Rapport 1/02

STÖRNINGAR FRÅN VINDKRAFT:

undersökning bland människor boende i närheten av vindkraftverk

Slutrapport: Del 3 Huvudstudie

Eja Pedersen[1], Kerstin Persson Waye[2]

[1]Sektionen för Ekonomi och Teknik, Högskolan i Halmstad,
E-post eja.pedersen@set.hh.se
[2]Avdelningen för miljömedicin, Göteborgs universitet

Avdelningen för miljömedicin, Göteborgs universitet,
Box 414, 405 30 Göteborg
Tel 031 773 3604, Fax 031 82 50 04, E-post kerstin.persson@envmed.gu.se
ISSN 1400-5808, ISRN GU-R--02/1—SE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING 3
SUMMARY 4

1 INLEDNING 5

2 SYFTE 6

3 METOD 7
3.1 Områdesurval 7
3.2 Studiepopulation 10
3.3 Enkät 10
3.4 Distribution 11
3.5 Ljudutbredningsberäkningar 11
3.6 Exponeringsbestämning 12
3.7 Statistisk bearbetning 12

4 RESULTAT 13
4.1 Respondentgruppen 13
4.2 Störning av olika miljöfaktorer i boendemiljön 16
4.3 Inställning till vindkraft 18
4.4 Störningsreaktioner från vindkraftverk 20
4.5 Samband mellan visuella störningar och dos-beskrivning 24

5 SLUTSATSER OCH DISKUSSION 33
5.1 Metodik 33
5.2 Resultat 34
5.3 Slutsatser 37
5.4 Fortsatta undersökningar 37

7 REFERENSER 38

SAMMANFATTNING

För att identifiera och beskriva störningar bland närboende till vindkraftverk utfördes en studie i Laholm maj 2000. Syftet var att ta fram underlag för dos-responssamband av ljudexponering och störning för buller samt studera vilka olika faktorer som påverkar risken för störning av buller.

En enkätundersökning genomfördes i 6 områden med sammanlagt 16 vindkraftverk, varav 14 hade effekten 600 kW. Enkäten var maskerad. Bland generella frågor om boendemiljön infogades frågor om vindkraft. Studiepopulationen (n=518) bestod av en slumpvis utvald person mellan 18 och 75 år i varje hushåll inom en beräknad ljudnivå från vindkraftverken av 25 - 40 dBA. Svarsfrekvensen var 68,7% (n=356). Ljudutbredningsberäkningar av den A-vägda ljudnivån utfördes för varje område. Beräkningarna redovisades med en noggrannhet av 2,5 dBA, vilket innebar att varje fastighet gavs en nivå inom ett intervall av 2,5 dBA.

Resultatet visade att buller från rotorbladen var den vanligaste orsaken till störning. Andelen störda av buller ökade med stigande ljudnivåer. Bland dem som exponerades för ljudnivån 35,0-37,5 dBA stördes 43% ganska mycket eller mycket. Den A-vägda ljudnivån var dock bara en förklaring till bullerstörning och starkare samband erhölls mellan störning och respondenternas störning av den svischande karaktären i ljudet. Bullerstörningen påverkades också av respondentens åsikt om vindkraftverkens påverkan på landskapsbilden men inte av attityden till vindkraft.

Störning av förändrad utsikt angavs i ungefär lika omfattning som störning av ljud från rotorblad. Ytterligare undersökningar fordras av de faktorer som påverkar denna störning.

Samtliga vindkraftverk i undersökningen hade konstant rotorvarvtal. De nya större verk som nu projekteras har ofta variabelt varvtal, vilket innebär att ljudkaraktären kan vara annorlunda. Hur detta påverkar störningsutbredningen bör utredas. Såväl störning av ljud som visuell störning kan sannolikt påverkas av områdets topografi och markförhållanden varför erfarenheterna från det undersökta området med flackt jordbrukslandskap bör kompletteras med undersökningar i områden med mer kuperad terräng och hårdare markytor.

SUMMARY

To evaluate the occurrence of annoyance from wind turbines, a study was performed in Laholm in May 2000. The aim was to obtain dose response relationships between calculated sound levels and noise annoyance and appropriate sound description as well as analysing the influence of other variables on noise annoyance.

A questionnaire survey was performed in 6 areas comprising 16 wind turbines, of which 14 had an effect of 600 kW. The purpose of the study was masked. Among questions on living conditions in the countryside, questions directly related to wind turbines were included. The study population (n=518) comprised one randomly selected subject between the ages of 18 to 75 years in each household living within a calculated wind turbine sound level of 25 to 40 dBA. The response rate was 68.7% (n=356). Calculated distributions of A-weighted sound level were performed for each area and plotted on geographical maps in 2.5 dBA steps. Each dwelling could thus be given a sound level within an interval of 2.5 dBA.

The most frequently occurring source of noise annoyance was noise from rotor blades. The proportions of respondents annoyed by noise increased with calculated sound level. Among respondents exposed to sound levels of 35.0-37.5 dBA, 43% responded themselves to be rather or much annoyed. A-weighted sound level was only one variable explaining annoyance. Annoyance was correlated to a larger extent by the intrusiveness of the sound character swishing. Noise annoyance was interrelated to the respondents' opinion of the visual impact of wind turbines, while attitude towards wind power in general had no greater influence.

Disturbance of spoilt view was reported to a similar degree as noise disturbance. Further investigations are needed to clarify factors of importance for the disturbance of view.

All the wind turbines in the study had constant rotation speed. The greater wind turbines that are now erected often have variable speed, which may lead to a sound comprising other characteristics. The influence of this on noise annoyance is not known. Topography as well as type of ground surface probably has an impact on noise annoyance and visual disturbance, and the study should therefore be repeated in other areas with broken ground.

1 INLEDNING

Det finns politiska intentioner både från Sveriges Riksdag och från EU att inrikta samhällsutvecklingen mot ett mer hållbart samhälle i betydelsen mindre miljöbelastande. Denna omställning behöver dock inte innebära en återgång till ett äldre agrart samhälle, utan istället utveckling av ny teknik.

All ny teknik är oprövad i stor skala. Lagstiftning och regelverk har ofta inte hunnit anpassas inför en ny teknik. Den teknik som är tänkt att minska belastningen på miljön kan i värsta fall komma att öka belastningen på människan. Exempel på områden, som kan skapa konflikter när de utvecklas storskaligt är anläggandet av våtmarker, eldning med biobränsle samt biogasproduktion av organiskt avfall.

Ett konkret exempel, som kan identifieras som konfliktområde, är vindkraft på land. Ett vindkraftverk som producerar el utan nyttjande av fossilbränsle hör hemma i det hållbara samhället. Men för den som besväras av ljudet och ljusreflexerna eller tycker att den visuella miljön har förstörts, kan vindkraftverken upplevas som en negativ faktor i boendemiljön.

Den moderna vindkraften har funnits i Sverige sedan 1982, då de två stora försöksverken i Maglarp och på Näsudden togs i drift. Det tog dock tid innan en större etablering kom igång, men i slutet av 1999 var den installerade effekten i Sverige 215 MW fördelat på över 400 verk. Flertalet av dessa verk står på land med en koncentration i öster på Öland och Gotland samt längs västkusten i Bohuslän, Halland och Skåne. Områden med både permanentboende och fritidsboende berörs.

Antalet boende i närheten av verk är nu så stort att det går att med vetenskapligt reliabla metoder undersöka om de närboende upplever störningar och vilka dessa i så fall är. Det är angeläget att få fram bättre underlag av hur människor störs inför en eventuell fortsatt utbyggnad av vindkraft. Det finns många olika åsikter om vindkraft och dess miljömedicinska påverkan, men de är sällan underbyggda med fakta. Vindkraftsbranschen anser att myndigheterna är alltför restriktiva i sin tillståndsgivning, medan de två största motståndsorganisationerna ”Föreningen svenskt landskapsskydd” och ”Miljövänner för kärnkraft” anser att de handläggande tjänstemännen är för passiva. Mycket tyder på att konflikten mellan olika intressenter kommer att hårdna. Det är därför angeläget att det finns kunskap för att ge tillförlitlig information till alla parter.

Med hjälp av forskningsmedel från Statens Energimyndighet har Högskolan i Halmstad bedrivit ett projekt under perioden 1999-07-01 – 2000-12-31 kallat ”Störningsupplevelser från vindkraftverk” – PI12021-Stuv. Arbetet har sedan inlemmats som en del av den forskning som bedrivs vid Avdelningen för miljömedicin, Göteborgs Universitet, 2001-01-01 – 2001-06-30, projekt ”Störningsundersökningar bland människor boende i närheten av vindkraftverk” – P13644-1. Samarbetet har inneburit att ambitionsnivån har kunnat höjas.

Resultat från del 1, litteraturstudie, och del 2, förstudie, redovisas i en separat rapport [Pedersen 2001]. Här redovisas resultat från del 3, huvudstudien. Projektet har kunnat bedrivas med ekonomiskt stöd från Statens Energimyndighet, projekt P13644-1, samt Adlerbergska forskningsstiftelsen B 432 2142/01.

Kontakter har under hela arbetet hållits med företrädare för vindkraftsbranchen samt kommunala och regionala politiker och tjänstemän, dels informellt, dels i en referensgrupp. En konferens på temat ”Mötet mellan människa och vindkraft” anordnades i september 2000. Konferensen var välbesökt och uppmärksammades i media. Delar av förstudien presenterades på Energitinget i mars 2000. Resultat från huvudstudien presenterades vid European Wind Energy Conference i Köpenhamn 2001 i form av en poster och ett konferensproceedings [Pedersen and Persson Waye 2001]. Resultaten har också föredragits för politiker och tjänstemän i Laholms kommun.

Förstudien har publicerats som en magisteruppsats vid Avdelningen för miljövetenskaplig programutbildning, Göteborgs Universitet.

Agneta Agge, projektassistent vid avdelningen för miljömedicin har bidragit med värdefullt arbete vid enkät- och databearbetningen.

2 SYFTE

Syftet med projektet ”Störningsundersökningar bland människor boende i närheten av vindkraftverk” var att ta fram underlag för dos-responsbeskrivningar av störning av ljud och lämplig ljudbeskrivning samt studera vilka olika faktorer som bidrar till risk för störning av ljud för att på sikt undvika utbredd störning.

3 METOD

En enkätundersökning bland boende inom en radie av beräknade ljudnivåer från 25 dBA till 40 dBA, utfördes under maj 2000. I denna rapport redovisas resultaten av de viktigaste störningsfaktorerna i relation till beräknade dBA-nivåer i medvindsfall.

3.1 Områdesurval

För att få ett tillräckligt underlag för enkätundersökningen söktes områden med vindkraft utplacerad i ett landskap med många boende. Urvalet av områden koncentrerades till Laholms kommun som idag har 44 vindkraftverk. De flesta är placerade som enstaka verk i ett utpräglat slättlandskap som gör dem mycket synliga.

I kommunen valdes 8 områden. Det främsta kriteriet var att det skulle finnas ett tillräckligt antal närboende kring varje verk eller grupp av verk. Område 2 visade sig vid inspektion vara mindre tätbefolkat än vad kartan visade och valdes därför bort. Två områden (4 och 5) var så närbelägna att de bildade en enhet. Inför utdelningen av enkäten återstod 6 områden enligt nedan. Område 6 och 8 sammanfaller delvis, men verken bildar ingen grupp.

Tabell 1. Översikt över områden och verk

Område	Verk	Karta	Koordinater
1 Kövlinge	2 WindWorld, båda på 600 kW och med tornhöjd 50 m.	4225	6264210-1329270 6264125-1329820
3 Klägstorp	3 WindWorld, alla på 600 kW och med tornhöjd 50 m.	4236	6265540-1331160 6264980-1331480 6265130-1331250
4 & 5 Mellby	8 verk. De tre norra verken är alla WindWorld 600 kW med tornhöjd 50 m. Av de fem södra verken är 4 WindWorld 600 kW och 1 Vestas 650 kW (på fastighet Mellby 5:76), alla med tornhöjd 50 m.	4235	6267250-1326450 6267070-1326610 6266880-1326730 6266035-1327000 6266450-1326710 6265920-1326580 6266210-1326480 6266130-1326710
6 Lilla Tjärby	Har betraktats som ett ensamt verk. Enercon, 600 kW, tornhöjd 47 m.	4236	6270000-1330260
7 Köpinge	Har betraktats som ett ensamt verk. Enercon, 500 kW, tornhöjd 65 m.	4245	6270270-1329100
8 Bonnarp	Har betraktats som ett ensamt verk. WindWorld, 150 kW, tornhöjd 40 m.	4236	6269710-1331320

Inför urvalet av områdena valdes som preliminär norm för hur stora områdena skulle vara radien 800 meter kring ett tänkt verk med källbuller 100 dBA och tornhöjd 40 meter. Ljudnivån vid 800 meter beräknades till 31,5 dBA enligt förhållandet:

$100 - 8 - 10 \times \log(h^2 + r^2) - 0{,}003\ (h^2 + r^2)^{1/2}$ [Boverket 1995]

I områden med flera verk utökades området så att gränsen hamnade på den ungefärliga ljudnivån 31,5 dBA. Ingen hänsyn har tagits till det verkliga källbullret eller tornhöjden, utan alla verk antogs vara lika. Bebyggelse och markbeskaffenhet har inte heller beaktats. De mer noggranna beräkningar som utfördes i ett senare skede av undersökningen (se avsnitt 3.1.5) visade att många hushåll med lägre bullerexponering än 31,5 dBA hade inkluderats. Dessa hushåll fanns inom ljudområdet 25 till 31,5 dBA.

Trots det homogena landskapet har områdena något olika karaktär. En kortfattad beskrivning av områdenas karaktär ges i tabell 2.

Tabell 2. Områdenas karaktär

Område	Beskrivning av området
1 Kövlinge	Verket står nära vägen mellan Vallberg och Laholm. Trafiken är inte speciellt tät. På platsen syns ett tiotal verk runt horisonten. En mindre industri ligger 700 m söder om verket. Där börjar också Vallberga by med en rad villor som ligger radiellt från verket på 400-800 m avstånd. Fyra villor som ligger 700 m norr om verket har samma avstånd till ett annat WindWorld-verk av samma storlek. I övrigt är det spridda jordbruksfastigheter i området samt en livsmedelsindustri.
3 Klägstorp	De tre verken framträder som en grupp. Flera boende har ungefär samma avstånd till minst två verk. Området är mycket öppet och strax öster om verken löper en relativt hårt trafikerad väg. Mitt i området ligger Laholms biogasanläggning och en annan mindre industri. På andra sidan vägen, österut, ligger 5 villor på ca 600 m avstånd till verken. De ligger i mycket öppen terräng. Västerut finns också en grupp på fyra småhus som ligger radiellt, 600-800 m från verken. Enligt en tjänsteman på kommunens miljöavdelning har det funnits vissa klagomål på buller från vindkraftverken.
4 & 5 Mellby	Verken i område 4 utgör en tydlig grupp och står på en rak linje på en stor åker. I norr går den hårt trafikerade vägen mellan Laholm och E4:an i ost-västlig riktning. Järnvägen passerar i områdets sydöstra hörn. Söder om de tre verken börjar nästa grupp av vindkraftverk - område 5. Även om avståndet till denna södra grupp är kort, så kan man tydligt urskilja att det verkligen rör sig om två grupper. Bebyggelsen utgörs av många mindre lantbruk och av enstaka villor. Klagomål på störande ljud har inkommit till kommunens miljöavdelning från två olika fastighetsägare. En av dem har också klagat på förstörd landskapsbild.
6 & 8 Lilla Tjärby/ Bonnarp	Ett verk, 600 kW, är beläget intill campingplatsen i Lilla Tjärby. Från platsen syns flera andra verk, bl.a. ett rakt västerut, en grupp i nordväst och en grupp rakt norrut. På andra sidan campingplatsen går en relativt hårt trafikerad väg genom Lilla Tjärby samhälle. Samhället består dels av villabebyggelse, dels av lägenheter/äldreboende. Verket syns från nästan alla bostäder. Öster om Lilla Tjärby tätort, på Bonnarps gård, står ett 150 kW-verk. Detta är i huvudsak endast synligt för boende i den östra delen av tätorten.
7 Köpinge	Verket ligger väster om Lilla Tjärby, men tydligt ute på landsbygden. I söder går en mindre trafikerad väg och i väster järnvägen. Längs med denna ligger ett femtontal småhus. Några hus väster om verket ligger inom 800 m från det verk som beskrivs i område 6. Verket har varit föremål för klagomål och har också omskrivits i lokalpressen.

3.2 Studiepopulation

Alla bostadshus inom området numrerades på en karta och listor upprättades över varje område. Vid enkätutdelningen visade det sig att en del av bostadshusen inte var bebodda. Ett hyreshus var ombyggt till äldreboende. Listorna korrigerades därför något. Urvalskriterierna för studiepopulationen var en person per hushåll, mellan 18 till 75 år, som fyllde år närmast datumet den 20 maj. Någon kontroll av att det var just den här personen som fyllde i enkäten gjordes inte.

3.3 Enkät

Syftet med enkäten var maskerat till en allmän undersökning om hur det är att leva och bo på landet. Bland generella frågor om boende och boendemiljö, infogades frågor om vindkraft. Frågor om bostaden och boendemiljön innehöll frågor om boendetid, skäl till val av bostadsort, trivsel med boendemiljön, hur nöjd man var med närservice och kommunal service samt hur man bedömde möjligheten till insyn och påverkan av kommunal verksamhet. Vidare efterfrågades störning från olika miljöfaktorer såsom gödsellukt, höfläktsbuller, vindkraftsbuller, trafikbuller utomhus och inomhus. Dessa frågor besvarades på en femgradig skala från ”märker/hör inte”, ”märker, men störs inte”, ”störs inte särskilt mycket”, ”störs ganska mycket” och ”störs mycket”. Därefter följde ett avsnitt med specifika frågor om vindkraft, där inledningen förklarade att ”inom Laholms kommun har under de senaste åren skett en utbyggnad av vindkraftverksanläggningar, vi skulle därför vilja ställa några frågor med direkt anknytning till vindkraft”. I detta avsnitt ställdes frågor om man kunde se något vindkraftverk från tomten, om man ägde något verk eller andelar i verk, samt frågor om störning och i så fall, i vilka aktiviteter man stördes (grillkvällar, trädgårdsarbete, vila/avkoppling utomhus, promenader). Påverkan av vindkraftverk i boendemiljön, från ljud från rotorblad, ljud från maskinhus, skuggor, reflexer, förändrad utsikt samt vilka akustiska karaktärer som man lade märke till i boendemiljön, mättes på en femgradig skala med följande svarsalternativ: ”märker/hör inte”, ”märker, men störs inte”, ”störs inte särskilt mycket”, ”störs ganska mycket” och ”störs mycket”. Om man stördes av vindkraftverk efterfrågades också hur ofta som man stördes av ljud, skuggor och ljusreflexer. Dessa frågor besvarades med ”aldrig/nästan aldrig”, ”någon/några gånger per år”, ”någon/några gånger per månad”, ”någon/några gånger per vecka” samt ”dagligen/nästan dagligen”. Respondenternas allmänna inställning till vindkraft och hur de upplevde vindkraftens påverkan på landskapsbilden mättes på en femgradig skala, från ”mycket positiv” till ”mycket negativ”. För att få bättre kunskap om uppfattningen om vindkraft gavs ett antal epitet om vindkraft (t ex effektivt, ineffektivt, fult, vackert, naturligt). Respondenten ombads

kryssa för de epitet som de ansåg passa in på fenomenet vindkraft. Denna fråga har tidigare använts av Hammarlund [1999, 2000a, 2000b]. Frågeformuläret innehöll vidare ett avsnitt med frågor om sömn, eventuella sömnbesvär orsakade av buller samt frågor om hälsa. Slutligen ställdes frågor om kön, ålder samt arbetsförhållanden.

3.4 Distribution

Enkäterna delades ut direkt i brevlådorna tillsammans med ett följebrev med information om insamling vissa datum på kvällstid. Insamlingsdatum valdes cirka en vecka efter utdelningsdatum och så att en helg inkluderades. I vissa fall var det svårt att förstå vilken brevlåda som hörde till vilket hus, men detta kunde rättas till vid inhämtningen.

Enkäterna samlades in direkt vid dörren. I de fall respondenten inte var klar med ifyllandet lämnades ett frankerat svarskuvert. Om ingen var hemma lades ett svarskuvert tillsammans med ett påminnelsebrev i brevlådan. De som tydligt avböjde att svara, antecknades så att de skulle slippa vidare påminnelse. För att öka svarsfrekvensen gjordes ytterligare en insamling ca 3 veckor efter utdelningen. I tabell 3 redovisas urvalspopulationen, giltigt bortfall samt svarsfrekvensen för varje område samt totalt för undersökningen. Det giltiga bortfallet berodde på att huset var obebott eller att de boende i hushållet var över 75 år.

Tabell 3. Antalet respondenter och svarsfrekvens.

Område	**Urvals-population**	**Giltigt bortfall**	**Studie-population**	**Bortfall**	**Svars-frekvens**
1 Kövlinge	89	14	75	20	73,3%
3 Klägstorp	44	11	33	9	72,7%
4 & 5 Mellby	70	11	59	9	84,7%
6 & 8 Lilla Tjärby/Bonnarp	393	63	330	119	63,9%
7 Köpinge	31	10	21	5	76,2%
Totalt	**627**	**109**	**518**	**162**	**68,7%**

3.5 Ljudutbredningsberäkningar

Teoretiska ljudutbredningsberäkningar utfördes av Tommy Zetterling, KM Akustikbyrå, enligt metod beskriven i Environmental Noise from Industrial Plants: General Prediction Method, Delta Acoustic, rapport nr 32. Indata till beräkningarna utgjordes av ljudeffekt i oktavbandsnivåer från 63

– 8000 Hz för respektive aggregat. Hänsyn har tagits till markförhållanden (mestadels åkermark) och höjdvariationer. Resultatet redovisades på kartor som ljudnivåkurvor med 2,5 dBA intervall ner till 25 dBA. Noggrannheten i beräkningarna uppskattas till +-2-3 dB angivet som ekvivalent ljudnivå för en tio-minutersperiod.

3.6 Exponeringsbestämning

För varje hushåll har variablerna ljudexponeringsnivå, avstånd och riktning tillfogats enkäten. Utgångspunkt var respondentens bostad. Ingen hänsyn har tagits till tomtens utseende. Ljudexponeringsnivån bestämdes utifrån ljudutbredningsberäkningarna. I de fall ett bostadshus hamnade på linjen mellan två intervall hänfördes det till den högre ljudnivån. Mätningar av avstånd och riktning utfördes på Lantmäteriets kartor, skala 1:10 000. Avståndet indelades i intervall om 50 m. Riktningarna indelades i åtta 45-graders intervall centrerade kring strecken N, NV, V osv.

3.7 Statistisk bearbetning

Respondenterna indelades i 6 exponeringskategorier utifrån den beräknade ljudnivån:

Exponerings-kategori	1	2	3	4	5	6
Exponering (dBA)	<27,5	27,5 – 30,0	30,0 – 32,5	32,5 – 35,0	35,0 – 37,5	>37,5

Exponeringskategorierna har använts som exponeringsnivå vid analys av ljudstörningar. Exponeringskategori valdes också som exponering för de visuella faktorerna eftersom exponeringskategorien väger samman avstånd och antalet vindkraftverk.

De statistiska analyserna utfördes med statistikprogrammet SPSS, version 9.0 för Windows. Som sambandsmått har Pearsons produktmomentkorrelation använts. För att studera om det fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan grupperna användes den icke-parametriska testen Pearson Chi-square. För att signifikanspröva risken att bli störd av vindkraftsbuller användes binär logistisk regression.

Samtliga tester har prövats tvåsidigt och ett p-värde mindre än 5% ($p<0,05$) har ansetts som statistiskt signifikant.

Uttrycket störda har använts som en benämning för dem som ansåg sig vara ganska störda eller mycket störda. Vid analys med logistisk regression har responsvariabeln störning indelats i två kategorier: störda (”störs ganska mycket”, ”störs mycket”) samt icke störda (”märker inte”, ”märker, men störs inte”, ”störs inte särskilt mycket”).

4. RESULTAT

4.1 Respondentgruppen

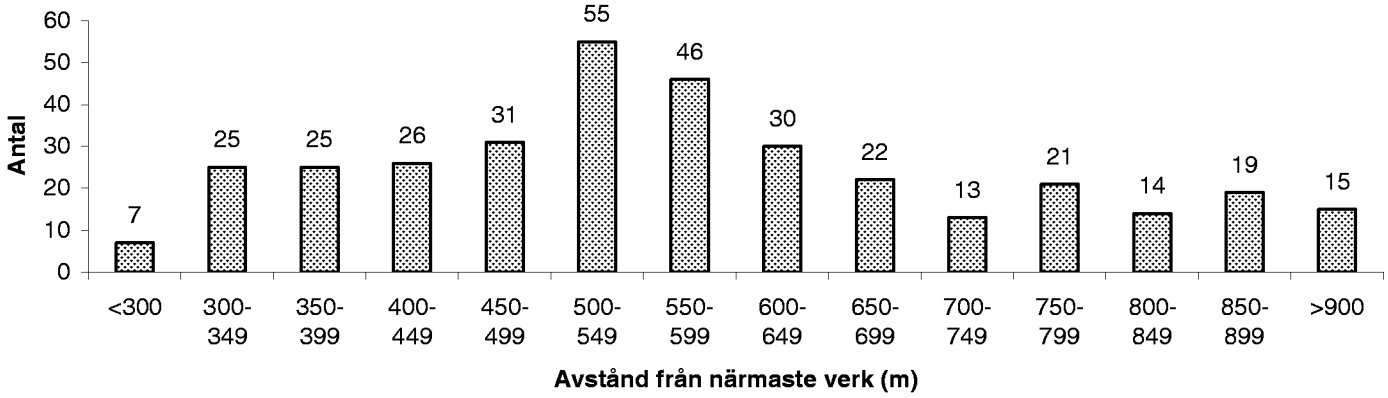
Totalt svarade 356 personer mellan 18 och 75 år på enkäten, varav 58% var kvinnor (n=204) och 42% var män (n=146). Den huvudsakliga sysselsättningen var förvärvsarbete (60%, n=208). Andelen pensionärer var 20% (n=70) och andelen som för närvarande var utan arbete eller sjukskrivna var 6% (n=21). Variablerna skilde sig inte signifikant mellan exponeringskategorierna.

Flest respondenter, 80%, bodde i villa eller på gård (n=282). Övriga bodde i hyreslägenhet (11%, n=38) eller insatslägenhet/bostadsrätt (9%, n=31). Det fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan exponeringskategorierna i typ av bostad (chi^2=64,1, df=15, p<0,001). Nästan alla som bodde i insatslägenhet/bostadsrätt och hyreslägenhet tillhörde de två exponeringskategorierna <30 dBA. Det fanns dock ingen statistiskt signifikant skillnad mellan bostadstyp vad gällde den allmänna inställningen till vindkraftverk (chi^2=6,4, df=12, p=0,896) eller inställningen till hur landskapsbilden påverkas (chi^2=10,9, df=12, p=0,538).

Respondenten hade vanligtvis bott i bostaden 1-10 år (39%, n=140), 7% hade bott mer än 25 år på samma ställe (n=85). Den vanligaste orsaken till valet av boende var ”uppskattar lugn och stillhet” (44%, n=158) följt av ”närhet till naturen” (40%, n=134) och ”mitt eller min partners arbete” (34%, n=119). De flesta trivdes mycket bra eller bra med sin boendemiljö (95%, n=336).

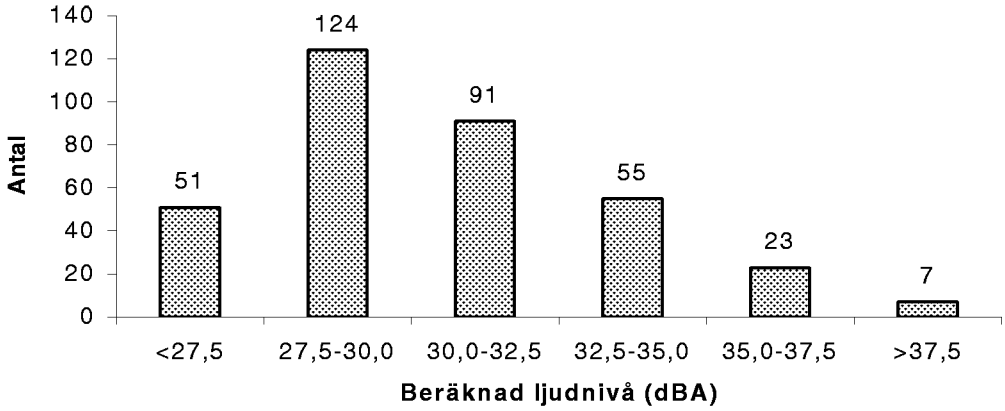
Merparten ägde inte något vindkraftverk (n=339), 8 ägde ett eller flera verk, medan 2 ägde andelar. 94% kunde se något vindkraftverk från sin tomt eller bostad.

Figur 1 visar avståndet från närmaste vindkraftverk till respondentens bostad. Typvärdet var 500-549 meter.



Figur 1. Avstånd från närmaste verk till respondentens bostad, indelat i 50-meters intervall

Figur 2 redovisar antalet respondenter inom varje exponeringskategori.



Figur 2. Beräknad ljudexponering från vindkraftverk vid respondentens bostad, indelat i 2,5 dBA-intervall.

Flertalet respondenter bodde vid en beräknad ljudnivå från vindkraftverk i intervallet 27,5- 30,0 dBA, dvs tillhörde exponeringskategori 2. Endast 7 personer exponerades vid sin bostad för mer än 37,5 dBA (exponeringskategori 6).

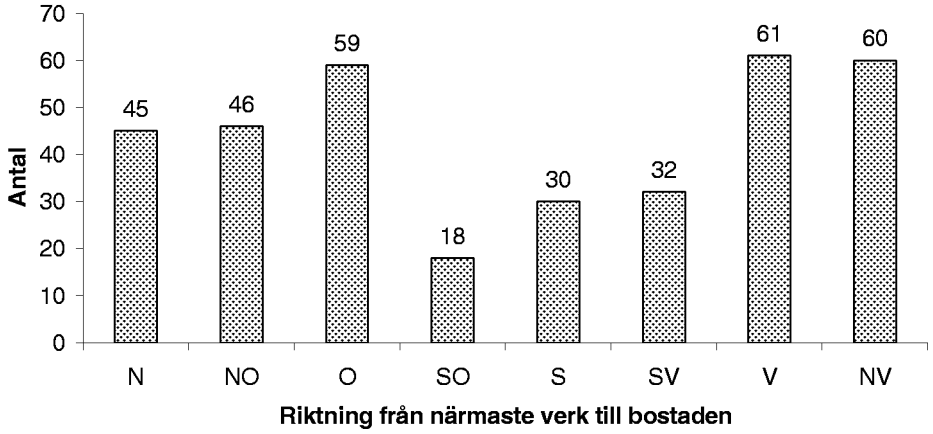
Eftersom respondenterna bodde i områden med olika antal verk, var avståndet till närmaste verk olika inom samma exponeringskategori. Tabell 4 visar sambandet mellan avstånd och exponering.

Med typvärde menas det 50-metersintervall där flest respondenter i exponeringskategorin bodde. Den undre raden visar de intervall där minst 70% av respondenterna i exponeringskategorin bodde.

Tabell 4. Sambandet mellan beräknad ljudnivå och avstånd.

	<27,5	**27,5-30,0**	**30,0-32,5**	**32,5-35,0**	**35,0-37,5**	**>37,5**
Typvärde	850-899 m	500-549 m	550-599 m 450-499 m	350-399 m	300-349 m	350-399 m <300 m
Minst 70%	700-899 m	500-699 m	400-599 m	300-449 m	<399 m	<399 m

Figur 3 visar antalet personer boende i olika väderstreck från verken.



Figur 3. Riktning från närmaste vindkraftverk till respondentens bostad.

Av figuren framgår att flest personer bodde i östlig, västlig och nordvästlig riktning och att minst antal personer bodde i sydlig (SO, S och SV) riktning från verket.

När de gällde respondentgruppens hälsa svarade 25% (n=88) att de led av någon långvarig sjukdom. Vanligast var högt blodtryck (8%, n=29). Tinnitus angavs av 3% (n=11) och nedsatt hörsel av 5% (n=17). De symptom som angavs minst någon/några ggr per vecka var huvudvärk (12%, n=42), onormal trötthet (15%, n=54), värk och stelhet i rygg, nacke eller skuldror (29%, n=103), spänd/stressad (26%, n=93) och lättirriterad (19%, n=66). Andelen som stördes i sömnen av någon bullerkälla var 23% (n=81), 20% (n=71) angav att de inte brukade sova särskilt bra, dåligt eller mycket dåligt. På vintern sov 17% (n=61) med öppet fönster och på sommaren sov 75% (n=265) med öppet fönster. Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan exponeringskategorierna kunde

påvisas vad gällde hälsa, välbefinnande eller sömn. Vid en jämförelse mellan exponeringskategori 4, 5 och 6 (>32,5 dBA) och exponeringskategori 1 (<27,5 dBA) fanns en statistiskt signifikant skillnad vad gällde störningar i sömnen (chi^2=4,1, df=1, p<0,05). De mest exponerade stördes oftare i sömnen av någon bullerkälla. I exponeringskategori 1 uppgav 8 (16%) att de stördes i sömnen av någon bullerkälla. Av dessa uppgav en person att störningskällan var vindkraft. Inom exponeringskategorierna 4,5 och 6 uppgav 27 (32%) att de stördes i sömnen av någon bullerkälla. Av dessa uppgav 15 att störningskällan var vindkraft.

Andelen som bedömde sig vara ganska eller mycket känsliga för luftföroreningar var 48% (n=172), för lukter 48% (n=169), för buller 48% (n=17) och för nedskräpning 78% (n=276). Det fanns ingen statistiskt signifikant skillnad mellan exponeringskategorierna i känslighet.

4.2 Störning av olika miljöfaktorer i boendemiljön

Av olika störningskällor utomhus var flugor och gödsellukt mest störande, se tabell 5.

Tabell 5. Andelen störda av olägenheter i boendemiljön, utomhus respektive inomhus.

	Störda, utomhus			Störda, inomhus		
	n	**Total n**	**%**	**n**	**Total n**	**%**
Lukt från industri	23	340	7	15	341	4
Gödsellukt	84	349	24	42	344	12
Flugor	94	346	27	86	341	25
Höfläktsbuller	5	341	2	2	342	1
Vindkraftsbuller	54	345	16	26	344	8
Tågbuller	12	338	4	5	340	2
Vägtrafikbuller	47	345	14	29	342	8
Gräsklippare/trimmer	22	345	6	12	344	4

Andelen störda av vindkraftsbuller var 16% (n=54). Flugor störde lika mycket inomhus som utomhus, medan de andra störningskällorna var mindre frekventa inomhus.

Övriga störningar utomhus som framkom i en öppen fråga var fortkörning (n=9), biogasanläggning (n=6), industribuller (n=5), kråkfåglar (n=4) och grannrelaterade problem av olika slag (n=13). Bland dem som svarade var det en som angav störning relaterad till vindkraft: ljusreflexer inomhus.

Det fanns en skillnad mellan de geografiska områdena vad gällde några av störningsfaktorerna utomhus, men antalet personer som stördes i respektive område var för få för att skillnaderna skulle kunna säkerställas statistiskt. I område 3 var andelen störda av lukt från industriell verksamhet (46%, n=11) och andelen störda av flugor (63%, n=15), vilket var högre än i hela gruppen (tabell 5). I område 3 ligger en biogasanläggning. Andelen störda av tågbuller var större i område 4 och 5 (17%, n=8) och i område 7 (29%, n=4). Den nybyggda järnvägen går genom område 4, 5 och 7.

På en öppen fråga till de respondenter som angivit att de inte trivdes med sin boendemiljö svarade 7 av 17 att det berodde på de uppförda vindkraftverken.

Respondenterna tillfrågades också om det inträffat några positiva eller negativa förändringar i boendemiljön/kommunen de senaste åren. Av de 87 som angav att det skett positiva förändringar, kommenterade de flesta de nyanlagda cykelbanorna (38%, n=33). Utbyggnaden av vindkraft ansåg två personer vara en positiv förändring, medan två skrev att det var en positiv förändring att

utbyggnaden stoppats i vissa fall. Av de 141 som angav att det skett negativa förändringar, uppgav 57 (40%) vindkraft, 21 (15%) neddragningar inom vård/skola/omsorg och 12 personer (8%) ökade sociala problem i området. Andra förändringar som var negativa var den förändrade sträckningen av järnvägen (n=20) och biogasanläggningen (n=13), men dessa är aktuella endast i vissa delar av undersökningsområdet, se tabell 2.

Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan exponeringskategorierna kunde påvisas vad gällde positiva förändringar. Det fanns en tendens till statistiskt signifikant skillnad mellan exponeringskategorierna vad gällde negativa förändringar i boendemiljön (chi^2=10,7, df=5, p=0,058). Skillnaden var tydligast mellan exponeringskategori 4, 5 och 6 (>32,5 dBA) och exponeringskategori 1 (<27,5 dBA) (chi^2=7,3, df=1, p<0,01). I exponeringskategori 4, 5 och 6 upplevde 56% (n=44) negativa förändringar jämfört med 31% (n=14) i exponeringskategori 1.

4.3 Inställning till vindkraft

På frågan om den allmänna inställningen till vindkraft angav 61% (n=213) att de var mycket positiva eller positiva till vindkraftverk, medan 13% (n=44) var negativa eller mycket negativa (tabell 6).

Tabell 6. Inställningen till vindkraftverk i allmänhet.

Inställning till vindkraftverk	n	%
Mycket positiv	69	20
Positiv	144	41
Varken positiv eller negativ	92	26
Negativ	27	8
Mycket negativ	17	5
Totalt	349	100

Ingen statistiskt signifikant skillnad påvisades mellan exponeringskategorierna vad gällde den allmänna inställningen till vindkraftverk, inte heller mellan kvinnor och män (chi^2=5,0, df=4, p=0,283).

Tabell 7 visar resultatet från frågan där respondenterna ombads att kryssa för de påståenden som hon/han tyckte passade in på fenomenet vindkraft. Procentsatserna visar andelen som kryssat för

respektive påstående av totala antalet respondenter.

Tabell 7. Påståenden om fenomenet vindkraft.

	Kvinnor (n=204)		Män (n=146)		Totalt (n=350)	
	n	%	n	%	n	%
Effektivt	68	33	36	25	105	29
Ineffektivt	17	8	33	23	50	14
Miljövänligt	165	81	111	76	279	79
Miljöförstörande	9	4	14	10	23	7
Onödigt	14	7	22	15	37	10
Nödvändigt	73	36	56	38	130	37
Fult	72	35	54	37	127	36
Vackert	23	11	9	6	32	9
Inbjudande	12	6	5	3	17	5
Hotfullt	9	4	5	3	14	4
Naturligt	42	21	27	18	70	20
Onaturligt	42	21	54	37	97	27
Störande	44	22	43	29	88	25
Passar in	28	14	22	15	50	14

Flest respondenter ansåg att vindkraft var miljövänligt, följt av nödvändigt, fult och effektivt. Delar man upp respondenterna i kvinnor och män, var prioriteten likartad för kvinnorna, även om kvinnor generellt gav något högre frekvens av positiva omdömena. Männen valde också miljövänligt, nödvändigt och fult och därefter epitetet onaturligt.

Tabell 8 visar uppfattningen om hur vindkraftverk påverkar landskapsbilden.

Tabell 8. Vindkraftverks påverkan på landskapsbilden.

Vindkraftsverks påverkan på landskapsbilden	n	%
Mycket positiv	24	7
Positiv	50	14
Varken positiv eller negativ	136	39
Negativ	77	22
Mycket negativ	63	18
Totalt	351	100

Bland de svarande ansåg 21% (n=75) att vindkraftverk påverkade landskapsbilden positivt eller mycket positivt, medan 40% (n=140) ansåg att påverkan var negativ eller mycket negativ. Bland kommentarerna fanns både åsikten att vindkraftverken var för koncentrerat placerade och att de var för utspridda. Någon ansåg att verken var fula, men nödvändiga, medan andra tyckte att de smälter bra in i landskapsbilden.

Det fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan exponeringskategorierna vad gällde deras inställning till hur vindkraftverken påverkar landskapsbilden (chi^2=32,7, df=20, p<0,05). Jämför man värde och förväntat värde ser man att de som bodde i högre ljudnivåer var något mer kritiskt inställda till påverkan på landskapsbilden. Antalet personer i varje grupp var dock litet. Det fanns ingen statistiskt signifikant skillnad mellan kvinnor och män vad gällde inställningen till hur landskapsbilden påverkades (chi^2=3,8, df=4, p=0,427).

4.4 Störningsreaktioner från vindkraftverk

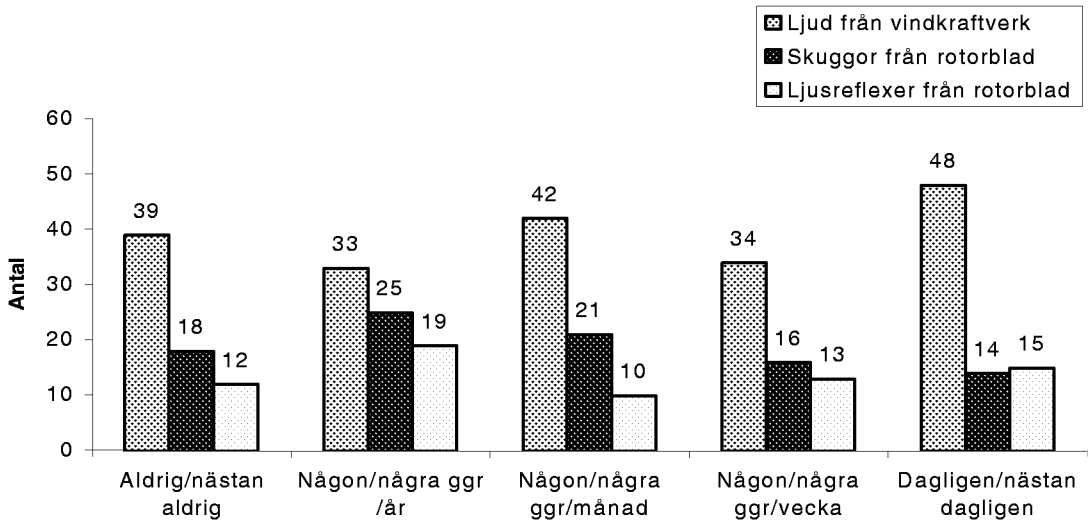
Tabell 9 visar rapporterad påverkan av vindkraftverk i boendemiljön.

Tabell 9. Påverkan av vindkraftverk i boendemiljön.

	Märker inte		**Märker, men störs inte**		**Störs inte särskilt mycket**		**Störs ganska mycket**		**Störs mycket**		**Totalt**	
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
Skuggor från rotorblad	242	70	46	13	27	8	16	5	13	4	344	100
Ljusreflexer från rotorblad	262	77	32	9	24	7	11	3	11	3	340	100
Ljud från rotorblad	125	36	106	31	57	17	28	8	27	8	343	100
Ljud från maskinhus	235	70	41	12	30	9	15	4	16	5	337	100
Förändrad utsikt	195	57	67	20	34	10	21	6	27	8	344	100

Ljud från rotorblad var den påverkan som flest märkte (64%, n=218), följt av förändrad utsikt (43%, n=149). Ljud från rotorblad var också det som störde mest. Andelen som stördes ganska mycket eller mycket av ljud från rotorblad var 16% (n=55). Andelen som stördes ganska mycket eller mycket av förändrad utsikt var 14% (n=48).

Figur 4 visar hur ofta de som märkte ljud, skuggor och ljusreflexer stördes.



Figur 4. Störningsfrekvens för ljud, skuggor och ljusreflexer.

Bland dem som märkte ljud från vindkraftverk, stördes 24% (n=48) dagligen eller nästan dagligen. Bland dem som märkte skuggor respektive ljusreflexer var det vanligast att störas någon/några ggr per år (27%, n=25; 28%, n=19).

Tabell 10 visar svaren på frågan: ”Har du tänkt på om ljud från vindkraftverk i Din bostad eller på Din tomt/balkong hörs på olika sätt i speciella situationer?"

Tabell 10. Ljudupplevelse vid speciella situationer.

	Hörs mindre tydligt än normalt		Hörs mer tydligt än normalt		Ingen skillnad		Vet ej		Totalt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
När det blåser från ett vindkraftverk mot mitt hus	11	7	107	71	12	8	20	13	150	100
När det blåser från mitt hus mot ett vindkraftverk	65	52	18	14	23	18	20	16	126	100
När det blåser en svag vind	47	36	34	26	29	22	21	16	131	100
När det blåser ganska kraftigt	27	20	71	53	20	15	17	13	135	100
Varma sommarkvällar	25	19	45	35	27	21	33	25	130	100

Tabellen visar att ljudet hördes tydligast när det blåser från vindkraftverket till bostaden och när det blåser ganska kraftigt. Andra tillfällen som angavs i en öppen fråga var när vinden vänder (n=3), kvällstid/nattetid (n=3) samt när trafiken tystnar (n=3).

Frågan ”Störs Du av ljud från vindkraftverk i någon/några av följande aktiviteter"? har analyserats utifrån dem som märkte ljud från vindkraftverk (n=227), se tabell 11.

Tabell 11. Störning vid speciella aktiviteter bland gruppen som märkte ljud från vindkraft.

	Märker inte		Märker, men störs inte/störs inte särskilt mycket		Störs ganska mycket/mycket		Totalt	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Avkoppling utomhus	39	20	97	48	64	32	200	100
Grillkvällar	48	26	92	49	46	25	186	100
Promenader	40	21	113	60	35	19	188	100
Trädgårdsarbete	55	28	99	51	41	21	195	100
Annat arbete utomhus	55	29	95	50	39	21	189	100

Avkoppling utomhus var den aktivitet där vindkraftverksljud rapporterades störa i störst omfattning (32%, n=64). Samtidigt var det 64% (n=136) som inte märkte eller som inte stördes mycket av ljudet vid avkoppling utomhus.

Respondenterna tillfrågades i enkäten om de stördes av något speciellt i ljudet (tabell 12). Även denna fråga har analyserats utifrån dem som märkte ljud från vindkraftverk (n=227).

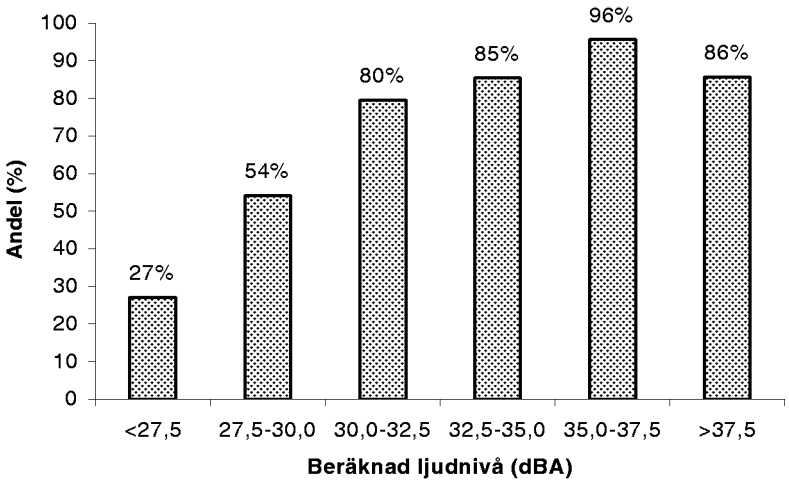
Tabell 12. Störning av psykoakustisk karaktär i vindkraftljud bland de personer som märkte ljud från vindkraft.

	Hör inte		**Hör, men störs inte/störs inte särskilt mycket**		**Störs ganska mycket/mycket**		**Totalt**	
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
En ren ton	119	84	12	9	10	7	141	100
Pulserande/ dunkande	110	72	29	19	31	20	152	100
Svischande	85	44	73	38	64	33	192	100
Vinande	84	56	43	28	40	26	151	100
Skvalpande	125	93	6	4	6	4	134	100
Skrapande/ gnisslande	113	81	17	12	16	12	139	100
Dovt	110	77	24	17	18	13	143	100
Rungande	103	79	21	12	22	16	138	100

Mest störande var den akustiska karaktären svischande där 33% (n= 64) stördes ganska mycket eller mycket. Därefter följde vinande (26%, n=40) och pulserande/dunkande (20%, n=31).

4.5 Samband störning av ljud från vindkraftverk och dos-beskrivning

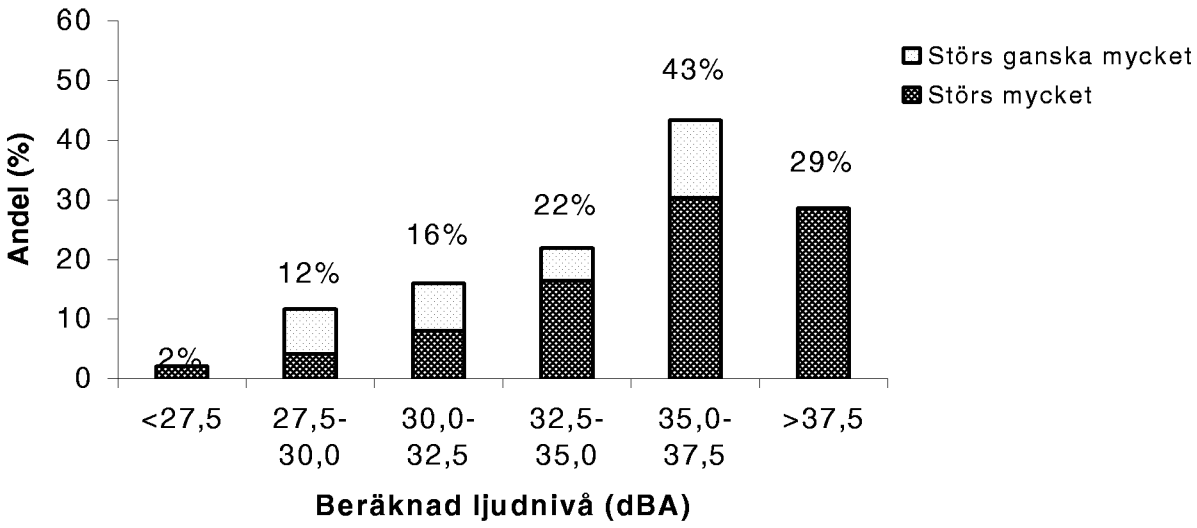
Figur 5 visar sambandet mellan ljudexponering och om respondenten märkte ljud från vindkraftverk. Ju högre ljudnivå, desto större andel märkte ljudet, förutom vid ljudnivåer över 37,5 dBA, där antalet boende var lågt (n=7).



Figur 5. Sambandet mellan ljudexponering och andelen respondenter som märkte ljud från vindkraftverk utomhus.

Figuren visar att redan vid nivåer över 30 dBA märks ljudet av en mycket stor andel.

Figur 6 visar sambandet mellan ljudexponering och andelen respondenter som stördes av ljud från vindkraftverk.



Figur 6. Sambandet mellan ljudexponering och andelen respondenter som stördes av ljud från vindkraftverk utomhus.

Av figur 6 framgår att andelen störda ökar med stigande ljudnivå. Även här utgör ljudnivåer över 37,5 dBA ett undantag, vilket kan förklaras av att denna andel är baserad på ett litet antal (n=7).

Sambandet mellan ljudexponering och störning redovisas också i tabell 13.

Tabell 13. Sambandet mellan ljudexponering och störning av ljud från vindkraftverk utomhus.

	Märker inte		**Märker men störs inte**		**Störs inte särskilt mycket**		**Störs ganska mycket**		**Störs mycket**		**Totalt**	
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
<27,5	35	73	7	15	5	10	0	0	1	2	48	100
27,5-30,0	55	46	31	26	20	17	9	8	5	4	120	100
30,0-32,5	18	20	36	41	20	23	7	8	7	8	88	100
32,5-35,0	8	14	24	44	11	20	3	6	9	16	55	100
35,0-37,5	1	4	9	39	3	13	3	13	7	30	23	100
>37,5	1	14	3	43	1	14	0	0	2	29	7	100

Ett statistiskt signifikant samband mellan störning av buller från vindkraftverk och beräknad ljudexponering vid bostaden kunde påvisas (r=0,37; n=341; p<0,001). Ett samband mellan bullerstörning och flera andra variabler kunde också påvisas (tabell 14).

Tabell 14. Samband mellan störning av buller från vindkraftverk och andra variabler.

	r	n	p
Störning: skuggor från rotorblad	0,59	339	<0,001
Påverkan på landskapsbilden	0,55	343	<0,001
Störning: förändrad utsikt	0,54	340	<0,001
Störning: reflexer från rotorblad	0,54	335	<0,001
Beräknad ljudnivå	0,37	341	<0,001
Inställningen till vindkraft i allmänhet	0,35	342	<0,001
Avstånd	-0,27	339	<0,001
Känslighet för buller	0,21	336	<0,001

Bedömningen av hur vindkraft påverkar landskapsbilden, inställningen till vindkraft i allmänhet och känslighet för buller var signifikant relaterat till störning av buller. Störning av buller var också korrelerat till andra störningskällor, t ex skuggor från rotorblad, reflexer och förändrad utsikt.

Logistisk regression användes för att signifikanspröva risken att bli störd i exponeringskategorierna över 27,5 dBA jämfört med referensgruppen <27,5 dBA. Som respons (beroende variabel) användes störs – störs ej av vindkraftsbuller. Som dos (oberoende variabel) användes exponeringskategori. Analysen visar att risken att störas av vindkraftbuller ökade, OR=1,71 ggr (95% CI: 1,34 - 2,18) om exponeringen ökade 2,5 dBA. För att studera hur individfaktorer inverkade på störning av ljud, prövades, var och en för sig och tillsammans, de tre variablerna känslighet för buller, allmän inställning till vindkraftverk och inställningen till vindkraftverkens påverkan på landskapsbilden. Resultatet visade att påverkan på landskapsbilden hade inverkan på dos-responssambandet. Tar man hänsyn till respondentens inställning till vindkraftverkens påverkan på landskapsbilden så är risken att störas av vindkraftverk 1,57 ggr (95% CI: 1,16-2,11) per 2,5 dBA-intervall. Känslighet för buller och allmän inställning påverkade inte sambandet mellan ljudnivå och störning.

Tabell 15 visar sambandet mellan störning av vindkraftsbuller och störning av psykoakustiska karaktärer.

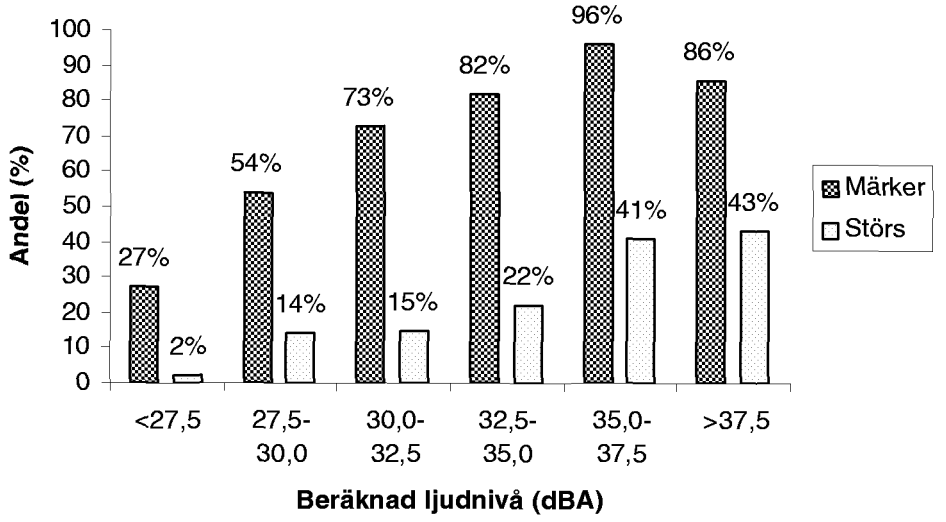
Tabell 15. Korrelation mellan störning av vindkraftsbuller och störning av psykoakustiska karaktärer.

	r	n	p
Svischande	0,82	226	<0,001
Vinande	0,76	183	<0,001
Rungande	0,60	170	<0,001
Pulserande/dunkande	0,60	184	<0,001
Skrapande/gnisslande	0,49	171	<0,001
Dovt	0,46	178	<0,001
En ren ton	0,42	173	<0,001
Skvalpande	0,36	166	<0,001

De som stördes av vindkraftljud stördes i hög grad av de svischande och vinande karaktärerna i ljudet.

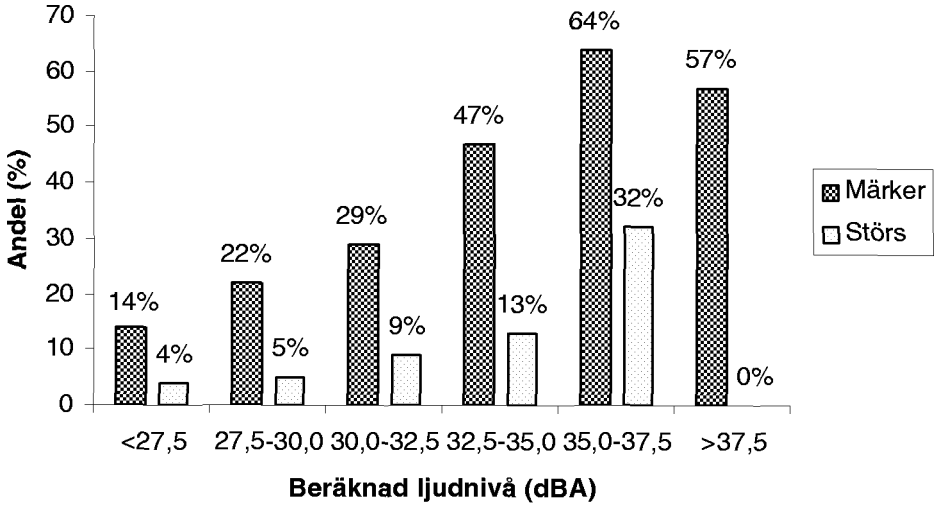
Av de 134 som angav att en av de främsta anledningarna till valet av bostadsort var närhet till naturen stördes 17% (n=22) av buller från vindkraftverk, jämfört med 16% i hela gruppen (jämför tabell 5). Av de 158 som valt bostad eftersom de uppskattade lugn och stillhet stördes 19% (n=30) av vindkraftsbuller, vilket också skall jämföras med 16% i hela gruppen.

I frågan om påverkansfaktorer i boendemiljön var ljudet från vindkraftverk uppdelat i ljud från rotorblad och ljud från maskinhus. Statistiskt signifikanta samband mellan störning av ljud från rotorblad och avstånd till närmaste vindkraftverk (r=-0,27; n=337; p<0,001) samt med beräknad ljudnivå (r=0,40; n=339; p<0,001) kunde påvisas. Figur 7 visar dels andelen respondenter i respektive exponeringskategori som märkte ljud från rotorblad, dels andelen som stördes.



Figur 7. Andelen i respektive exponeringskategori som märkte respektive stördes av ljud från rotorblad.

Statistiskt signifikanta samband mellan störning av ljud från maskinhus och avstånd till närmaste vindkraftverk (r=-0,21; n=331; p<0,001) samt med beräknad ljudnivå (r=0,28; n=333; p<0,001) kunde också påvisas. Figur 8 visar dels andelen respondenter i respektive exponeringskategori som märkte ljud från maskinhus, dels andelen som stördes.

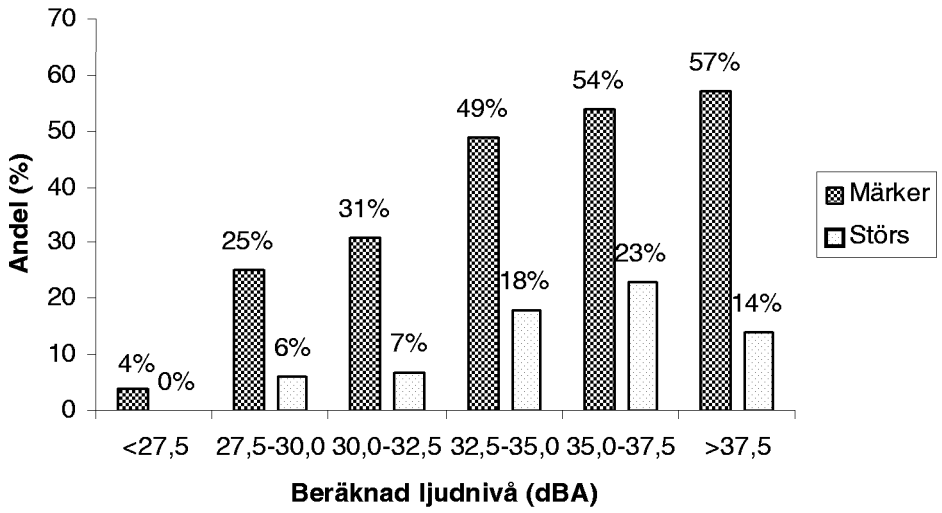


Figur 8. Andelen i respektive exponeringskategori som märkte respektive stördes av ljud från maskinhus.

Vid en jämförelse mellan andelen respondenter som märkte ljud från rotorblad och ljud från maskinhus framgår av figur 7 och 8 att det var betydligt färre respondenter som märkte ljud från maskinhus. Andelen som märkte ljud från rotorblad var över 70% redan vid nivåer över 32,5 dBA, medan man inte ens i närheten av verken märkte ljudet av maskinhus i samma omfattning.

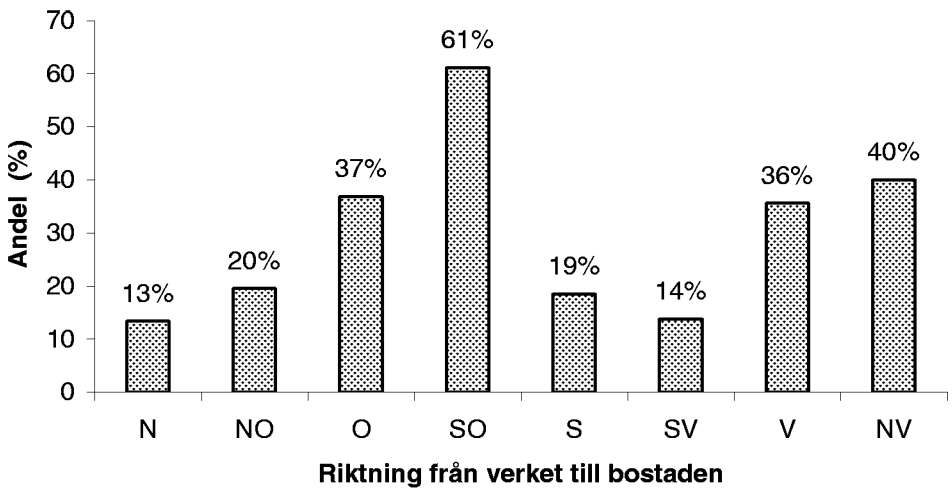
4.5 Samband mellan visuella störningar och dos-beskrivning

Med utgångspunkt från påverkan av skuggor från vindkraftverk analyserades samband med avstånd och riktning. Statistiskt signifikanta samband mellan störning av skuggor från vindkraftverk och avstånd till närmaste vindkraftverk (r=-0,25; n=339; p<0,001) samt med beräknad ljudnivå (r=0,33; n=341; p<0,001) kunde påvisas. Figur 9 visar dels andelen respondenter i respektive exponeringskategori som märkte skuggor från rotorblad, dels andelen som stördes.



Figur 9. Andelen i respektive exponeringskategori som märkte respektive stördes av skuggor från rotorblad.

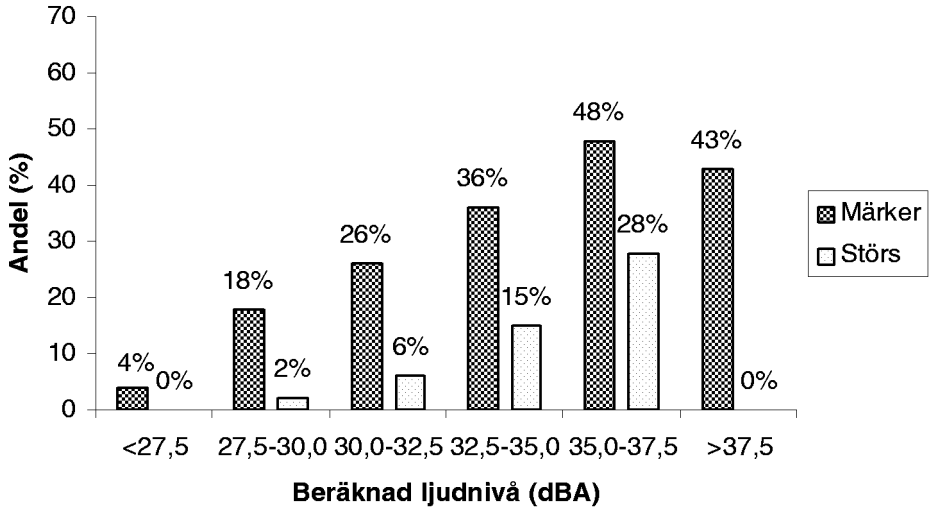
Figur 10 visar andelen som märkte skuggor relaterat till riktning från närmaste vindkraftverk till respondentens bostad.



Figur 10. Andelen som märkte skuggor relaterat till riktning från närmaste vindkraftverk till respondentens bostad.

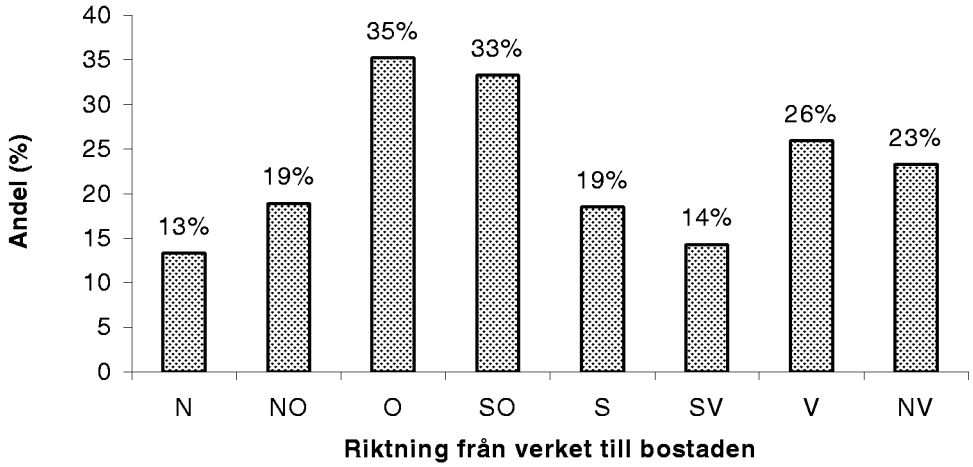
De som bodde O eller SO om verken, dvs såg verket i västlig eller nordvästlig riktning där solen står lågt på sommarkvällar, märkte skuggor mer än de övriga respondenterna (61%, n=11). Även de som bodde i riktning V eller NV från närmaste vindkraftverk märkte skuggor mer än de övriga.

Med utgångspunkt från påverkan av ljusreflexer från vindkraftverk analyserades samband med avstånd och riktning. Statistiskt signifikanta samband mellan störning av skuggor från vindkraftverk och avstånd till närmaste vindkraftverk (r=-0,20; n=335; p<0,001) samt med beräknad ljudnivå (r=0,31; n=337; p<0,001) kunde påvisas. Figur 11 visar dels andelen respondenter i respektive exponeringskategori som märkte reflexer från rotorblad, dels andelen som stördes.



Figur 11. Andelen i respektive exponeringskategori som märkte respektive stördes av reflexer från rotorblad.

Figur 12 visar andelen som märkte ljusreflexer relaterat till riktning från närmaste vindkraftverk till respondentens bostad.

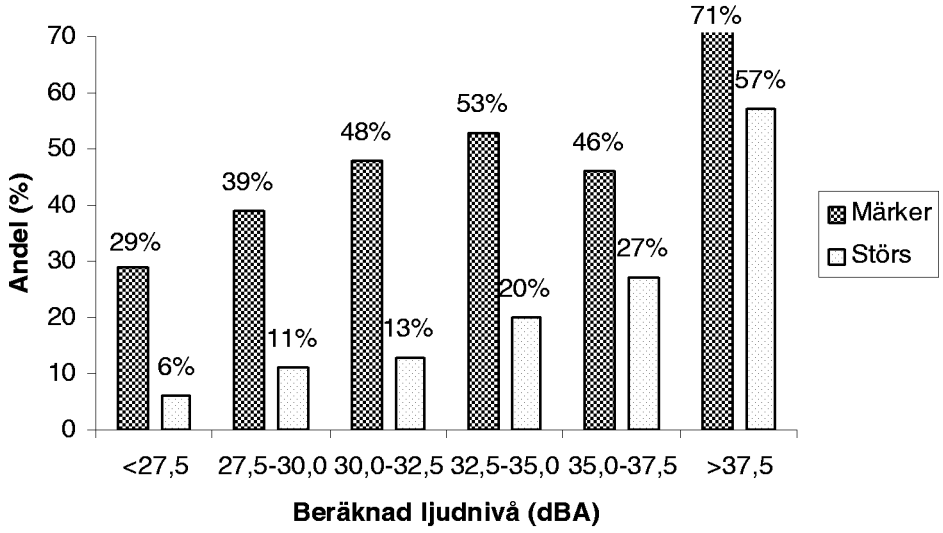


Figur 12. Andelen som märkte ljusreflexer relaterat till riktning från närmaste vindkraftverk till respondentens bostad.

De som bodde O och SO om vindkraftverken märkte ljusreflexer mer än de övriga respondenterna. Bland dem som bodde öster om verken märkte 35% (n=20) ljusreflexer. Bland dem som bodde sydost om verken var det 33% (n=6) som märkte ljusreflexer.

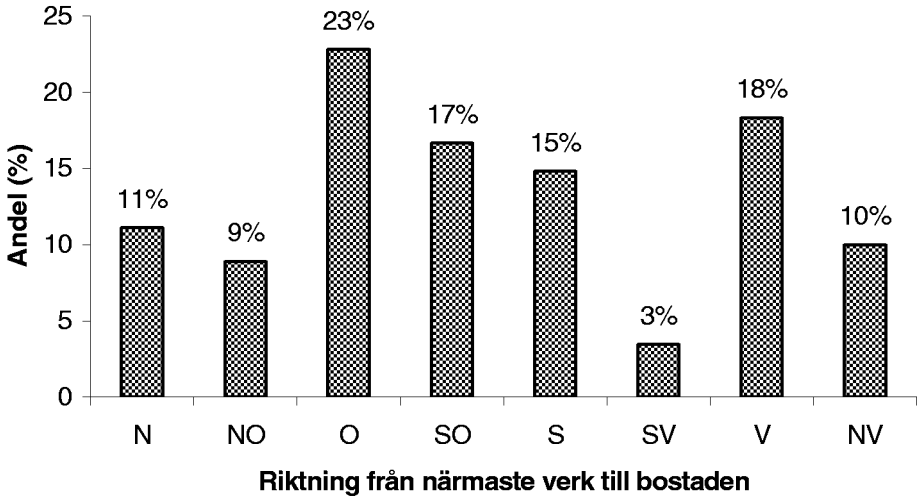
En av påverkansvariablerna benämndes förändrad utsikt. I område 4,5 angavs förändrad utsikt på grund av vindkraftverk i störst omfattning (38%, n=18). Lägst andel som rapporterade störning av förändrad utsikt fanns i område 1 (6%, n=3). Inget statistiskt signifikant samband mellan störning av förändrad utsikt och avståndet till närmaste vindkraftverk kunde påvisas. Däremot kunde ett samband mellan förändrad utsikt och beräknad ljudnivå ($r=0,22$; $n=341$; $p<0,001$) påvisas.

Figur 13 visar dels andelen respondenter i respektive exponeringskategori som märkte förändrad utsikt, dels andelen som stördes.



Figur 13. Andelen i respektive exponeringskategori som märkte respektive stördes av förändrad utsikt.

Figur 14 visar andelen störda av förändrad utsikt relaterat till riktning från närmaste vindkraftverk till bostaden.



Figur 14. Andelen som stördes av förändrad utsikt relaterat till riktning från närmaste vindkraftverk till respondentens bostad.

Bland dem som bodde i ostlig till sydlig riktning samt västlig riktning från närmaste vindkraftverk var en något större andel störda av förändrad utsikt än i övriga väderstreck.

5 SLUTSATSER OCH DISKUSSION

5.1 Metodik

Resultaten från undersökningen är baserade på enkätundersökning av hur de boende uppfattar olika miljöfaktorer i boendemiljön samt på beräknade ljudnivåer från vindkraftverk. Enkäten maskerades till en allmän boendemiljöundersökning i syfte att undvika överrapportering av t ex störning från vindkraftverk. Enkätmetodiken är väletablerad och har använts vid en rad liknande undersökningar tidigare. Vi kan också utifrån svaren på flera av enkätens frågor dra slutsatsen att enkäten i denna studie fungerat väl. Enkätens frågor detekterade förekomst av luktstörning från industri inom ett område där det fanns en rötanläggning, medan lukt från industri inte angavs i de andra områdena. Vidare rapporterades störning av tågbuller företrädesvis bland dem som bodde längs med järnvägslinjen i område 4, 5 och 7. Det faktum att ett starkare dosresponssamband kunde ses mellan beräknad dBA-nivå och bullerstörning än mellan avstånd och bullerstörning ger ytterligare belägg för frågornas precision eftersom dBA-nivån kunde variera vid ett och samma avstånd inom olika områden beroende på hur många vindkraftverk som fanns inom gruppen.

Vid beräkningen av ljudnivåer för varje fastighet togs hänsyn till det aktuella verkets ljudtrycksnivåer i oktavband, markdämpning och avståndsdämpning. När den beräknade nivån vid varje fastighet används som ett mått på individens ljudexponering vid bostaden har dock flera förenklingar gjorts. Beräkningen av källbuller utgår från en vindhastighet på 8 m/s. Vi saknar idag tillräcklig kunskap om hur störningen förändras vid olika vindhastigheter. I denna undersökning ansåg 53% att ljudet hörs tydligare när det blåser ganska kraftigt. Vid svag vind ansåg 36% att ljudet hördes lägre än normalt, medan en lägre andel, eller 26%, ansåg dock att ljudet hördes högre än normalt vid svag vind.

Vid analysen förutsattes att ljudet sprider sig sfäriskt likvärdigt åt alla riktningar, oavsett förhärskande vindriktningar. Under tidsperioder med icke-förhärskande vindriktning kommer ljudnivån att vara lägre än de beräknade. Resultaten från denna undersökning, där en majoritet av de tillfrågade eller 71% ansåg att ljudet hörs tydligare när det blåser medvind, tyder på att vindriktningen är av klar betydelse för ljudets upplevda styrka. Däremot är det mindre säkert hur störningsutbredningen påverkas av hur ofta det blåser medvind. Fördjupade analyser fordras för att studera betydelsen av förhärskande vindriktning för störningsutbredningen.

Beräknade nivåer görs enbart utifrån den A-vägda nivån. Således kan inte hänsyn tas till akustiska komponenter i ljudet och dess betydelse för störningsutbredning. Att de akustiska karaktärerna har stor betydelse för störning visar det starka sambandet mellan störning och uppfattningen av ljudet som svischande. Genom att utföra inspelningar av ljudets karaktär inom varje område kommer ytterligare information att erhållas. Dessa analyser pågår.

Undersökningen omfattade boende på olika avstånd från verken. På detta sätt erhölls ett material som lämpar sig för dos-reponsberäkningar samt för jämförelser mellan exponeringskategorier. Inga skillnader i kön, ålder, arbete eller hälsa påvisades mellan exponeringskategorierna. För att få statistiskt säkra data hade det varit önskvärt om fler respondenter hade tillhört exponerings-kategorierna 5 och 6 (>35,0 dBA). Ytterligare undersökningar behöver därför göras.

Svarsfrekvensen var i genomsnitt 68,7%, vilket är acceptabelt och i överensstämmelse med liknande undersökningar utförda tidigare [t ex Persson Waye and Rylander 2001]. En något lägre svarsfrekvens på 63,9% erhölls från område 6, 8. Ett skäl kan vara att området har karaktär av tätort och att enkätens tema, "Att leva och bo på landet", därför inte kändes angeläget.

5.2 Resultat

De störningar som de närboende till vindkraftverk upplever är i överensstämmelse med förstudien [Pedersen 2001], nämligen buller från rotorblad och maskinhus, skuggor och reflexer samt förändrad utsikt. Buller från rotorblad var den mest frekventa källan till störning. Att buller från rotorblad var den viktigaste källan till störning styrks även av att de akustiska karaktärer som ansågs mest störande var svischande och vinande, medan tonal karaktär som härrör från maskinhus endast angavs av en liten andel respondenter.

Undersökningen visade att ett statistiskt signifikant dos-responssamband fanns mellan störning av vindkraftsbuller och beräknad exponeringsnivå. Ju högre ljudnivå, desto större andel störda. Risken att bli störd av buller ökade med 1,71 ggr om exponeringen utomhus ökade med 2,5 dBA. Visuella faktorer som påverkan på landskapsbilden hade även inflytande på risken att störas av buller. När den logistiska regressionen korrigerades för påverkan på landskapsbilden sänktes risken från 1,71 ggr till 1,57 ggr för varje ökning av 2,5 dBA. Det statistiskt signifikanta sambandet mellan störning och dBA nivån kvarstod dock efter korrigeringen. Risken påverkades inte efter korrigering av faktorerna allmän attityd till vindkraftverk eller känslighet för buller. Den korrigerade riskbedömningen innebär att boende inom t ex ljudnivåintervallet 32,5-35,0 dBA löper 3,86 ggr så

stor risk att störas av vindkraftverksbuller som boende inom referensområdet med ljudnivåer understigande 27,5 dBA. Eftersom de visuella faktorerna förklarar en del av bullerstörningen vore det intressant att fortsätta studien i ett landskap där vindkraftverken inte är lika synliga som i södra Halland.

Bland dem som exponerades för ljudnivån 35,0-37,5 dBA var 43% ganska mycket eller mycket störda av buller vid vistelse utomhus. Av dessa var 28% mycket störda. Angiven störning var högre än vad som kunde förväntas vid jämförelse med vad som är känt från andra bullerkällor som trafikbuller, där ca 5-15% mycket störda brukar rapporteras vid en utomhusnivå motsvarande 55 dB LAeq [Miedema 1998]. En möjlig förklaring kan vara att människor som valt boendeort på grund av närhet till naturen eller på grund av att de uppskattar lugn och stillhet skulle uppleva även låga ljudnivåer som ett intrång. Den senare hypotesen kunde dock inte bekräftas. En annan förklaring kan vara att bakgrundsnivån inom områdena var låg och att vindkraftverkens ljud därför var lätt urskiljbara. Detta, i kombination med att den akustiska karaktären hos vindkraftverk eller vissa vindkraftverk skulle vara lätt uppfattbara, skulle kunna bidra till att man hör verken och leda till störning. Den senare hypotesen stöds av det mycket starka samband som kunde påvisas mellan störning av vindkraftbuller och störning av svischande karaktär. Liknande observationer gjordes i en undersökning kring danska vindkraftverk [Holm Pedersen and Skovgard 1994]. Den variabel som förklarade den största variansen i störning från vindkraftverk var om man kunde höra verket och denna variabel förklarade 46% av variansen, medan dBA-nivån endast förklarade 6%. Stöd för att akustiska komponenter i ljudet är av betydelse för störning och uppfattbarhet har tidigare visats i en rad experimentella försök [Persson Waye och Öhrström 2002; Persson Waye *et al* 1998; 2000, Persson Waye and Agge 2000]. Denna observation skulle kunna tyda på att den ekvivalenta A-vägda ljudnivån inte är ett tillräckligt specifikt mått för prediktion av störning speciellt om vindkraftverken placeras i områden med en låg bakgrundsnivå. Vid tolkning av dos-responssambandet måste beaktas att endast 30 hushåll var bosatta inom ljudintervallet över 35 dBA, varför säkra slutsatser om störning vid nivåer över 35 dBA inte kan dras enbart av denna undersökning.

Den aktivitet som flest respondenter uppgavs störas av vindkraftverksbuller var avkoppling utomhus (32 %) följt av grillkvällar (25%) (tabell 11). Detta kan vara i överensstämmelse med att man tidigare har noterat att vindkraftverk stör mest under de tider som man förväntar sig lugn och ro [Wolsink et al 1993]. Tidigare har man antagit att vindkraftverk framförallt ger upphov till störning utomhus [*ibid*]. I den undersökning som presenteras här förekom dock även rapporter om störd sömn. Av de 27 personerna i exponeringskategori 4, 5 och 6 (>32,5 dBA) som stördes i sin

sömn uppgav 56% att källan till störningen var vindkraft. Av dessa angav nästan alla att de sov med fönstret öppet sommartid. Den signifikanta skillnaden i störd sömn mellan referensgruppen(<27,5 dBA) och de som exponerades för nivåer över 32,5 dBA talar för att även sömnstörning kan vara en faktor av betydelse för rapporterad störning som bör beaktas i fortsatta undersökningar.

Störning av förändrad utsikt angavs i ungefär lika omfattning som störning av ljud från rotorblad. Störd utsikt förekom mest i område 4,5 som också hade flest verk. Antalet verk tycks således ha betydelse för störning av förändrad utsikt. Det gick inte att påvisa något samband mellan förändrad utsikt och avståndet till närmaste verk, men däremot med exponeringskategori. Olika faktorer såsom husens placering i förhållande till verken och fri sikt till verken kan vara av betydelse. Sådana förklaringsvariabler bör studeras ytterligare.

Störning av skuggor och ljusreflexer förekom också. Totalt stördes 9% av respondenterna av skuggor från rotorblad och 6% stördes av reflexer (tabell 9). Jämfört med störning av ljud från rotorblad, där 16% stördes, var det alltså totalt sett färre som störs av ljusfenomen än av ljud. Samtidigt var det färre som överhuvudtaget märkte skuggor och reflexer (n=102 respektive n=78) än som hörde ljud från rotorblad (n=218). Andelen störda av dem som faktiskt märkte skuggor och reflexer var i båda fallen 28% och andelen störda av de som märkte ljud från rotorblad var 25%. Andelen störda är alltså ungefär lika stor bland de som *märkte* påverkansfaktorerna.

Andelen som märkte skuggor och reflexer ökade med ökad ljudnivå (figur 9 och 11) förutom för nivåer över 37,5 dBA, på likartat sätt som andelen som märkte ljud ökade. Ljud från rotorblad märktes vid lägre ljudnivåer än skuggor, reflexer och ljud från maskinhus (jämför figurerna 7, 8, 9, 11, 13). Redan i exponeringskategori 27,5-30,0 dBA märkte mer än hälften (54%) ljud från rotorblad, medan motsvarande för ljud från maskinhus inte inträffar förrän vid 35,0-37,5%. Mer än hälften märkte skuggor från rotorblad i exponeringskategori 35,0-37,5%, medan ingen exponeringskategori kom upp i så stor andel vad gäller reflexer från rotorblad.

Det fanns några viktiga skillnader mellan att störas av buller och av skuggor/ljusreflexer. Störning av skuggor och ljusreflexer rapporterades inte lika frekvent som störning av buller. Störning av buller rapporterades av flertalet dagligen eller nästan dagligen medan störning av skuggor och ljusreflexer rapporterades av flertalet någon/några gånger per år. Sannolikt beror detta på att störning av skuggor och ljusreflexer sker under en kortare tid på dygnet och endast vid en viss väderlek, medan ljudalstring sker mer frekvent. Studien ger dock inte svar på om få tillfällen med hög exponering eller många tillfällen med relativt låg exponering ger upphov till störning. I det

förra fallet skulle störningen lätt kunna elimineras genom att verket stängs av vid vissa tillfällen. Det skulle därför vara intressant att komplettera undersökningen med kvalitativa studier där enskilda personers upplevelse följs över tid.

5.3 Slutsatser

Undersökningen visade att buller från vindkraft och förändrad utsikt var de störningar som anges av flest människor. Bullerstörning förekom mer frekvent än störning av skuggor och ljusreflexer. Det var inte möjligt att utifrån denna undersökning klargöra om/hur bullerstörning och visuell störning påverkar varandra.

En sedan tidigare accepterad nivå för störning av buller är 10% mycket störda. Resultaten från undersökningen visade att bland dem som exponerades för ljudnivån 35,0-37,5 dBA var 28% mycket störda. Resultaten ger således indikationer om att andelen störda kan vara oacceptabelt hög, vid nuvarande bullernorm som tillåter 40 dBA vid närmaste hus. Mot bakgrund av det låga antalet personer som ingår inom de högre exponeringskategorierna är det angeläget att ytterligare studier företas så att säkrare underlag erhålls.

Undersökningen ger stöd för tidigare erhållna resultat att den svischande karaktären från rotorbladet är speciellt störande. Det bör undersökas om ljudkaraktären hos rotorbladen kan förändras. Det är vidare angeläget att beskrivningen av ljudet tar större hänsyn till de störande akustiska karaktärerna i ljudet.

5.4 Fortsatta undersökningar

Samtliga verk i undersökningen hade konstant varvtal. De nya större verken som nu projekteras har ofta variabelt varvtal, vilket innebär att ljudkaraktären kan vara annorlunda. Hur detta påverkar störningsfrekvensen bör utredas. Såväl störning av ljud som visuell störning kan sannolikt påverkas av områdets topografi och markförhållanden, varför det nuvarande området av flackt jordbrukslandskap bör kompletteras med områden av mera kuperad terräng och hårdare markförhållanden. För att ge underlag för eventuella åtgärder bör kvalitativa studier komplettera de kvantitativa. Sådana studier skulle kunna ge en bättre bild av konsekvenserna för individen.

7. REFERENSER

Boverket. Etablering av vindkraft på land. Allmänna råd 1995:1. Karlskrona, 1995, pp 1- 42.

Hammarlund K. Acceptans för vindkraft i Svalövs kommun, Stadsbyggnadskontoret Svalövs kommun, 1999.

Hammarlund K. Biegg-Ål´Mai - Vindmannen i Suorva, Allmänhetens perspektiv på vindkraft i fjällen. Huvudrapport för utvärdering (intern) Vattenfall. 2000a.

Hammarlund K. De närboendes perspektiv på vindkraftanläggning i Kalmarsund, Karlskrona Off shore (intern rapport) Vattenfall, 2000b. www.vattenfall.se/karlskronavind.

Miedema H.M.E. Revised DNL-annoyance curves for transportation noise. In: Carter N and Job F S (eds) 7th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, Australia 22-26 Nov 1998. vol 2, pp 491-502.

Holm Pedersen, T och Skovgard Nielsen K. Genevirkning af stöj fra vindmöller. Rapport nr.150. DELTA akustik & vibration Lydtekniske institut. Köpenhamn 1994.

Pedersen E. Störningsupplevelser från vindkraftverk. Slutrapport: Del 1 Litteraturstudie, Del 2 Förstudie. Högskolan i Halmstad. 2001.

Pedersen E, Persson Waye. The impact of wind turbines in Sweden with special reference to noise annoyance. In: Helm, P and Zervos, A (eds) Proceedings of the European Wind Energy Conference, Copenhagen, Denmark, 2-6 July 2001, pp 134-136.

Persson Waye K, Rylander R. The prevalence of annoyance and effects after long term exposure to low frequency noise. J Sound Vib, 240:483-497,2001.

Persson Waye K, Öhrström E. Psycho-acoustical characters of relevance for annoyance of wind turbine noise. J Sound Vib 2002 mars (accepted)

Persson Waye K, Öhrström E, Björkman M. Sounds from windturbines – can they be made more pleasant? In: N Carter and R F S Job (eds) 7th International congress on noise as a public health problem Sydney Australia 22-26 nov 1998, pp 531-534.

Persson Waye K, Agge A, Björkman M. Pleasant and unpleasant characteristics in wind turbine sounds. **In**: Cassereau D (ed) Proceedings Inter- Noise, August 27-30, 2000, Nice France, vol 4, pp 2327-2330.

Persson Waye K, Agge A. Experimental quantification of annoyance unpleasant and pleasant wind turbine sounds. **In**: Cassereau D (ed) Proceedings Inter- Noise, August 27-30, 2000, Nice France, vol 6, pp 3994-3997.

Wolsink M, Sprengers M, Keuper A, Pedersen TH, Westra C A. Annoyance from wind turbine noise on sixteen sites in three countries. European community wind energy conference 8-12 March, Lübeck, Travemünde, 1993; 273-276.