning på kvinner.

Alder

Hørselen svekkes med alderen, men vanligvis mer for høyfrekvente lyder enn for lavfrekvente lyder. På grunn av nedsatt hørsel skulle man tro at eldre plages mindre av støy enn yngre mennesker, men slik er det ikke. Nedsatt hørsel gjør det vanskelig for mange eldre å forstå tale, spesielt i støyende områder. Kommunikasjonsforstyrrelser og støyplager ved høyere og midlere nivåer kan således antas å øke med alderen.

I forhold til plage er det usikkert om dette har sammenheng med alder. I noen studier har en funnet at de som er yngst (10 til 29 år), og de som er eldst (over 50 år), er mindre plaget enn de som er middelaldrende (30 til 49 år) /93,101/. En annen studie sier at alder ikke har noen betydning for plage /89/.

Sosioøkonomisk status

Den variabelen som oftest er undersøkt om har sammenheng med støyplage, er sosial status, som vanligvis beskrives med utdanning eller inntekt. I flere undersøkelser er det ikke funnet at sosioøkonomisk status har noen virkning på opplevelse av støyplage /89,90, 101/. I en undersøkelse om i hvilken grad folk kjøper seg fri fra støy, var det i en større by heller ikke mulig å påvise noen slik

virkning. Analysene av dataene fra en mindre by kunne imidlertid tyde på at de med lav inntekt blir eksponert for mer støy enn de med høy inntekt /90/.

Sosioøkonomisk status er imidlertid en viktig medvirkende faktor i forhold til utvikling av sykdom og helseplage. Dvs. at de som har lavest inntekt/utdanning har større risiko for sykdom og helseplager.

4.7 Samvirke med andre faktorer

Trafikk er årsak til mange miljøproblemer; støy, vibrasjoner og luftforurensninger, utrygghet, estetiske virkninger, barrierer mv. Det er mer vanlig å bli eksponert for to eller flere miljølemper på en gang, enn av bare én /94/. Mange er også utsatt for støy fra flere kilder (for eksempel fra veg og bane), og mange kan ha mye støy på arbeidet og i nærmiljøet hjemme.

Hva betyr så dette samvirket mellom flere faktorer for folks opplevelse av en enkelt miljølempe?

Støy fra flere kilder

Når en person utsettes for støy fra flere kilder, vil det som oftest være den mest dominerende kilden som bestemmer plagen. I de tilfellene der støykildene gir opphav til noenlunde samme støynivå, kan en regne seg fram til en samlet støybelastning gir et tillegg på opptil 3 dB.

Støy og vibrasjoner

Når tyngre kjøretøyer og tog passerer nær boliger, kan det oppstå vibrasjoner i grunnen som overføres til boligene. Det er vist at i situasjoner med både støy og vibrasjoner, vil støyen dominere opplevd plage når støynivåene er høye og vibrasjonsnivåene er moderate, og omvendt /107/. Vibrasjoner som ledsages av støy, vil alltid oppleves som mer plagsomme enn uten støy. På steder hvor trafikkstøyen reduseres innendørs som følge av tiltak, vil total plage kunne opprettholdes hvis det samtidig forekommer vibrasjoner som ikke dempes.

Støy og luftforurensning

Befolkningen i større byer er noe mer plaget av vegtrafikkstøy enn andre, fordi høye konsentrasjoner av luftforurensning påvirker plageopplevelsen. En økning i gjennomsnittlig årskonsentrasjon av nitrogendioksid (NO₂) fra 20 til 50 µg/m³ ved bolig, anslås å øke støyplagen like mye som en ekstra støybelastning ved bolig på 3 dB /94/. Nitrogendioksid er da anvendt som en generell luftforurensningsindikator, som indirekte også

karakteriserer tilstedeværelsen av andre luftforurensninger som karbonmonoksid (CO), partikler mm.

Støy i nabolaget

Når virkninger av vegtrafikkstøy kartlegges i intervjuundersøkelser, er det vanlig å bruke støy-nivået på den mest støyutsatte fasaden av boligene for å beskrive støybelastningen. Det tas vanligvis ikke hensyn til om boligen utsettes for støy fra to eller flere sider, eller om det er mye eller lite støy i hele nabolaget.

Det er vist at støynivåer i nabolaget som overstiger nivået ved boligen, oppfattes som en ekstra støybelastning for beboerne /92,96,97/. De som bor i et område med et støynivå på 60 dB like utenfor sin bolig, men som har et støynivå i nabolaget på 70 dB, vil være like plaget som de som bor i et område med 65 dB, /92,97/. Dette skyldes at de som bor mot en bakgård eller i en sidegate et stykke fra trafikkerte hovedgater, trekker fordel av at boligen skjermes fra trafikkstøyen, men når de ferdes utendørs, utsettes de for trafikkstøyen i nabolaget. Andre forskningsresultater viser at søvnforstyrrelsene kan være vesentlig lavere i leiligheter som har en stille side, fordi beboerne kan ha soverom vendt bort fra trafikken /103,104, 105,106/.

Støy og utrygghet

Personer som er utrygge i trafikken, særlig yngre og eldre, ser ut til å oppleve trafikkstøy som mer plagsom enn andre /94/. Men det er gjort lite for å kartlegge sammenhengen mellom utrygghet og støy i boligområder.

4.8 Betydning av samspill ved trafikkendringer

Hvis vegtrafikken endrer seg, vil mange av de tilhørende miljøulempene som er knyttet til trafikken også endre seg. Det kan oppleves som om endringen i miljøulempene på grunn av trafikkendringer er langt større enn det man kan forutsi om bare en og en ulempe betraktes hver for seg.

Ved undersøkelser i østre deler av Oslo før og etter betydelige trafikkendringer, viste det seg at reduksjonen i støyplagen var mer enn det dobbelte av det man kunne ha forventet som følge av redusert støybelastning /98/. Denne "overreaksjonen" kan forutses hvis man også tar hensyn til virkningen av reduserte konsentrasjoner av luftforurensning og støysituasjonen i hele området (nabolaget). På tilsvarende måte vil støyplagen øke mer enn det en kan forvente, om trafikken øker vesentlig /97/. Dette er langtidsvirkninger. I tillegg vil en kunne ha kort-

varige økninger i støyplagen som følge av at beboerne like etter en trafikkøkning mistrives med en forverring av bomiljøet /91/.

4.9 Andel plagede personer ved ulike lydnivåer

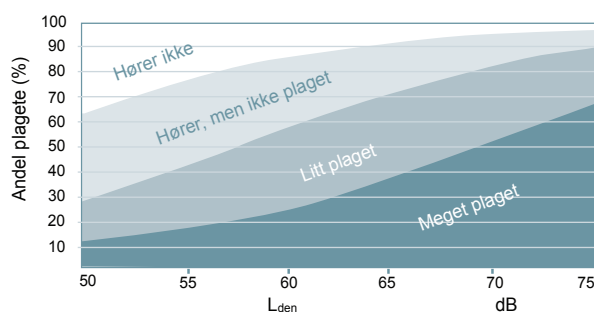
Det er en klar sammenheng mellom støybelastning og plage. Flere rapporterer at de er plaget når støynivået øker.

Sammenhengen mellom støybelastning og gjennomsnittlig plagegrad i befolkningen presenteres vanligvis som virkningskurver, som ofte kalles dose–respons–kurver, dvs. hvilken støybelastning (dose) som gir hvilken plage (respons). Virkningskurver bygger vanligvis på sammenstillinger av resultater fra flere internasjonale /100/ eller nasjonale intervjuundersøkelser /95/.

Virkningskurve for støyplage utenfor bolig

Figur 6 viser virkningskurvene for plage av vegtrafikkstøy utenfor bolig. Ved f.eks. L_{den} 60 dB utendørs vil ca. 25 % av befolkningen være *meget plaget* av vegtrafikkstøy utenfor boliger, mens ca. 55 % vil være *meget eller litt plaget*.

I forhold til internasjonale forskningsresultater /100/ kan det synes som om nordmenn reagerer noe sterkere på vegtrafikkstøy enn gjennomsnittet i internasjonale undersøkelser. Blant annet angis støyplagen i internasjonale studier "at home", noe som kan tolkes som et slags gjennomsnitt av støyplage både i og utenfor bolig. I intervjuundersøkelser er det i tillegg mange ulike måter å intervju på og å beskrive støyen på, som gjør at resultatene varierer.



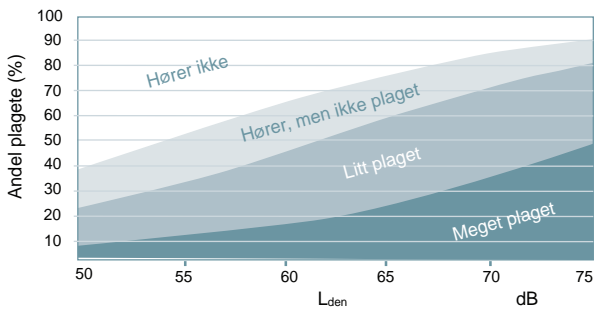
Figur 6. Virkningsgraden for andel som angir ulik grad av plage fra vegtrafikkstøy utenfor bolig som funksjon av utendørs fritt felt støybelastning i dB. Basert på norske undersøkelser 194,961.

Virkningskurve for støyplage inne i bolig

Virkningskurvene for støyplage inne i bolig er basert på undersøkelser hvor man spør hvor plaget man er inne i boligen, og deretter relateres dette til kjent støynivå utendørs. Figur 7 viser virkningskurvene

for plage av vegtrafikkstøy i bolig. Ved L_{den} 60 dB utendørs vil ca. 15 % av befolkningen være *meget plaget* av vegtrafikkstøy i bolig, mens ca. 43 % vil være *meget eller litt plaget*.

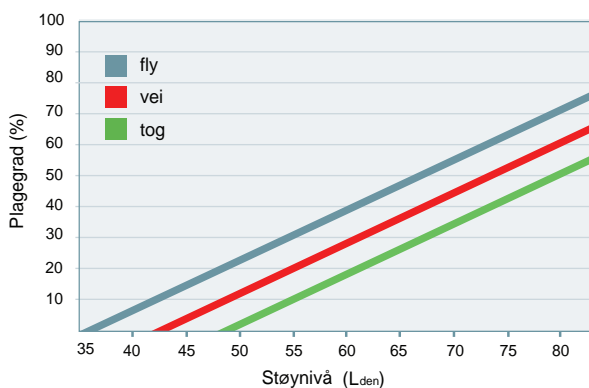
Personer som bor i dårlig isolerte boliger, vil plages noe sterkere enn det som er angitt i disse gjennomsnittskurvene.



Figur 7. Virkningskurver for andel personer som angir ulik grad av plage fra vegtrafikkstøy inne i bolig som funksjon av utendørs fritt felt støybelastning i dB. Basert på norske undersøkelser 194,96.

Virkningskurver som brukes i beregning av SPI.

Alle støykilder oppleves ikke som like plagsomme ved samme ekvivalente støynivå. Flere undersøkelser har f.eks. vist at støy fra vegtrafikk oppleves som mer plagsomt enn støy fra jernbanetraffikk ved samme lydnivå. I en sammenstilling av resultatene fra en rekke internasjonale intervjuundersøkelser av til sammen 58.000 personer, er det utarbeidet virkningskurver over gjennomsnittlig plagegrad /117/. Figur 8 viser gjennomsnittlig støyplagegrad for fly-, tog - og vegtrafikk.



Kilde / ©: Statens forurensningstilsyn (SFT) 2005

Figur 8. Virkningskurver for gjennomsnittlig plagegrad ved ulike nivåer og for ulike kilder. 0 tilsvarer ingen plage og 100 er maksimal plagegrad.

Kapittel 5

Støy og helse

– eksperimentelle og epidemiologiske undersøkelser

Når aktuelle forskningsresultater vurderes under ett, er det rimelig godt dokumentert at støy kan utløse fysiologiske stressreaksjoner og at stress kan føre til helseskade. Resultatene er mer usikre når man forsøker å dokumentere sammenhengen mellom støy og helseskade direkte.

5.1 Hormonelle virkninger

I flere undersøkelser hvor personer utsettes for støy, er det funnet økning i stresshormonene adrenalin, noradrenalin og kortisol. I disse studiene har man ofte brukt spesielt høye støynivåer fra militær lavflyging, og støy som er mer typisk for arbeidssituasjoner. Resultater fra slike studier vil ikke nødvendigvis kunne overføres til virkninger av trafikkstøy med betydelig lavere nivåer. Et interessant funn er likevel at det kan synes som om den hormonelle responsen avhenger av hvorvidt personene opplever støysituasjon som ny, eller om de har vært utsatt for denne støyen over en lengre periode /84/. Det er også gjennomført epidemiologiske studier, hvor man har undersøkt hormonutskillelse hos personer som ble eksponert for trafikkstøy ved ulike lydnivåer. Resultatene er ikke entydige, men det er indikasjoner på en økning i stresshormonene noradrenalin og kortisol hos personer som er utsatt for trafikkstøy /85/. Spesielt rettes fokus mot virkningen av støyeksponering om natten.

Støy kan holde en person mer våkent («stresset») og i lettere søvn, og dette gir økt utskillelse av stresshormoner, spesielt kortisol /43,45/. Det er også målt økning i utskillelse av noradrenalin hos kvinner som hadde soverom ut mot støyende gate ($L_{natt} > 57$ dB, utenfor fasade), sammenlignet med de med lavere støynivåer ($L_{natt} < 52$ dB, utenfor fasade) /80/. En annen undersøkelse /110/ viste høyere utskillelse av kortisol hos en gruppe personer som i flere år hadde vært utsatt for vegtrafikkstøy om natten ($53 \text{ dB} \leq L_{natt \text{ utendørs}} \leq 69 \text{ dB}$), enn hos en gruppe mindre støyutsatte personer ($L_{natt \text{ utendørs}} < 45 \text{ dB}$). Forskjellen ble observert selv på netter hvor de som var mest utsatt for støy, sov med vinduene lukket. Slike funn kan tyde på at det å være utsatt for støy på natten over flere år, kan bidra til å opprettholde økningen i utskillelse av stresshormoner. Også hos

barn som er utsatt for moderat høye nivåer av vegtrafikkstøy ($L_{den} > 60 \text{ dB ute}$), er det funnet økt utskillelse av stresshormoner, sammenlignet med barn som bor i mindre støyutsatte områder ($L_{den} < 50 \text{ dB ute}$) /82/.

En rekke faktorer kan påvirke utskillelsen av stresshormoner, og det er rimelig å anta store individuelle forskjeller. Stresshormonene kan ikke direkte regnes som risikofaktorer for sykdom, selv om kronisk forhøyet kortisolnivå kan være forbundet med helsefare /43/. Stresshormonene er uansett viktige indikatorer på om stress er et mellomledd i utvikling av sykdom, slik som angitt i modellen i kapittel 4.1. Det vitenskapelige grunnlaget er for svakt til å konkludere med hensyn til trafikkstøynivåer og hormonelle virkninger, og mulige helsekonsekvenser av dette på lengre sikt /81/.

5.2 Nedsatt immunitet

Muligheten for at støy kan påvirke folks helse via immunsystemet er basert på resultater fra studier hvor det er vist at støy er en stressfaktor, og at stress kan virke inn på immunresponsen /27/. Laboratoriestudier på dyr og mennesker kan tyde på at støy kan påvirke visse immunfunksjoner, men gir ikke grunnlag for å kunne konkludere med at støy kan påvirke folks helse via en påvirkning av immunsystemet /46/.

5.3 Hjerte/karsystemet

Det er fremdeles usikkert om vegtrafikkstøy bidrar til sykdommer i hjerte/karsystemet, men forskning indikerer at vegtrafikkstøy kan føre til en økning i risikoen for iskemisk hjertesykdom.

Fordi støy anses som en mulig stressfaktor, er det fremsatt hypoteser om at kronisk støyeksponering kan føre til økt risiko for høyt blodtrykk, arteriosklerose og iskemisk hjertesykdom (angina pectoris, hjerteinfarkt, unormal hjerterytme). Den biologiske sannsynligheten for en stressrelatert respons er veletablert (kap 4.3 og 5.1).

Forhøyet blodtrykk

I 2002 ble det publisert en metaanalyse av virkningene av støyeksponering på blodtrykk og hjerte/karsystemet, hvor man systematisk gikk igjennom 43 befolkningsundersøkelser /47/. Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom vegtrafikkstøy og forekomst av høyt blodtrykk, eller bruk av medisin mot hjerte/karsykdom og angina pectoris.

I etterkant av den nevnte metaanalysen, er det gjennomført noen nye studier på sammenhengen mellom transportstøy og forhøyet blodtrykk /49/. Resultatene fra de nye studiene av vegtrafikkstøy /52,53,54/ varierer. Konklusjonen var derfor at det fremdeles ikke er klare bevis for at eksponering for vegtrafikkstøy kan føre til forhøyet blodtrykk.

I en av de nyere studiene /52/, hvor man fant en positiv svak sammenheng mellom vegtrafikkstøy og forhøyet blodtrykk, fant man at denne sammenhengen var sterkere for støy på natten. Man fant også en sterkere sammenheng mellom støy-nivået om natten og behandling for forhøyet blodtrykk, enn for selvrapportert støyplage. Dette taler imot at opplevd støyplage og emosjonell stressrespons er et mellomledd i utviklingen av forhøyet blodtrykk, slik som angitt i modellen presentert i kapittel 4.

Iskemisk hjertesykdom

Nevnte metaanalyse /47/ viste en svak sammenheng mellom vegtrafikkstøy og iskemisk hjertesykdom med en relativ risiko (RR) på 1,09 for hver 5 dB ($L_{Aeq,6-22}$) økning i støyeksponering. Dette var basert på prevalensdata (forekomst) fra to store kohortstudier, /108/. Når man tok hensyn til antall nye tilfeller i løpet av en 10-årig oppfølging av kohortene, ble virkningen borte. I en omfattende kasus-kontrollstudie i Berlin, fant man en noe forøket risiko for hjerteinfarkt hos menn ved eksponering for vegtrafikkstøy som overskred 70 dB i løpet av dagen i forhold til nivåer under 60 dB/55/. Ved å inkludere all trafikkstøy (veg, fly, bane) fant man en øket risiko for hjerteinfarkt både hos menn og kvinner eksponert for nivåer over 60 dB i forhold til nivåer under 60 dB /56/.

Det er foretatt en del andre sammenstillinger hvor graden av bevis for sammenheng mellom støy og helse er vurdert /56,57,58,59,60/. Beviset for en virkning av trafikkstøy på iskemisk hjertesykdom er vurdert som begrenset/tilstrekkelig, og virkningen på forhøyet blodtrykk som utilstrekkelig/begrenset /44/. I studier hvor man har undersøkt barn, er det derimot gjort mer konsistente funn. Forhøyet blodtrykk er funnet hos barn i områder med mye støy, sammenlignet med barn som bor i stillere områder. Hvorvidt dette er klinisk relevant, spesielt med tanke på høyt blodtrykk og sykdom senere i livet, er derimot usikkert /86/.

WHO forslag til indikator

WHO/Europaprogrammet for miljø- og helseinformasjon har til sitt sett av miljø- og helseindikatorer foreslått en indikator for støyindusert sykdom i hjerte/karsystemet, hvor man har foreslått bruk av en relativ risiko på 1,2 når støy-nivået overskrider $L_{den} = 65$ dB i beregningene /62/. WHO mener at indikatoren er meget viktig i forhold til folkehelsen, selv om det er hevdet at det er en viss grad av usikkerhet knyttet til indikatoren, og da spesielt til hvilken grad av risiko som skal benyttes i beregningen.

Helsekostnader

Hvis sammenhengen mellom støyeksponering og sykdommer i hjerte/karsystemet er riktig, hva ville den helseøkonomiske kostnaden for dette være? En slik beregning er foretatt av Miljøstyrelsen i Danmark basert på estimatet /47/ om relativ risiko for iskemisk hjertesykdom på 1,09 for hver 5 dB, og en valgt terskel for når virkningen inntreffer på $L_{Aeq,24t} = 55$ dB /61/. De helsemessige kostnadene knyttet til trafikkstøy ble beregnet til mellom 40 og 100 millioner DKK pr. år, og de samlede omkostningene når man også tok med kostnader for dødsfall, sykefravær og produksjonstap, ble beregnet til 0,6 – 2,4 milliarder DKK pr. år.

Det å regne med virkninger på hjerte- karsystemet allerede for støy-nivåer på 55 dB er diskutabelt i lys av studiene nevnt ovenfor og WHO's forslag til helseindikator basert på disse studiene.

5.4 Psykisk helse

Det er lite som tyder på at støy kan føre til alvorlige psykiske virkninger. Det er først og fremst lettere psykiske problemer og symptomer, som synes å ha sammenheng med eksponering for støy.

Virkninger på psykisk helse innen støyforskning dekker alt fra symptomer på angst, nervøsitet, følelsesmessig stress, hodepine og humørendringer, til de mer generelle psykiatriske kategorier som psykoser og nevroses. Støy er ikke antatt å være en direkte årsak, men kan være med på å bidra til utvikling og forverring av visse typer psykiske lidelser /15/.

Det er lite som tyder på at støy kan føre til alvorlige psykiske virkninger, og det er først og fremst lettere psykiske problemer og symptomer som synes å ha sammenheng med eksponering av støy. Det er funnet en sammenheng mellom enkelte nevrotiske trekk og støysensitivitet, og dette kan tyde på at forekomst av psykiske problemer også øker sannsynligheten for støyplage ved et gitt støy-nivå.

I en nyere kohortstudie ble det ikke funnet noen sammenheng mellom vegtrafikkstøy og psykisk sykdom, men det ble funnet en svak sammenheng mellom støy og angstsymptomer /63/. I denne studien ble det kontrollert for sosiodemografiske faktorer som sosial klasse, yrke, sivilstatus og for psykisk sykdom ved studiestart. I en feltstudie inntil en sterkt trafikkert veg ($L_{Aeq} \approx 71$ dB), ble det funnet flere med dårlig sinnsstemning enn blant de som bodde i et roligere område ($L_{Aeq} \approx 50$ dB) /32/.

I en større undersøkelse fra Vålerenga/Gamlebyen i Oslo fant man at forekomsten av søvnproblemer og depresjoner økte med støynivået fra vegtrafikken. Dessuten ble det blant de yrkesaktive funnet at angst, rastløshet og skvettenhet økte med støynivået fra vegtrafikken /10/.

5.5 Subjektive helseplager

Det er funnet at mennesker i støyutsatte områder har hyppigere plager knyttet til hodepine, tretthet og urolig mage enn de som bor i roligere omgivelser.

Subjektive helseplager er plager der det ikke finnes noen objektive funn. Dette kan være tilfelle ved for eksempel smerter i skuldre og rygg, hodepine, tretthet og fordøyelsesproblemer. Slike plager er svært utbredt, og mer enn halvparten av det samlede sykefravær skyldes årsaker som er basert på subjektive utsagn.

Individer med subjektive helseplager rapporterer at de er mer sensitive enn andre for miljøpåvirkninger, fordi de blir lettere trette og har mer smerter enn andre. Sensitivisering, det vil si at gjentatt stimulering fører til at det skal mindre til før nervecellene reagerer, kan være en nevrobiologisk forklaringsmodell for dette psykologiske fenomenet.

Det er mulig støy kan endre funksjonen i mage- og tarmsystemet, slik at utskillelse av fordøyelsessekreter kan reduseres. Noen studier har funnet høyere hyppighet av fordøyelsesbesvær og urolig mage i områder med mye støy, enn i roligere områder /8,10/. Andre har funnet en sammenheng mellom opplevd trafikkstøyplage, plage av bileksos og selvevaluert reduksjon av livskvalitet /64/.

En svensk spørreundersøkelse ble gjennomført før og etter omlegging av vegtrafikken ved bygging av en tunnel. Undersøkelsen viste at etter omleggingen var det en signifikant reduksjon i antallet som oppga irritabilitet, nervøsitet, depresjon, urolig mage og et ønske om å være alene, blant beboere nær den tidligere trafikkerte vegen /65/. Redusert støy og bedre luftforhold antas å ha bidratt til denne virkningen.

Det er i andre studier vist at en støyutsatt befolkningsgruppe har økt forekomst av hodepine og en høyere andel som klaget over at de var "veldig trette", eller som sa at de helst ville være alene, sammenliknet med en annen gruppe i roligere omgivelser /8/. Studier er ikke entydige når det gjelder støynivå og subjektive helseplager. I en norsk studie var det først og fremst subjektive responser på støy, som støyplage og støysensitivitet, som viste en sammenheng med subjektive helseplager /31/. Selve støynivået fra vegtrafikken viste ingen sammenheng med subjektive helseplager og søvnkvalitet

5.6 Virkning på oppfattelse og læring

Støy vil kunne innvirke på kognitive funksjoner som læring, oppfattelse og hukommelse, spesielt hos barn.

I studier hvor man har påvist sammenhenger mellom støy og yteevne, har enten støynivået vært høyt, eller oppgavene som skal løses vært komplekse og mentalt utfordrende. Dette preger også erfaringsgrunnlaget om hvordan støy innvirker på kognitive funksjoner.

Undersøkelser tyder på at barn i lærings-situasjoner er sårbare for støy fordi de har mindre kontroll over omgivelsene enn voksne og mindre erfaring. Flere studier har vist at eksponering for flystøy kan innvirke på kognitive funksjoner hos skolebarn /113,114,115/. Det er spesielt oppgaver som krever konsentrasjon og språkforståelse, slik som lesing, oppmerksomhet, problemløsning og langtidshukommelse, som blir påvirket /113/.

Barn som utsettes for støy over lang tid utvikler strategier for å mestre støy som distraherer. Dette kan ha konsekvenser for språk- og taleutvikling. De filtrerer bort for mye lyd, inklusive viktig taleinformasjon. Dette underbygges av studier som viser at støy-eksponerte barn er mindre oppmerksomme, har dårligere språkoppfattelse og dårligere evne til å skille lyder /68/.

Mye av årsaken til at støy virker på barns kognitive funksjoner, kan skyldes at støy de ikke kontrollerer påvirker deres motivasjon og emosjonelle tilstand /68/. Eksponering for gjentatte støyhendelser, kan fremkalle en pasifisering (tillært hjelpeløshet), fordi de lærer at respons på negative opplevelser ikke endrer deres situasjon. Sammenliknet med lærere fra relativt stille skoler, rapporterer lærere fra skoler med støyende omgivelser om større vanskeligheter med å motivere barn i skolearbeid /68/.

Kapittel 6

Støy og søvn

6.1 Generelt om søvn

Søvn er et grunnleggende menneskelig behov som er nødvendig for god helse, livskvalitet og for å kunne prestere i løpet av dagen .

Søvmangel er en belastning for organismen, og kan bidra til utvikling og forverring av sykdomstilstander.



Hva er søvn?

De eksakte mekanismene som er ansvarlige for innsovning og søvn, er fortsatt ukjente. Det er likevel klart at søvn er en viktig del av vår fysiologi, og karakteriseres ved at hjernens elektriske aktivitet er endret i forhold til våken tilstand. På bakgrunn av denne aktiviteten kan man skille mellom 5 søvnstadier, stadium 1-4 og REM (Rapid Eye Movement) -søvn. De fleste drømmer forekommer i REM-fasen, og dette stadiet blir derfor ofte kalt drømmesøvn. Fra stadium 1 til 4 blir søvnen gradvis dypere, og rytmen i hjernens elektriske aktivitet gradvis langsommere. Stadium 3 og 4 slås ofte sammen og kalles dyp søvn.

Et typisk søvnmønster for en frisk person består av ca. 5 søvnsykluser som varer i 90-100 minutter, og som hver inneholder søvnstadiene nevnt over. Dyp søvn dominerer første 1/3 av natten og øker i mengde og intensitet ved søvnunderskudd. Dette kan være tegn på at det først og fremst er i dette søvnstadiet at

søvnens gjenoppbyggende funksjoner finner sted. Andelen REM-søvn tiltar utover natten.

Hvordan søvn måles

Søvn kan måles på flere måter. Det skilles oftest mellom søvn målt subjektivt og objektivt /70/.

Subjektiv søvnkvalitet måles ved hjelp av spørreskjema om søvn, for eksempel søvndagbok, hvor man spør om:

- Innsøvningsproblemer
- Antall oppvåkninger
- Subjektiv søvnkvalitet

Med objektiv måling av søvn menes registrering av hjerneaktiviteten direkte ved hjelp av EEG (electroencephalogram). Sammen med registrering av muskeltonus (EMG) og øyebevegelser (EOG) danner disse registreringene (også kalt polysomnografi) det mest presise grunnlaget for å skille mellom de ulike fysiologiske søvnstadiene. De viktigste objektive indikatorene er /69/:

- Innsøvningsstid
- Oppvåkninger
- Total tid i ulike søvnstadier samt total søvnlengde.
- Søvnstadieendringer og forandringer i autonome funksjoner (hjerterytme, blodtrykk, sammenrekking av blodårer, pustefrekvens).

I tillegg brukes ofte aktimetri og adferdsvekking som er et grovere mål på søvnkvalitet. Et aktimeter er et lite instrument som festes rundt håndledd eller ankel og registrerer kroppsbevegelser under søvn. Mange bevegelser skal da indikere lett søvn eller våkenhet, mens få bevegelser indikerer søvn. Resultater fra slike målinger kan imidlertid feiltolkes, da de som sover svært urolig, vil anses som våkne, mens de som er våkne, men ligger svært rolig, vil bli betraktet som sovende. Adferdsvekking måles ved at personen blir bedt om å trykke på en registreringsknapp hver gang han/hun våkner. Begge disse metodene er benyttet i flere studier av virkninger av trafikkstøy på større grupper av mennesker.

6.2 Virkninger av støy på søvn.

Støy griper inn i søvnmønsteret og påvirker søvnen i retning av lettere søvn og våkenhet.

I følge Statistisk sentralbyrå sin levekårsundersøkelse fra 1997 opplever om lag 5 % av befolkningen i Norge at de får sin søvn forstyrret av støy /111/. Det samme ble funnet i levekårsundersøkelsen fra 2004 /112/, med andre ord, andelen som blir forstyrret av støy i løpet av søvnperioden ser ut til å ha holdt seg ganske stabil i dette tidsrommet.

Problemer med nattesøvnen i trafikkerte områder er kjent gjennom en rekke undersøkelser. Umiddelbare virkninger av støy er vanskeligheter med innsovning, endringer i søvnmønster og dybde og oppvåkninger i løpet av natten /71,72/. Dette fører til nedsatt subjektiv søvnkvalitet /73/. Støyeksponering under søvn kan også gi sekundære virkninger eller ettereffekter dagen etter, som tretthet og redusert velvære, stemningsleie og yteevne /74/.

Forskjeller på studier i laboratorium og felt

De fleste studier av støyforstyrret søvn er gjort under kontrollerte betingelser i et søvnlaboratorium. De senere år er det også gjort mer realistiske studier hvor man har målt søvn hjemme hos personer som bor i støyutsatte områder. Til dels svært ulike metoder for registrering av både støy og søvn er brukt i undersøkelsene (se avsnitt 6.1).

En gjennomgang av mange av studiene frem til midten av 1990-tallet viste at det også var store forskjeller i forskningsresultatene, avhengig av om undersøkelsene var utført i et søvnlaboratorium eller i en feltsituasjon /75/. I søvnlaboratoriene ble det funnet større andel oppvåkninger og søvnstadiumendringer enn i feltsituasjoner.

I en svensk studie av sammenhengen mellom søvnkvalitet og vegtrafikkstøy, er det ikke påvist forskjeller i søvnkvalitet mellom hhv lab- og feltundersøkelser, kartlagt med aktimetri og søvndagbok /87/. Mye kan derfor tyde på at flere av effektene på søvnstadiumendringer og kortere vekkinger som er funnet i laboratoriestudier, også er relevante i forhold til en feltsituasjon.

Maksimalt støynivåer betyr mest for søvnen

I laboratorieforsøk har man den fordel at man kan studere virkningen av ulike støymønstre på søvn mer i detalj, enn man har mulighet for i feltstudier. Resultater fra laboratorieundersøkelser har vist at det er dårlig korrelasjon mellom ekvivalent støynivå og søvnforstyrrelser, når støyen varierer i styrke. Men mellom maksimalt støynivå for enkelthendelser og søvnpåvirkning er det funnet god korrelasjon /14/.

Maksimalnivåenes påvirkning på søvn er avhengig av bakgrunnsstøyen. Søvnstadieskift og vekking øker med antall støyhendelser over en gitt terskelverdi /76,11/.

Ved eksponering for maksimalnivåer med moderat styrke ($L_{Amax} = 45$ dB) sees søvnstadiumendringer og økning i antall kroppsbevegelser. Ved økende støynivå ($L_{Amax} = 55$ dB) sees redusert andel REM-søvn og dyp søvn, vekking og redusert subjektiv søvnkvalitet /14/.

Det er dårlig korrelasjon mellom ekvivalent støynivå og direkte virkninger på søvn, det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner med hensyn til hvilke nivåer som ikke bør overstiges. En studie med jevn vegtrafikkstøy med $L_{Aeq} = 36$ dB viste ingen virkninger på søvn /14/, mens nivåer på $L_{Aeq} = 45$ dB har vist å gi redusert andel REM-søvn /14,77/. Andre har funnet målbare virkninger på søvn ved vegtrafikkstøynivåer ned mot $L_{eq} = 30$ dB /15/.

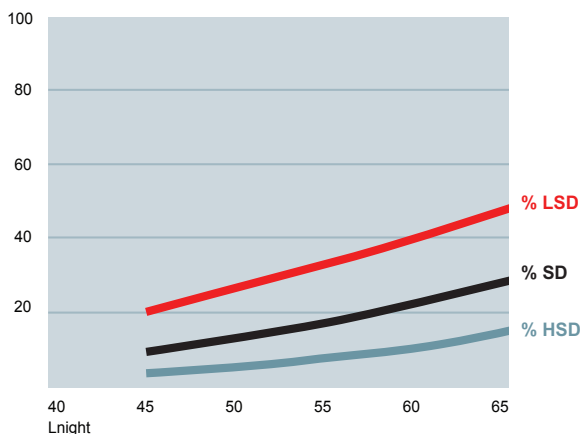
Etter netter med redusert REM-søvn er også den subjektive søvnkvaliteten vurdert som dårligere, og sinnsstemningen er påvirket i negativ retning /14/. Kombinasjonen av støy og vibrasjoner gir mer søvnforstyrrelser enn støy alene /78/.

Støy ved bolig og virkning på søvn

Sammenhengen mellom ekvivalent støy ved bolig og søvnproblemer er undersøkt i flere spørreundersøkelser.

I en norsk undersøkelse /10/ er det funnet god korrelasjon mellom ekvivalent støynivå ute og andelen personer som angir at støyen påvirker søvnen. Ved $L_{Aeq, 24t} = 55$ dB angir 25 % av de spurte søvnforstyrrelser, ved 60 dB er andelen 50 % og ved 67 dB 75 %. En sammenligning mellom to områder i København viste at langt flere anga subjektive søvnproblemer og sovemiddelbruk i støybelastede områder ($L_{Aeq, 24t} = 69 - 78$ dB) enn i stille områder ($L_{Aeq, 24t} = 51 - 63$ dB) /67/. Disse forskjellene forsvant imidlertid ved kontroll for psykisk velbefinnende. I en annen undersøkelse /12/ er det påvist sammenheng mellom ekvivalent støynivå og subjektiv søvnpåvirkning. I denne undersøkelsen ble det samtidig funnet sterk sammenheng mellom støyfølsomhet og subjektive søvnforstyrrelser.

I en sammenstilling av mange undersøkelser er det utviklet dose-responsammenhenger mellom ekvivalent støynivå om natten, L_{night} , og grad av subjektivt rapporterte søvnforstyrrelser på grunn av støy (Figur 9), etter samme modell som for sammenhengen mellom L_{den} og andel støyplagede /13/. Det bør imidlertid påpekes at støyinduserte søvnforstyrrelser som rapporteres i form av spørreskjemaer, ikke fanger opp alle virkninger av støy på søvn, som for eksempel søvnstadiumendringer og kortere oppvåkninger.



Figur 9. Sammenhengen mellom vegtrafikkstøy, L_{night} (utenfor mest eksponerte husfasade) og subjektivt rapportert søvnkvalitet (fra venstre mot høyre) "% lite søvnforstyrret" (%LSD), "% søvnforstyrret" (%SD), og "% meget søvnforstyrret" (%HSD), forenklet fra 1131.

For å opprettholde god søvnkvalitet er det anbefalt at L_{Amax} ikke overskrider 45 dB i soverommet mer enn 10-15 ganger per natt. Ved lavt bakgrunnsstøynivå, stor andel lavfrekvent støy og i kombinasjon med vibrasjoner, kan søvnforstyrrelser forekomme også ved lavere verdier. Siden det er funnet målbare virkninger på søvn ned mot $L_{Aeq} = 30$ dB for jevn støy, er det også anbefalt at ekvivalent støynivå ikke overskrider 30 dB i soverommet på natten /15/.

6.3 Ulike gruppers følsomhet for støy under søvn

Barn er mindre følsomme for støy under søvn enn voksne. Enkelte andre grupper i befolkningen er mer følsomme for støypåvirkning under søvn enn gjennomsnittet.

Barn er mindre følsomme for støy under søvn enn voksne. Dette gjelder både tendens til vekking og påvirkning av dyp søvn og drømmesøvn /78/. Eldre, personer med fysiske eller psykiske sykdommer og de med søvnproblemer fra før, er spesielt utsatt for støyinduserte søvnforstyrrelser. Dette gjelder spesielt innsovningstid og våketid. Syke mennesker har større behov for hvile og kan derfor være spesielt følsomme for støy.

Personer som oppgir å være generelt følsomme for støy, ser ut til å påvirkes mer av støy når de sover enn de som er mindre følsomme. I en laboratorieundersøkelse /12/ er det vist at å bli utsatt for støy med maksimalnivåer under søvn gir høyere antall kroppsbevegelser og større økning i hjerterefrekvensen blant de som er følsomme for støy, enn hos de som ikke er det. I intervjuundersøkelser er det også påvist nær sammenheng mellom oppgitt følsomhet for støy,

søvnproblemer og helseplager /31/.

Andre grupper som antas å ha øket følsomhet for støy under søvn, er personer med uregelmessige sovnetider (skiftarbeidere) og personer med høyt stress- eller angstnivå /4/.

De fleste laboratorieundersøkelser av støypåvirkning under søvn er utført på friske, unge voksne. Sårbare grupper er vanligvis ikke med på slike undersøkelser, og dette gir en skjevhet i utvalget i forhold til befolkningen totalt.

6.4 Tilvenning til støy under søvn

Det skjer ikke fullstendig tilvenning til støy under søvn selv etter flere års eksponering.

Siden virkninger på søvn er lavere i feltstudier enn i laboratoriestudier /75/, spesielt med hensyn på vekking, er det antatt at det foregår en tilvenning til støy under søvn. Undersøkelser som er gjort, tyder på at det forekommer en viss tilvenning i forhold til antall oppvåkninger og subjektiv søvnkvalitet. Den fysiologiske tilvenningen, med hensyn til økt hjerterefrekvens som respons på støy under søvn, er derimot ikke dokumentert.

To typer forsøk er utført for å undersøke graden av tilvenning til støy under søvn:

1. Laboratorieforsøk, der forsøkspersonene utsettes for støy over flere netter i strekk, har vist at det ikke skjer full tilvenning med hensyn til støyindusert økning i kroppsbevegelser eller støyutløst hjerterefrekvensøkning.
2. Intervensjonsstudier, der langvarig støyuksatte personer tilbys støyreducerende tiltak som for eksempel isolering av vinduer. Ved registrering av søvnmønsteret før og etter støyreduksjon, har man funnet at støyisolerende tiltak forbedrer den objektivt registrerte søvnkvaliteten /79/. Støyreduksjonen gir øket andel REM-søvn og dyp søvn.

På bakgrunn av slike studier, samt at støyinduserte søvnforstyrrelser er observert også hos dem som har bodd støyuksatt til i flere år, kan man utelukke at det skjer en fullstendig tilvenning til støy om natten.

6.5 Helsevirkninger av redusert søvnkvalitet

Støyforstyrret søvn kan gi dårligere prestasjoner og endret sinnstemning. Støyeksponering om natten antas å kunne øke risikoen for utvikling av sykdom.

Virkning på prestasjon og sinnstemning

Det er spesielt hjernens funksjoner som påvirkes av søvnmangel, men det finnes ingen proporsjonalitet mellom tapt søvn og endret funksjon. Søvnighet, redusert evne til å holde seg våken eller tendens til å være med passiv, er de viktigste symptomene ved søvnmangel. Prestasjoner ved kortvarige oppgaver er lite redusert ved søvnmangel, mens prestasjoner i langvarige, monotone testsituasjoner er nedsatt i større grad /80/. Videre kan tretthet ha alvorlige konsekvenser for risiko for ulykker /83/.

I undersøkelsessituasjoner med støy som ligner vegtrafikkstøy, er det funnet påvirkning av prestasjonsevne, (f.eks. reaksjonstid) og sinnstemning. Endringene i prestasjonsevne og sinnstemning ser ut til å bestå, selv etter flere netter med støy-påvirkning /12/. Dette bygger oppunder slutningen i kap 6.4 om at det ikke skjer en fullstendig tilvenning til støy, og dette har negative virkninger som også består.

Virkning på helse og hjerte-/karsykdommer

Feltstudier har vist samvariasjon mellom ekvivalent støynivå (L_{eq}) ved bolig, redusert subjektiv søvnkvalitet og rapporterte helseplager /10,67/. I andre undersøkelser er korrelasjonene mellom støynivå og rapporterte virkninger svake. For de som oppgir at de er følsomme for støy er det imidlertid påvist høy korrelasjon mellom støyfølsomhet, søvnkvalitet og helseplager /31/.

Det er funnet indikasjoner på økning i stresshormonene noradrenalin og kortisol hos personer utsatt for til dels høye nivåer av vegtrafikkstøy. I tillegg viser forskning at den fysiologiske tilvenningen til støy mens vi sover er begrenset. Selv om det er for tidlig å konkludere i forhold til helsevirkninger av dette på lengre sikt, tyder enkelte studier på at det er spesielt støyeksponering om natten som øker risikoen for utvikling av hjerte/karsykdom /43,45/.

Negative helsevirkninger på grunn av redusert søvnkvalitet kan forekomme spesielt hos dem som ikke har mulighet for å hente inn "det tapte" gjennom hvile ellers på døgnet.



Vedlegg 1

Ordliste

Adrenalin	Hormon av gruppen katekolaminer som utskilles fra binyrebagen i situasjoner preget av «redsel, flukt eller kamp» som en respons på aktivering av det sympatiske nervesystemet.	Kohortstudie	Studie hvor en gruppe mennesker (kohort) følges opp over tid for å se hva som skjer med deres helse, og for å se om det var forhold som kunne forklare hvorfor noen blir syke og andre ikke.
Autoimmun sykdom	Sykdom hvor immunforsvaret selv angriper kroppen.	Kognitiv funksjon	Angår vår evne å oppfatte (lære), tenke, huske og bruke informasjon.
Angina pectoris	Hjertekrampe, oppleves som bryst-smerter. Skyldes redusert blodtilførsel og for lite oksygen til hjertet.	Kortisol	Hormon av klassen kortikosteroider som frigjøres fra binyrebarken som har en viktig funksjon ved å dempe stressreaksjonen og igjen etablere en fysiologisk likevekt.
dB (desibel)	Måleenhet for lydstyrke eller lydtrykk. Definert som: $20 \log(P/P_0)$, hvor P er lydtrykket og P_0 er et referanselydtrykk på 20 μ Pa.	Lyd / lydtrykk	Lyd er små variasjoner i lufttrykket. Lydtrykk er lufttrykksendringene som gir lyd. Disse forplanter seg som trykkbølger i luft med en hastighet på 340 m/s.
Epidemiologiske studier	Studier av risikofaktorer som påvirker helse.	Lydnivå (støynivå)	Beskriver styrken av lyd når lydtryknivået er målt med en viss (standardisert) veiekurve og en viss (standardisert) tidskonstant. Lydnivået angis på en logaritmisk skala, desibelskalaen, der 0 desibel representerer høreterskelen og 120 desibel representerer smerteterskelen.
Hormonsystemet	Består av alle de organer/kjertler som skiller ut hormoner. Hormonene skiller ut i blodbanen og regulerer fysiologiske mekanismer i kroppen.	L_{max}	Maksimalt lydnivå. Dette er det høyeste lydnivået innenfor en definert periode, og inntreffer for vegtrafikk i det et kjøretøy passerer. For vegtrafikkstøy bestemmes maksimalnivået i praksis av tunge lastebiler.
Hyperakusis	Diagnostisert overfølsomhet for støy	L_{eq}	Ekvivalent (gjennomsnittlig) lydnivå i en gitt periode, f.eks. 1/2 time, 8 timer, 24 timer. $L_{eq,24h}$ er gjennomsnittlig lydnivå over 24 timer (ett døgn).
Frekvens, tonehøyde	Antallet lufttrykksvingninger i sekundet som angis i enheten Hertz (Hz). Hørbart område ligger mellom 20 og 20 000 Hz.	L_{den}	Ekvivalent lydnivå over døgnet (day, evening, night) med tillegg + 5dB for kveldsperioden og +10 dB i nattperioden. Tidspunktene for de ulike periodene er dag: 07-19, kveld: 19-23 og natt: 23-07.
Homeostase	Organismens tendens til å opprettholde et konstant indre miljø uansett ytre påvirkning. Kroppen søker kontinuerlig å gjenskape likevekt når noe er i ubalanse. Vi har reguleringsmekanismer for temperatur, væskebalanse, elektrolytter og næringsinntak.	L_{natt}	Ekvivalent lydnivå i nattperioden 23-07, uten tillegg.
Insidens	Antall tilfeller (hyppigheten) av et bestemt helseproblem i en gitt befolkning i en bestemt periode.	Metaanalyse	Systematisk analyse av resultater fra flere empiriske studier med en systematisk metode for innhenting og bearbeiding av informasjon for sikre at data er så komplette som mulig og for å unngå feilkonklusjoner.
Iskemisk hjertesykdom	Hjertesykdom som skyldes forbigående svakhet i blodtilførselen på grunn av sirkulasjonsforstyrrelser. (Angina pectoris, hjerteinfarkt, unormal hjerterytme).	Multivariat statistikk	Statistikk hvor en ser på samspillsffekter av flere samtidige avhengige variable.
Kasus-kontrollstudie	Studie av individer (kasus) med et utfall, som oftest en sykdom, og individer i en passende kontrollgruppe som ikke har dette utfallet. De to gruppene sammenliknes med hensyn til frekvens eller grad av eksponisjon av bestemte risikoforhold.		

Noradrenalin	Hormon av gruppen katekolaminer som utskilles fra binyremargen i situasjoner preget av «redsel, flukt eller kamp» som en respons på aktivering av det sympatiske nervesystemet.	Sensitivisering	Når gjentatt stimulering fører til at det skal mindre til før nervecellene reagerer. For eksempel at smerte fører til økt smerte.
Opiater	Legemidler som inneholder eller er framstilt av opium.	Stress	Begrepet "stress" benyttes for fire ulike betydninger av "stress", stress stimuli, stress opplevelse, den ikke spesifikke generelle stress responsen, og opplevelsen av stress responsen. Disse fire ulike betydningene av begrepet stress kan måles uavhengig av hverandre, og blir behandlet separat i artikkelen "The cognitive activation theory of stress" / 119/.
Prevalens	Antall tilfeller (forekomst) av et bestemt helseproblem i en gitt befolkning på et gitt tidspunkt.	Støy	Uønsket lyd.
Psykosomatiske sykdommer, lidelser og plager	<p>Begrepene psyke og soma stammer fra overbevisningen om at mennesket består av to deler, en kropp og en sjel. Det skilles mellom psykosomatiske sykdommer, psykosomatiske lidelser og subjektive helseplager. Psykosomatiske sykdommer er sykdommer som kan påvises. For eksempel magesår, høyt blodtrykk og hjerteinfarkt.</p> <p>Psykosomatiske lidelser er tilstander der legene ikke finner noen kroppslig forklaring på plagene, eller der plagene er langt verre enn de medisinske funnene skulle tilsi. Det gjelder bl.a. mange former for magesmerter, ryggplager og nakkeslengplager.</p> <p>Subjektive helseplager er de plagene vi alle har, litt vondt her og der, litt tretthet, litt svimmelhet. Hos noen blir dette så plagsomt at de søker lege for det uten at man finner en bestemt sykdom eller noen klar årsak til tilstanden.</p>	Støyplage	Vanlig brukt mål på en generell psykologisk virkning av støy.
Reliabilitet	Målemetodens metodefeil eller spredning.	Sympatisk nervesystem	Det sympatiske nervesystemet er den del av det autonome nervesystem som aktiveres i situasjoner preget av «redsel, flukt eller kamp». Som respons på sympatisk aktivering starter sekresjonen av adrenalin, og i mindre omfang noradrenalin, fra binyremargen og ut i blodbanen. Aktiveres ved eksponering for stresstimuli, men også ved hardere fysisk trening.
Respiratorisk system	Systemet som gjelder åndedrettet.	Tverrsnittsstudie	En studie hvor alle data samles inn på et tidspunkt. Denne studietypen kan generere hypoteser om sammenhenger mellom faktorer, men kan ikke med sikkerhet avklare årsak - virkningsforhold, dvs. hva som kom først, «høna eller egget».
REM-søvn	Søvnstadium med hurtige øyebevegelser - rapid eye movements. Sannsynligvis viktig for utvikling og bevaring av sensorimotorisk funksjon. De fleste drømmer forekommer under REM-søvn.	Validitet	Uttrykker i hvilken grad og med hvilken pålitelighet et sett resultater viser det de er ment å vise (intern validitet), herunder i hvilken grad konklusjonene som kan trekkes fra dem er generaliserbare (ekstern validitet).
Retikulærsubstansen	Område som ligger dypt inn mot midten av hjernen, og har å gjøre med styringen av en rekke ubevisste funksjoner, slik som puls, blodtrykk, hormonproduksjon og åndedrett. Retikulærsubstansen spiller også en rolle for styringen av sentralnervesystemets aktivitetsgrad.		

Vedlegg 2

Eksisterende regelverk og grenseverdier

Eksisterende anlegg (veg, flyplasser, industri med mer):

Forurensningsforskriftens kap. 5 Grenseverdier for støy /17/, angir krav til døgnkvivalent lydnivå innendørs fra eksisterende veger og samferdselsanlegg generelt. Forskriften pålegger anleggseier å kartlegge utsatte områder der det er støyfølsom bebyggelse, dvs boliger, skoler, sykehus etc, og videre plikt til å gjennomføre støyreducerende tiltak når lydnivået $L_{Aeq,24h}$ overskrider 42 dB inne i bygning. Grenseverdien forutsetter lukkede vinduer og ventiler, og gjelder rom godkjent av bygningsmyndigheten for varig opphold.

Krav om kartlegging i hht. EUs rammedirektiv for støy (direktiv 2002/49/EF) er implementert i Forurensningslovens kap.5. EUs rammedirektiv stiller krav til kartlegging av støy over $L_{den}=55$ dB og $L_{natt}=50$ dB i byområder og langs tett trafikkerte veger, jernbaner og flyplasser. Oslo skal kartlegges innen 2007, mens byene Bergen, Trondheim, Stavanger/Sandnes, Fredrikstad/Sarpsborg og Oslos nabokommuner skal kartlegges innen 2012.

Arealplanlegging og nye anlegg:

Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging T-1442 /5/, gir anbefalte grenseverdier ved planlegging og saksbehandling etter Plan- og bygningsloven. Her er det gitt anbefalte utendørs grenseverdier som gjelder ved etablering av ny veg evt. utvidelse av eksisterende veg, og ved bygging av ny bolig eller annen støyfølsom bebyggelse som er berørt av støy fra veg.

Følgende anbefalte grenseverdier er gitt for støy fra veg:

Støynivå på uteplass og utenfor rom med støyfølsom bruk: $L_{den} = 55$ dB frittfelt

Maksimalt støynivå utenfor soverom, natt kl. 23-07: $L_{5AF} = 70$ dB frittfelt

Kravet til maksimalt støynivå i nattperioden gjelder der det er mer enn 10 hendelser pr. natt over grenseverdien.

For innendørsgrenser angir retningslinje T-1442 at kravene i Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven skal følge, dvs kravene som er gitt i Norsk standard NS 8175 (se nedenfor).

Retningslinje T-1442 har også anbefalte grenseverdier for støy fra bygge- og anleggsarbeid.

Innendørsgrenser i Teknisk forskrift og NS 8174

For innendørs forhold henviser Teknisk forskrift til NS 8175 som gir grenseverdier for lydnivå for en rekke tilfeller innendørs, og like utenfor vindu. NS 8175 gir grenser for støy fra samferdsel, for støy fra andre boliger, fra ventilasjonsanlegg og andre tekniske anlegg med mer.

For oppholds- og soverom i nye boliger gjelder følgende grenser:

Innendørs gjennomsnittsverdi for døgnnet $L_{Aeq24h} \leq 30$ dB

Innendørs maksimalnivå på natten $L_{Amaks} \leq 45$ dB

Hesellovgivningen

Lov om helsetjenesten i kommunene (kommunehelsetjenesteloven) har ikke egne forskrifter med støygrenser for vegtrafikkstøy, men omfatter forhold som er av betydning for menneskers helsetilstand, - herunder omfattes også støy fra veg og samferdselsanlegg generelt.

Kommunehelsetjenesteloven gir myndighetene hjemmel for å kunne sette grenseverdier for støy dersom virksomheten direkte eller indirekte kan ha negativ innvirkning på helsen. En slik vurdering må i så fall være basert på en faglig begrunnet vurdering av hvorvidt aktiviteten antas å representere helse-skade og må være basert på allment aksepterte nasjonale eller internasjonale normer og kunnskap.

Forskrift om miljørettet helsevern i skoler og barnehager er hjemlet i kommunehelsetjenesteloven, og gir mer konkrete anbefalinger om hva som er akseptable nivåer for bl.a. støy.

Bygge- og anleggsarbeid

Oslo kommune har egen forskrift om bygge- og anleggsstøy. Denne forskriften går foran de anbefalte grensene for bygge- og anleggsstøy som er gitt i støyretningslinje T-1442. Oslo kommunes støyforskrift er hjemlet i Kommunehelsetjenesteloven.

Verdens helseorganisasjon

WHO har fastsatt følgende retningslinjer for samfunnsstøy (15):

Utendørs oppeholdsareal

alvorlig plage dag- og kveldstid: $L_{Aeq,16h} = 55$ dB

moderat plage dag- og kveldstid: $L_{Aeq,16h} = 50$ dB

Bolig, innendørs

taleforstyrrelse,

moderat plage dag- og kveldstid: $L_{Aeq,16h} = 35$ dB

I soverom

søvnforstyrrelse $L_{Aeq,8h} = 30$ dB

Utenfor soverom

søvnforstyrrelse, åpent vindu: $L_{Aeq,8h} = 45$ dB

Nasjonalt støymål

Stortingsmelding nr 8 (1999-2000) setter et nasjonalt støymål. Målet er å redusere støyplagen, angitt ved støyplageindeksen SPI, med 25 % i 2010 i forhold til 1999-nivå. Dette målet er under revisjon, og det har vist seg at det er svært vanskelig å nå målet innen fristen 2010.

Regjeringen har i stortingsmelding 26 (2006-2007) *Regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand* foreslått nye nasjonale mål for å redusere støyplagen i landet. De nye målene er å redusere støyplagen (SPI) med 10 prosent innen 2020 i forhold til 1999, samt at antall personer utsatt for over 38 dB innendørs støynivå skal reduseres med 30 prosent innen 2020 i forhold til 2005.

Vedlegg 3

Noen forskningsmetodiske problemer

Det er betydelige metodiske problemer knyttet til arbeidet med å klargjøre hvordan ulik støy påvirker søvn og helse.

Mennesket er en kompleks organisme, og det er derfor ikke overraskende at det er vanskelig å finne enkle årsakssammenhenger, spesielt når virkningene av støy er indirekte.

Ved intervjuundersøkelser er det vanskelig å gardere seg mot seleksjon med hensyn på andre forhold som antas å være av betydning, f.eks. psykisk helse og sosioøkonomiske forhold. For eksempel er botiden i støyutsatte områder ofte kortere enn i rolige områder, og de som er mest følsomme for støyens virkninger, vil gjerne være de som flytter først. Begge disse forhold vil bidra til at støyens virkninger blir undervurdert, spesielt i tverrsnittstudier. Mangel på kontroll over andre faktorer eller konfundere som disponerer for dårlig helse, vil kunne bidra til en overestimering av virkningene. Folk som bor i støyutsatte områder har ofte generelt dårligere levekår, lavere sosioøkonomisk status, dårligere bomiljø med luftforurensning etc, hvilket alle er faktorer som disponerer for dårlig helse. Naboer eller personer som bor innen et område, er ofte mer ensartet enn andre. Hvis naboene ikke bare har det til felles at de er utsatte for støy, men også deler andre risikofaktorer for dårlig helse, så kan resultatet lett feiltolkes. Hvis man dessuten regner personer innen et avgrenset område som statistisk uavhengige, vil den statistiske usikkerheten underestimeres. Tverrsnittstudier, som er den vanligste studiedesignen, sier dessuten lite om årsak/virkningsforholdet i en sammenheng. Publikasjonsskjevhet er også et viktig problem i sammenstillinger, da studier, særlig med negative funn, ofte ikke blir publisert.

De undersøkte helsevirkningene er til dels dårlig definert i mange studier, og representerer et stort antall tilstander fra normale variasjoner, via subjektive symptomer til tilstander som ikke gir symptomer men som påvises ved medisinsk undersøkelse (f.eks. høyt blodtrykk). De aktuelle symptomene er til dels meget hyppig forekommende og har meget sammensatte årsaksforhold. Det er også stor usikkerhet knyttet til måling av helsevirkninger, slik som måling av blodtrykk som ikke alltid er standardisert og ofte basert på kun én måling.

Ved feltstudier/epidemiologiske undersøkelser har en oftest brukt L_{eq} utenfor den mest støyutsatte siden av boligen som uttrykk for støybelastningen. Dette gir ikke alltid en dekkende beskrivelse av viktige variasjoner i støymønsteret. I undersøkelser der man sammenlikner "stille" og "støyutsatte" områder, vil det ofte være store variasjoner i støynivået innen områdene. Det er sjelden tatt hensyn til at støysituasjonen om natten vil kunne være viktigere enn om dagen, eller hvordan soverom og stue er plassert i forhold til støykilden (vegen).

Også laboratorieforsøk er beheftet med betydelige metodiske problemer: De fleste forsøk er gjort på friske unge mennesker (ofte studenter). Disse representerer ikke noe tverrsnitt av befolkningen. Hvis undersøkelsespopulasjonen er friskere enn totalpopulasjonen, kan det antas at de helsevirkningene som påvises, representerer minimumsverdier. I mange undersøkelser er deltakernes psykiske helse og stressbelastning ikke undersøkt i detalj. Det er usikkert i hvilken grad reaksjonene på støy i laboratorium atskiller seg fra reaksjonene en finner ved undersøkelse i personens hjem. Kortvarig eksponering for relativt høye støynivåer gir en rekke forbigående fysiologiske reaksjoner. Det å oversette disse reaksjonene til mer permanente endringer, slik som forhøyet blodtrykk og forandret endokrin funksjon, er ikke rett frem når de samme fysiologiske reaksjonene ofte kan være fordelaktige, spesielt forbundet med fysisk anstrengelse.

Det lave presisjonsnivået innebærer at manglende sammenhenger ikke uten videre kan tas til inntekt for at støy er ufarlig. Det er viktig å være klar over at selv en liten risiko for sykdom vil kunne være av betydning for folkehelsen på bakgrunn av støyeksponeringens omfang. Er sammenhengen svak, er det imidlertid viktig med en tilfredsstillende kontroll på samvirkende faktorer. Det er all grunn til å vise forsiktighet med å tolke en sammenheng som en årsakssammenheng.

Litteratur

1. Helseeffekter av vegtrafikkstøy. Vegdirektoratet, Helsedirektoratet, 1995.
2. Rylander R, Persson K, Bjorkman M. Lågfrekvent buller - en forbigedd miljøfaktor. *Läkartidn* 1989; 86: 415-6.
3. Westman JC, Walters JR. Noise and stress: A comprehensive approach. *Environ Health Perspect* 1981; 41:291-309.
4. Aasvang GM, Krog NH. Ikke-audiologiske helseeffekter av støy. *Norsk Epidemiologi* 14 (2) December 2004, 167-177
5. Miljøverndepartementet. T-1442 Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging. 26.1.2005.
6. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council. 25 June 2002. Relating to the assessment and management of environmental noise.
7. Andersson K, Lindvall T, red. Hälsoeffekter av samhällsbuller. Utvärdering av det nordiska projektområdet "Hälsoeffekter av samhällsbuller". Nordiska Bullergruppen, Nordiska Ministerrådet, 1987.
8. Öhrström, Rylander R, Bjorkman M. Effects of night time road traffic noise - an overview of laboratory and field studies on noise and subjective noise sensitivity. *J Sound Vib* 1988;127: 441-8.
9. Rylander R, Bjorkman M. Maximum noise levels as indicators of biological effects. *J Sound Vib* 1988; 127: 555-63. 1988; 18: 605-1 3.
10. Hjorthol R, Kolbenstvedt M, Klæboe R, Nondal T. Bytrafikk, bomiljø og helse. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 0073/1990.
11. Öhrström E, Rylander R. Sleep disturbance by road traffic noise - a laboratory study on number of noise events. *J Sound Vib* 1990; 142: 93-101.
12. Öhrström E. Sleep disturbance, psycho-social and medical symptoms _a pilot survey among persons exposed to high levels of road traffic noise. *J Sound Vib* 1989; 133: 117-28.
13. TNO Inro. Miedema HME, Passchier-Vermeer W, Vos H. Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance. TNO Inro report 2002-59. <http://www.europa.eu.int/comm/environment/noise/noisesleepdisturbance.pdf>
14. Eberhardt JL, Stråle LO, Berlin MH. The influence of continuous and intermittent traffic noise on sleep. *J Sound Vib* 1987; 116: 445-64.
15. WHO. Guidelines for Community Noise. Berglund B, Lindvall T, Schwela D, Goh KT, editors. 2000. WHO. <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>
16. Gjestvang O, Krokan A, Solberg S. Opplevelse av tungtrafikkstøy og andre ulemper fra trafikk i 10 Oslo områder. Oslo: Oslo Helseråd, 1983.
17. Miljøverndepartementet. Forskrift om begrensnig av forurensning (forurensningsforskriften). 1.1.2005.
18. Babisch W. The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs. *Noise & Health* 2002; 4: 1-11.
19. Ursin H, Murison R, red. Biological and psychological basis of psycho-somatic disease. Oxford: Pergamon, 1983.
20. Kaneko K, Yamada I (ed.). Noise annoyance, stress and health effects. Proceedings of the Internet Symposium 2002. *J Aviation Environ Res*.
21. Ursin H. Personality, activation and somatic health. A new psychosomatic theory. I: Levine S, Ursin H, red. Coping and health. New York, Plenum Publishing Corporation, 1980: 259-79.
22. Eysenck HJ. Personality, stress and cancer: Prediction and prophylaxis. *Br J Med Psychol* 1988; 61: 57-75.
23. Brod J. The influence of higher nervous processes induced by psychosocial environment on the development of essential hypertension. I: Levi L, red. Society, stress and disease: The psychosocial environment and psychosomatic diseases. London/New York/Toronto: Oxford University Press, 1971: 312-23.
24. Krantz DS, Raisen SE. Environmental stress, reactivity and ischaemic heart disease. *Br J Med Psychol* 1988; 61: 3-16.
25. Rabin BS, Cohen S, Ganguli R, Lysle DT, Cunnick JE. Bidirectional interaction between the central nervous system and the immune system. *Crit. Rev. Immunol* 1989; 9(4):279-312.
26. Ursin H, Mykletun R, Tønder O, Vaernes R, Relling G, Isaksen E, Murison R. Psychological stress-factors and concentrations of immunoglobulins and complement components in humans. *Scand J Psychol* 1984; 25: 340-7.
27. Aasvang GM, Ilebæk C, Ursin H, Engdahl B. Trafikkmiljø, stress og helse. 3. 1999. Rapport fra Folkehelsa.
28. Evans GW & Cohen S. Environmental stress. In: Handbook of Environmental Psychology. Altman I & Stokols D. (Eds.) New York: Wiley. 1987.
29. Glass DC, Singer JE. Urban stress. Experiments on noise and social stressors. New York/London: Academic Press, 1972. *Cardiol* 1977; 72: 575-83.
30. Maes S, Vingerhoets A, Van Heck G. The study of stress and disease: Some developments and requirements. *Soc Sci Med* 1987; 25: 567-78.
31. Nivison ME, Endresen IM. An analysis of relationships among environmental noise, annoyance and sensitivity to noise, and the consequences for health and sleep. *J Behav Med* 1993; 16(3):257-76.
32. Öhrström E, Björkman M, Rylander R. Noise annoyance with regard to neurophysiological sensitivity, subjective noise sensitivity and personality variables. *Psychol Med* 1988; 18: 605-13.
33. Guski R, Felscher-Suhr U, Schuemer R. The concept of noise annoyance: How international experts see it. *J Sound Vib* 1999; 223: 513-27.
34. Finegold LS, Finegold MS. Development of exposure-response relationships between transportation noise and community annoyance. *J Aviation Environ Res*. 2002; 7, Supplement: 11-21.
35. Job RFS. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment Int* 1996; 22(1): 93-104.
36. Miedema HME, Vos H. Exposure-response relationships for transportation noise. *J Acoust Soc Am* 1998; 104(6): 3432-45.
37. Berglund B, Berglund U, Lindvall T. Scaling loudness, noisiness, and annoyance of community noises. *J Acoust Soc Am* 1976; 60: 1119-25.
38. Miedema HM, Vos EM. Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transport noise. *J Acoust Soc Am* 1999; 105(6): 3336-44.
39. Chaney RH, Eymann RK, Givens CA, Valdes CD. Inability to cope with environmental stress: Peptic ulcers in mentally retarded persons. *J Psychosom Res* 1985; 29: 519-24.
40. Stallen PJM. A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise & Health* 1999; 3: 69-79.
41. Niemann H, Maschke C. Noise effects and morbidity. WHO LARES Final report. Interdisciplinary research network "Noise and Health". 2004. World Health Organization. http://www.who.dk/Document/NOH/WHO_Lares.pdf

42. Weinstein ND. Community noise problems: Evidence against adaption. *Journal of Environmental Psychology* 1982; 2: 87-97.
43. Spreng M. Possible health effects of noise induced cortisol increase. *Noise Health* 2000; 2(7): 59-64.
44. Ising H, Babisch W, Guski R, Kruppa B, Maschke C. Exposure and Effect Indicators of Environmental Noise. Meeting background paper. WHO technical meeting on noise and health indicators. Brussels, Belgium, 7-9 April 2003.
45. Babisch W, Fromme H, Beyer A, Ising H. Increased catecholamine levels in urine in subjects exposed to road traffic noise - The role of stress hormones in noise research. *Environment Int* 2001; 26(7-8): 475-81.
46. Bly S, Goddard M, Mclean, J. A review of the effects of noise on the immune system. *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, M.Vallet (Ed.), Nice, France. 1993.
47. Kempen van E E, Kruijze H, Boshuizen HC, Ameling C B, Staatsen B A, de Hollander A E. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2002; 110(3): 307-17.
48. Knipschild P. Medical effects of aircraft noise: General practice survey. *Int Arch Occup Environ Health* 1977; 40: 191-6.
49. WHO technical meeting on noise and health indicators Second meeting - Results of the testing and piloting in Member States, Bonn Germany, 18th, 19th December 2003. Summary report. World Health Organization Regional Office for Europe European Centre for Environment and Health Bonn Office. <http://www.euro.who.int/document/NOH/Nohindicmeetptdec03.pdf>
50. Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Jarup L, Bluhm G. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occup Environ Med*. 2001; 58: 769-773.
51. Matsui T, Miyakita T. Association between blood pressure and aircraft noise exposure around Kadene airfield in Okinawa. The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. The Hague, The Netherlands, 2001.
52. Maschke C, Wolf U, Leitmann T. Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und reaktorsicherheit. Forschungsbericht 298 62 515. UBA-FB 000387. WaBoLu Hefte 01-03.
53. Bluhm G, Nordling E, Berglind N. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to road traffic. The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. The Hague, The Netherlands, 2001.
54. Lercher P, Widmann U, Kofler W. Transportation noise and blood pressure: the importance of modifying factors. The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, 27-30 August 2000, Nice, France.
55. Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H. Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*. 2005 Jan;16(1):33-40.
56. Health Council of the Netherlands. Noise and health. 1994/15E. 1994. The Hague, Health Council of the Netherlands. Report by a Committee on Noise and Health.
57. Health Council of the Netherlands. Public health impact of large airports. 1999. The Hague, Health Council of the Netherlands. Report by a committee of the Health Council of the Netherlands.
58. IEH. The non-auditory effects of noise. R10. 1997. Leicester, UK, Institute of Environmental and Health, IEH. IEH Report.
59. Porter N D, Flindell I H, Berry B F. Health effect-based noise assessment methods: a review and feasibility study, National Physical Laboratory, Teddington. 1998.
60. Neus H, Boikat U. Evaluation of traffic noise-related cardiovascular risk. *Noise & Health*. 2000; 7: 65-77.
61. Miljøstyrelsen. Strategi for begrænsning af vejtrafikstøj - Delrapport 2. Støj, gener og sundhed. 2003. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 53 2003.
62. WHO. Development of Environment and Health Indicators for European Union Countries: Results of a Pilot Study Report on a WHO Working Group Meeting Bonn, Germany, 7-9 July 2004.
63. Stansfeld S, Gallacher J, Babisch W, Shipley M. Road traffic noise and psychiatric disorder: Prospective findings from the Caerphilly study. *Brit Med J* 1996; 313(7052): 266-7.
64. Lercher P, Schmitzberger R, Kofler W. Perceived traffic air pollution, associated behavior and health in an alpine area. *Sci Total Environ* 1995; 169(1-3): 71-4.
65. Öhrström E. Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise - annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being. *J Acoust Soc Am* 2004a; 115(2): 719-29.
66. Nivison M E, Endresen IM. An analysis of relationships among environmental noise, annoyance and sensitivity to noise, and the consequences for health and sleep. *J Behav Med* 1993; 16: 257-76.
67. Relster E. Traffic noise annoyance. The psychological effect of traffic noise in housing areas. Lyngby: Polyteknisk forlag, 1975.
68. Evans G W, Lepore S J. Nonauditory effects of noise on children: A critical review. *Children's Environment* 1993; 10(1): 31-51.
69. WHO. WHO technical meeting on sleep and health. Bonn Germany, 22-24 January 2004. World Health Organization Regional Office for Europe European Centre for Environment and Health Bonn Office.
70. Folkehelseinstituttet. Støy og søvnforstyrrelser - Helsefaglig utredning som grunnlag for begrensning av støynivå om natten. Rapport fra Folkehelseinstituttet 2003:6.
71. Eberhardt J L, Akselsson K R. The disturbance by road traffic noise of the sleep of young male adults as recorded in the home. *J Sound Vib* 1987; 114: 417-34.
72. Griefahn B, Jansen G. EEG-responses caused by environmental noise during sleep their relationships to exogenic and endogenic influences. *Sci Total Environ* 1978; 10(2): 187-99.
73. Öhrström E. Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise: effects on sleep assessed by general questionnaires and 3-day sleep logs. *J Sound Vib* 2004b; 276(3-5): 713-27.
74. Belojevic G, Öhrström E, Rylander R. Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 64(4): 293-301.
75. Pearsons K S, Barber D S, Tabachnick B, Fidell S. Predicting noise-induced sleep disturbance. *J Acoustic Soc Am*. 1995; 97(1): 331-8.
76. Griefahn B. EEG-responses caused by environmental noise during sleep, their relationship to exogenic and endogenic influences. *Sci Total Environ* 1978; 10: 187-99.
77. Griefahn B. A critical load for nocturnal high-density road traffic noise. *Am J Ind Med* 1986; 9(3):261-9.
78. Eberhardt J L. The influence on sleep of noise and vibrations caused by road traffic. Doktoravhandling. Lunds Universitet 1987.
79. Vallet M, Gagneux J-M, Blanchet V, Favre B, Labiale G. Long term sleep disturbance due to traffic noise. *J Sound Vib* 1983; 90: 173-91.
80. Babisch W, Fromme H, Beyer A, Ising H. Katecholaminausscheidung im Nachturn bei Frauen aus unterschiedlich verkehrsbelasteten Wohngebieten. Major technical report (in German) WaBoLu Hefte, vol 9/96 Berlin: Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes 1996.
81. Babisch W. Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. *Noise Health* 2003;5:1-11.
82. Evans GW, Lercher P, Meis M, Ising H, Kofler WW. Community noise exposure and stress in children. *J Acoust Soc Am* 2001;109:1023-7.

83. Horne J A, Reyner LA. Sleep related vehicle accidents. *J Sleep Res* 1995;4:23-9.
84. Ising H, Braun C. Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene. *Noise Health* 2000;2:7-24.
85. Ising H, Kruppa B. Health effects caused by noise: evidence in the literature from the past 25 years. *Noise Health* 2004;6:5-13.
86. Babisch W. Traffic Noise and Cardiovascular Disease: Epidemiological Review and Synthesis. *Noise Health* 2000;2:9-32.
87. Skånberg A. Road traffic noise-induced sleep disturbances: a comparison between laboratory and field settings. *Journal of Sound and Vibration* 2004;277:465-7.
88. Ellermeier, W., M. Eigenstetter og K. Zimmer. 2001 Psychoacoustic correlates of individual noise sensitivity. *Journal of the Acoustical Society of America* 109(4), 1464-1473.
89. Fields, J. M. Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America* 1993. 93(5), 2753-2763.
90. Fyhri A og Ronny K. Direct and Indirect Influences of Income on Road Traffic Noise Annoyance. 2005
91. Job, R. F. S. Over-reaction to changes in noise exposure: The possible effect of attitude. *Journal of Sound and Vibration* 1988. 126(3), 550-552.
92. Klæboe R. Are adverse impacts of neighbourhood noisy areas the flip side of quiet area benefits? *Applied Acoustics* In Press. 2005.
93. Klæboe R. Befolkningsreaksjoner på vegtrafikkstøy. Oslo, Transportøkonomisk institutt. 1998. TØI notat 1115/1998.
94. Klæboe R. Samspill trafikk, miljø og velferd. Oslo, Transportøkonomisk institutt. 2003. TØI rapport 645/2003.
95. Klæboe R, Amundsen A, Fyhri A og Solberg S. Road traffic noise - the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway. *Applied Acoustics* 2004. 65(9), 893-912.
96. Klæboe R, Engellen E og Steinnes M. Context sensitive noise impact mapping. *Applied Acoustics*. In press. 2005.
97. Klæboe R, Kolbenstvedt M, Fyhri A og Solberg S. The impact of an adverse neighbourhood soundscape on road traffic noise annoyance. Submitted to *Acta Acustica* 2005.
98. Klæboe R, Kolbenstvedt M, Lercher P og Solberg S. Changes in noise reactions -- the evidence for an area-effect? Auckland, New Zealand Acoustical society inc. Proceedings of the 1998 international congress on noise control engineering.
99. Kolbenstvedt M, Klæboe R og Kjørstad K N. Flytrafikk, bomiljø og helse - resultater fra en intervjuundersøkelse rundt Fornebu 1989. Oslo, Transportøkonomisk institutt. 1990. TØI rapport 65/1990.
100. Miedema H M E og. Oudshoorn. C G M. Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*.2001. 109(4), 409-416.
101. Miedema H. M. E. og Vos H. Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 1999, 105(6), 3336-3344.
102. Öhrström E, Björkman M og Rylander R. Noise annoyance with regard to neurophysiological sensitivity, subjective noise sensitivity and personality variables. *Psychological Medicine*, 1988, 18, 605-613.
103. Öhrström E og Skånberg A. Does access to quiet areas reduce adverse health effects? The Hague, INCE. Proceedings Inter-Noise 2001 3. pp 1243, 1248.
104. Öhrström E og Skånberg A. Annoyance and activity disturbances caused by road traffic noise - field studies on the influence of access to quietness. Prag, Czech Republic, INCE. Proceedings of the 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering CD. 2004a.
105. Öhrström E og Skånberg A. Sleep disturbance from road traffic noise - field studies on the influence of access to quietness. Prag, Czech Republic, INCE. Proceedings of the 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering CD. 2004b.
106. Stansfeld S A, Sharp D S, Gallacher J og Babisch W. Road traffic noise, noise sensitivity and psychological disorder. *Psychological Medicine* 1993, 23(4), 977-985.
107. Turunen-Rise I, Brekke A, Hårvik L, Madshus C og Klæboe R. Vibration in dwellings from road and rail traffic - Part I: a new Norwegian measurement standard and classification system. *Applied Acoustics* 2003, 64(1), 71-87.
108. Babisch W, Ising H, Elwood PC, Sharp DS, Bainton D. Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies, second phase. Risk estimation, prevalence and incidence of ischemic heart disease. *Arch Environ Health* 1993; 48(6):406-12.
109. WHO. Guidelines for Community Noise. Berglund B, Lindvall T, Schwela D, editors. Geneva, 1999. World Health Organisation
110. Braun C. (1999): Nächtlicher Straßenverkehrslärm und Stresshormonausscheidung beim Menschen. Dissertation. Berlin.
111. Levekårsundersøkelsen, 1997, Statistisk sentralbyrå
112. Levekårsundersøkelsen, 2004, Statistisk sentralbyrå
113. Evans G W, Lepore S.J. Nonauditory effects of noise on children: A critical review. *Children's Environment* 1993; 10(1): 31-51.
114. Matsui T, Stansfeld S, Haines M, Head J. Children's Cognition and Aircraft Noise Exposure at Home - The West London Schools Study. *Noise & Health* 2004; 7(25):49-58.
115. Hygge S, Evans GW, Bullinger M A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological Science* 2002; 13: 469-74.
116. SFT: http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing____3000.aspx
117. SFT: http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing____2997.aspx
118. Willich SN, Wegscheider K, Stallmann M, Keil T. Noise burden and the risk of myocardial infarction. *Eur Heart J*. 2005 Nov 24 [Epub ahead of print].
119. Ursin H and Eriksen H R. The Cognitive Activation Theory of Stress. UiB, Norway Oct 7 2002.



Statens vegvesen

Statens Vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo
Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1890-2472