

NØGLEPROBLEMER VED LANDBASEREDE VINDMØLLER \* Version 1.1 \* 09-05-11

## **NØGLEPROBLEMER VED LANDBASEREDE VINDMØLLER:**

### **INDLEDNING:**

I forbindelse med udbygningen af landbaseret vindmølle-energi, har kommunerne mødt massiv modstand fra de evt. kommende naboer til vindmøllerne. Denne modstand har sin hovedårsag i et utidssvarende støjreglement i vindmøllebekendtgørelsen samt deciderede fejl og overtrædelser i forbindelse med projektering. I dette dokument har Landsforeningen Naboer til Kæmpevindmøller nedfældet nogle af nøgleproblemerne.

Til slut vedhæftes landsforeningens 14-siders brev med kritik af den udsendte DELTA-rapport "Sammenhæng mellem vindmøllestøj og helbredseffekter" (AV 1017/11), januar 2011.

### **OVERSIGT:**

1. NY GRÆNSEVÆRDI FOR LAVFREKVENT STØJ KAN IKKE OVERHOLDES
2. INGEN HENSYN TIL UBESTEMTHEDER
3. INGEN KRAV TIL KILDESTYRKE-TAL
4. INGEN STØJDIFFERENTIERING FRA DAG TIL NAT
5. USIKRE KONTROLMÅLINGER
6. AFSTANDSKRAV SAT FOR LAVT
7. VINDMØLLER STØJER MERE OM NATTEN
8. UTILSTRÆKKELIG VIDEN OM HELBREDSEFFEKTER AF VINDMØLLESTØJ
9. LØSNINGSFORSLAG

### **1) NY GRÆNSEVÆRDI FOR LAVFREKVENT STØJ KAN IKKE OVERHOLDES**

- a) Miljøstyrelsens pressemeddelelse fra 27.01.2011:

*"Miljøminister Karen Ellemann vil have en grænseværdi for lavfrekvent støj fra vindmøller. Derfor har hun bedt Miljøstyrelsen om at revidere vindmøllebekendtgørelsen. Det sker for at tilgodese et ønske fra borgere om klarere regler på området. **Udgangspunktet er, at lavfrekvent støj automatisk er tilgodeset, når vindmøller overholder de almindelige støjgrænser i vindmøllebekendtgørelsen.**"*

- b) **Dette er ikke korrekt. Grænseværdien på 20dB(A) er IKKE overholdt, selvom både afstandskravet (på 4 gange vindmøllens totalhøjde) og støjgrænsen i det åbne land (44dB(A) ved 8m/s) er overholdt.** Dette viser Miljøstyrelsens egne tal i Notat pr. 31. maj 2006, undersøgelserne fra Ålborg Universitet (Lavfrekvent støj fra store vindmøller, juni 2010) samt Deltas rapporter fra hhv. 2008 og 2010 (Low Frequency Noise from Large Wind Turbines).  
( BILAG 1)

## 2) INGEN HENSYN TIL UBESTEMTHEDER

- a) Overalt i Danmark planlægges der efter mindst mulig støjmargin (ned til 0.0dB) i støjberegningerne, selvom disse er forbundet med mindst 2-3dB usikkerhed.
- b) Denne ulovlige projekteringspraksis, der foretages overalt i landet, medfører at der blot er maksimalt 50% sandsynlighed for at gældende støjgrænser overholdes på projekteringsstidspunktet. (Og så er der ikke taget højde for slidtage, vindmøllernes interindividuelle støjvariation eller meteorologiske forhold – specielt om natten).
- c) I vindmøllebekendtgørelsens §5, stk. 2 står følgende om anmeldelse af en ny vindmølle til kommunen: *"Anmeldelsen skal indeholde dokumentation for, at vindmøllerne kan overholde støjgrænserne i § 3."*
- d) Der foreligger således ikke dokumentation for, at vindmøllerne kan overholde støjgrænserne, hvis sandsynligheden for overholdelse er på maksimalt 50%. Tidligere miljøminister Svend Auken uddybede meningen med beregningernes ubestemtheder i et svar pr. 17/11-1994 (BILAG 2): *"Tilsvarende skal amterne sikre sig ved en mølleanmeldelse, at det forventede støjbidrag fra møllen ved nærmeste nabo er 2-3dB(A) under den gældende støjgrænse, idet man da først med sikkerhed ved, at der ikke sker en overskridelse."*
- e) Ubestemthedernes betydning er uddybet i "Orientering nr. 16" fra Miljøstyrelsens referencelaboratorium, 18/12-1991 (BILAG 3).

## 3) INGEN KRAV TIL KILDESTYRKE-TAL

- a) Der er stor forskel fra vindmølle til vindmølle af samme model og fabrikat, hvad angår støjudvikling. Producenternes "kildestyrke-tal" for vindmøllestøjen skal efter dansk lovgivning IKKE tage højde for denne interindividuelle støjvariation, således som det ellers er angivet i den internationale standard IEC TS 61400-14(BILAG 4). I Vindmøllebekendtgørelsen angives usikkerheden til ca. 2-3dB.
- b) Akutstikprofessor Henrik Møller (Ålborg Universitet) anbefaler i sin seneste rapport fra juni 2010, at man anvender denne internationale standard i forbindelse med projektering for at sikre sig, at støjgrænserne overholdes. IEC TS 61400-14 kræver, at kildestyrken tillægges en ubestemthed på 1.645 gange standarddeviationen imellem vindmøllerne. ( $L_{Wd} = L_W + 1.645 \times SD$ ). (BILAG 5)
- c) Anvendelsen af IEC TS 61400-14 anbefales ligeledes af DEWI (German Windenergy Institute), v. Dr. H. Klug. (BILAG 6)

## 4) INGEN STØJDIFFERENTIERING FRA DAG TIL NAT

- a) I den danske vindmøllebekendtgørelse er der IKKE differentieret mellem tilladte støjniveauer fra dag til nat. Dette er ellers tilfældet for alle andre industrielle støjkilder (BILAG 7).
- b) I internationalt anerkendt forskning indenfor vindmøllestøj og sundhed, konstateres en overhyppighed af søvnforstyrrelser<sup>123</sup> hos naboerne.

<sup>1</sup> Perception and annoyance due to wind turbine noise—a dose–response relationship J. Acoust. Soc. Am. 116 (6), December 2004

<sup>2</sup> Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments Occup Environ Med 2007;64:480–486

- c) Søvnforstyrrelser øger risikoen for en lang række af sygdomme og lidelser. Heriblandt hjertekarsygdomme<sup>4</sup>, sukkersyge<sup>5</sup>, depression, forhøjet blodtryk, nedsat immunforsvar samt øget dødelighed<sup>6</sup>.
- d) I Sverige opereres der med en støjgrænse på 35dB(A) for områder med lavt niveau af baggrundsstøj (BILAG 7). I Danmark må der i det åbne land, hvor der ligeledes er et lavt niveau af baggrundsstøj, støjes op til 44dB(A) ved 8 m/s. Denne forskel på 9dB svarer til en 8-dobling af det fysiske lydtryk og en fordobling af det subjektive støjniveau.
- e) Denne støjgrænse på 35dB(A) er gældende for al anden støj for boliger i det åbne land. Der er særregler for vindmøller. Var vindmøllen en almindelig industriel enhed måtte den blot støje 35dB(A) om natten.

## 5) USIKRE KONTROLMÅLINGER

- a) I den videnskabelige artikel "*Indoor Measurements of Noise at Low Frequencies – Problems and Solutions*"<sup>7</sup> (BILAG 8) fremgår det klart, at den danske kontrolmålingsmetode underestimerer niveauet af lavfrekvent støj – bl.a. sammenlignet med den svenske kontrolmålingsmetode samt en målemetode udviklet af Ålborg Universitet.
- b) Miljøstyrelsen reviderede deres kontrolmålingsmetode for lavfrekvent støj inden Henrik Møllers arbejde blev publiceret og uden hensyn til denne, selvom de fik tilbudt at få tilgang til undersøgelsens data.

## 6) AFSTANDSKRAV SAT FOR LAVT

- a) I forbindelse med ændringen af afstandskravet til 4 gange vindmøllens totalhøjde i 1999 fremkom Landsplanafdelingen med følgende konklusion på baggrund af vindmøllernes visuelle forstyrrelser og såkaldte "mastodontvirkning": "*Landsplanafdelingen finder på ovenstående baggrund mest hensigtsmæssigt, at der anvendes en mindsteafstand mellem vindmøller af nabobeboelser svarende til en moderat skærpelse af Danmarks Vindmølleforenings anbefaling, således at også naboer øst-sydøst for vindmøller sikres mod væsentlige skyggegener. Dette vil efter afdelingens vurdering være tilfældet ved en mindsteafstand på 5 gange møllens totalhøjde.*"<sup>8</sup>
- b) Delta anbefalede i deres rapport "*Genevirkninger af støj fra vindmøller*" fra 1994 et afstandskrav svarende til 10 gange vindmøllens totalhøjde, hvis genevirkningerne skulle have et rimeligt niveau. Denne rapport indgik IKKE i overvejelserne i forbindelse med fastlæggelsen af afstandskravet til 4 gange totalhøjde.

---

<sup>3</sup> Project WindFARM Perception, van den Berg, 2008.

<sup>4</sup> Sleep duration and cardiovascular disease: National Health Interview Survey \* 2010 \* Sabanayagam C

<sup>5</sup> Sleep duration as a risk factor for incident type 2 diabetes in a multiethnic cohort \* 2009 \* Beihi DA

<sup>6</sup> Sleep and mortality: a population-based 22-year follow-up study \* 2007 \* Hublin C

<sup>7</sup> Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 26, No. 4, 2007

<sup>8</sup> Notat, J.nr. D 3025-0001, 19. maj 1999, vedr. fastsættelse af en mindsteafstand mellem vindmøller og nabobeboelser

## 7) VINDMØLLER STØJER MERE OM NATTEN

En af væsentligste gener fra vindmøllestøj er "søvnpåvirkninger". Nylige studier af van den Berg, publiceret i artiklen "*Effects of the wind profile at night on wind turbine sound*" (2003)<sup>9</sup> viser, at vindmøller grundet ændringer i meteorologiske forhold, støjer mere om natten end om dagen. Der er i undersøgelsen målt op til 15dB højere lydtryksniveauer om natten end dagen, selv når der sammenlignes ved samme vindhastighed i referencehøjden på 10m. (BILAG 9)

Dette er bekymrende, da selv gældende støjgrænser meget vel kan være overtrådt om natten.

Der bør på baggrund af van den Bergs fund gennemføres en række natstøj-målinger, der må søge at be- eller afkræfte, at vindmøller støjer mere om natten end om dagen. Støjer vindmøller mere om natten end om dagen, må beregningsmetoderne for projektering laves om. Støjgrænserne skal overholdes hele døgnet.

## 8) UTILSTRÆKKELIG VIDEN OM HELBREDSEFFEKTER AF VINDMØLLESTØJ

### Søvnforstyrrelser

Der er påvist søvnforstyrrelser hos vindmøllenaboer i undersøgelser af både Eja Pedersen (2003-2007) samt van den Berg "Project WindFARM Perception". Forstyrrelser af nattesøvnen er afhængig af lydtryk-niveauet hos naboen. (BILAG 10)

- *Study I<sup>10</sup>: 16% of the 128 respondents living at sound exposure above 35.0dB(A) stated in an open question that they were disturbed in their sleep by wind turbine noise.*
- *Study I and Study III<sup>11</sup>: noise annoyance was associated with sleep disturbance.*
- *Study III: respondents who were annoyed by wind turbine noise also felt more tired ( $p=0.05$ ) and tense ( $p<0.05$ ) in the morning, feelings not asked for in Study I.*

Søvnforstyrrelser er en ganske alvorlig negativ helbredseffekt, som er forbundet med en øget risiko for en lang række af sygdomme. Som overlæge i psykiatri Jes Gerlach udtaler det i sin bog "Søvn":

*"Søvnløshed kan have alvorlige konsekvenser for den enkelte og for samfundet, fx når træthed og svingende koncentrationsevne fører til nedsat arbejdsevne og til ulykker på arbejdspladsen, i hjemmet og især i trafikken."*

*"Søvnløshed nedsætter kroppens modstandskraft overfor fx betændelser og hjerte-kar-sygdomme og øger modtageligheden overfor stress og de skadelige virkninger af stresshormonet kortisol. Søvnløshed baner desuden vej for psykisk sygdom, fx depression"*

<sup>9</sup> Journal of Sound and Vibration, doi:10.1016/j.jsv.2003.09.050

<sup>10</sup> Perception and annoyance due to wind turbine noise—a dose–response relationship J. Acoust. Soc. Am. 116 (6), December 2004

<sup>11</sup> Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments Occup Environ Med 2007;64:480–486

Kroniske søvnforstyrrelser øger risikoen for en lang række af alvorlige sygdomme:

- Diabetes<sup>12</sup>
- Forhøjet blodtryk
- Hjertesygdom<sup>13</sup>
- Øget dødelighed<sup>14</sup>

Kroniske søvnforstyrrelser med egentlig opvågning, forstyrret søvnmønster eller dårlige søvnkvalitet kan lede til en lang række af symptomer:

- Søvnighed i løbet af dagen.
- Generel træthed, Irritabilitet
- Koncentrations- og hukommelsesproblemer
- Depression og humørsvingninger

### **Wind turbine syndrome & lavfrekvent støj**

Mange af de ovenfor nævnte symptomer genfindes i det såkaldte "*Wind Turbine Syndrome*", som bl.a. MD, PhD, Nina Pierpont har omtalt i sin bog af samme navn<sup>15</sup>, som er skrevet på baggrund af et mindre case-control study samt en litteraturgennemgang om følger af lavfrekvent støj. Hertil suppleres med symptomer fra ligevægtsorganet: svimmelhed og kvalme.

En almindelig opfattelse blandt lægmænd og teknikere er: "*If you cannot hear a sound...it does not affect you.*" Dette er dog ikke tilfældet i studierne af Neil P. McAngus Todd, Tobias Reichenbach og Alec Salt.

Todd<sup>16</sup> påviste i 2008, at der kan registreres vestibulo-oculare-reflekser(VOR) efter eksposition for lavfrekvente vibrationer (100Hz), selvom disse var 15dB under høretærskelen. Dette vidner om, at hjernen alligevel "hører" støjen 15dB under høretærskelen og at disse "data" bearbejdes.

Reichenbach beskrev i 2010<sup>17</sup> en mekanisme, hvorpå lavfrekvent støj ligefrem forstærkes i det indre øre.

Salt beskrev ligeledes i 2010<sup>18</sup>, at det indre øres ydre hårceller reagerer på lavfrekvente lydbølger, der er væsentligt under høretærskelen. Salt skriver: "*This raises the possibility that exposure to the infrasound component of wind turbine noise could influence the physiology of the ear.*"

---

<sup>12</sup> Sleep duration as a risk factor for incident type 2 diabetes in a multiethnic cohort \* 2009 \* Beihi DA

<sup>13</sup> Sleep duration and cardiovascular disease: National Health Interview Survey \* 2010 \* Sabanayagam C

<sup>14</sup> Sleep and mortality: a population-based 22-year follow-up study \* 2007 \* Hublin C

<sup>15</sup> Wind Turbine Syndrome – A report on a Natural Experiment, Dr. N Pierpoint, MD, PhD, K-selected Books, 2009.

<sup>16</sup> Tuning and sensitivity of the human vestibular system to low-frequency vibration. Neuroscience Letters.

doi:10.1016/j.neulet.2008.08.011

<sup>17</sup> A ratchet mechanism for amplification in low-frequency mammalian hearing

www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0914345107

<sup>18</sup> Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hearing

Research.doi:10.1016/j.heares.2010.06.007

Ovenstående videnskabelige fund af, hvordan "støj vi ikke kan høre" alligevel påvirker hjernen og vores sanseoplevelser, kan måske forklare, at patienter kan opleve symptomer som følge af støj, selvom kontrolmålinger viser støjniveauer under høretærskelen. I kasuistikken "Effects of Low Frequency Noise on Man – A Case Study" af J. Feldmann (2004)<sup>19</sup> beskrives symptomer som nedsat arbejdsevne, søvnforstyrrelser, hovedpine, trykken for øret og åndenød. Dette på trods af, at ekspositionen for lavfrekvent støj fra et nærliggende industrielt anlæg, var under høretærskelen.

### **Kronisk støj, "annoyance" og stress**

Eksposition for kronisk støj og genevirkninger medførende "annoyance" (ubehag, irritation), kan lede til kronisk stress. Ifølge reviewet af Rylander<sup>20</sup> (2004) er der sammenhæng mellem graden "annoyance" og den deraf følgende stress. Rylander anbefaler at der udføres mere forskning på området inkluderende en lægefaglig tilgang.

I en artikel om vindmøllestøjudløste genevirkninger fra 2007<sup>21</sup> forfattet af Eja Pedersen i samarbejde med Kerstin Waye, skrives der direkte: "It has previously been suggested that inhibited restoration could have an impact on health (Staats 2003, Laumann et al 2003) and mental recovery (Wallenius 2004). Respondents who were fairly or very annoyed by wind turbine noise were under more strain and reported more stress symptoms."

Der er altså en sammenhæng mellem "annoyance" eller graden af genevirkning og stress-niveau hos naboerne til vindmøllerne. Kronisk stress medfører øget risiko for en negativ sundhedspåvirkning, da det bl.a. har indflydelse på den essentielle fysiologiske og psykiske restoration om natten.

Babisch publicerede i 2002<sup>22</sup> en velaccepteret årsagsmodel som forklaring på, hvordan "Noise exposure" og støjudløst "Annoyance" kan føre til negative sundhedspåvirkninger og egentlige "Manifest Disorders". Årsagsmodellen (se Fig. 3 i original reference) fokuserer primært på en kronisk aktivering af kroppens stressrespons med involvering af både det autonome nervesystem samt stresshormonbalancen. En kronisk overaktivering af disse systemer øger netop risikoen for bl.a. diabetes, depression, forhøjet blodtryk, hjertekarsygdom og tidlig død.

### **Sammenfatning**

Det er uomtvisteligt at vindmøllestøj:

- Er mere generende end andre støjkloder ved samme støjniveau (BILAG 10)
- Medfører kronisk "annoyance" og dermed kronisk stress
- Medfører søvnforstyrrelser og heraf følgende symptomer og øget risiko for en lang række af alvorlige sygdomme

<sup>19</sup> Effects of Low Frequency Noise on Man – A Case Study. Noise & Health 2004, 7, 25, 23-28.

<sup>20</sup> Physiological aspects of noise-induced stress and annoyance. Journal of Sound and Vibration 227 (2004) 471-478

<sup>21</sup> Wind turbines—low level noise sources interfering with restoration? Environ. Res. Lett. 3 (2008) 015002 (5pp)

<sup>22</sup> The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs. Noise Health. 2002;4(16):1-11.

Derudover er der rigtig meget, man ikke ved om vindmøllestøj og helbredsgener. Eksisterer der et "Wind Turbine Syndrome" eller ej? Ét er sikkert. Man ved ikke nok.

Dette var også konklusionen af en ekspertrapport udarbejdet af det franske ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE<sup>23</sup> i 2005. Dette ekspertpanel anbefalede opstart af sundhedsvidenskabelige, epidemiologiske undersøgelser for at belyse sundhedskonsekvenserne af vindmøllestøjen nærmere. Indtil disse data foreligger og er fortolket, anbefalede ekspertpanelet en sikkerhedsafstand på mindst 1500m.

Der er ikke foretaget nogen danske undersøgelser af vindmøllestøj og helbredsgener. Delta fokuserede i 1994 i en tværsnitsundersøgelse udelukkende på det lidt diffuse begreb "genevirkning" – møllerne var blot på 0,08MW.

DELTA har i januar 2011 sammenskrevet en rapport med en litteraturgennemgang – "Sammenhæng mellem vindmøllestøj og helbredseffekter" (AV 1017/11). Landsforeningen må rette en skarp kritik af denne rapport, da den på ingen måde lever til den sundhedsfaglige kvalitet og lødighed, som man bør forvente af en rapport udgivet for Sundhedsstyrelsen. Landsforeningen må ligeledes rejse en stor tvivl om DELTAs uvildighed og kompetencer. DELTA er et rådgivende ingeniørfirma og har ingen lægefaglige kompetencer. Videre er DELTA medlem af Danmarks Vindmølleindustri og fungerer samtidig som referencelaboratorium for Miljøstyrelsen; hvor opgaven bl.a. er at vurdere kvaliteten af de indkomne analyser.

Landsforeningen har skrevet et brev på 14 sider med en detaljeret kritik af denne rapport.

Det er vurderingen af "*Landsforeningen Naboer til Kæmpevindmøller*", at der bør gennemføres landsdækkende epidemiologiske, kliniske søvnlaboratorie-undersøgelser ledet af uvildige forskere med en lægefaglig tilgang – i samarbejde med uvildige eksperter indenfor akustik og psykoakustik. Sådanne landsdækkende undersøgelser skal have til formål at belyse de negative helbredsgener, som mange af vores medlemmer indrapporterer. Der er tydeligt behov for mere grundig viden på dette område.

Det norske Folkehelseinstitut er enig i dette. På deres nationale hjemmeside<sup>24</sup> skriver de under overskriften "*Mer kunnskap trengs.*": "*Det er fremdeles mangel på vitenskapelig kunnskap om helsevirkninger av lavfrekvent støy (20-200 Hz) generelt og vindmøllestøy spesielt.*"

Det er landsforeningens opfattelse, at fremtidige sundhedsmæssige og akustiske undersøgelser også bør omfatte frekvenser under 20Hz.

<sup>23</sup> [http://www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_french/eol-acad-med-bruit-06.doc](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_french/eol-acad-med-bruit-06.doc)

<sup>24</sup> [http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=MainLeft\\_5669&MainLeft\\_5669=5544:73688::0:5667:1:::0:0](http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=MainLeft_5669&MainLeft_5669=5544:73688::0:5667:1:::0:0)

## 9) LØSNINGSFORSLAG

- Indførelse af en grænseværdi for lavfrekvent støj på 20dB(A)
- Ændring i vindmøllebekendtgørelsens krav til støjdokumentation, således at der tages hensyn til beregningsmetodens usikkerhed på 2dB. Det er rimeligt, at støjberegningerne med 95% sikkerhed overholder gældende støjgrænser
- Indførelse af en deklarationsordning for vindmøllernes kildestyrke, som overholder IEC TS 61400-14. En deklarationsordning vil give mere sikre støjberegninger og gøre markedet mere overskueligt, således at man ved planlægning nemmere kan vælge en støjsvag vindmølle. Støj bliver en konkurrenceparameter.
- Indførelse af en 35dB(A)-grænse om natten (22-07) for vindmøller. Dette vil sikre vindmøllenaboerne de samme støjrettigheder om natten som andre danske medborgere. Det vil uden tvivl løse en stor del af de problemer, der er med søvnforstyrrelser.
- Ændring af de danske kontrolmålingsmetoder for lavfrekvent støj til en metode, der ikke underestimerer støjen. Det kunne f.eks. være den svenske kontrolmålingsmetode.
- Undersøgelse af om vindmøller støjer mere om natten, jf. "*van den Berg-effekten*". Gør de det bør der indregnes en sikkerhedsmargin for dette.
- Gennemførelse af en landsdækkende epidemiologisk og klinisk undersøgelse (med inkludering af søvnlaboratorie-undersøgelser) ledet af uvildige forskere med en lægefaglig tilgang – i samarbejde med uvildige eksperter indenfor akustik og psykoakustik. Målet er at belyse sammenhængen mellem vindmøllestøj, lavfrekvent støj og helbredseffekter.

*Med venlig hilsen*

Boye Jensen, formand for "Landsforeningen Naboer til Kæmpevindmøller"

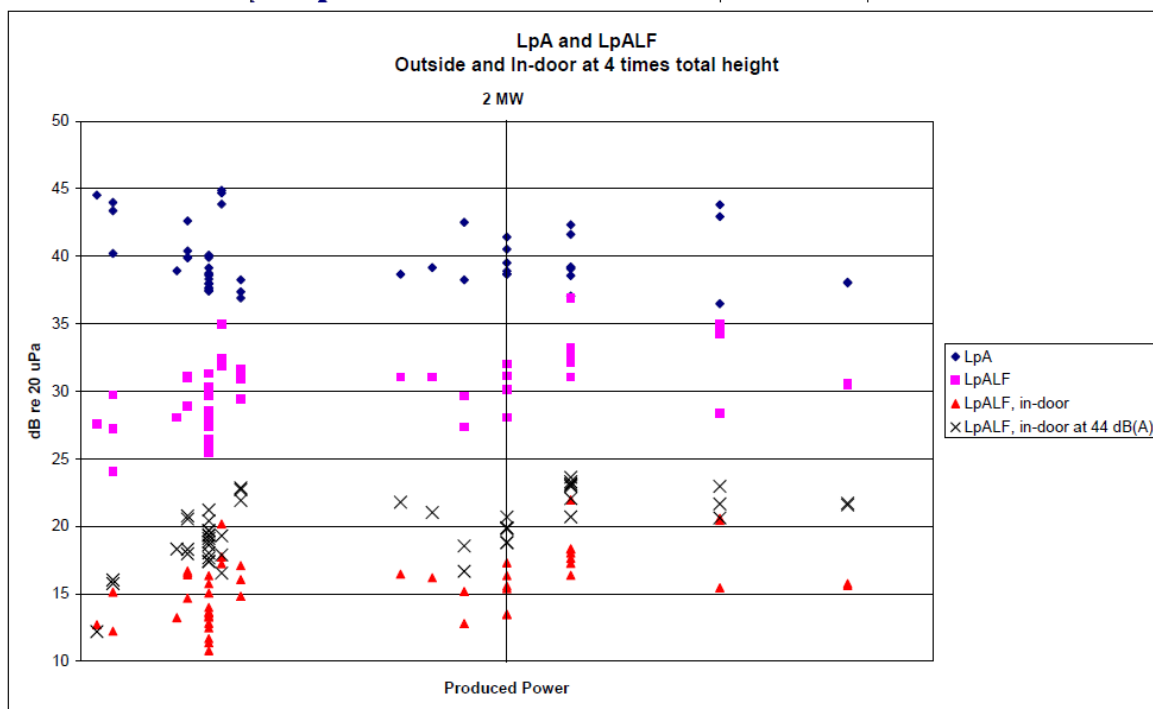
Susanne Jensen, næstformand for "Landsforeningen Naboer til Kæmpevindmøller"

Mauri Johansson, medlem, speciallæge i samfundsmedicin & arbejdsmedicin, MHH

Christian Buhl, medlem, læge og phd-studerende



**BILAG 1**



Dansk Vindkraftkonference 22.-23. maj 2008



Figur 1. Alle X'er over 20dB(A) markerer overtrådt grænseværdi på trods af, at det almindelige støjkrav på 44dB(A) og afstandskravet på 4 gange totalhøjde er overholdt. Data fra Delta 2008.

	L <sub>pA</sub> Outside	L <sub>pALF</sub> Outside	L <sub>pALF</sub> Inside
< 200	44.0	29.0	14.3
200 - 1000	44.0	34.6	20.3
1000 - 2000	44.0	34.9	20.5
>2000 (project)	44.0	37.8	23.7

**Table 3**

Values from Table 2 recalculated for a wind farm situation with 44 dB(A) outside the residence.

Figur 2. Tabel fra Delta rapport AV140/08. Det fremgår, at vindmøller >2Mw udsender mere lavfrekvent støj indendørs (LpALF) end små vindmøller. Grænseværdien på 20dB(A) er også overtrådt.

BILAG 2

MILJØ- OG ENERGI-  
MINISTERIET  
DEPARTEMENTET

7. kontor MST  
J.nr. M 4034-0083  
Ref. KAA

17. november 1994

Miljøministerens besvarelse af spørgsmål nr. 12 (alm. del -  
bilag 17) stillet af Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg

Spørgsmål :

Vil ministeren redegøre for ministeriets initiativer for at tilse, at amterne lever op til deres ansvar for at sikre, at borgere i boligområder ikke forstyrres af støj op over 40 dB(A) fra vindmøller ?

Svar:

Jeg har ikke gennem de henvendelser, der indkommer til ministeriet vedrørende vindmøller, indtrykket af, at amterne forsømmer deres tilsynspligt. Klager over amtsafgørelser i forbindelse med vindmøller er ret beskedne i antal.

Amterne skal ikke gribe ind overfor møllestøj, før overskridelsen af den gældende støjgrænse er mere end 2-3 dB (A), idet man da først med sikkerhed ved, at der sker en overskridelse. Det skyldes måleusikkerhed.

Tilsvarende skal amterne sikre sig ved en mølleanmeldelse, at det forventede støjbidrag fra møllen ved nærmeste nabo er 2-3 dB (A) under den gældende støjgrænse, idet man da først med sikkerhed ved, at der ikke sker en overskridelse.

Denne fortolkning af støjgrænsen skal fremhæves i den kommende revision af bkg. om møllestøj, der p.t. afventer en større rapport fra Delta Akustik og Vibration om møllestøj og naboskab. Et udkast til bekendtgørelse forventes udsendt til høring i løbet af 1995.

Figur 3. Svar fra Svend Auken til Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg.

## BILAG 3

### UBESTEMTHED VED STØJMÅLINGER

Orientering nr. 16

Jørgen Kragh/JJ/BP/bm

1991-12-18

UBESTEMTHEDEN ER LIGE SÅ VIGTIG  
SOM RESULTATET AF EN STØJMÅLING

- Ubestemtheden bruges i myndighedernes sagsbehandling
- Ubestemtheden skal helst være under 3 dB
- Der må ikke være forretning i store ubestemtheder
- Ubestemtheden ved støjberegning er lidt anderledes end ved måling
- Baggrundsstøj giver også ubestemthed

Figur 4. Forside i Miljøstyrelsens orientering nr.16.

Målet med dette nummer af "Orientering fra Referencelaboratoriet" er at fortælle, at ubestemtheden er meget vigtig for sagsbehandlingen. Det giver en oversigt over, hvad der står i de nævnte vejledninger, og tilføjer lidt nyt om ubestemtheden. Forhåbentlig kan denne orientering medvirke til, at behandlingen af støjsager bliver mere saglig og ensartet end før.

#### Ubestemthed i sagsbehandlingen

I Miljøstyrelsens vejledninger nr. 5 og 6 fra 1984 bruges ubestemtheden som følger:

- Når måleværdien minus ubestemtheden er højere end en grænseværdi, er den med sikkerhed overskredet.
- Når måleværdien plus ubestemtheden er lavere end en grænseværdi, er den med sikkerhed overholdt.
- Når måleværdien ligger imellem disse to værdier, kan man ikke med sikkerhed sige, om grænseværdien er overholdt eller overskredet.

Figur 5. Om formålet med orientering nr. 16 samt definition af, hvornår en grænseværdi med sikkerhed er overholdt.

**BILAG 4**

**TECHNICAL SPECIFICATION IEC TS 61400-14**

First edition  
2005-03

**Wind turbines –**

**Part 14:  
Declaration of apparent sound  
power level and tonality values**

Figur 6. Forsiden til de internationale IEC TS 61400-14 støjstandarder i forhold til vindmøller.

The declared apparent sound power level is calculated from

$$L_{Wd} = \bar{L}_W + K = \bar{L}_W + 1,645 \sigma \quad (6)$$

The apparent sound power level shall be declared by dual-number noise emission values reporting both  $\bar{L}_W$  and  $K$ .  $K$  represents a certain confidence level and  $K = 1,645 \sigma$  reflects a probability of 5 % that an apparent sound power level measurement result made according to IEC 61400-11 performed at a turbine of the batch exceeds the declared value.

Figur 7. Formel, der tager højde for den interindividuelle støjvariation fra vindmølle til vindmølle af samme model og fabrikat. Miljøstyrelsen kræver ikke denne standard overholdt for de kildestyrketal vindmølleproducenterne leverer til støjberegningerne. Således fare for underestimering af det sande støjniveau ved projekterings-beregningerne.

## BILAG 5

### 4.2 Variation mellem møller

Hvert datapunkt i Figur 13 er baseret på målinger på en enkelt mølle. For at tage højde for variationer mellem forskellige eksemplarer af samme møllemodel, bør der anvendes et højere lydeffektniveau ved projektplanlægning. Ifølge IEC TS 61400-14 [68], skal fabrikanterne specificere værdier, som er 1,645 gange standardafvigelsen mellem møller højere end middelværdien af møller af den givne model. Denne værdi svarer til den øvre grænse på et 90 % konfidensinterval, hvilket betyder, at sandsynligheden er 5 %, for at en tilfældig mølle af den aktuelle model udsender mere støj end den specificerede værdi.

Størrelsen af denne sikkerhedsmargin afhænger således af variationen mellem møller af den aktuelle model. I Figur 13 er standardafvigelserne for møller af samme størrelse og fabrikat i området 1,6-3,5 dB, når der ses bort møllestørrelser, der omfatter gentagne målinger på en eller flere fysiske vindmøller. Da standardafvigelsen skal ganges med 1,645, bliver det typisk til en margin på adskillige decibel.

Broneske [69] påpegede, at mølleproducenterne ofte specificerer værdier, som ikke har den sikkerhedsmargin, der er angivet i IEC TS 61400-14. Forfatterne af denne rapport har også det indtryk, at minimumsafstande til boliger ofte beregnes ud fra støjdata, der mangler en passende sikkerhedsmargin. Brug af data uden sikkerhedsmargin som for eksempel middelværdier for en given møllemodel, målinger fra en enkelt mølle, eller 'bedste gæt' for fremtidens vindmøller giver i princippet en sandsynlighed på 50 %, for at den/de faktisk opførte vindmølle(r) vil udsende mere støj end antaget, og at støjgrænserne vil blive overskredet, hvis projektet er planlagt lige til grænsen.

Figur 8. Udklip fra "Lavfrekvent støj fra store vindmøller" af Henrik Møller & Christian S. Pedersen, Ålborg Universitet, juni 2010.

## BILAG 6

### NOISE FROM WIND TURBINES STANDARDS AND NOISE REDUCTION PROCEDURES

PACS Reference: 43.50.Rq

Helmut Klug

DEWI (German Windenergy Institute)

Ebertstrasse 96,26382 Wilhelmshaven, Germany; Tel.: ++49442148080,e-mail:h.klug@dewi.de

#### 1.2 DECLARATION OF SOUND POWER LEVEL AND TONALITY VALUES OF WIND TURBINES

Information on the sound power level and tonality of wind turbines is needed by planners, manufacturers and authorities. At present wind turbine noise specifications tend to be based on measurement results from a single turbine of a particular make and model and these are then taken to be representative of these turbines as a whole. Clearly this is unlikely to be the case, as there will be individual variation between different turbines. The intention of this document is to determine declared noise emission values from a sample of turbines of the same type. The declaration will increase the reliability of wind farm planning and shall facilitate the comparison of sound power levels and tonality values of different types of wind turbines.

The documents IEC 61400-14 (IEC 88/161/CD) and prEN 50376 give guidelines for declaring the apparent sound power level and tonality of a batch of wind turbines.

The declared sound power level is calculated from:

$$L_{WD} = \bar{L}_W + K = \bar{L}_W + 1.645\sigma$$

The sound power level shall be declared by dual-number noise emission values reporting both

$\bar{L}_w$  and  $K$ .  $K$  represents a certain confidence level and  $K = 1.645 \sigma$  reflects a probability of 5% that a sound power level measurement result made according to IEC 61400-11 performed at a turbine of the batch exceeds the declared value.

Figur 9. Uddrag fra abstract præsenteret ved Forum Acusticum 2002, 16 - 20 September 2002, Sevilla, Spain.

**BILAG 7**

Lovgivning	Tidsrum Områdetype (faktisk anvendelse)	Hverdage	Hverdage	Alle dage
		7-18 og lørdage 7-14	18-22, lørdage 14-22 og søndage 7-22	
Miljøstyrelsens vejledning 5/1984 om ekstern støj fra virksomheder <sup>[1]</sup>	Boligområder for åben og lav boligbebyggelse	45	40	35
	Sommerhusområder og offentligt tilgængelige rekreative områder. Særlige naturområder	40	35	35
"Støj og lugt fra restaurationer", Vejl. nr. 3, 1982, Miljøstyrelsen <sup>[2]</sup>	Boligområder for åben og lav boligbebyggelse	45	40	35
	Sommerhusområder	40	35	35
Bekendtgørelse om støj fra vindmøller <sup>[3]</sup>	Nabobeboelse i det åbne land 6 m/s / 8 m/s beregnet	42 / 44	42 / 44	42 / 44
	Støjfølsomt arealanvendelse 6 m/s / 8 m/s beregnet	37 / 39	37 / 39	37 / 39

Tabel 4.  
Grænseværdier for støjbelastning dB(A) - udendørs.

Figur 10. Viser at støjgrænserne for vindmøller IKKE indeholder nogen differentiering fra dag til nat.

## Riktvärden för ljud från vindkraft

Vid bostäder bör ljudnivån inte var högre än 40 dB(A). I friluftsområden och i områden med lågt bakgrundsljud bör den inte överstiga 35 dB(A). Om vindkraftverket ger ifrån sig så kallade rena toner bör ljudnivån vara 5 dB lägre. Riktvärdena avser ljudnivån från såväl den planerade anläggningen som närliggande befintliga vindkraftsanläggningar. Studier av ljud och störningar har gjorts, bland annat vid Göteborgs universitet.

Figur 11. Tekst fra Naturvårdsverket (Sverige). 40dB(A)-grænse for vindmøller ved boliger og 35dB(A) i områder med lav niveau af baggrundsstøj. <http://www.naturvardsverket.se/en/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Buller/Vindkraft/Riktvarder-for-ljud-fran-vindkraft/>



**BILAG 8**

**Indoor Measurements of Noise at Low Frequencies - Problems and Solutions** **BIL**

by

**Steffen Pedersen, Henrik Møller and Kerstin Persson Waye**

reprinted from

**Journal of**  
**LOW FREQUENCY**  
**NOISE, VIBRATION**  
**AND ACTIVE CONTROL**

VOLUME 26 NUMBER 4 2007

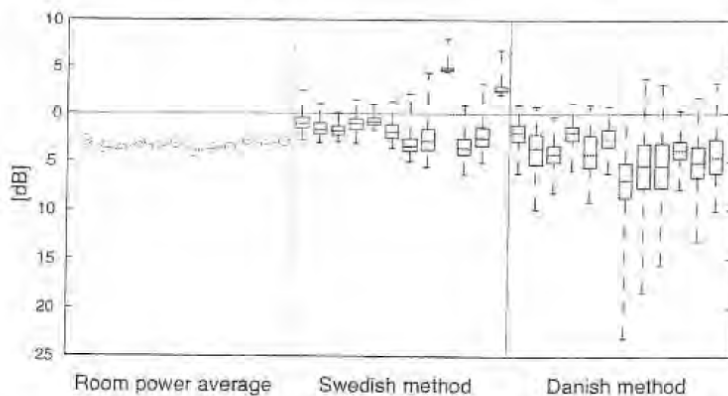


Figure 18

Summary of results given relative to the  $L_{10}$  target for each room and signal: Room power average, Swedish method (range, quartiles, median), Danish method (range, quartiles, median). For each method, results are ordered by signal (31.5/33 Hz tone, 31.5 Hz third-octave noise, 125 Hz tone, 125 Hz third-octave noise - separated by dashed lines) and for each signal by room (office, living room, bedroom).

Figur 12. Figur fra videnskabelig artikel 2007. Viser at den danske kontrolmålingsmetode for lavfrekvent støj klart undervurderer støjniveauet. Den svenske metode har væsentligt mindre usikkerhed.



## BILAG 9

# Effects of the wind profile at night on wind turbine sound

G.P. van den Berg\*

*Science Shop for Physics, University of Groningen, Nijenborgh 4, 9747 AG Groningen, Netherlands*

Received 22 January 2003; accepted 22 September 2003

---

### Abstract

Since the start of the operation of a 30 MW, 17 turbine wind park, residents living 500 m and more from the park have reacted strongly to the noise; residents up to 1900 m distance expressed annoyance. To assess actual sound immission, long term measurements (a total of over 400 night hours in 4 months) have been performed at 400 and 1500 m from the park. In the original sound assessment a fixed relation between wind speed at reference height (10 m) and hub height (98 m) had been used. However, measurements show that the wind speed at hub height at night is up to 2.6 times higher than expected, causing a higher rotational speed of the wind turbines and consequentially up to 15 dB higher sound levels, relative to the same reference wind speed in daytime. Moreover, especially at high rotational speeds the turbines produce a 'thumping', impulsive sound, increasing annoyance further. It is concluded that prediction of noise immission at night from (tall) wind turbines is underestimated when measurement data are used (implicitly) assuming a wind profile valid in daytime.

© 2003 Elsevier Ltd. All rights reserved.

---

Figur 13. Uddrag fra artikel om natstøj af Van den Berg (2003), hvor der findes op til 15dB højere støjniveauer om natten end om dagen pga. ændringer i meteorologiske forhold.

**BILAG 10**

# Perception and annoyance due to wind turbine noise—a dose–response relationship

Eja Pedersen<sup>a)</sup> and Kerstin Persson Waye

*Department of Environmental Medicine, Göteborg University, P.O. Box 414, SE-405 30 Göteborg, Sweden*

(Received 14 November 2003; revised 1 September 2004; accepted 18 September 2004)

TABLE V. Perception and annoyance outdoors from wind turbine noise related to sound exposure.

	<30.0 <i>n</i> =12 %(95%CI)	30.0–32.5 <i>n</i> =70 %(95%CI)	32.5–35.0 <i>n</i> =132 %(95%CI)	35.0–37.5 <i>n</i> =62 %(95%CI)	37.5–40.0 <i>n</i> =40 %(95%CI)	>40.0 <i>n</i> =25 %(95%CI)
Do not notice	75 (51–100)	61(50–73)	38(30–46)	15(3–23)	15(4–26)	4(19–57)
Notice, but not annoyed	25(1–50)	24(14–34)	28(20–36)	47(34–59)	35(20–50)	40(19–57)
Slightly annoyed	0	14(6–22)	17(10–23)	26(15–37)	23(10–35)	12(19–57)
Rather annoyed	0	0	10(5–15)	6(0–13)	8(–1–16)	8(19–57)
Very annoyed	0	0	8(3–12)	6(0–13)	20(8–32)	36(17–55)

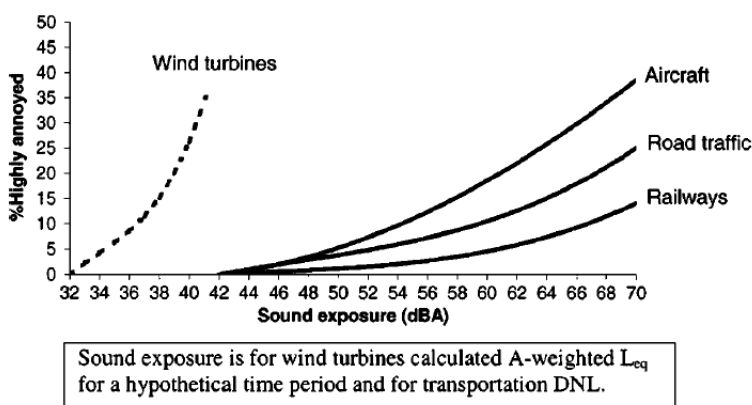


FIG. 3. A comparison between the dose–response relationship for transportation noise estimated by third order polynomials suggested by Miedema and Oudshoorn (2001) and wind turbine noise (dotted line). The latter ( $\%HA = 4.38 \cdot 10^{-2} (LEQ - 32)^3 - 2.413 \cdot 10^{-1} (LEQ - 32)^2 + 2.4073 (LEQ - 32)$ ) were derived using regression based on five points interpolated from sound categories used in this study and the assumption that “very annoyed” in this study equals “highly annoyed” (Miedema and Voss, 1998).

Figur 14. Udklip fra Eja Pedersens originalartikel om vindmøllestøj og genevirkninger. Møllerne studeret var på 0.6MW.

Regarding sleep disturbance, 23% (*n*=80, 95%CI: 18%–27%) of respondents stated that they were disturbed in their sleep by noise. Several sources of sleep disturbance, such as road traffic, rail traffic, neighbors, and wind turbines, were reported in an open question. At lower sound categories, no respondents were disturbed in their sleep by wind turbine noise, but 16% (*n*=20, 95%CI: 11%–20%) of the 128 respondents living at sound exposure above 35.0 dBA stated that they were disturbed in their sleep by wind turbine noise. Of those, all except two slept with an open window in the summer.

Figur 15. 16% af de naboer, som oplevede en støjbelastning på >35dB(A), indrapporterede søvnforstyrrelser som følge af vindmøllestøj.