

# WINDMOLENPARKEN EEN BEDREIGING VOOR ONZE GEZONDHEID?

Marc Goethals

OLV CARDIOVASCULAIR CENTRUM

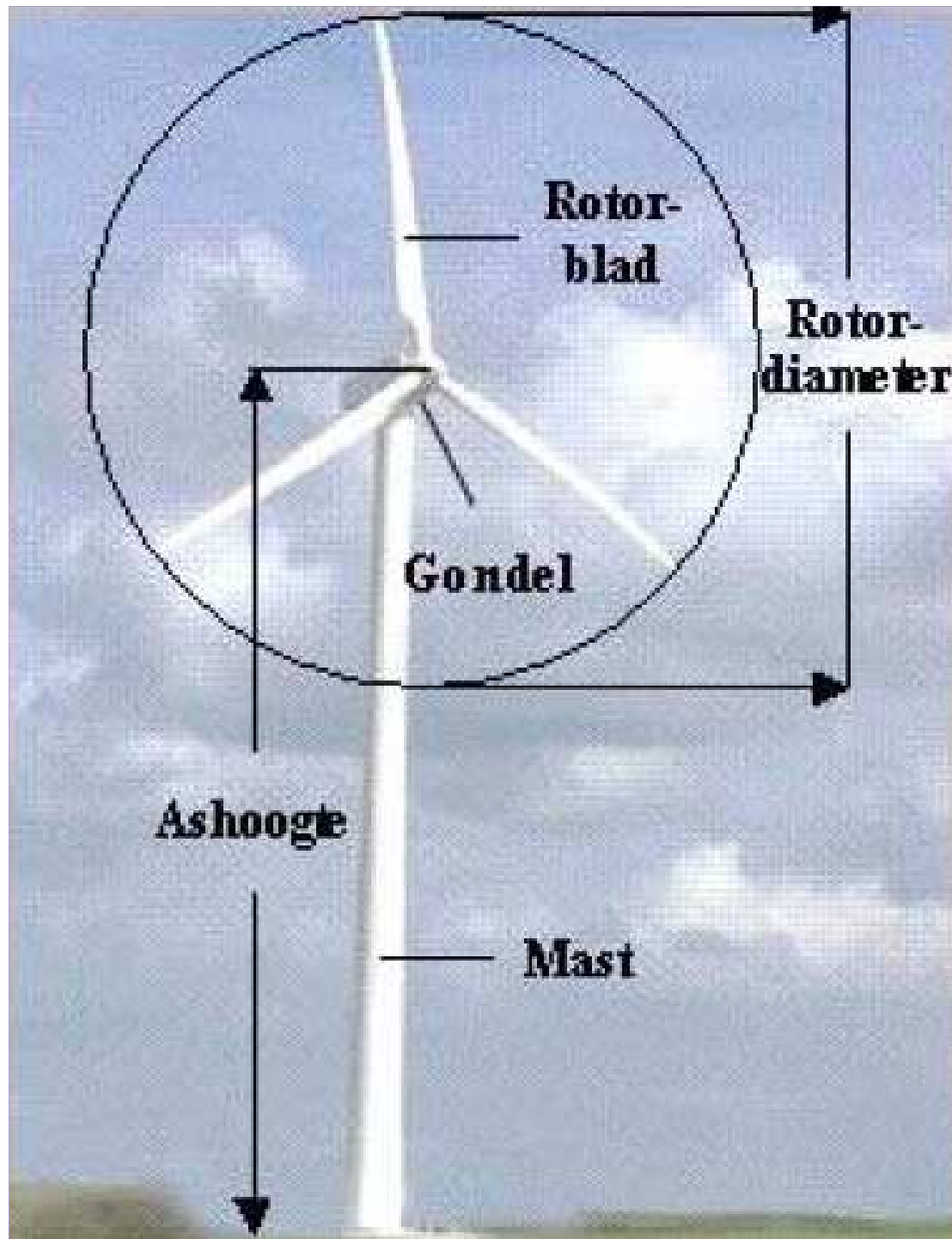
PUURS 11 juni 2012



# De vraag naar energie stijgt

- Klimaat opwarming
- Gezondheidsrisico's van
  - Energieopwekking op basis van fossiele brandstoffen
  - KERN energie
  - ...
- **DUURZAME ENERGIE!**





VERMOGEN: 100 kW tot 3 MW  
(in toekomst 4.5 tot 5 MW)  
Masthoogte 80-100 m (120m?)  
Wiek of rotorblad 30-50 m

# De weerstand van de omwonenden?

- Niet in mijn achtertuin (NIMBY)?
- Of objectief te verantwoorden?
- Zijn er gezondheidsrisico's?
- Meer geluidshinder indien men de windmolens kan zien staan
- Minder geluidshinder als men er economisch voordeel van heeft

# Wat is gezondheid?

*‘Gezondheid’ vergt een  
toestand van volledig:*

- fysisch*
- mentaal en*
- sociaal welzijn*

*En moet dus veel ruimer gezien  
worden dan de afwezigheid van  
ziekte*

WHO CONSTITUTION 1948



# Invloed van windturbines op omwonenden

- Visuele aspecten
- Veiligheidsrisico's
- Geluidshinder

# Visuele aspecten

- Zeer grote objecten verstoren het landschap
- Beweging trekt de aandacht
- Slagschaduw (flikkering)
  - Meer binnenshuis (lezen!)
  - Maximum bij 2.5-14 x/sec (modern WM rotorsnelheid meestal  $> 20/\text{min}$ , dus flikkering  $> 60/\text{min}$  of  $1/\text{sec}$ )
  - Minimum afstand tot de bewoning  $> 12 \times$  rotor diameter (NL)
- (Lichtschittering  $>$  antireflectielaag)



# Visuele aspecten (< 2.5 km van windmolenpark)

- 68% kon een of meer windturbines zien vanuit huis.
- 57% vond dat (door de windturbines) het uitzicht vanuit hun huis veranderd was.
- 27% vond het uitzicht op de windturbines enigszins tot erg hinderlijk.
- 52% merkte, vanuit huis, de *beweging* van de wieken op.
- 19% vond die beweging enigszins tot erg hinderlijk.

# Veiligheid

- Vallend ijs en brokstukken
- Breuk van de mast
- Breuk van de wieken
- De gondel of rotor valt naar beneden..
- Veiligheidsrisico reikt tot 500 m (slingerbeweging) maar is extreem beperkt
- Risico +/- 1 per 500 turbinejaren

# Geluidshinder (lawaai) van windturbines

- Bij oudere types in de gondel (raderwerk)
- De rotorbladen of wieken:
  - Ruisend en fluctuerend, ‘zoeven’, ‘zwiepen’
  - Vooral windafwaarts
  - Afhankelijk van de snelheid van de wieken: geluidssterkte varieert met het ritme van de ronddraaiende wieken
  - Ook door weerkaatsingen met de mast
  - Interactie met het relief zorgt voor verrassingen!

# Wat is lawaai?

- Hinderlijk geluid ('unwanted sound')
- Lawaai/geluid veroorzaakt gehoorschade en op de werkvloer hypertensie
- 's Nachts: slaapverstoring
- Overdag:
  - hinder ('annoyance') en
  - verstoring van de communicatie
    - Kennis overdracht (onderwijs)
    - Veiligheid
- Lawaai maakt dus ziek!

# Wat verstaan we onder 'omgevingslawaai'?

- Lawaai van alle aard behalve lawaai op de werkvloer
- Bronnen:
  - Verkeer (vlieg-, weg-, treinverkeer)
  - Industrie
  - Bouw
  - Burenlawaai
  - Scholen en speelpleinen
  - Massa events (sport, discotheek)
  - Windmolens,
  - ...



Het probleem is niet nieuw.....

*'...In ancient Rome, rules existed as to the noise of ironed wheels of wagons which battered the stones of the pavement, causing disruption of sleep and annoyance to the Romans...'*

WHO Report on Noise, 1999



# Omgevingslawaai en gezondheid

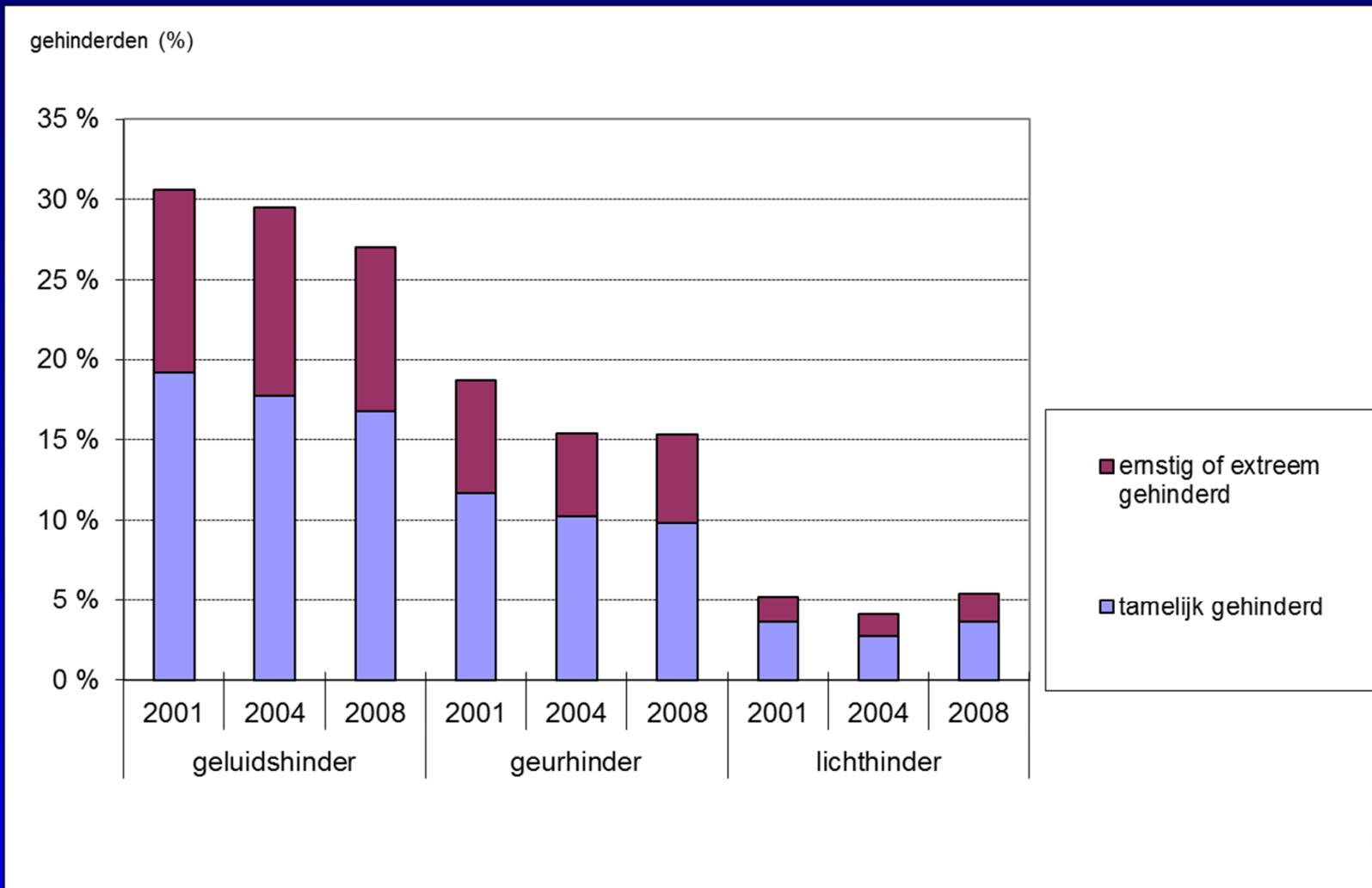
- Slaapverstoring
- Annoyance
- Verstoren van communicatie  
(spraakverstaanbaarheid, veiligheid,..)
- Cardiovasculaire en psychofysiologische gevolgen
- Invloed op gedrag, productiviteit, sociaal functioneren
- Gehoorstoornissen

# Wat is 'annoyance' (hinder)?

- '... een gevoel van ongenoegen, ergernis tov een gebeuren waarvan het individu of een groep weet of gelooft dat het nadelig voor hem/hen is..'
- '...daarnaast ook gevoelens van ontgoocheling, hulpeloosheid, depressie, angst, woede, depressie, agitatie, uitputting,...



# De omvang van 'lawaaihinder' in Vlaanderen (MIRA)



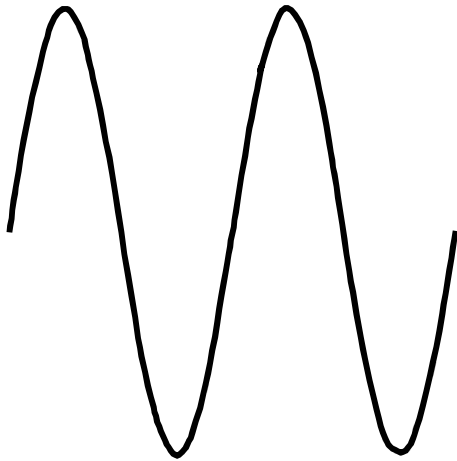
## In de EU (27) ...

- Wordt **44% van de bevolking** ( $210 \cdot 10^6$ ) blootgesteld aan een schadelijk (WHO) niveau van verkeerslawaai ( $L_{\text{day}} > 55$  dB)
- Ontwikkelen **245 000 mensen per jaar** een ischemische hart aandoening ~ verkeerslawaai
- **Worden 50 000 mensen per jaar slachtoffer van een fatale hartaanval ~ verkeerslawaai**

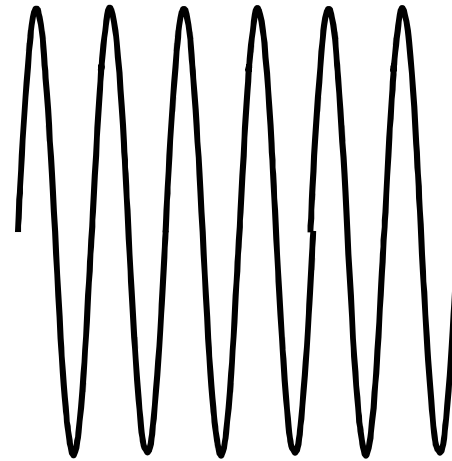
# Kenmerken van lawaai

- De frequentie samenstelling
- De geluidsintensiteit (dB)
- Continu of intermitterend lawaai
- Het aantal van de lawaaipieken
- Het verschil in intensiteit tov het (maskerende) achtergrondlawaai

# Wat is Geluid (Sound)?



Laagfrequent geluid,  
grote golflengtes



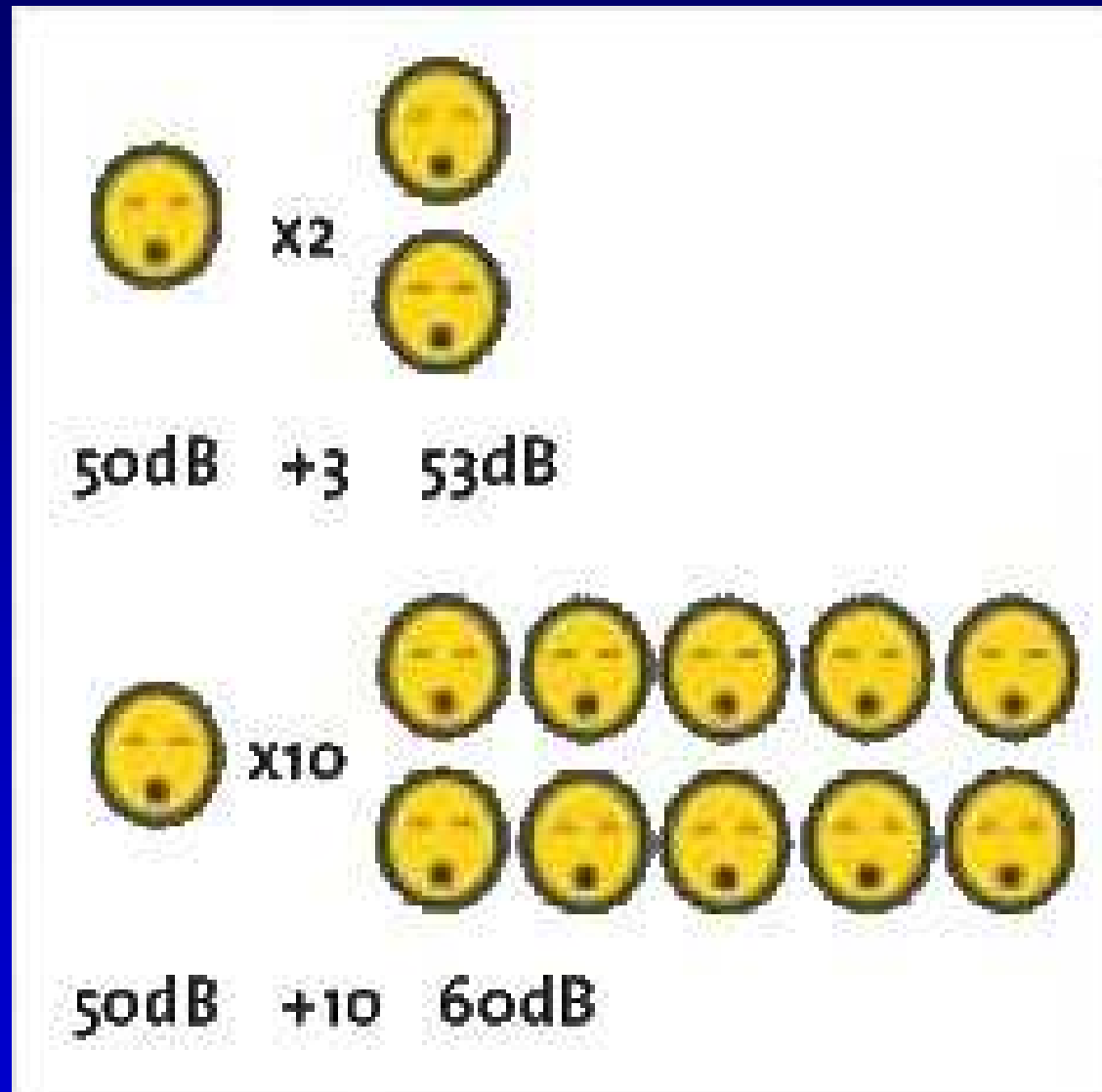
Hoogfrequent geluid,  
kleine golflengtes

Hoorbaar (Audible) frequentiegebied tussen 20 en 20 000 Hz

# Hoe wordt geluidsterkte gemeten?

- Geluidsterkte wordt uitgedrukt in decibels (dB) op een logaritmische schaal
- Het is de verhouding van de geluidsterkte tot die van een referentiesignaal (een signaal dat net hoorbaar is bij 1000 Hz)
- dB kunnen niet rekenkundig worden opgeteld: elke 3 dB toename betekent een verdubbeling van de geluidsterkte:  $80 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 83 \text{ dB}$

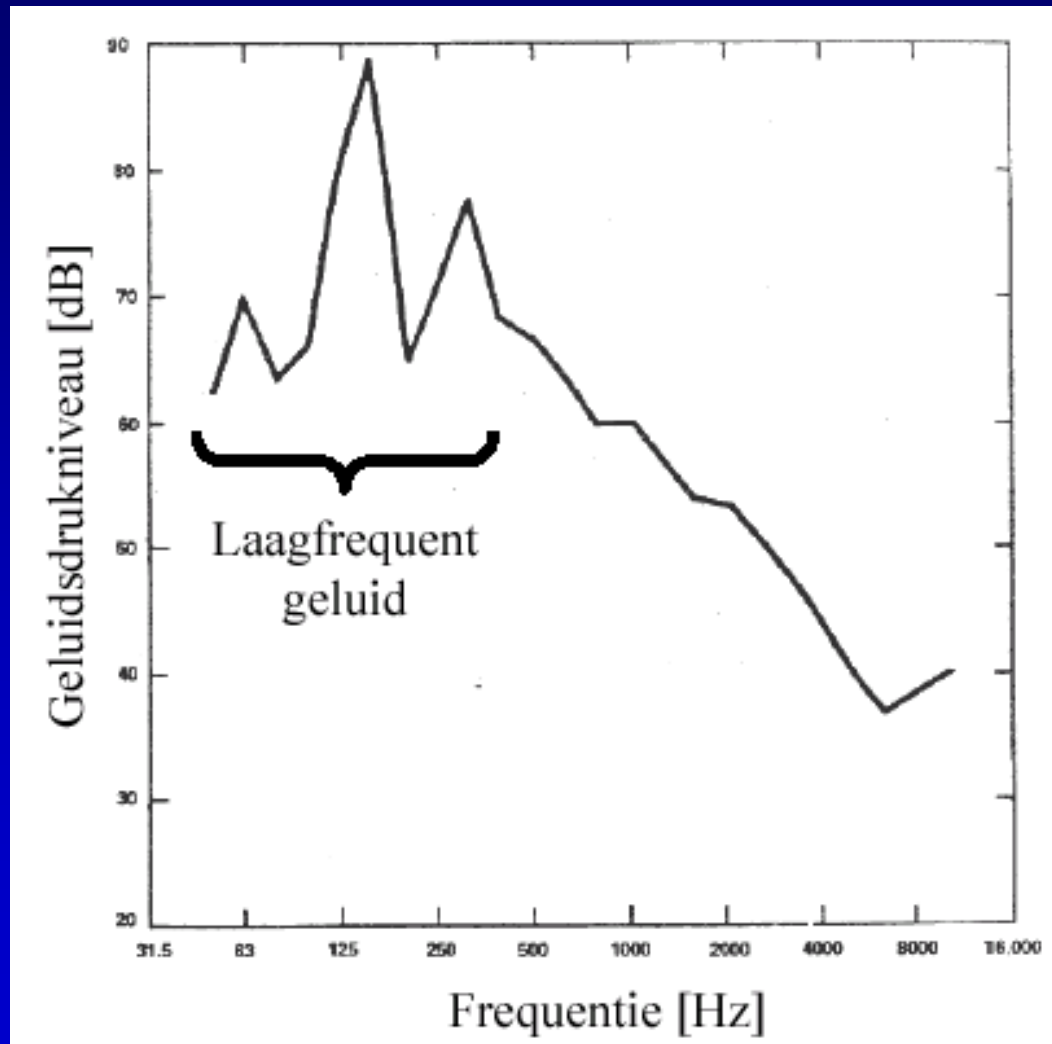
# dB: een logaritmische schaal!



# 'Common Sounds' in dB

Lawnmower, Food Blender	85-90
Recreational Vehicles, TV	70-90
Diesel Truck (40 mph, 50 ft.)	84
Average City Traffic	80
Garbage Disposal	78
Washing Machine	75
Dishwasher	70
Vacuum Cleaner, Hair Dryer	70
Normal Conversation	50-65
Quiet Office	50-60
Refrigerator Humming	40
Whisper	30
Broadcasting Studio	30
Rustling Leaves	20

# Frequentie samenstelling van vliegtuiglawaai



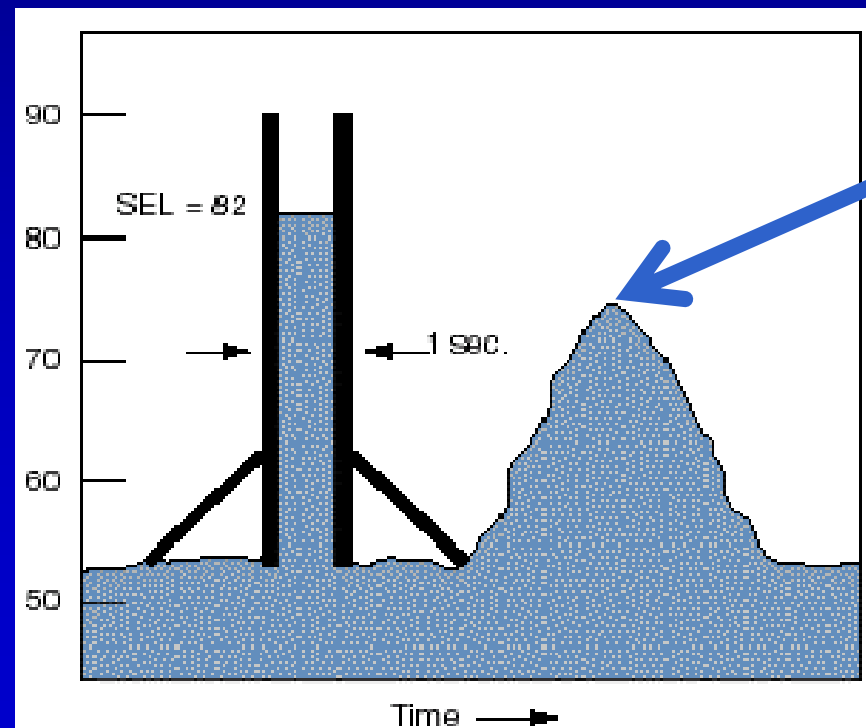
**dBA**: A gewogen  
of gefilterde  
geluidssterkte

Spraakzone: 750 – 1500 Hz, hoorbaar 20 – 20 000 Hz



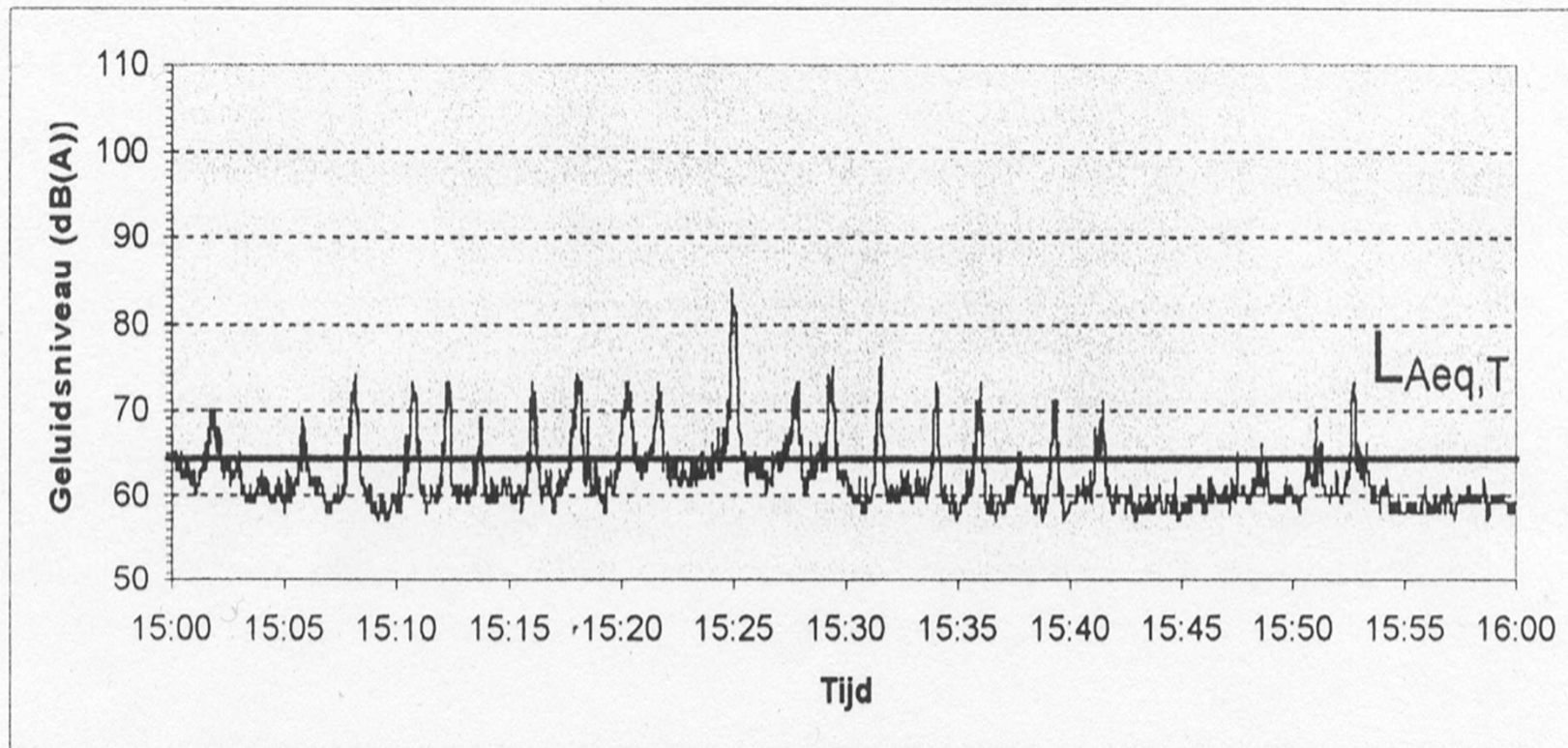
# LAmax en SEL

- **LAmax**: hoogste geluidsniveau gedurende een geluidsgebeurtenis, in dB(A), met een tijdsconstante van één seconde.
- **SEL (Sound Exposure Level)**: geeft het niveau weer van een lawaaigebeuren dat één seconde lang duurt en dat dezelfde energetische inhoud heeft als de originele gebeurtenis



LAmax

# A-gewogen equivalente geluidsdrukniveau ( $L_{Aeq,T}$ )



Figuur 1 *Voorstelling van het A-gewogen equivalente geluidsdrukniveau ( $L_{Aeq,T}$ )*

# A-gewogen equivalente geluidsdrukkniveau ( $L_{Aeq,T}$ )

- Nacht:  $L_{Aeq,23-7u}$  ( $= L_{night}$ )
- Dag:  $L_{Aeq,7-23u}$
- $L_{DEN}$ : gewogen voor avond (+ 5 dB) en nacht (+ 10 dB)

# De EU dosis-effect relatie voor Lden versus hinder (annoyance)

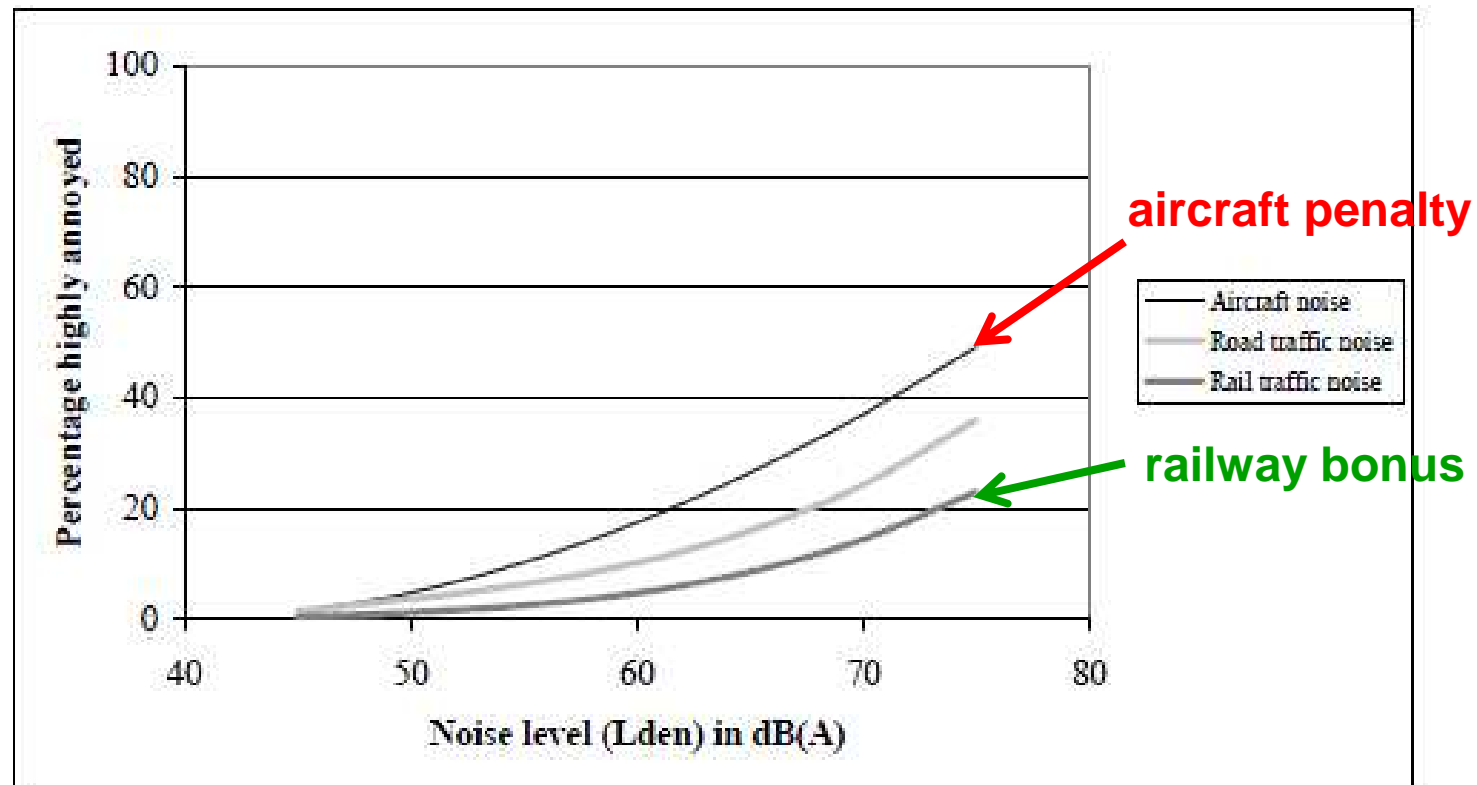
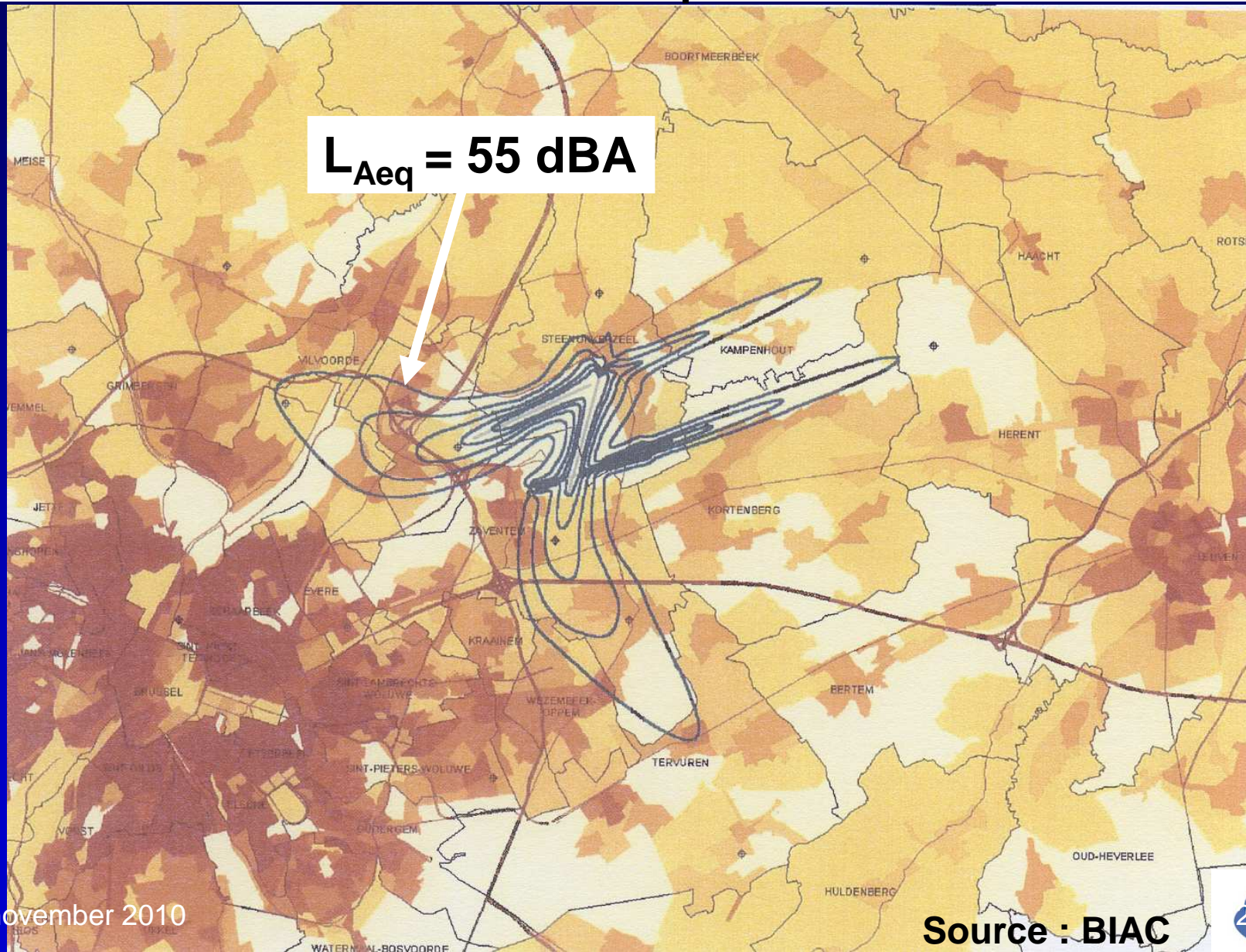


Figure 3. Exposure-effect-relationships for the association between noise (expressed as  $L_{den}$ ) from different sources and annoyance derived by Miedema and Oudshoorn (2001).

# Noise Contour Map : $L_{Aeq}$ 23-06h 55 dBA: 2000



8 november 2010

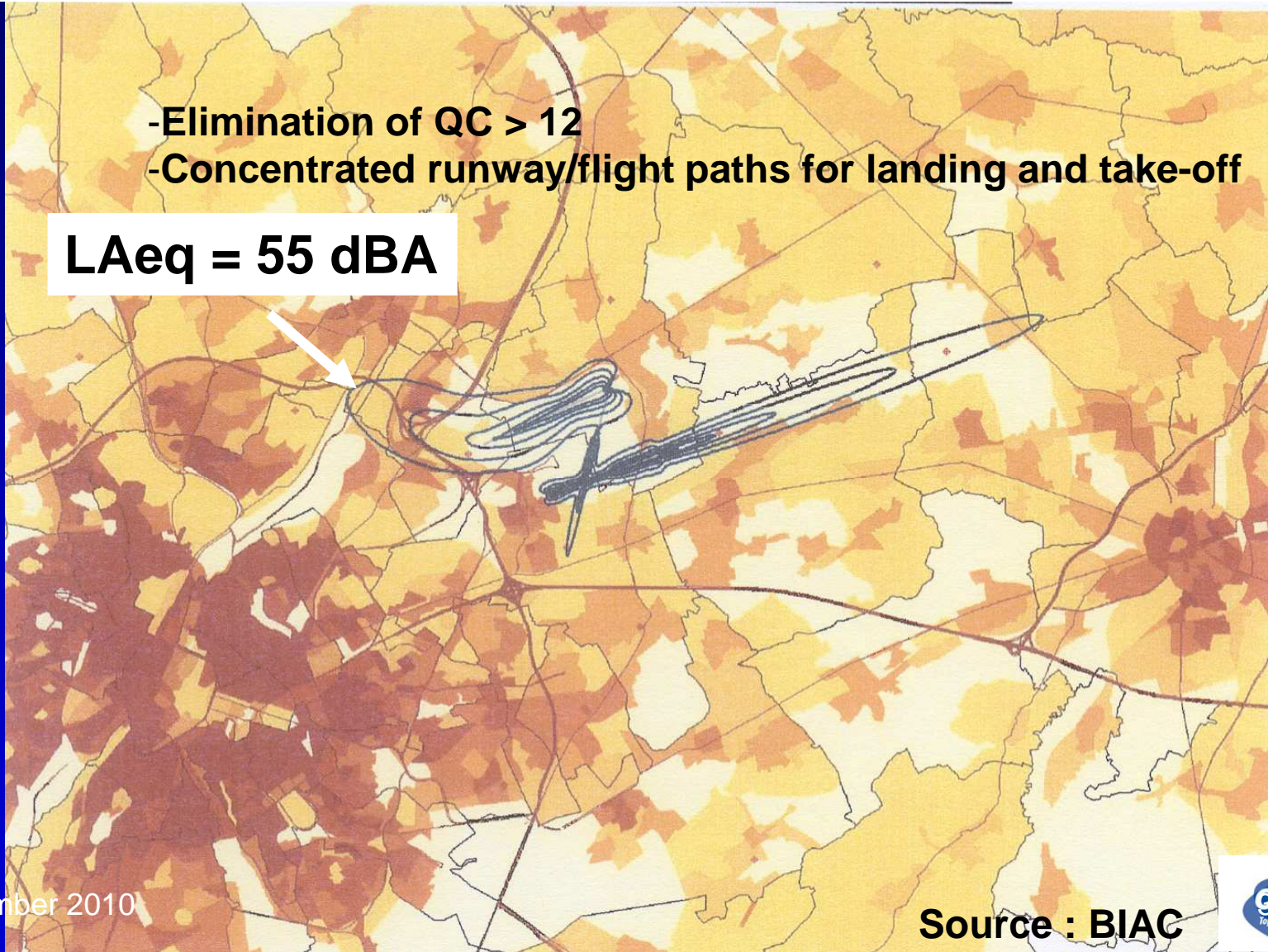
Source : BIAC



# Predicted Noise Contour Map : LAeq 23-06h 55 dBA: 2003

- Elimination of QC > 12
- Concentrated runway/flight paths for landing and take-off

LAeq = 55 dBA



8 november 2010

Source : BIAC



# Trading of one B727 for more silent aircraft

95 dBA<sup>1</sup>

92 + 92 dBA

89 + 89 + 89 + 89 dBA

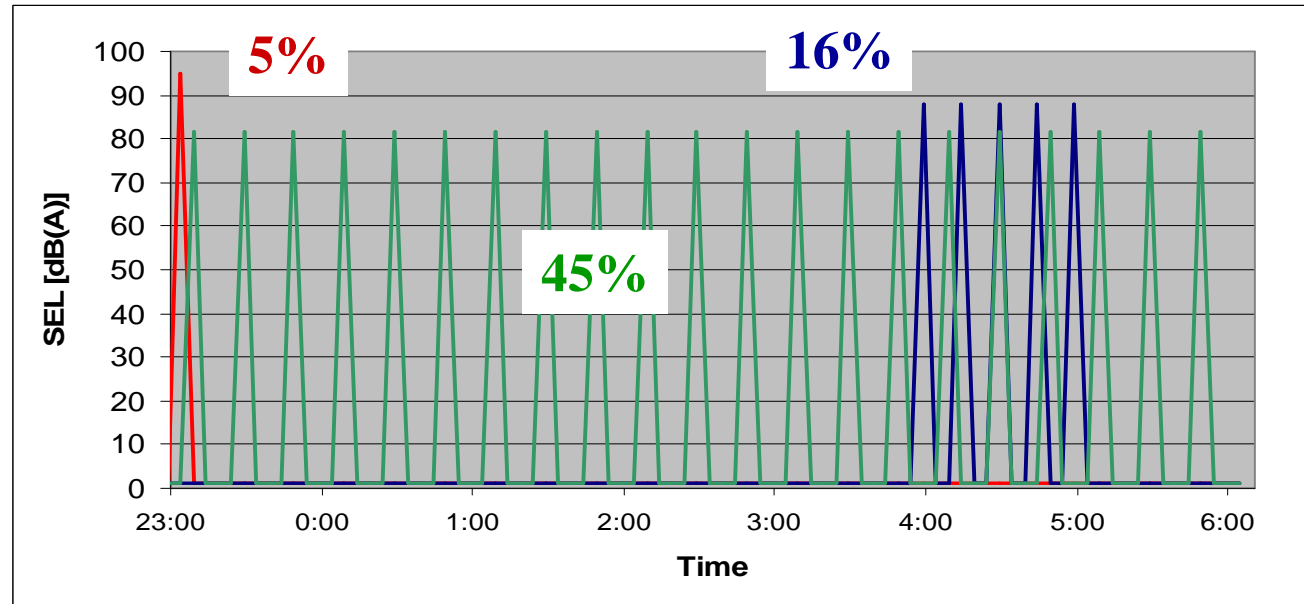
86 + 86 + 86 + 86 + 86 + 86 + 86 + 86 dBA

83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 + 83 dBA

Identical  $L_{Aeq,23-06h}$  : how do **YOU** sleep best?

1 : WHO guideline at outside facade = 60 dBA  $L_{Amax}$

# Different Noise Patterns with Identical $L_{Aeq,23-06h} = 51$ dBA (outside)



	Scenario 1 (red)	Scenario 2 (blue)	Scenario 3 (green)
Number of events	1	5	21
LAeq	51 dB(A)	51 dB(A)	51 dB(A)
Probability of awakening	1 night on 20	1 night on 6	1 night on 2
Probability of sleep disturbance	1 night on 3	once per night	4 times per night

Calculations assume an open window, 15 dB noise reduction.

Nederlandse Gezondheidsraad 1997: % awakening =  $0.0018 \times (\text{SEL inside})$



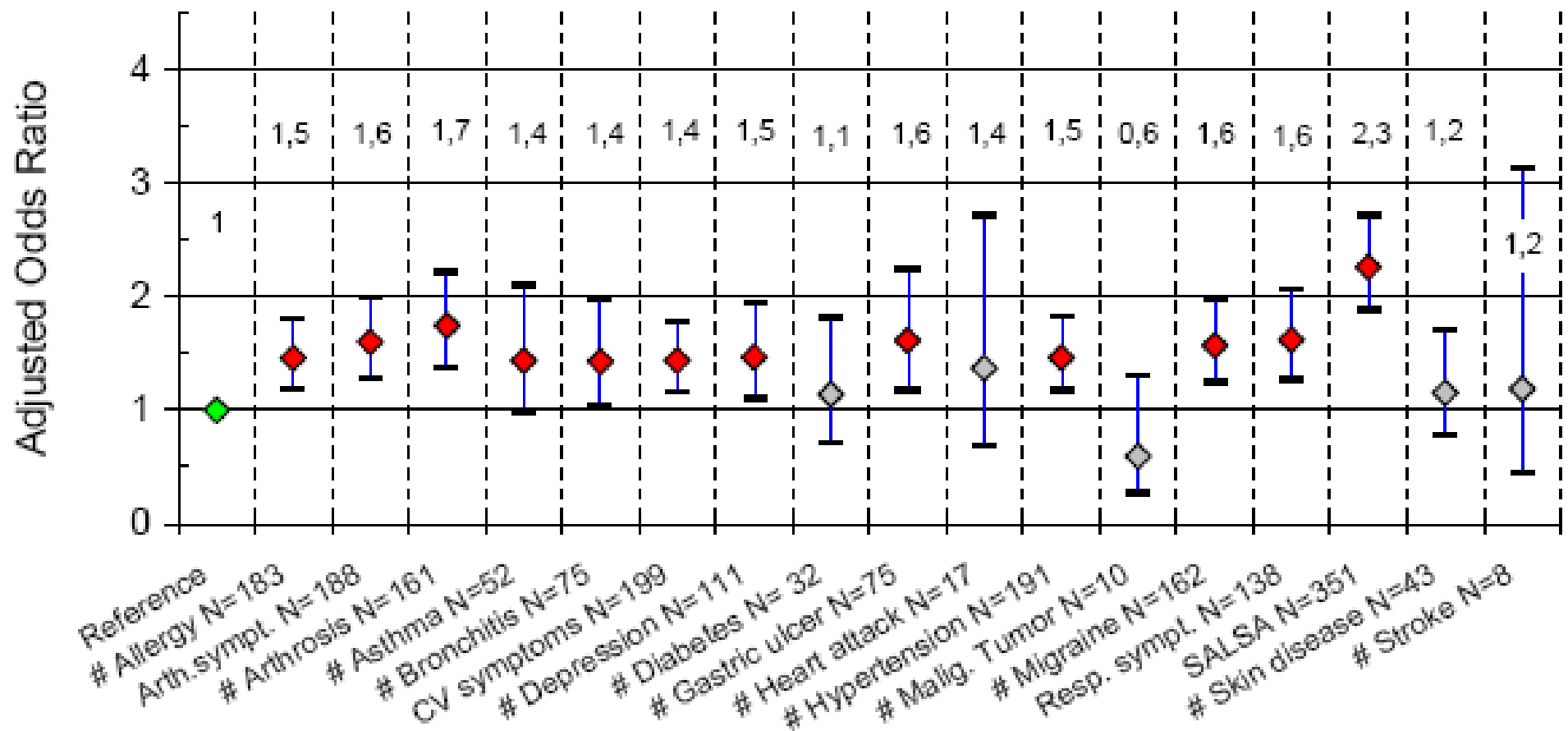
# Een gemiddelde ( $L_{Aeq}/L_{night}$ ) is niet representatief voor slaapverstoring

*Tabel 1 Aantal geluidgebeurtenissen per jaar met een bepaalde SEL waarde in de slaapkamer die op jaarbasis een  $L_{Aeq}(23-07)$  van 25 dB(A) geven. Daarbij zijn de SEL waarden niet gecorrigeerd voor impuls-, tonale, of laagfrequent componenten.*

Waarde van SEL in de slaapkamer (in dB(A))	Aantal geluidgebeurtenissen per jaar
55	10520
60	3327
65	1052
70	333
75	105
80	33
85	11
90	3
95	1

# LARES: SLAAPVERSTORING (18-59)

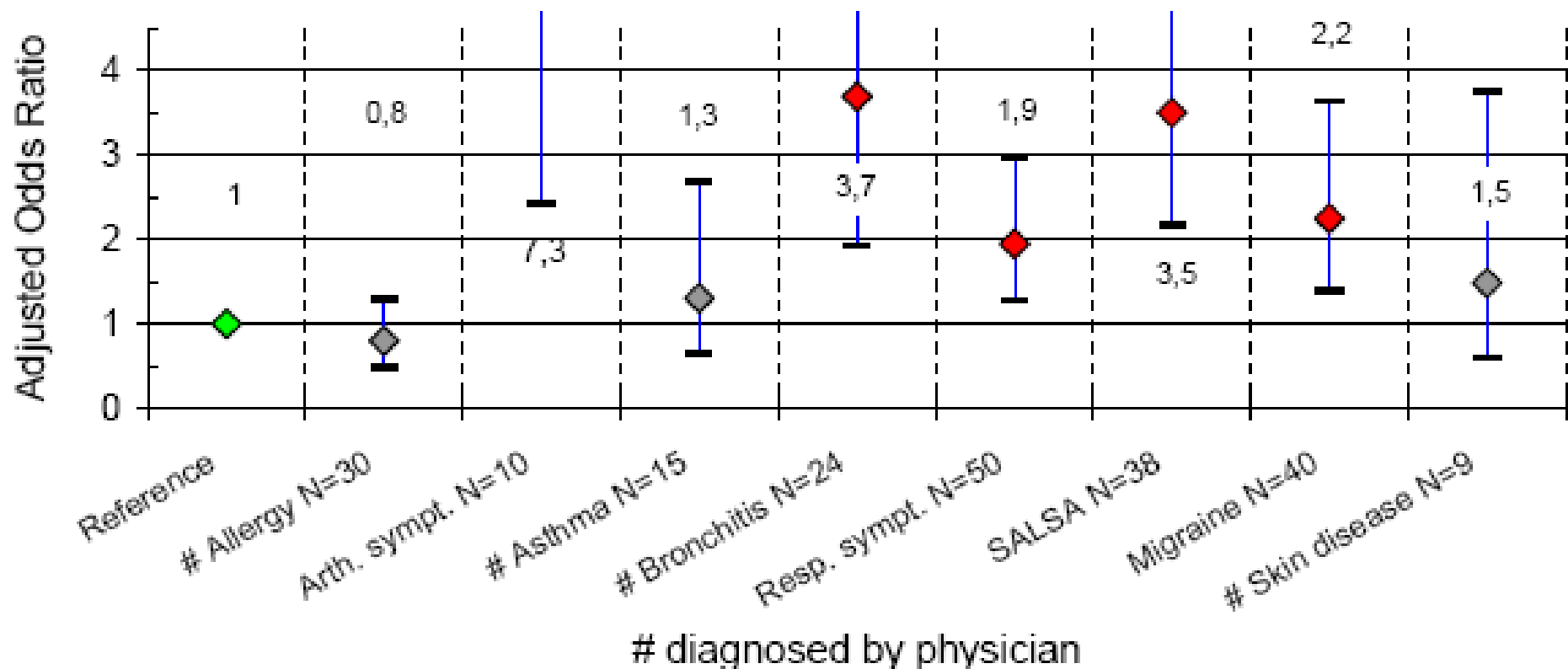
Adults: Noise induced sleep disturbances related to diseases



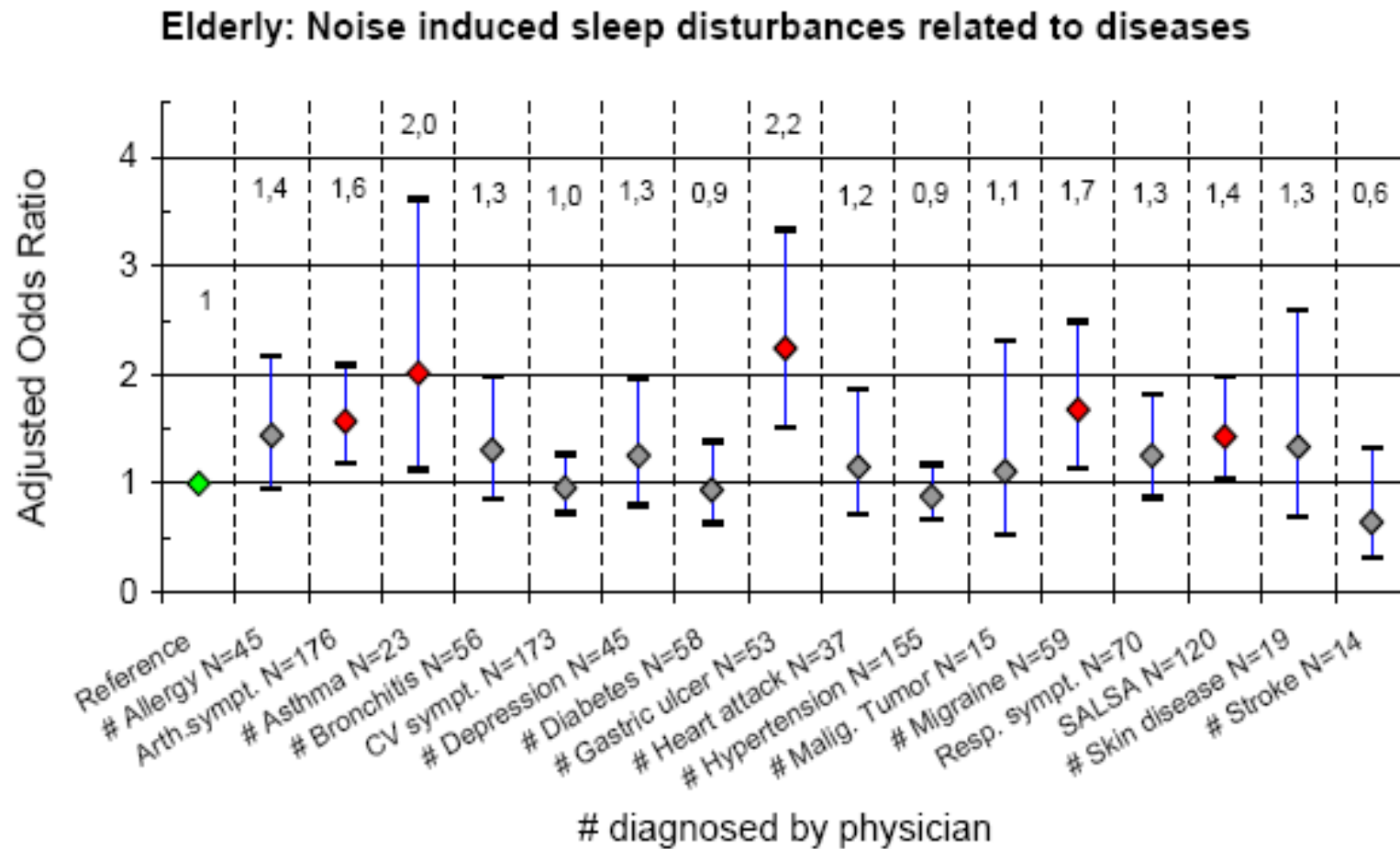
WHO LARES (2004)

# LARES: Slaapverstoring (1-17 jr)

Children: Noise induced sleep disturbances related to diseases

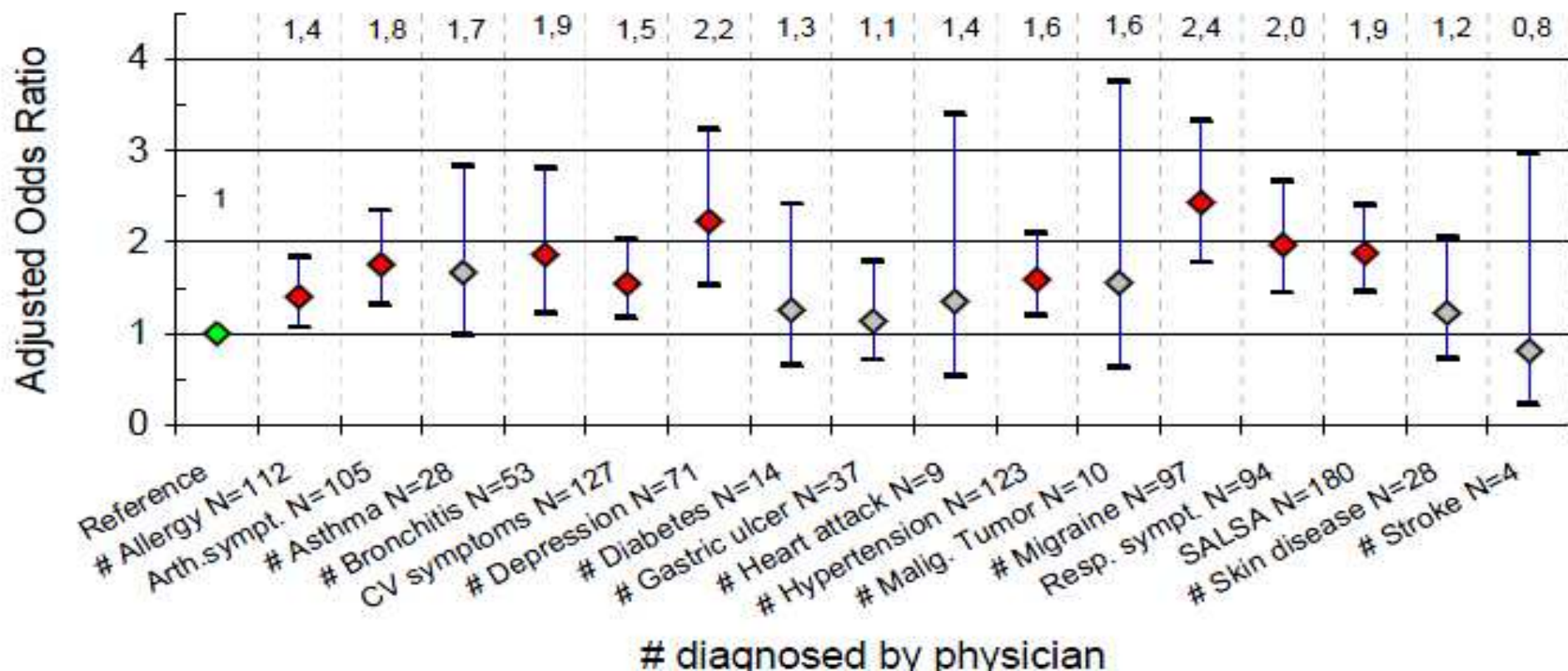


# LARES: Slaapverstoring (> 60 jr)



# LARES: STERKE HINDER TGV VERKEERSLAWAAI (18-59 jr)

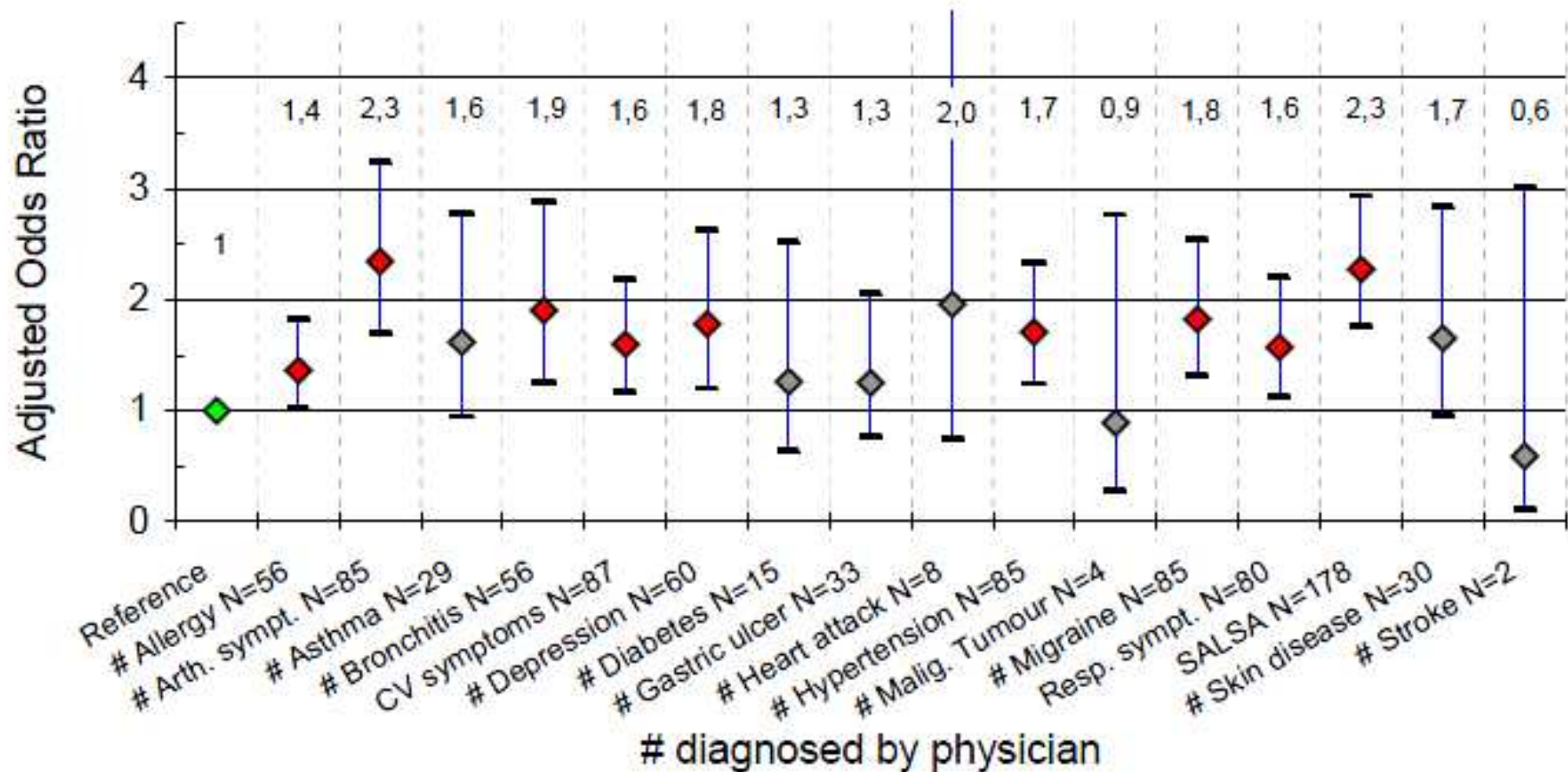
Adults: general traffic noise which bothers or annoys strongly  
related to diseases



WHO LARES, 2004

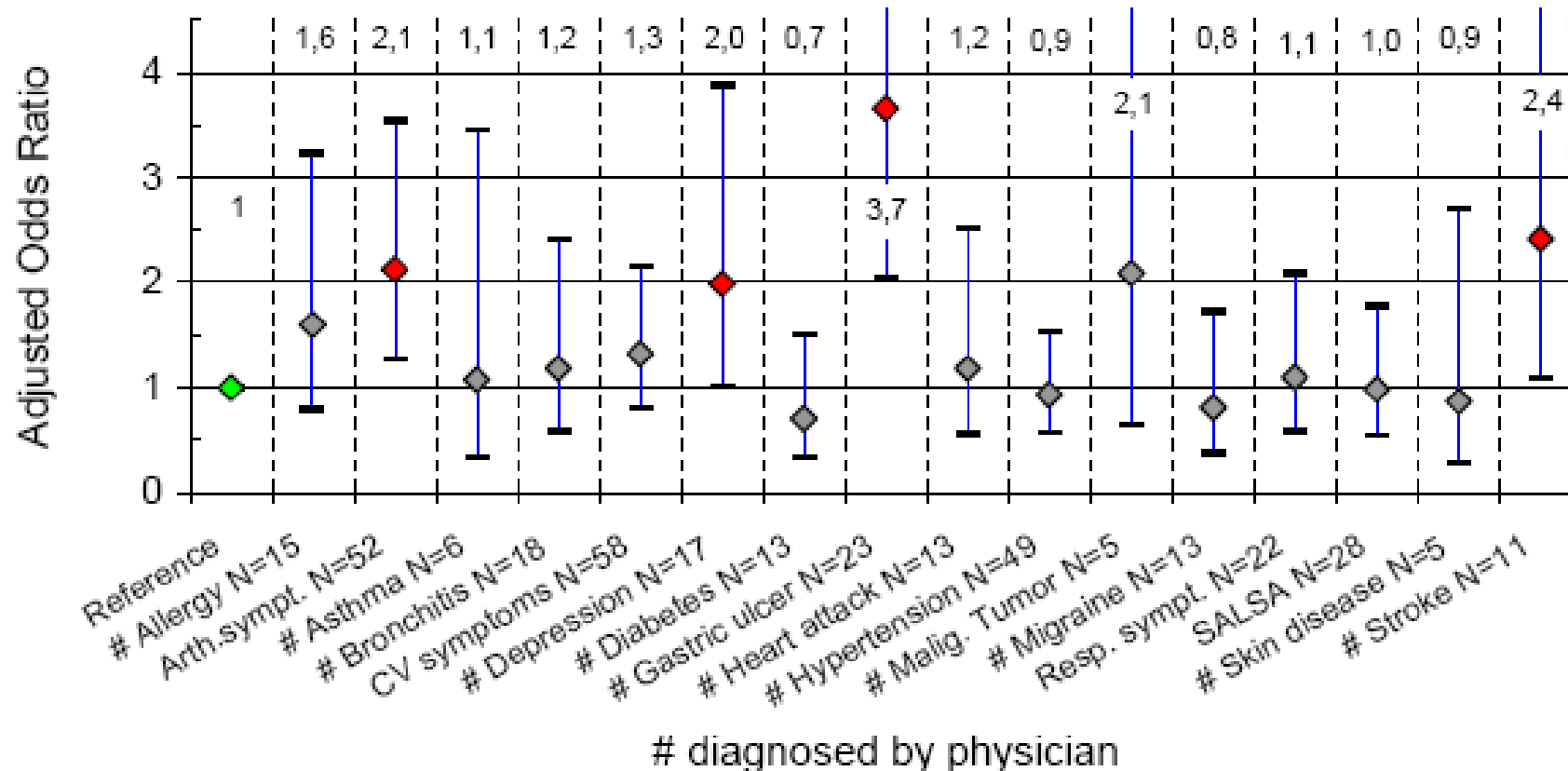
# LARES: STERKE HINDER DOOR BURENLAWAAI (18-59 jr)

Adults: general neighbourhood noise which bothers or annoys strongly related to diseases



# LARES: STERKE HINDER BURENLAWAAI (> 60 jr)

Elderly: general neighbourhood noise which bothers or annoys strongly related to diseases

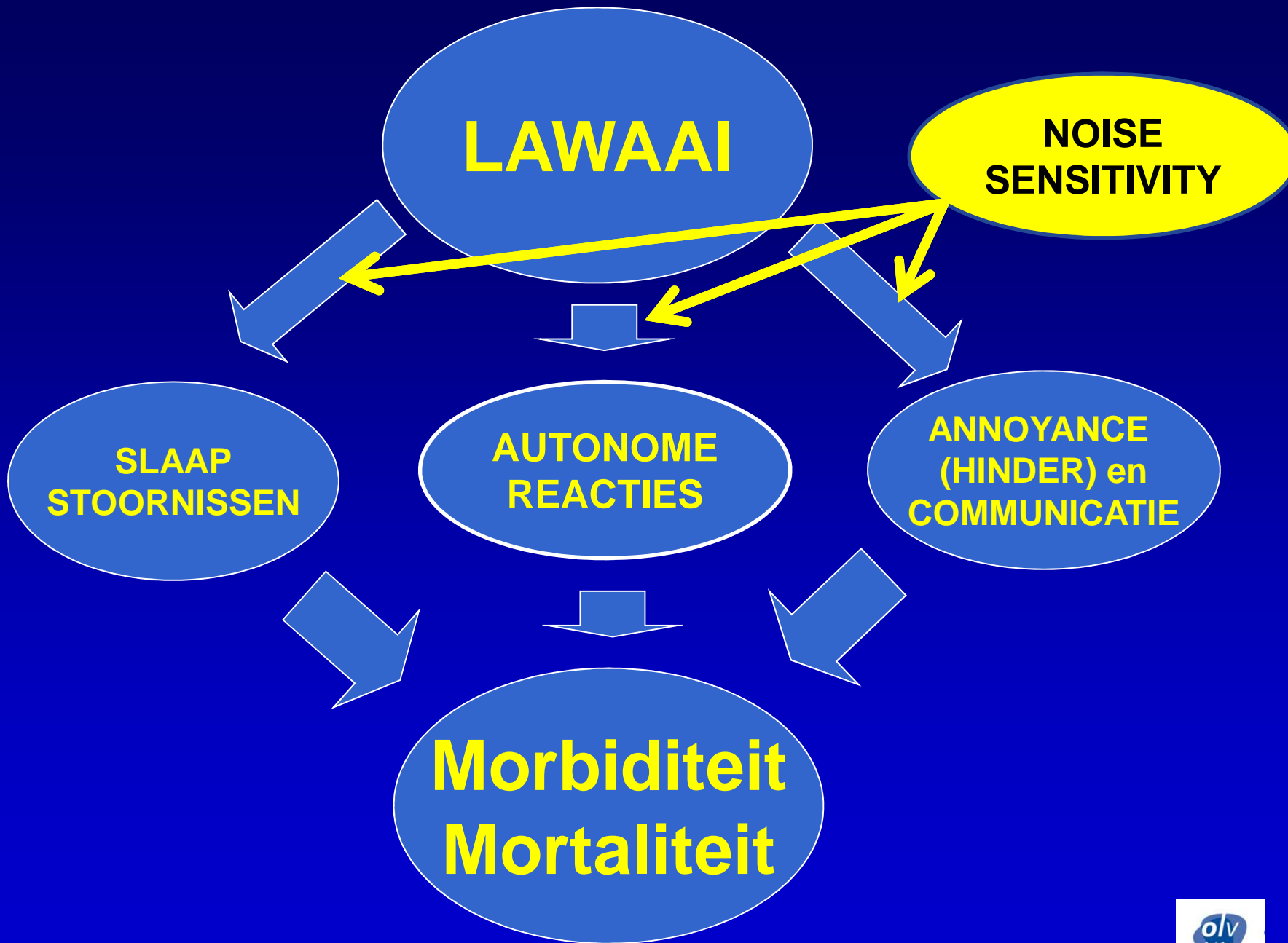


WHO LARES, 2004

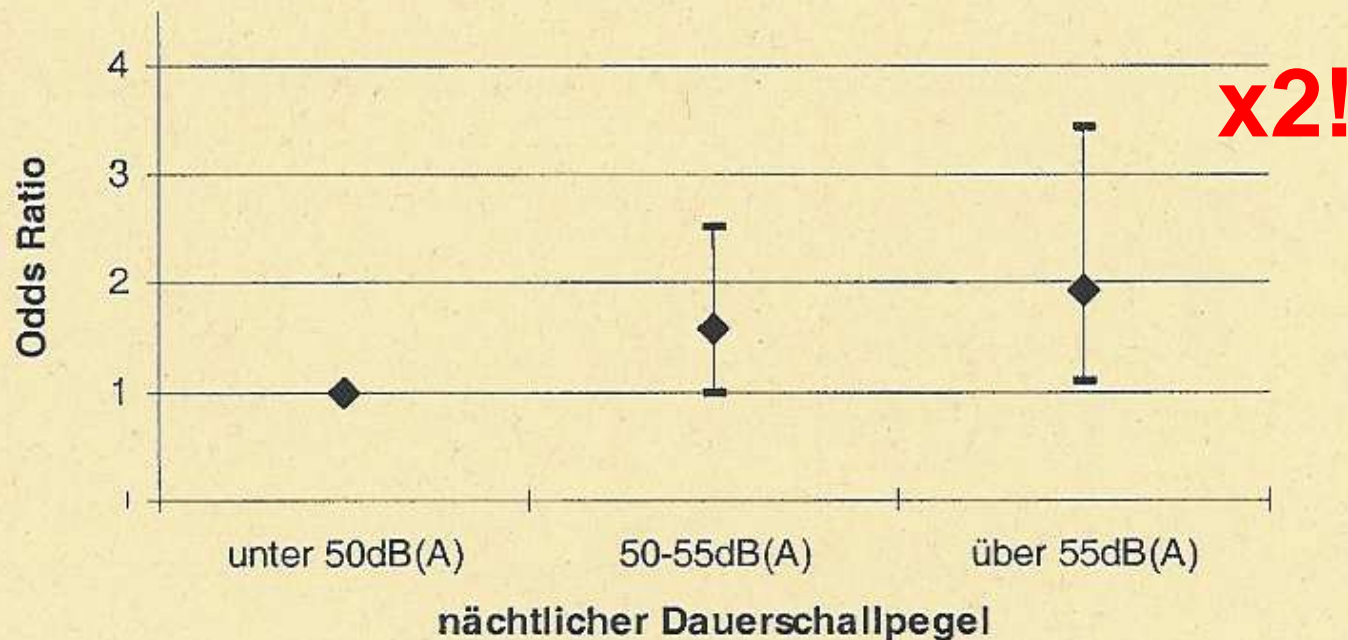
# LARES

- Legt verbanden tussen slaapverstoring en sterke hinder tgv omgevingslawaai en ziekte
- Causaliteit?
  - Er is een dosis effect verband
  - Er is plausibiliteit (fysiopathologisch model voorhanden)
  - Gelijkaardig verband voor verkeerslawaai en burenlawaai



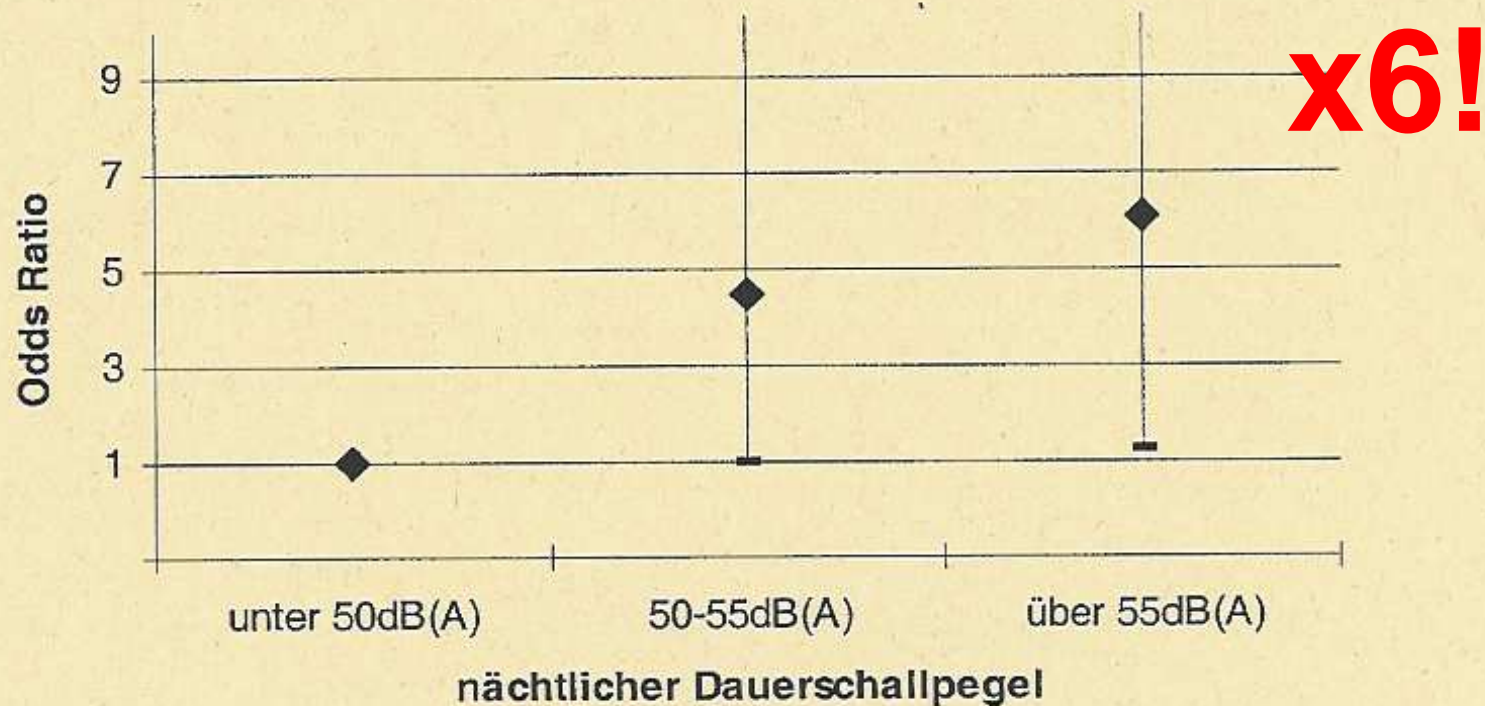


# Nachtlawaai en Hoge Bloeddruk



Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (alle Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren)

# Nachtlawaai en Hoge Bloeddruk (open raam)



Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden, die angaben, überwiegend mit geöffnetem Fenster zu schlafen)

# Risico op Acuut Myocard Infarct tgv Vliegtuiglawaai/Mannen > 40 jaar

ZIEKTE/MAN	Laeq dag>60db	Lnight>55dB
CARDIOVASCULAIRE AANDOENINGEN	+ 69%	+ 42%
<p>OR om een CV aandoening te ontwikkelen: 1.044 (CI1.018-1.071 per 1 dB &gt; 40 Lnigh)</p>		
CVA	n.s.	+ 66%
CORONAIRE ZIEKTE (stabiel)	+ 61%	+ 37%

Cologne Aircraft Noise Study

Bron: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3774.pdf>

# Risico op Acuut Myocard Infarct/ Vrouwen > 40 jaar

ZIEKTE/VROUW	Laeq dag >60 dB	Lnight >55dB
Cardiovasculaire aandoeningen	+ 93%	+115%
<p>OR om een CV aandoening te ontwikkelen: 1.055 (CI 1.031-1.082 per 1 dB &gt; 40 Lnigh)</p>		
CVA	+ 172%	+ 139%
Coronaire ziekte (stabiel)	+ 80%	+ 110%

Cologne Aircraft Noise Study

Bron: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3774.pdf>

# Waarom is lawaai zo schadelijk?

- Concept van *menselijk gehoor als 24 uur alarm*
- *De slaap is zo vitaal dat verstoring ervan extreme gevolgen heeft*
- Verstoring van de *communicatie* overdag en hinder (annoyance) overdag

# Het gehoor als 24 u ALARM

- Waarnemen van geluid vergt **geen gerichte aandacht** (<> zien)
- Menselijk oor slaapt nooit
- Verwerking geluid/lawaai in 3 stappen:
  1. **Waarnemen** van geluid (ook tijdens de slaap) is essentieel voor de overleving
  2. **Analyse** van het geluid
  3. **Reactie (autonoom/bewust)**

# Verstoring van slaap door lawaai

- Moeilijker inslapen en herinslapen bij al dan niet spontane ontwakingen
- Ontwaken (vooral bij lawaai in 2<sup>e</sup> helft)
- Frequentere shifts in slaapstadia
- Fragmentatie van SWS en REM slaap waarvan de hoeveelheid afneemt
  - SWS: restoratieve functie van de slaap en geheugen
  - REM: geheugen en mentaal evenwicht
- **AFNAME SLAAPDUUR EN EFFICIENTIE**



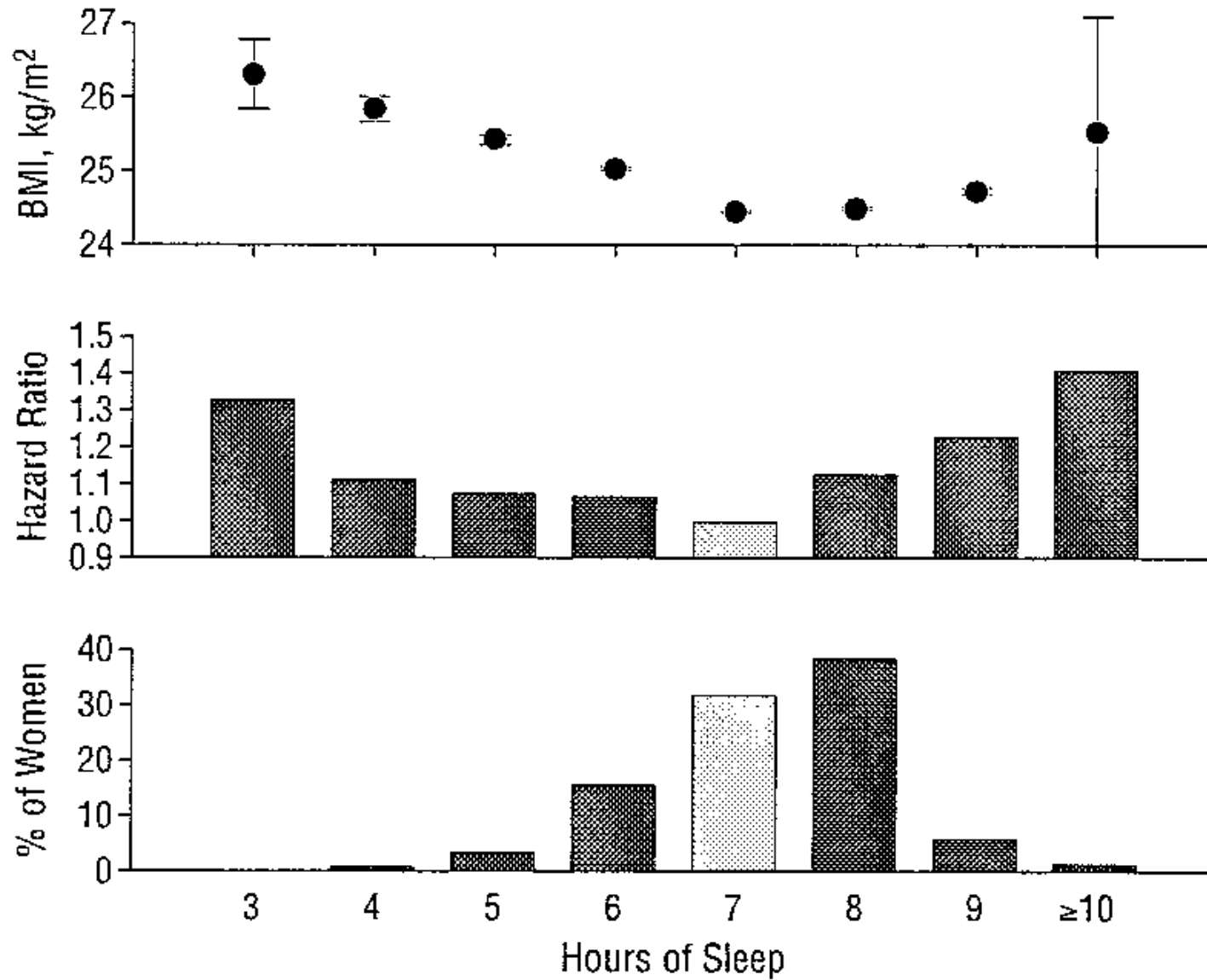
# Functies van de SLAAP

- **Herstelfunctie** : tijdens de slaap is er een intense **anabole activiteit** (oa GH piek tijdens eerste helft van de nacht tijdens diepe slaap of SWS)
- **Slaap heeft exclusiviteit van bepaalde hersenfuncties** (oa geheugen en plasticiteit)
- Rol in het **afweersysteem** (gevolg: vatbaarheid **infectie/kanker**)
- Relatie slaap met **suikermetabolisme** ~ obesitas, diabetes, hypertensie, metabool syndroom

# ***Slaapverstoring door lawaai heeft ernstige gevolgen***

- **Totale slaapdeprivatie = dodelijk (voor een rat na 18 dagen, bij starvatie na 17d)**
- **Gedeeltelijke slaapdeprivatie: insuline resistentie/zwaarlijvigheid**
- **Chronisch slaaptekort = versneld verouderen**
- **EEN KIND VAN DRIE HEEFT 10.5 UUR SLAAP NODIG, MIDDAGDUTJES NIET MEEGEREKEND!**

# Slaapduur en Mortaliteit: Vrouw



Kripke DF et al Arch Gen Psychiatry 2002;59:131-136

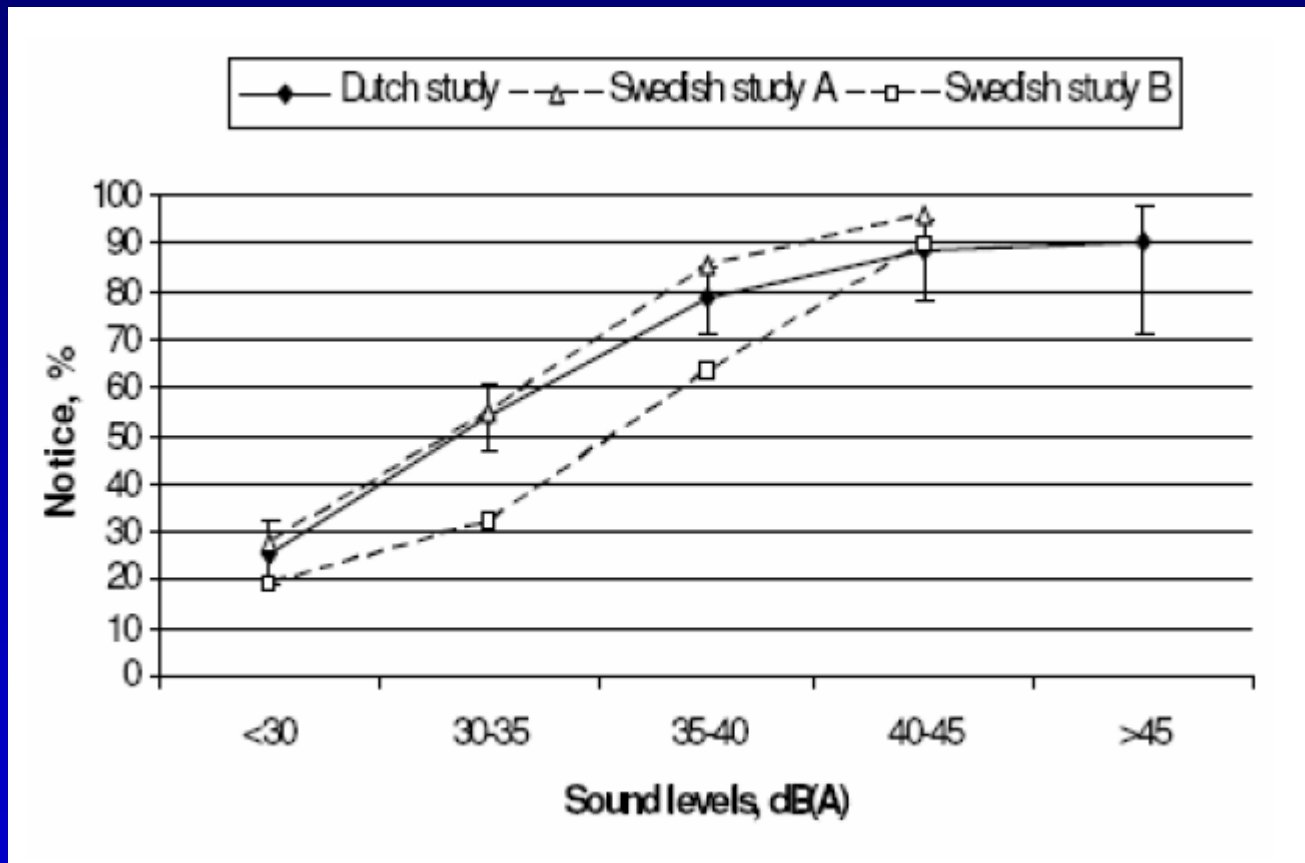
# Geluidshinder door windmolens

- Geluid is het meest hinderlijke aspect van windturbines ~ grootte en zichtbaarheid
- $> 35$  dB(A) hoorde  $\geq 80\%$  van de respondenten de windturbine(s)
- 40% van de respondenten vond het geluid 's nachts luider
- Omwonenden met economisch belang ('healthy farmer' ~ 'healthy worker' effect) horen even goed maar hebben geen hinder

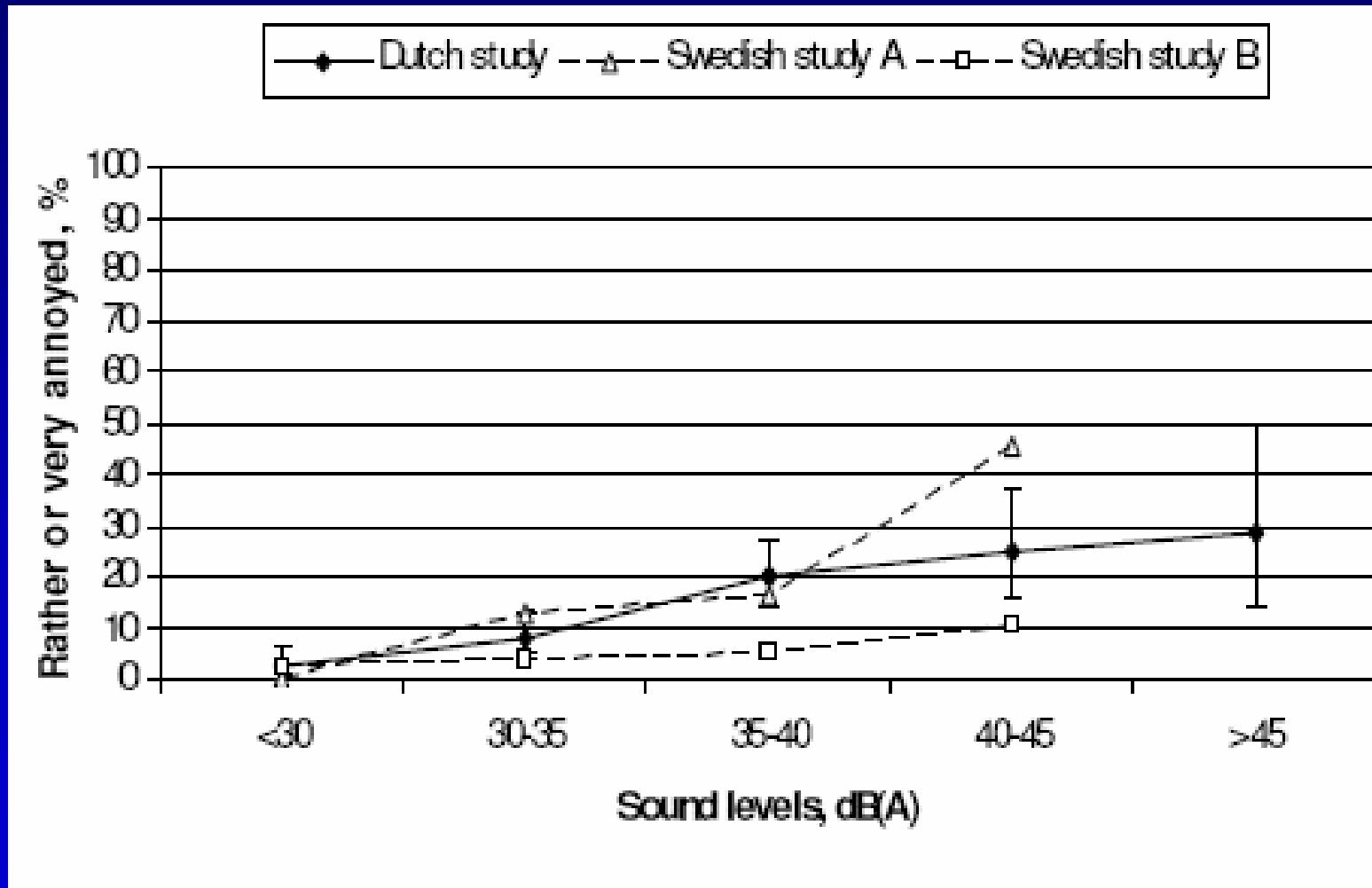
# Afstand tot de bewoning

- Nederland: indien  $< 300$  m is een *akoestisch onderzoek* noodzakelijk (Activiteitenbesluit 2008)
- *Akoestisch onderzoek* gebeurt op basis van computer simulaties en *onderschat heel vaak de realiteit* (nacht, wind op hoogte)
- ‘...de grens bij 300 meter is in feite achterhaald doordat bij moderne, grote windturbines ook op grotere afstanden het toelaatbare geluidniveau overschreden kan worden...’ RIVM 2008)
- Invloed van het *relief!*
- Franse akademie voor geneeskunde adviseert *1500 m afstand tot de bebouwing*

# Hoeveel omwonenden horen de windmolens?



# Matige + ernstige hinder door windmolens



# De EU dosis-effect relatie voor Lden versus hinder (annoyance)

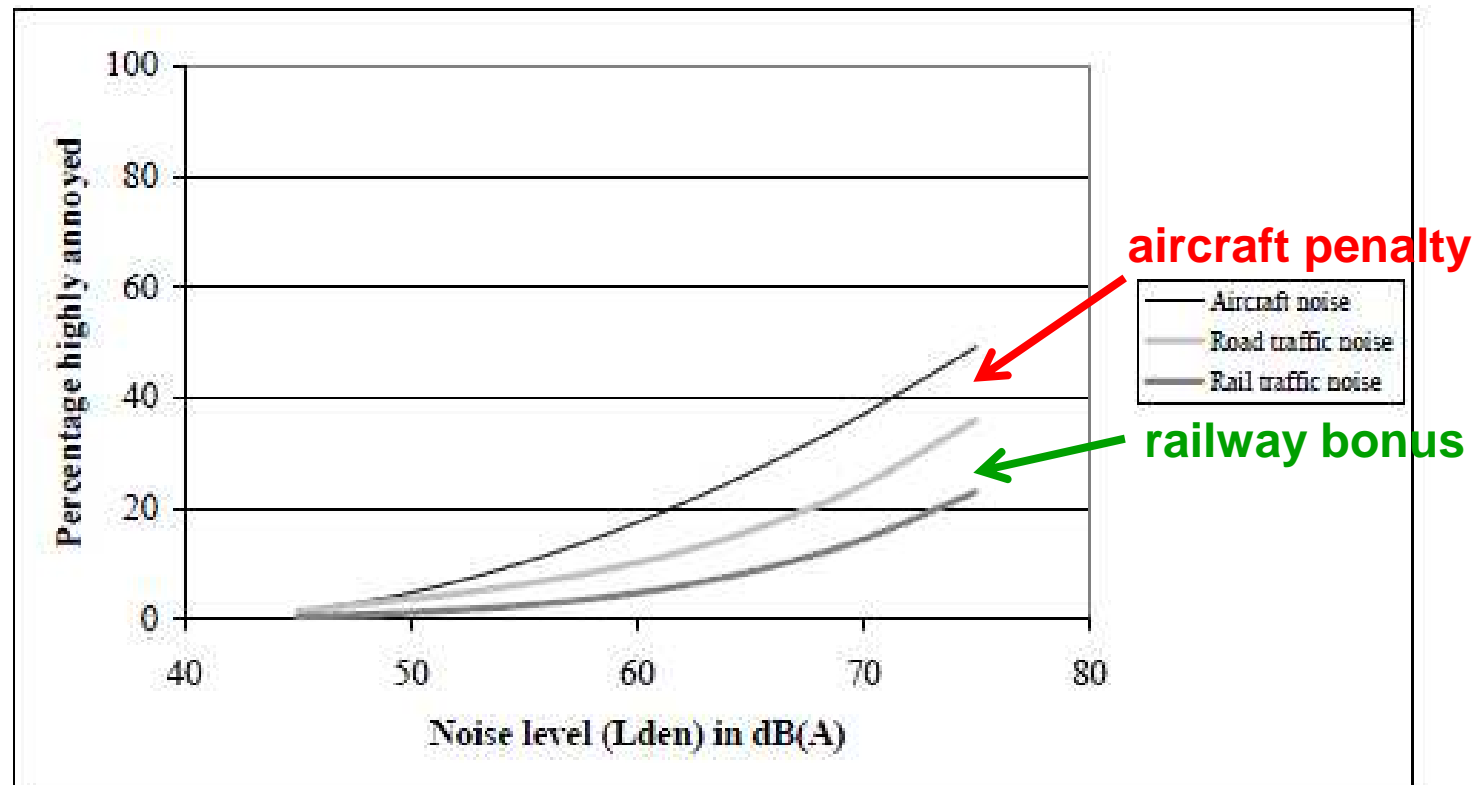
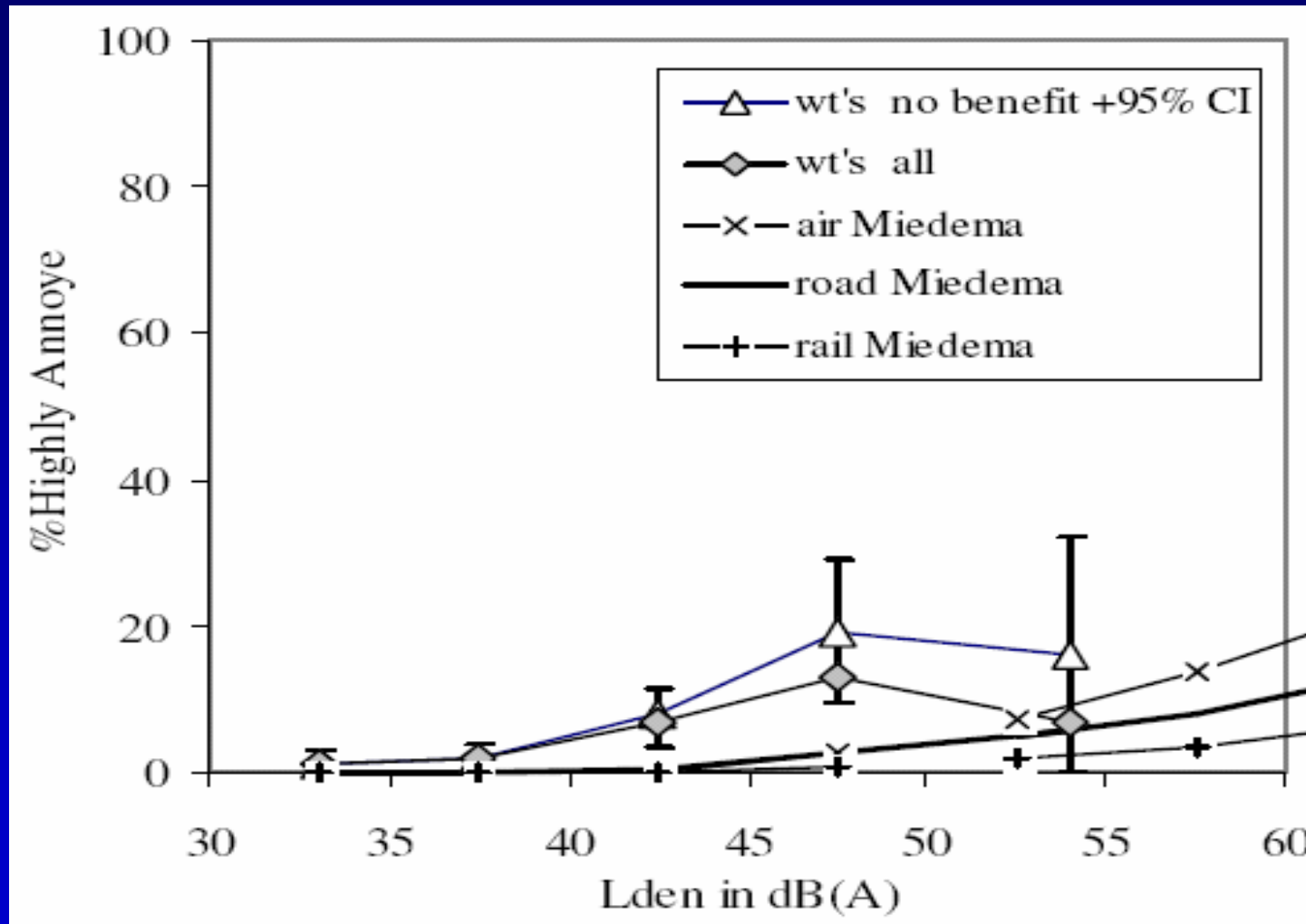


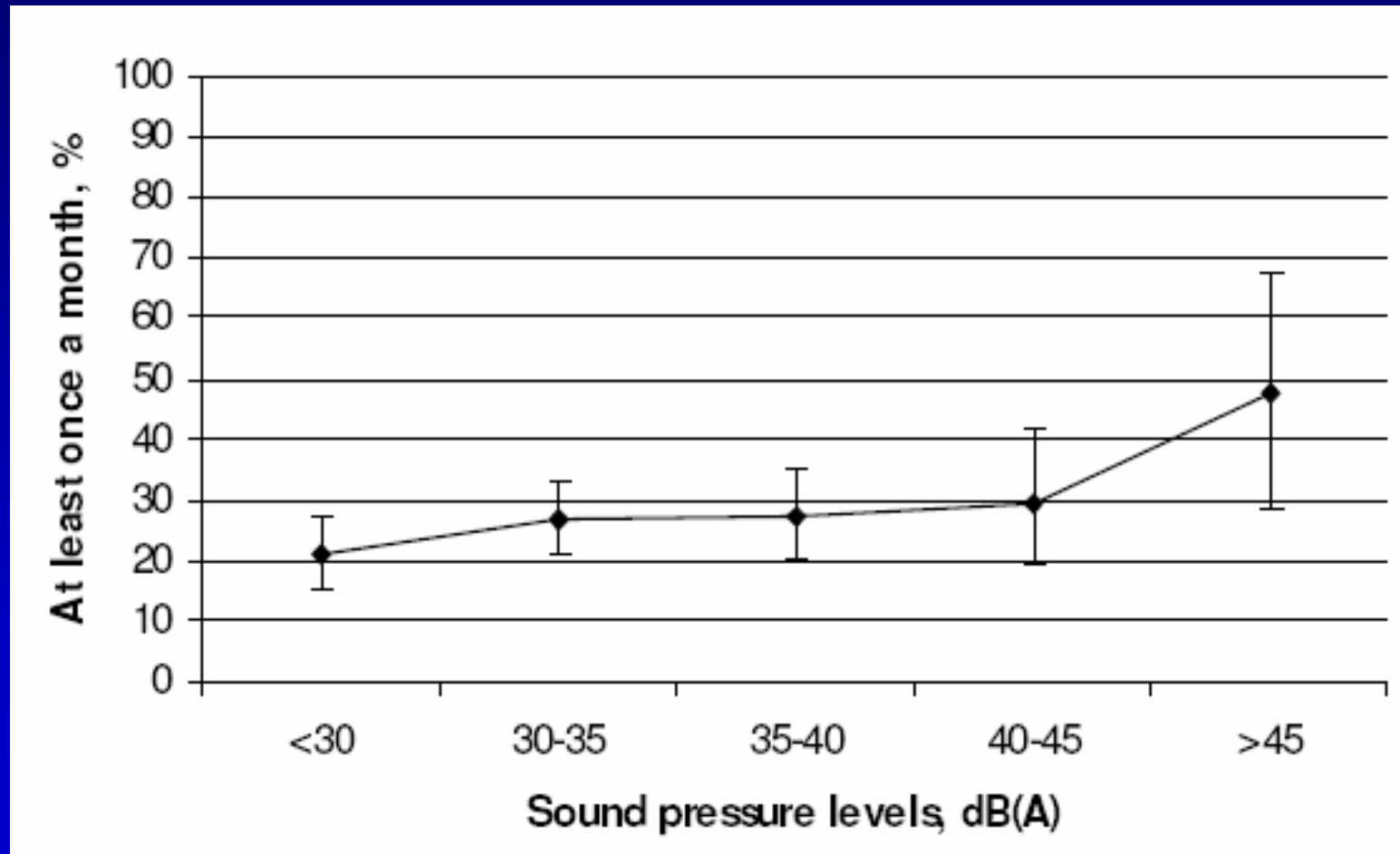
Figure 3. Exposure-effect-relationships for the association between noise (expressed as  $L_{den}$ ) from different sources and annoyance derived by Miedema and Oudshoorn (2001).



# Windmolens zijn hinderlijker dan klassieke bronnen van verkeerslawaai



# Windmolens en de slaap



# Waarom?

- Zoevende, intermittente, fluctuerende karakter
- Frequentie samenstelling ~ vliegtuiglawaai: laag frequent geluid!
- Het geluidsniveau neemt 's nachts niet af maar toe < > maskerend achtergrondlawaai
  - Windsnelheid op hoogte neemt toe
  - Windsnelheid aan de grond neemt af
- De Lden-Lnight is samengesteld uit zeer talrijke relatief weinig intense pieken (+ 5dB tov achtergrond) = worse case scenario

# Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid

- Een richtwaarde van ongeveer Lden 40 dB voor windturbines
- Een grenswaarde van ongeveer Lden 48 dB
- Indien nieuwe windturbines voldoen aan deze richtwaarde zal verdere toename van hindereffecten in de toekomst tot een minimum worden beperkt

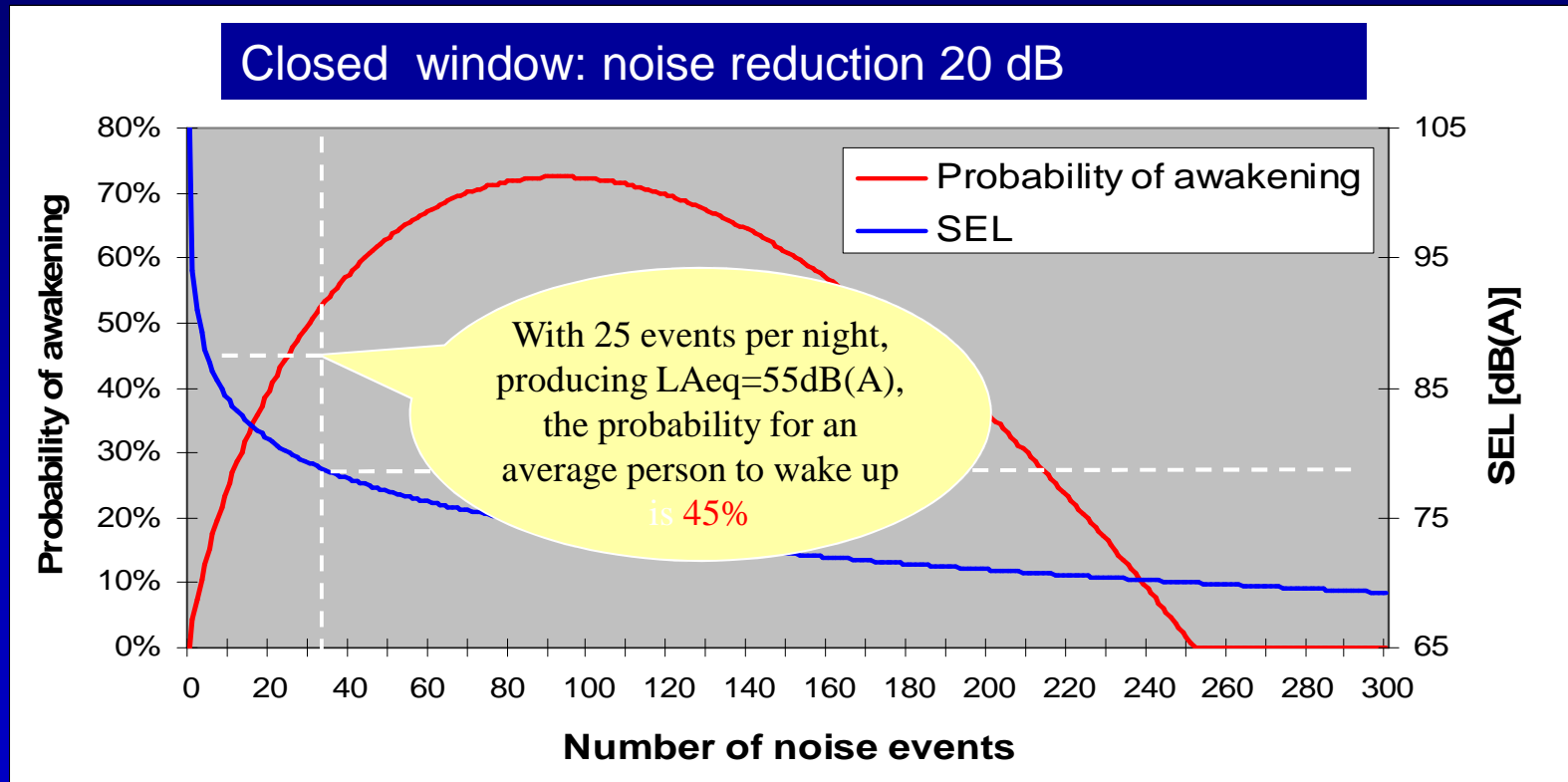
# Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid

- Een grenswaarde boven 45 dB zal leiden tot toenemende hinderbeleving bij omwonenden van nieuwe windturbineparken.
- Bij een geluidbelasting van 50 dB zal in 15% van de gevallen binnenshuis en in 30% van de gevallen buitenshuis sprake zijn van ernstige hinder

# Windmolens/parken

- Zullen de komende jaren overal opduiken als bron van duurzame energie
- Er is een belangrijk impact op onze omgeving/leefmilieu vooral door geluidshinder
- De minimum afstand van de bewoning en de integratie visueel/akoestisch in het landschap zijn de grote uitdagingen

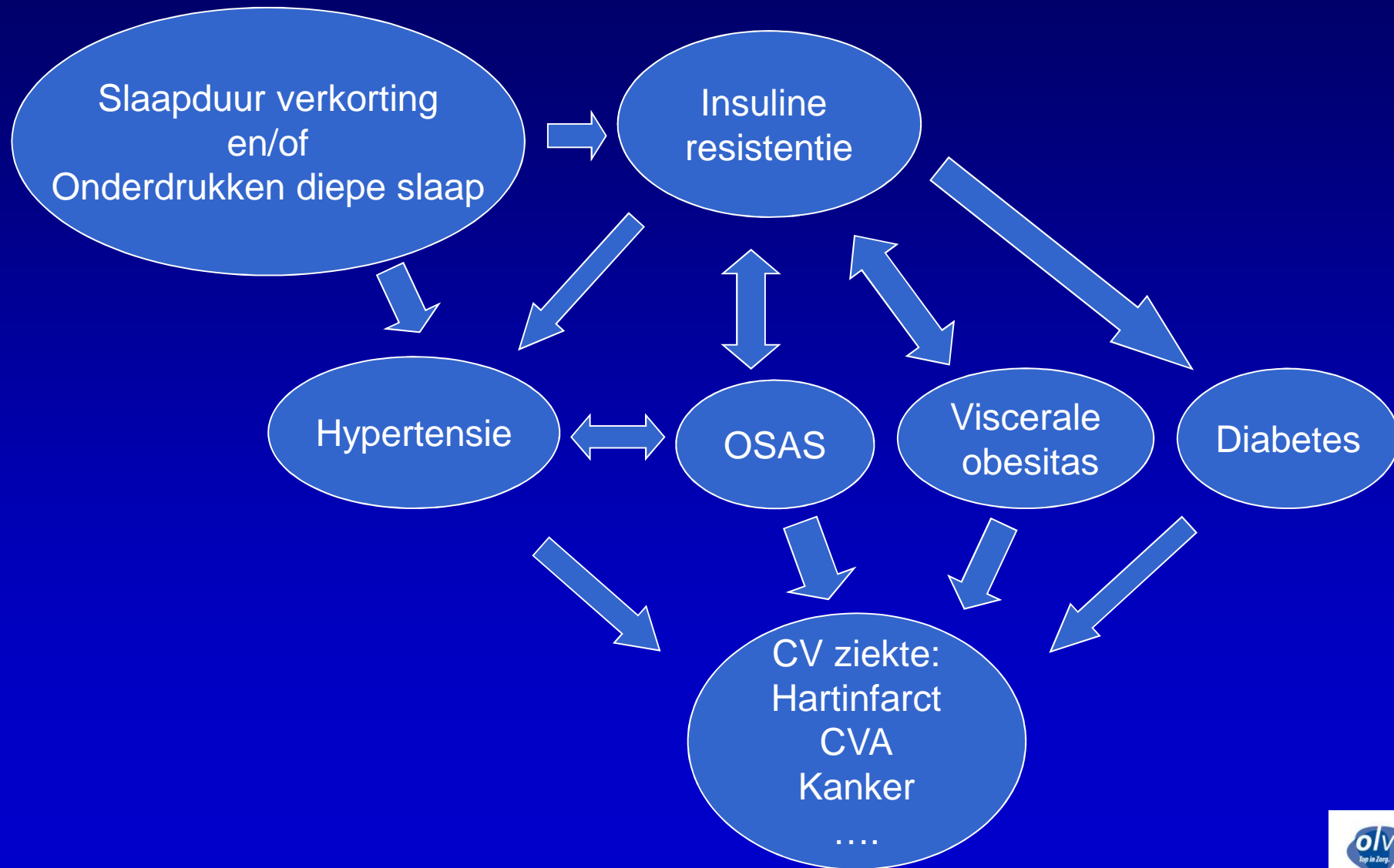
# “Risico om wakker te worden bij een $L_{Aeq,23-06h} = 55 \text{ dB(A)}$ ”



Bij dezelfde  $L_{Aeq}$  neemt het gezondheidsrisico toe met het aantal events! **Worse case scenario**

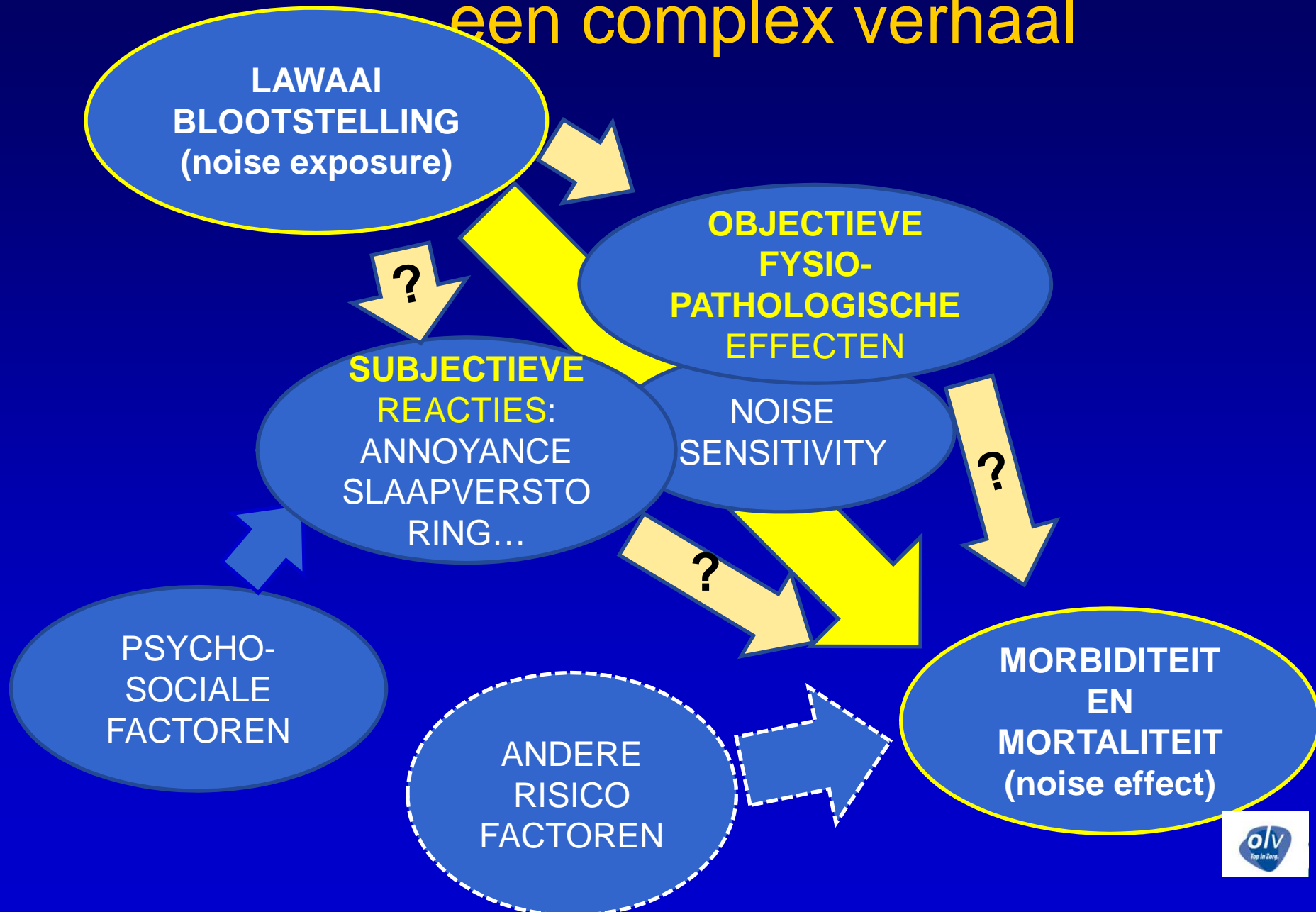
Calculations assume a closed window, 20 dB noise reduction.

# Slaapduurverkorting/onderdrukken SWS

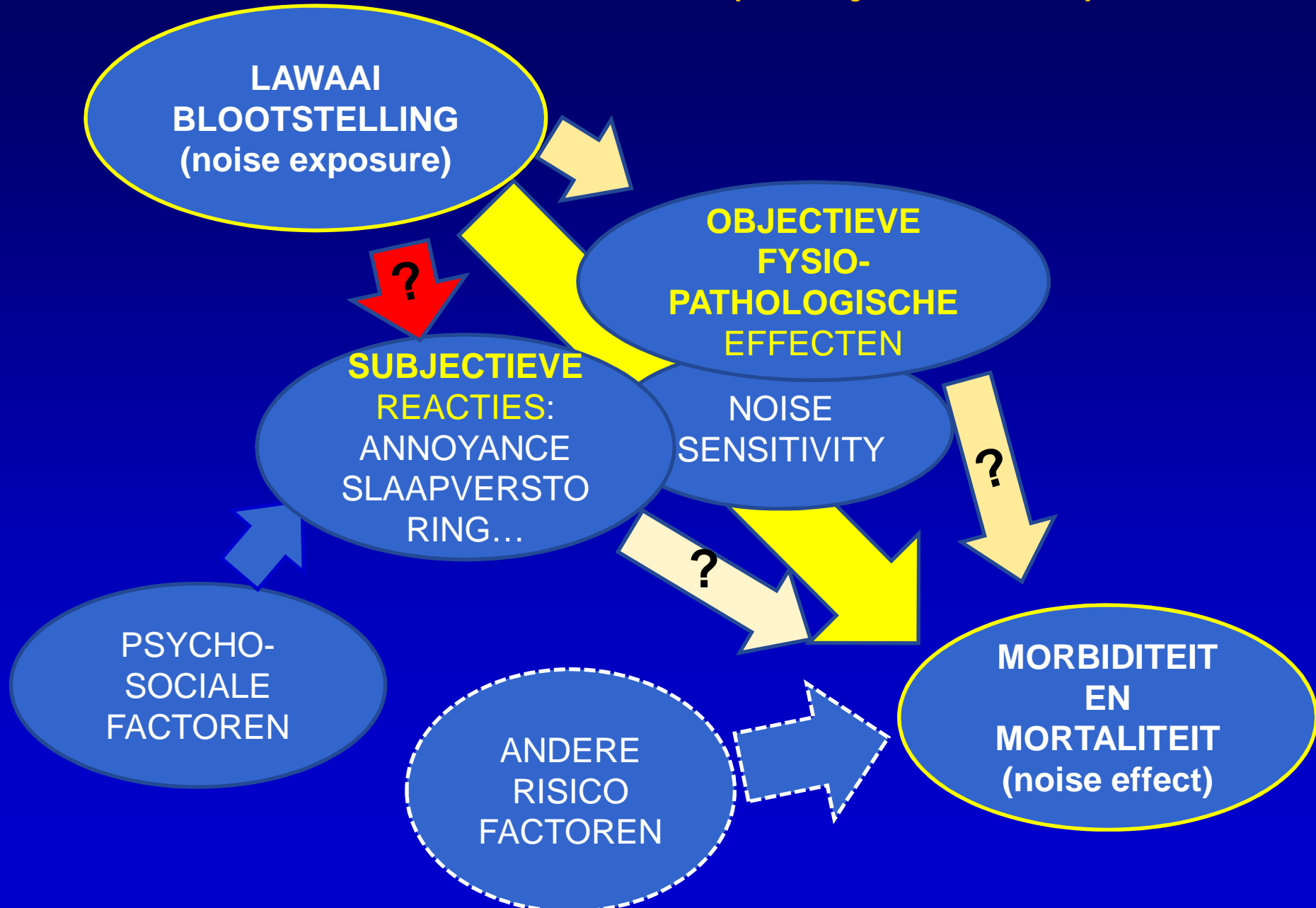




# De relatie tussen lawaai - gezondheid een complex verhaal



# Lawaai versus (subjectieve) hinder



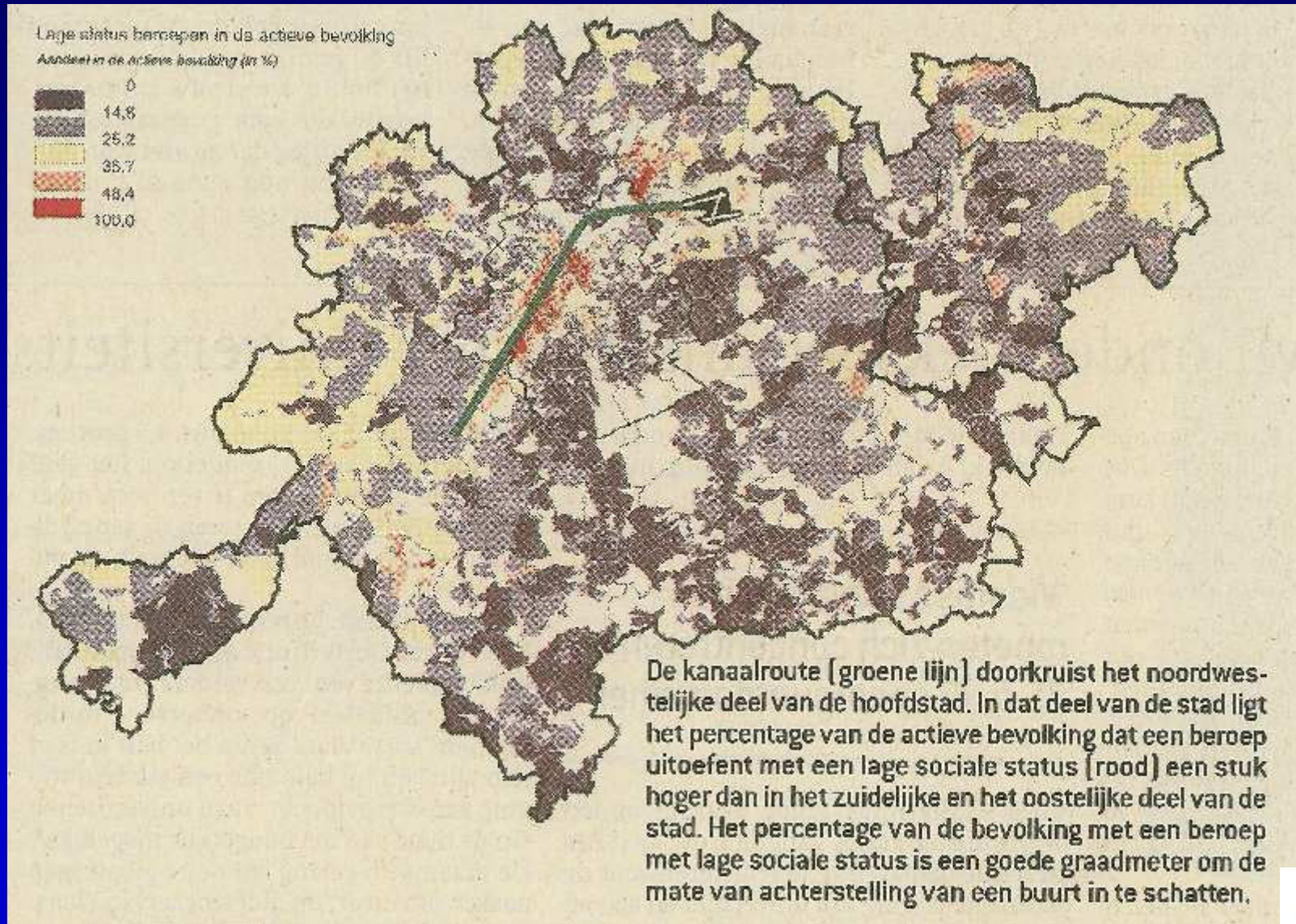
# De blootstelling (dB) – hinder relatie

- Welke blootstellingsparameter?
  - Pieklawaai (Lamax of SEL)?
  - ***Energie equivalente geluidsbelasting?***
    - Laeq, Lnight, Lden, ...
  - Frequentie van blootstelling bij intermitterend geluid?
  - In rekening brengen van stilte of recuperatieperioden?

# De EU dosis response curve

- Het ‘% ernstig gehinderden’ of het aantal ernstig gehinderden beperken
  - Beschouwt de facto lawaaihinder als een alles of niets fenomeen
  - Houdt dus geen rekening met de leefbaarheid van de ‘gehinderde’ zone
- Onderschat de impact op de gezondheid
- De EU dosis-hinder relatie is duidelijk achterhaald
- Belangrijk impact van psychosociale factoren

# Does income matter?



# Invloed van geluidsoverlast op gezondheidswaarneming

- ‘... ptn die in de omgeving van de luchthaven wonen gebruiken opvallend meer slaap- en kalmeermiddelen ( $p < 0.001$ ) .... en dit zonder dat zij meer klagen over slaapproblemen dan de overige patienten...’
- ‘... opvallend is dat ptn uit de omgeving van de luchthaven ook vaker last hebben van de geluidsoverlast door hun partner. Ze hebben zich neergelegd bij de overlast van de luchthaven....’

# Slaapverstoring door lawaai

- **Primaire effecten :**
  - Ontwaken, inslaap en **herinslaapstoornissen**, verstoring van slaappatroon, slaapdiepte, motorische onrust
  - Fysiologische effecten : **bloeddruk, ritme, cortisol**
- **Secundaire effecten** of 'after effects': gedaald prestatievermogen, onuitgeslapen gevoel, ...
- **Lange termijn effecten:** sedativa, slaappillen, antidepressiva, ....
- Er is geen gewenning voor fysiologische effecten en 'after effects'

WHO report on Noise, 1999; EHRM, 2001



# Slaapverstoring door lawaai

- Drempel voor ontwaken: +/- **45** dBA  
L<sub>Amax</sub> (gewenning)
- Drempel voor motorische onrust  
(actimeter): +/- **32** dBA L<sub>Amax</sub> (geen  
gewenning)
- Drempel voor bloeddrukstijging: +/- **35**  
dBA L<sub>Amax</sub> (geen gewenning)

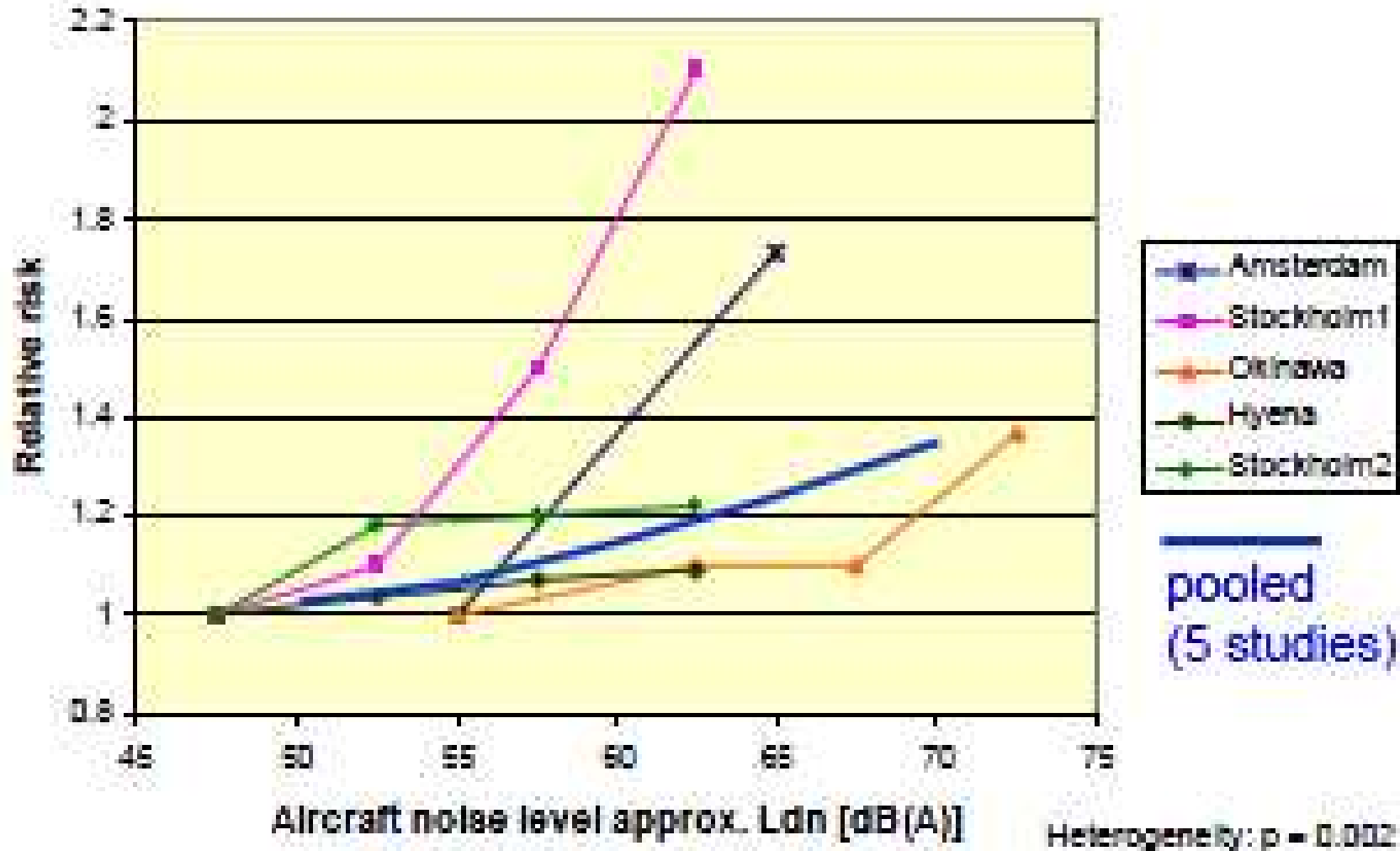


# HYENA: lawaai in slaapkamer > 35 dB L<sub>Amax</sub> doet BD stijgen

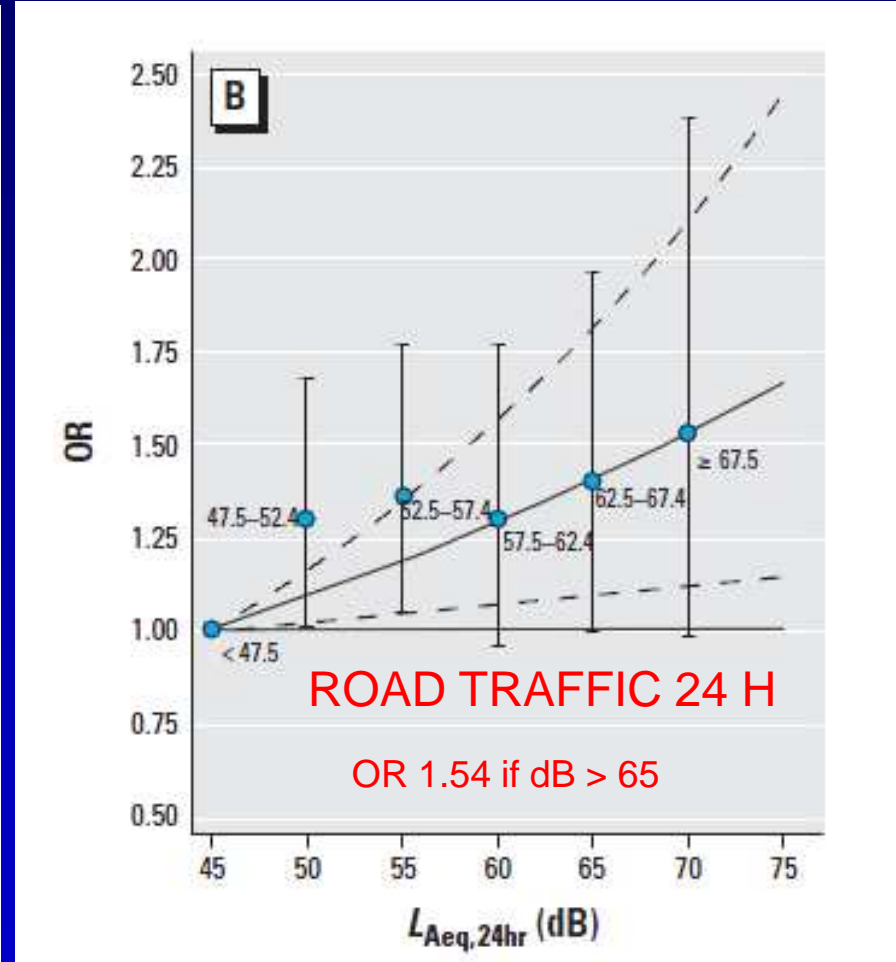
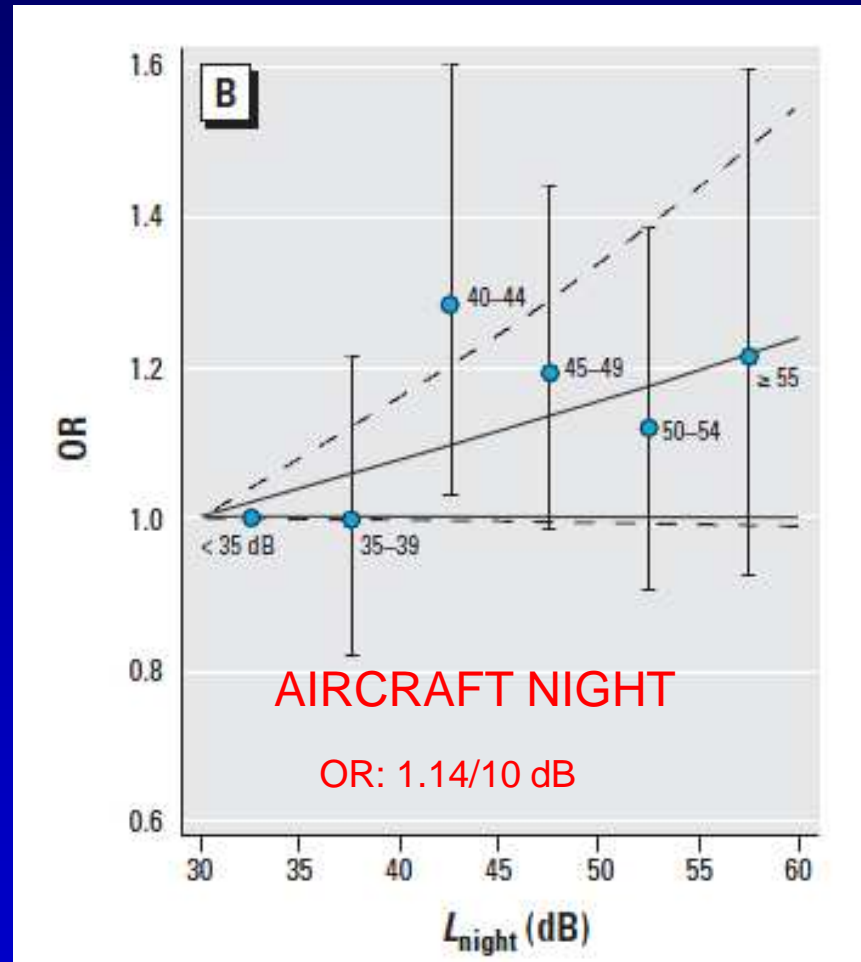
**Table 2** Pooled effect estimates of various noise indicators on blood pressure (BP) and heart rate (HR) measurements. Results from fixed effects models (except where noted)

Model		Increase in systolic BP (mmHg) (95% CI)	Increase in diastolic BP (mmHg) (95% CI)	Increase in heart rate (b.p.m.) (95% CI)
1	L <sub>Aeq</sub> (15 min) <sup>a</sup> (5 dB)	0.74 (0.40, 1.08)	0.63 (0.34, 0.91)	0.26 (0.07, 0.44)
2	L <sub>Aeq</sub> (1 min) <sup>b</sup> (5 dB)	0.69 (0.36, 1.02)	0.55 (0.26, 0.84)	0.30 (0.12, 0.49)
3	L <sub>Aeq</sub> (15 min) <sup>c</sup> (5 dB)	0.82 (0.48, 1.16)	0.62 (0.36, 0.88)	0.23 (0.07, 0.40)
4	L <sub>Aeq</sub> (1 min) <sup>d</sup> (5 dB)	0.88 (0.54, 1.22)	0.50 (0.23, 0.78)	0.35 (0.17, 0.53)
5	Aircraft events <sup>e</sup> (yes = 1)	6.20 (0.63, 11.77)	7.39 (3.09, 11.69)	5.42 <sup>g</sup> (-2.01, 12.85)
6	L <sub>Amax</sub> aircraft events <sup>f</sup> (5 dB)	0.66 (0.33, 0.98)	0.64 (0.37, 0.90)	0.18 (-0.04, 0.40)
7	Road traffic events <sup>e</sup> (yes = 1)	4.81 (-2.45, 12.06)	3.34 (-7.37, 14.04)	-2.76 (-7.30, 1.77)
8	L <sub>Amax</sub> road traffic events <sup>f</sup> (5 dB)	0.81 (0.46, 1.16)	0.55 (0.26, 0.83)	0.01 (-0.41, 0.42)
9	Indoor source events <sup>e</sup> (yes = 1)	7.39 (3.76, 11.02)	4.19 (0.65, 7.72)	3.00 (0.87, 5.13)
10	L <sub>Amax</sub> indoor source events <sup>f</sup> (5 dB)	0.87 <sup>g</sup> (0.17, 1.57)	0.68 (0.43, 0.92)	0.21 (0.01, 0.41)

# Vliegtuiglawaai en hypertensie

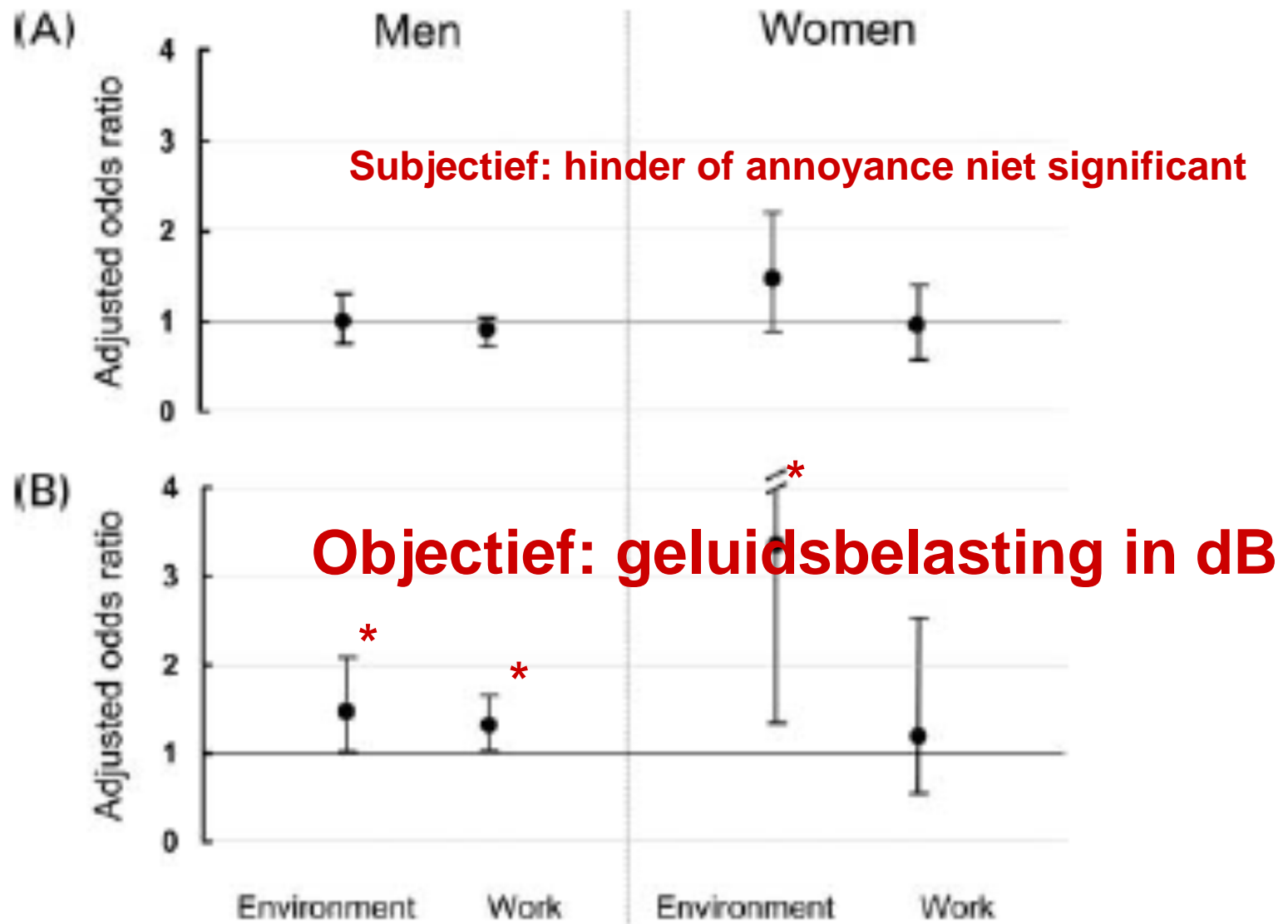


# HYENA: risico op hypertensie stijgt met geluidsbelasting

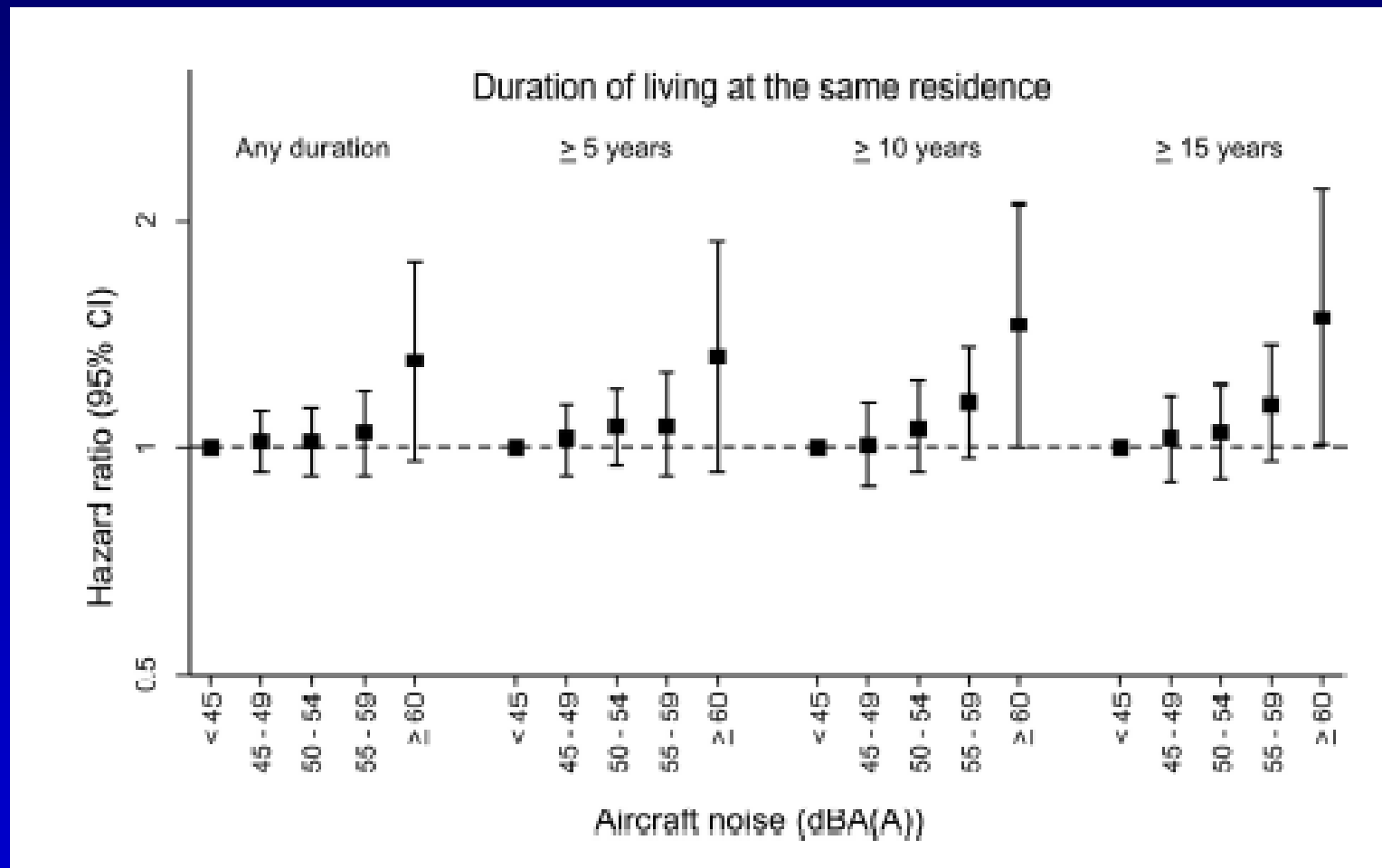


Jarup L et al Hypertension and Exposure to Noise Near Airports HYENA Environ Health Persp 2008;116:329

# Risico op hartinfarct (Berlijn): Verband met lawaai-belasting overdag



# Mortaliteit door AMI stijgt met vliegtuiglawaabelasting



Huss A et al. Aircraft Noise, Air Pollution and Mortality from Myocardial Infarction  
Epidemiology 2010;21:829

# Omgevingslawaai

- Is een ernstig bedreiging voor onze gezondheid zowel dag als nacht
- De ernst ervan wordt onderschat:
  - door de gebruikelijke evaluatiemethoden gebaseerd op energie equivalente geluidsdrukniveaus
  - Door het voortgaan op subjectieve hinder ipv objectieve parameters
  - Door het niet in rekening brengen van zeer overtuigende indirecte evidentie
- Rol van de huisarts hierin is zeer belangrijk (preventieve gezondheidszorg)



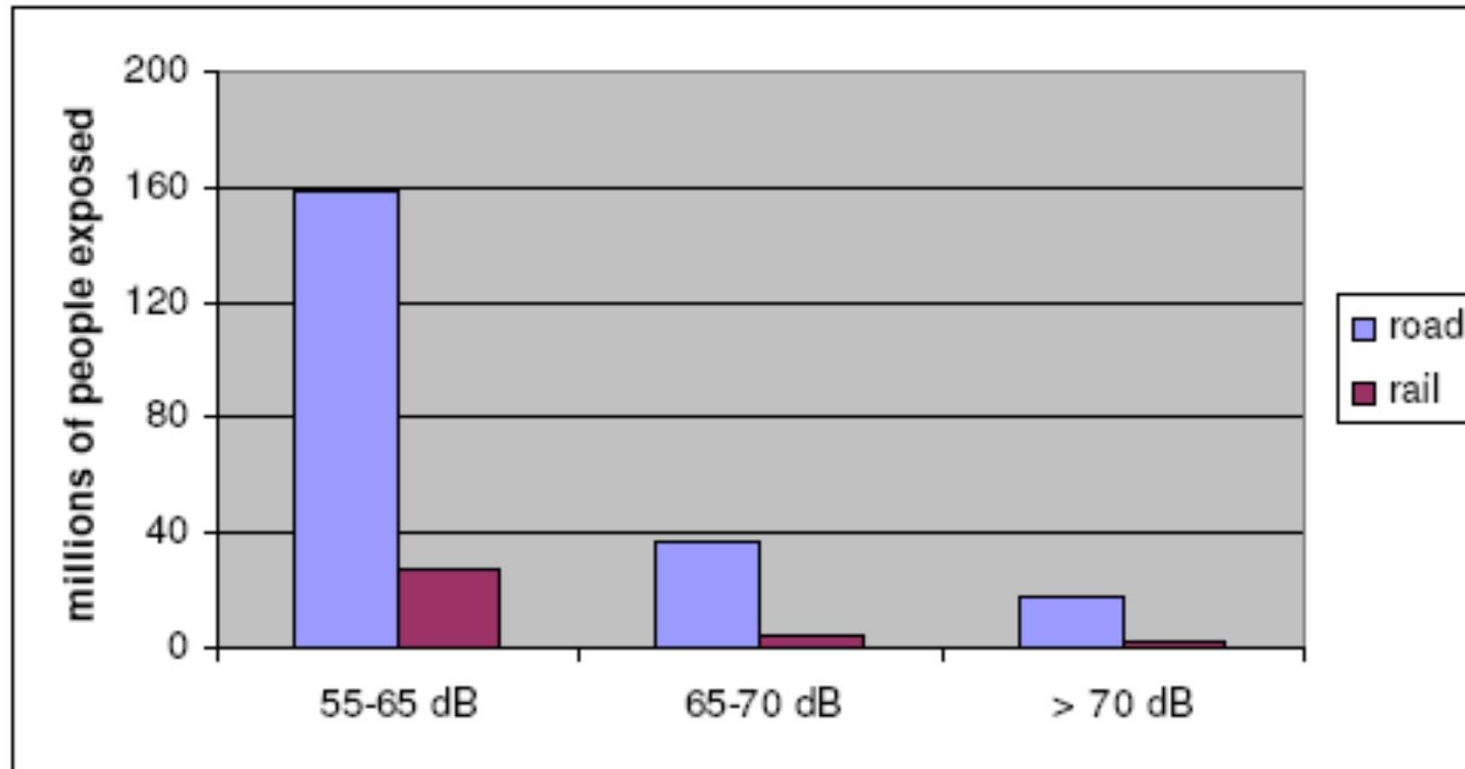
“Ik zeg de studenten dat je als (huis)arts opereert op het snijpunt tussen gezondheidszorg en samenleving...

... De huisarts weet veel,... Ook over de buurt waarin hij werkt. Hij heeft een signalisatiefunctie. Hij kan wantoestanden aanklagen: nachtlawaai van vliegtuigen, verkeer, vervuiling door een fabriek,..."



# BLOOTSTELLING AAN SCHADELIJK GELUIDSNIVEAU tgv VERKEER IN EU

Number of people exposed to road and rail traffic noise in 25 EU countries in 2000

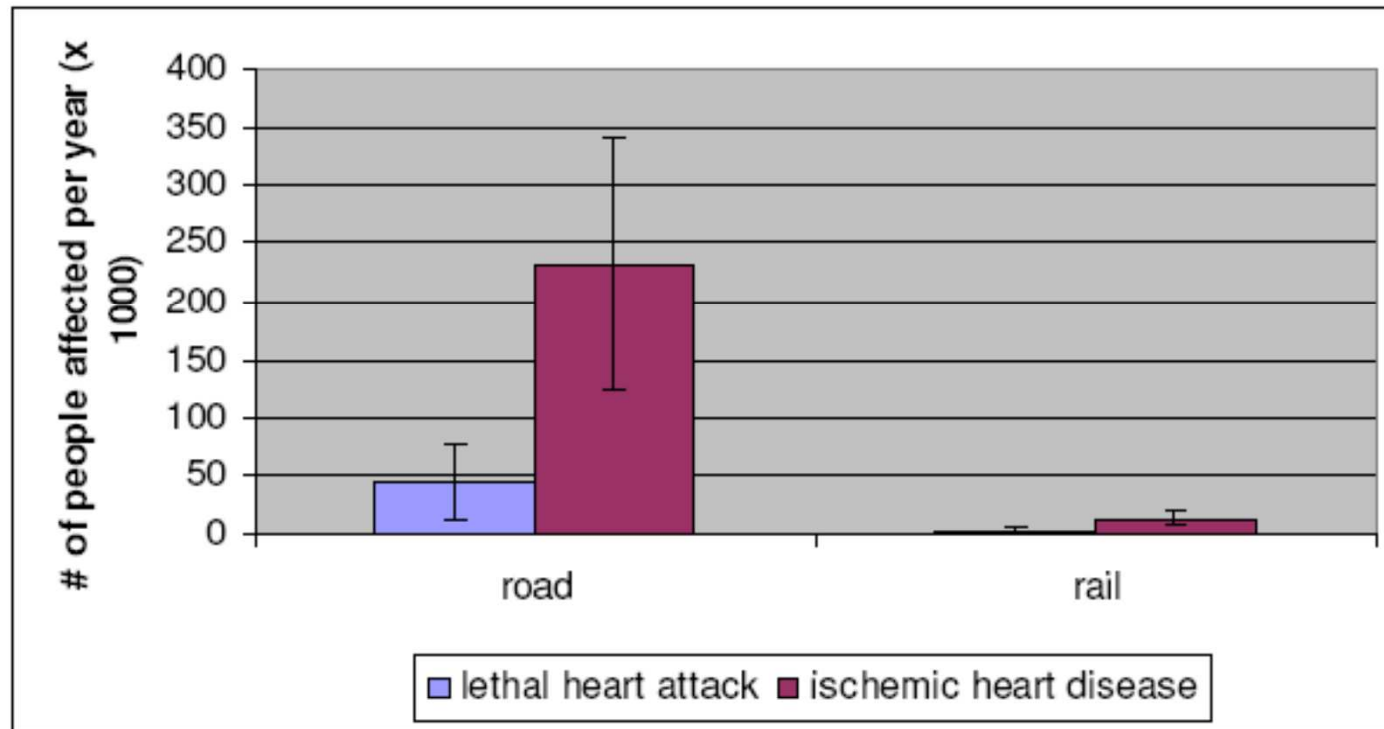


Note: This figure covers the EU27 except Cyprus and Malta.

Source: INFRAS/MW (2004), OECD/INFRAS/Herry (2002), calculations by CE Delft (for Estonia, Latvia, Lithuania).

# Aantal personen met kransslagader ziekten of dodelijke hartaanval/jaar in EU tgv verkeerslawaaai

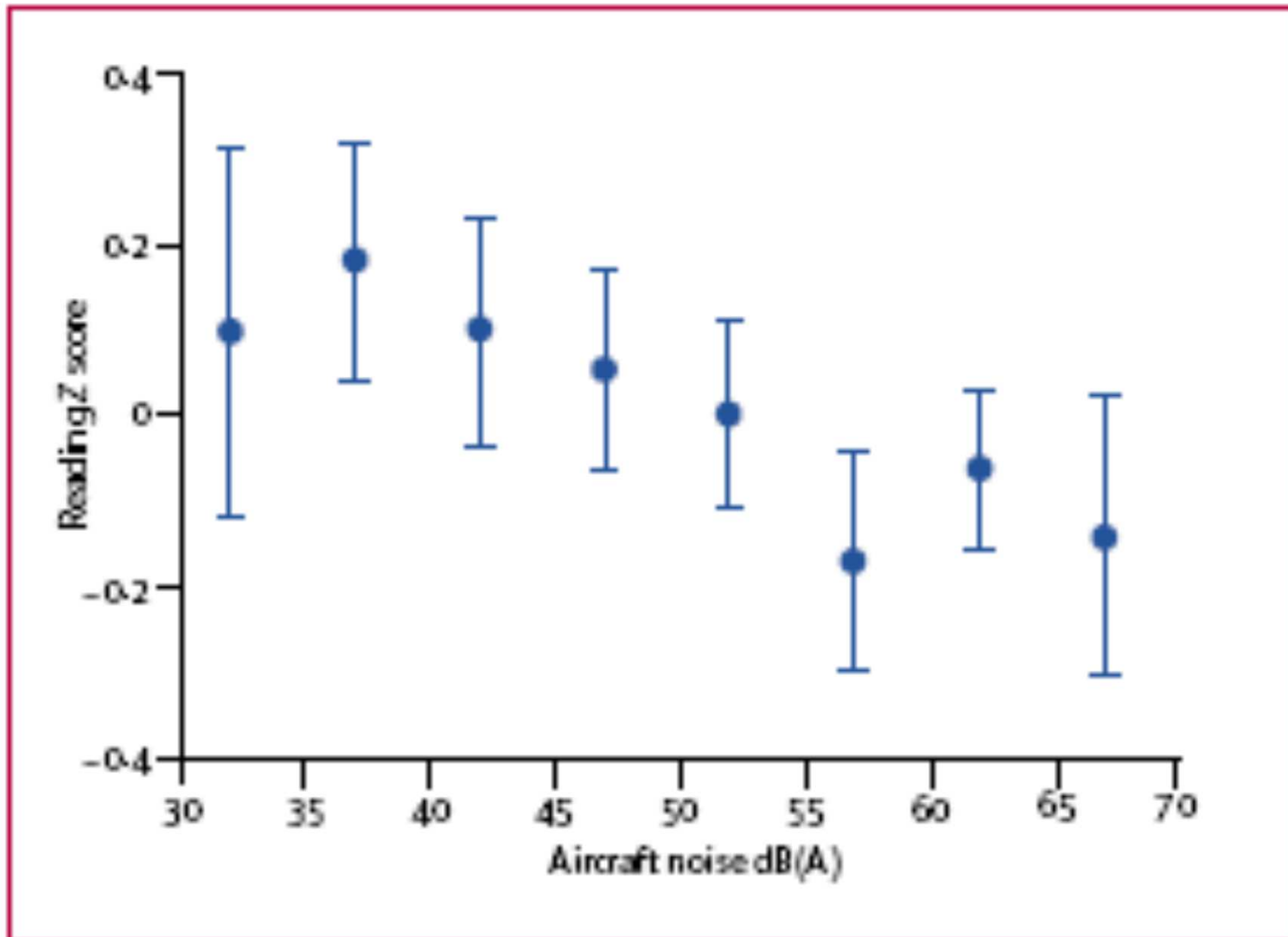
Indication of number of people affected by an ischemic heart disease or suffering a lethal heart attack due to traffic noise in the EU25 (2000)



# En wat met onze kinderen?

- Kinderen reageren helemaal anders dan volwassenen
- Voldoende slaap is levensnoodzakelijk
- Slaap is essentieel voor de ontwikkeling van de hersenen
  - Plasticiteit
  - Geheugen
- Lawaai van vliegtuigen/verkeer overdag stoort
  - Leesontwikkeling
  - Vermogen om complexe taken op te lossen

# RHANCH: lawaai overdag verstoort de leesontwikkeling



# ‘Gevoeligheid voor Lawaai\*’

- In belangrijke mate genetisch bepaald (persoonskenmerk)
- Een kenmerk van individuen die ook gevoeliger zijn voor andere milieuvloeden (vb geurhinder)
- Versterkt het effect van lawaai met ongeveer 10 dB Ldn
- Versterkt ook het effect op fysiologische parameters (bloeddruk, pols, stress hormonen)
- Voor ontwakingsreacties treedt een partiele gewenning enkel op bij geluidsgevoelige individuen

\*Noise sensitivity : Miedema HMD and Vos H, J Acoust Soc Am 2003;113:1492



# Het lichaam reageert dag en nacht autonoom op lawaai

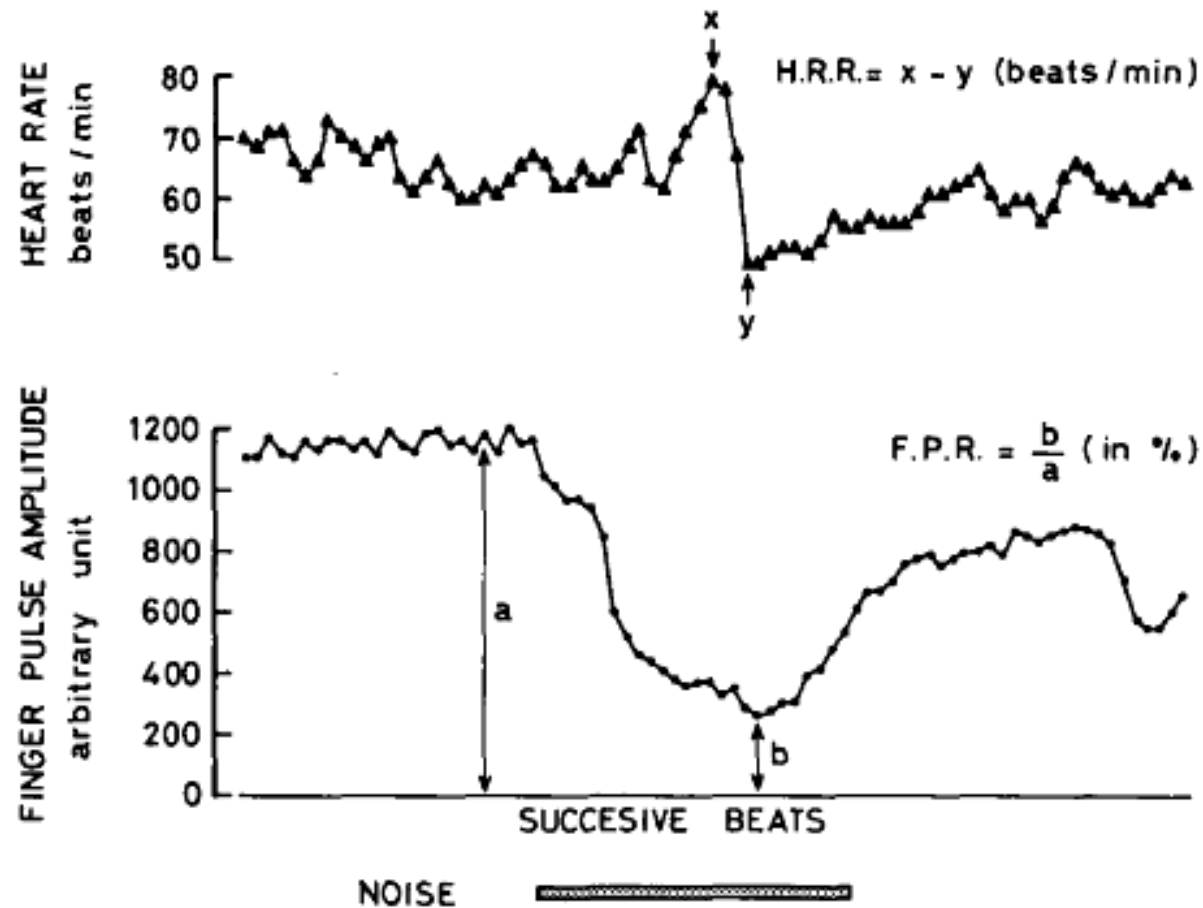


FIG. 3. Examples of heart-rate response (HRR) and finger pulse response (FPR) induced by noise.

Di Nisi et al. Comparison of cardiovascular responses to noise during waking and sleeping in humans SLEEP 1990:13:108

# Vergelijking Dag/Nacht Lawaai

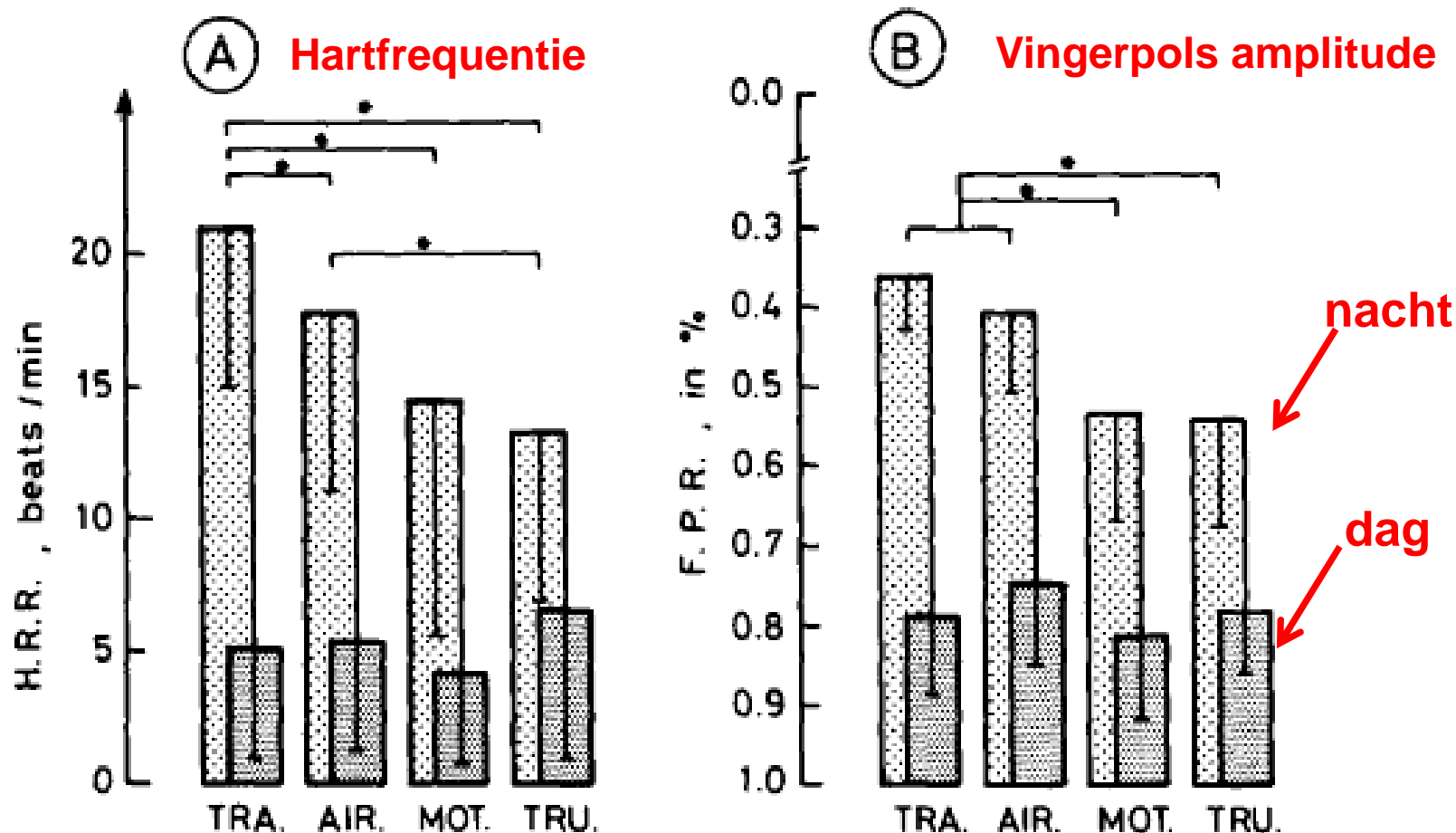


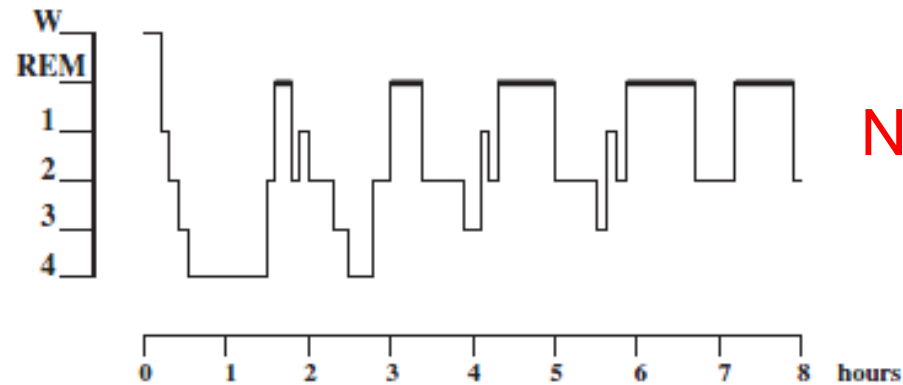
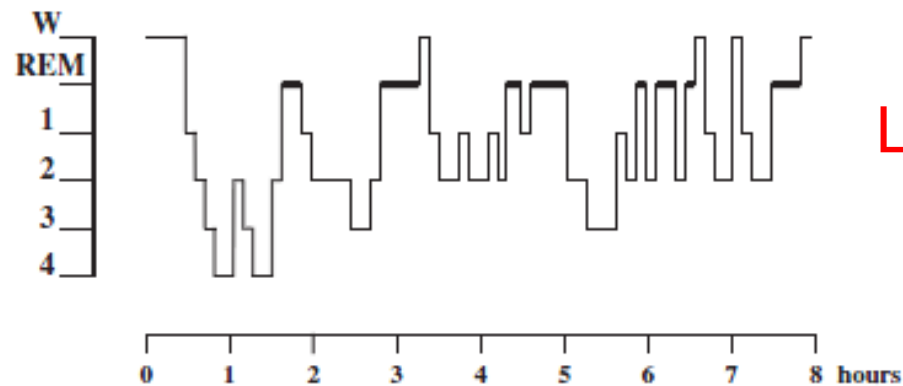


FIG. 5. HRR (A) and FPR (B) obtained for the 20 subjects during sleep and in the awake state. Between-noise comparisons are given for the nocturnal values (mean  $\pm$  standard deviation). Asterisk =  $p \leq 0.008$ . , nocturnal results; , daytime results.

# Verstoring van de slaap door lawaai



Normale nacht



Lawaainacht



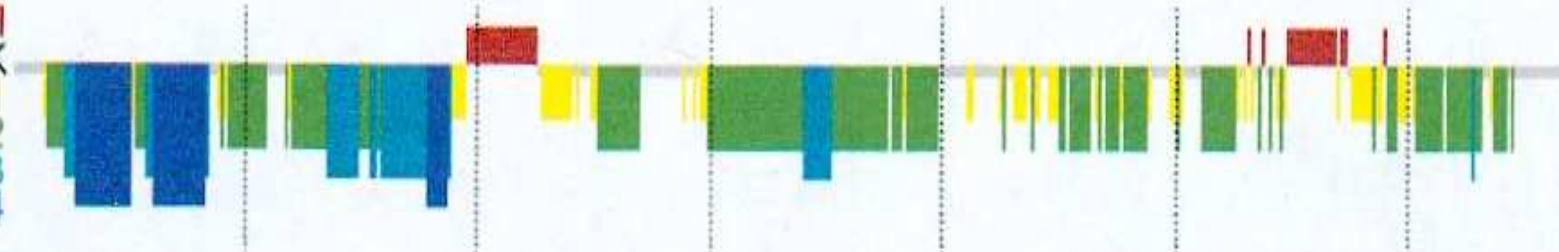
# Polysomnogram onder geconcentreerde nachtvluchten route

Arousals



Hypnogram

REM  
MOV AWK  
1  
2  
3  
4



Time 0:18:55

7:18:55

Hrs

0

1

2

3

4

5

6

7

Epoch

278

398

518

638

758

878

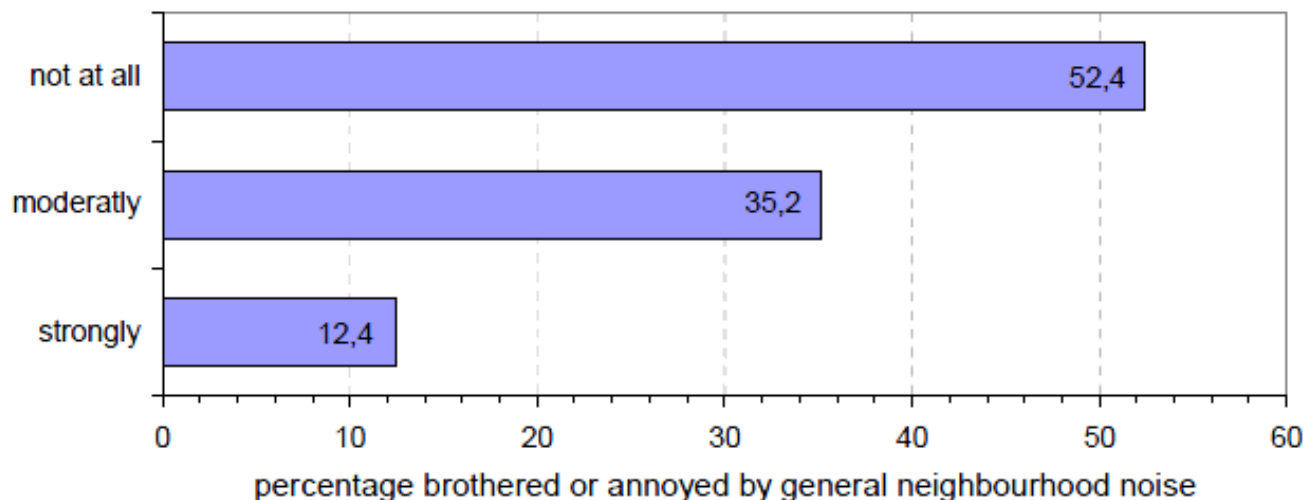
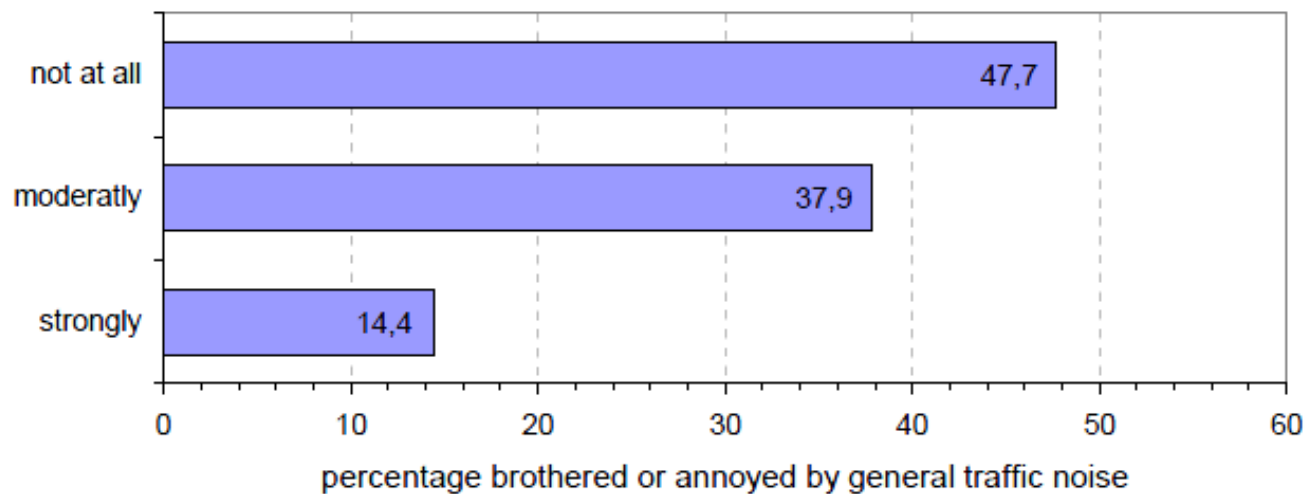
998

1118

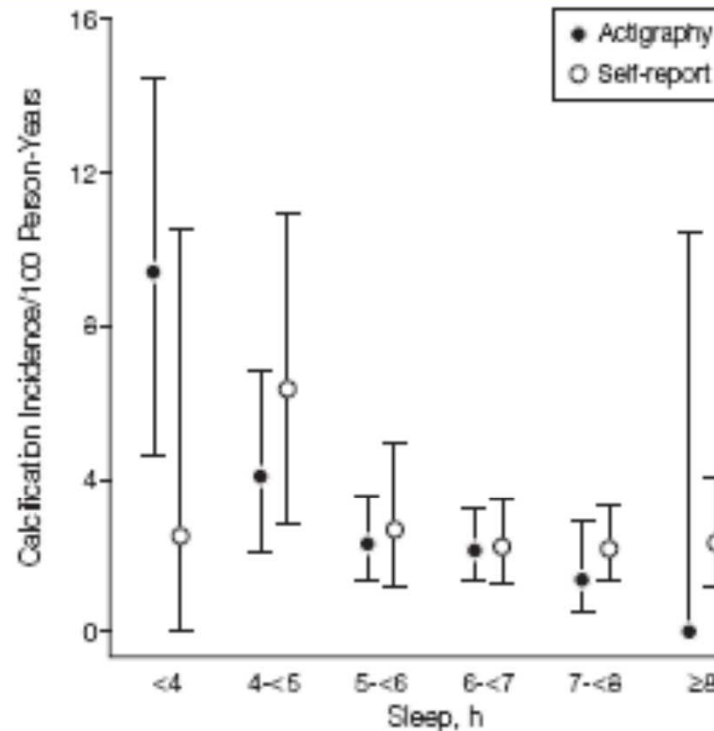
Zou een dergelijk polysomnogram bij een OSAS patient niet tot rijverbod leiden?



# LARES (WHO 2004): buren en het verkeer in competitie (stad)



# Slaapduur en Incidentie van Coronaire Calcificaties



No. of participants	<4	4-<5	5-<6	6-<7	7-<8	≥8
Actigraphy	17	49	148	168	88	5
Self-report	8	22	60	144	175	63

Error bars indicate 95% confidence intervals, which are 95% binomial intervals. Three self-reports were missing.  $P < .001$  for trend for actigraphy and  $P = .12$  for trend for self-report.

# Eén uur langer slapen per nacht:

- Vermindert de 5 jaars incidentie van coronaire calcificaties met 33% (OR 0.67, CI 0.49-0.91)
- Is vergelijkbaar met het effect van een systolische bloeddrukdaling met 16.5 mm HG!

King R et al. JAMA 2008;300: 2859-2865

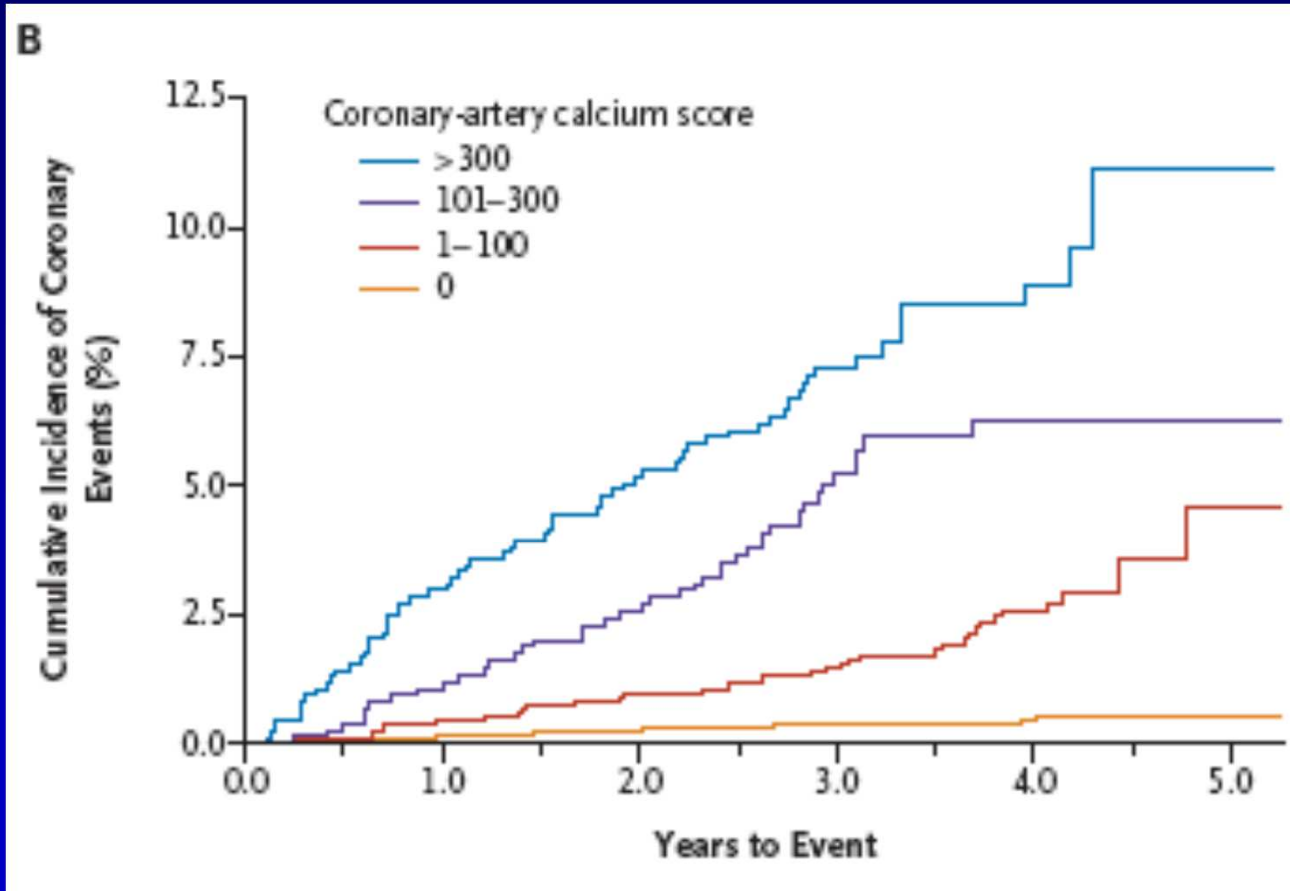


# Volgens de WGO veroorzaakt lawaai...

***Morfologische en/of fysiologische  
veranderingen in een organisme*** met als  
gevolg :

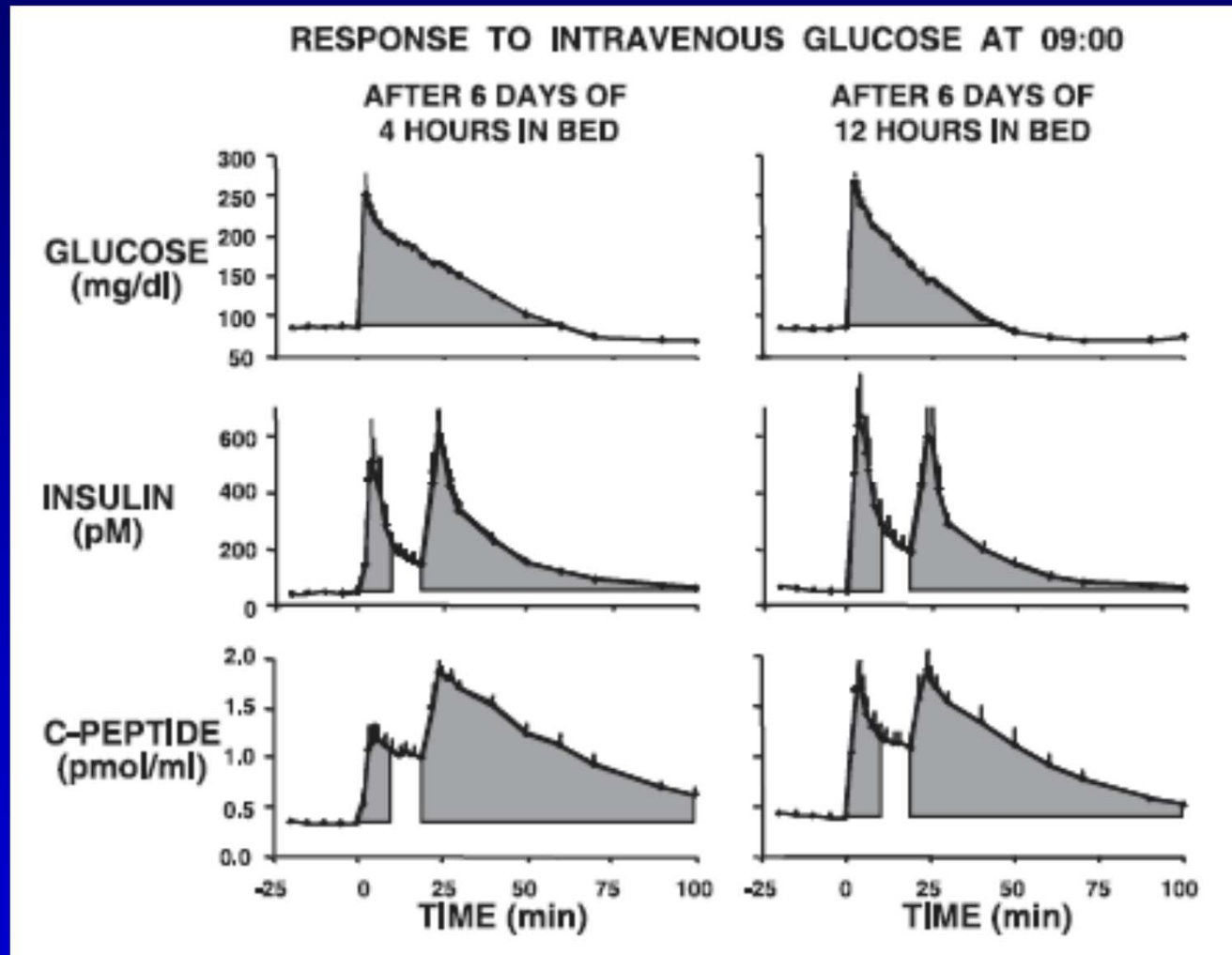
- Verlies van functionele capaciteit (cognitieve dysfunctie, verlies aan productiviteit, ....)
- Verminderd aanpassingsvermogen bij blootstelling aan stress
- Een verhoogde gevoeligheid voor de schadelijke effecten van andere omgevingsfactoren
- Meer dan een 'comfort' probleem: ***lawaai beheersing is de uitdaging van de 21 ste eeuw***
- Uiteindelijk resulterend in ***morbiditeit en mortaliteit***

# Coronaire Calcium Score en CIHL



**Figure 1.** Unadjusted Kaplan–Meier Cumulative-Event Curves for Coronary Events among Participants with Coronary-Artery Calcium Scores of 0, 1 to 100, 101 to 300, and More Than 300.

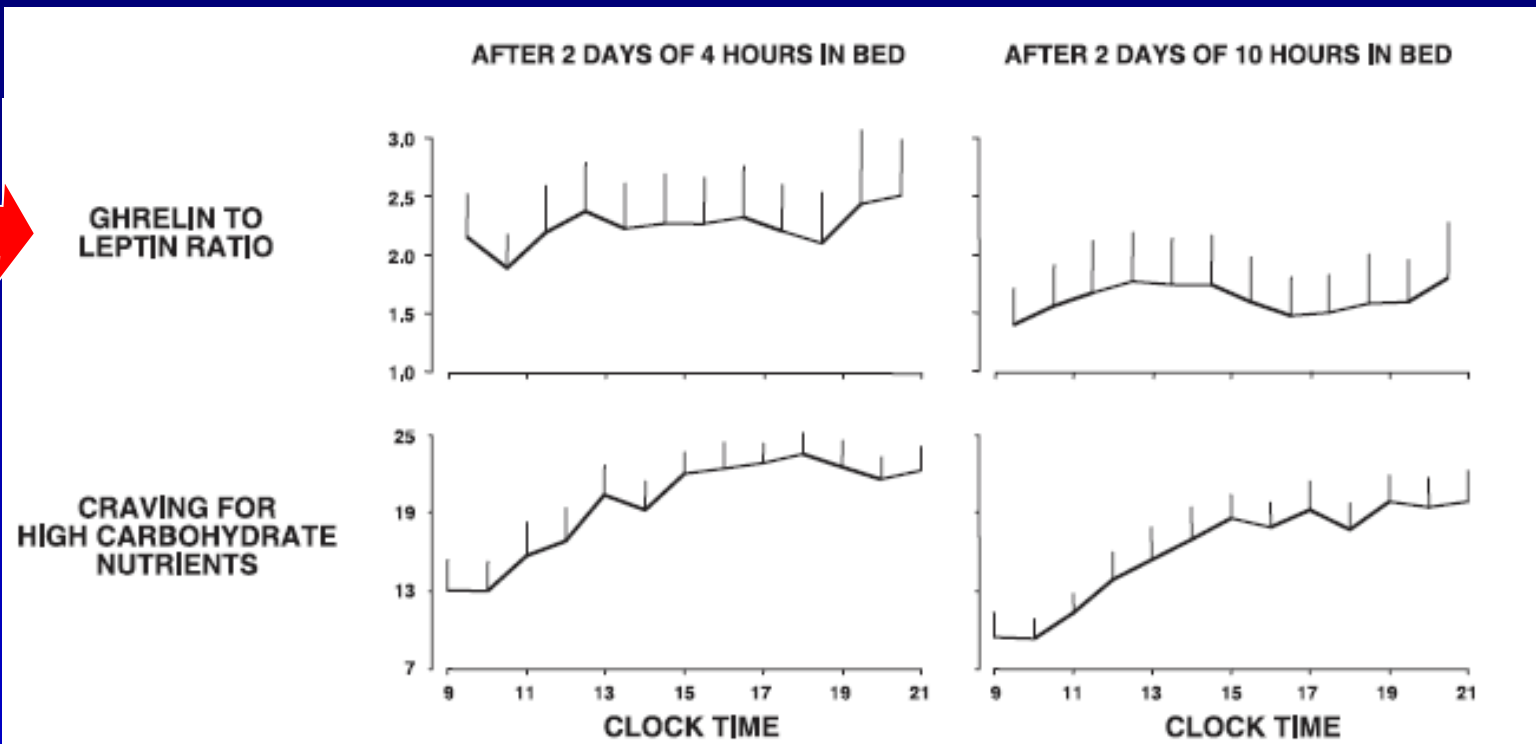
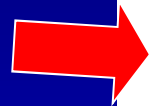
# Slaaptekort verstoort glucose tolerantie



Spiegel et al J Appl Physiol 2005



# Slaaptekort stimuleert eetlust



Spiegel et al J Appl Physiol 2005





# Slow-wave sleep and the risk of type 2 diabetes in humans

Esra Tasali\*, Rachel Leproult, David A. Ehrmann, and Eve Van Cauter

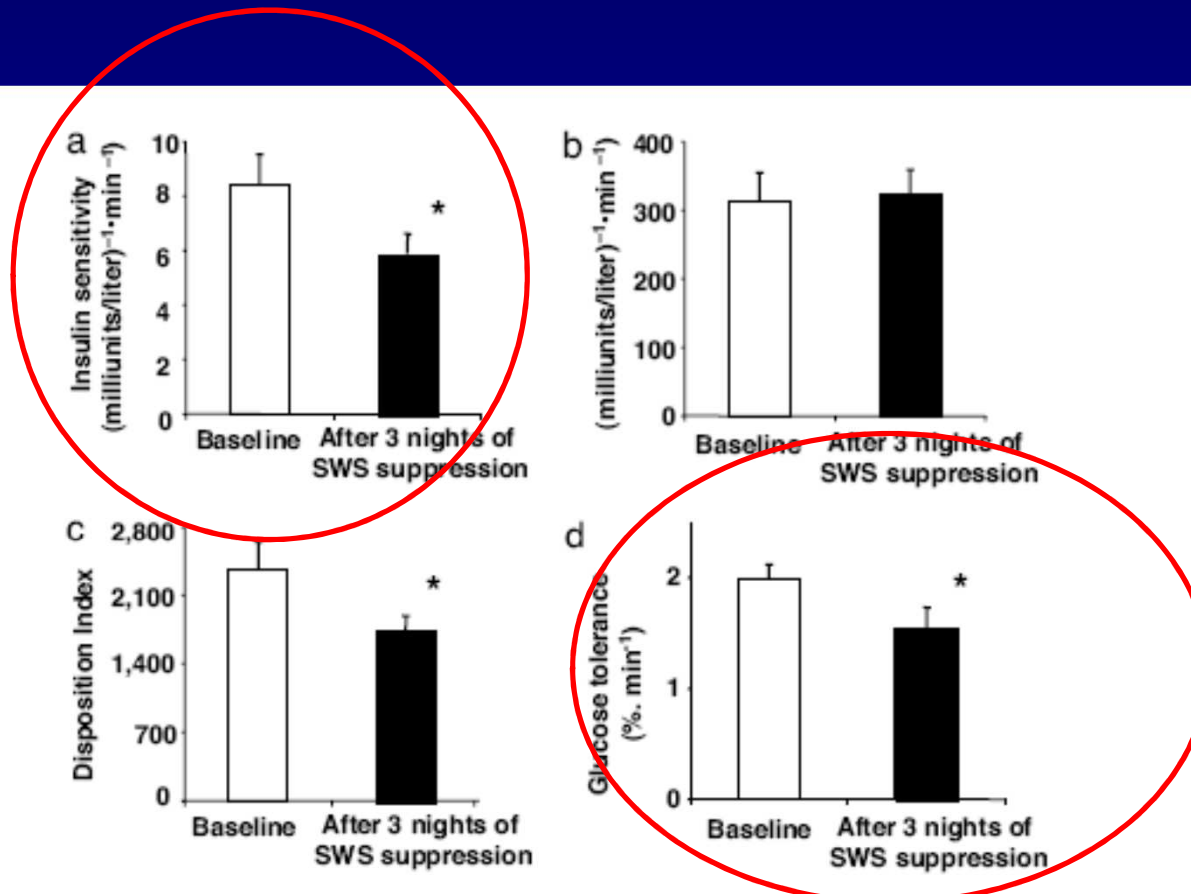


Fig. 1. S.I., AIRg, DI, and glucose tolerance at baseline and after 3 nights of SWS suppression. The data are means  $\pm$  SEM ( $n = 9$  subjects). The asterisks indicate significant differences (paired  $t$  test): S.I. ( $P = 0.009$ ) (a); AIRg ( $P = 0.73$ ) (b); DI ( $P = 0.02$ ) (c); and glucose tolerance ( $P = 0.03$ ) (d).