



Støy i relasjon til innneklima, komfort og helse

NAS Høstmøte 2024

Jens Holger Rindel



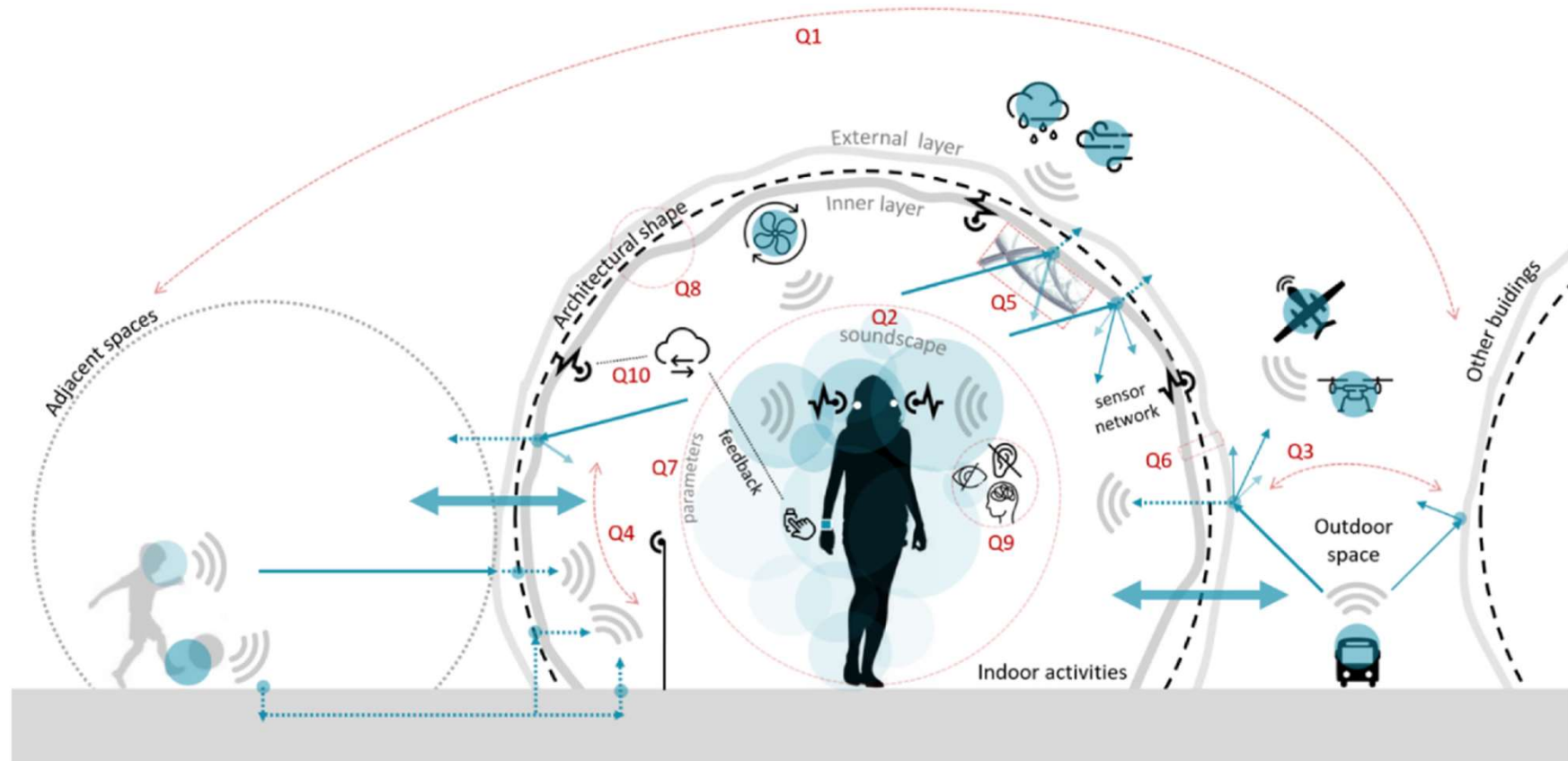
Innhold

- Arkitektonisk akustikk; state-of-the-art
- Dosis-respons for støy
- Kombinasjon av flere inneklimate parametere
- Romakustikk (kontorlandskap, klasserom, restauranter)
- Akustisk komfort og støy i boliger
- Helse og støy fra trafikk
- Referanser



Ten questions concerning Architectural Acoustics

Building and Environment 265 (2024) 112012



Dosis-respons for støy - sjenanse

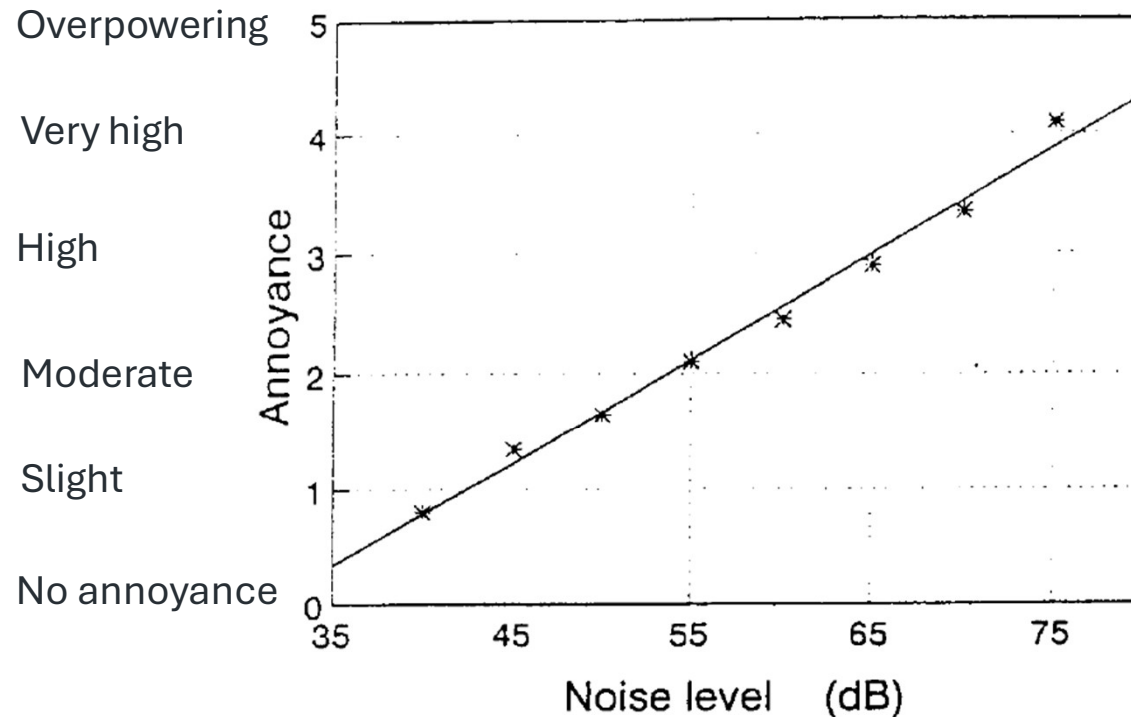


Fig. 5 Annoyance as a function of noise level. The data points represent the mean of 112 assessments. The line shown is the result of linear regression.

Ref.: Clausen et al. (1993)

- Grad av sjenanse som funksjon av lydnivå $L_{A,eq}$ av trafikkstøy (laboratorieforsøk). Hvert punkt er gjennomsnitt av 112 svar.

Dosis-respons for støy – prosent utilfredse

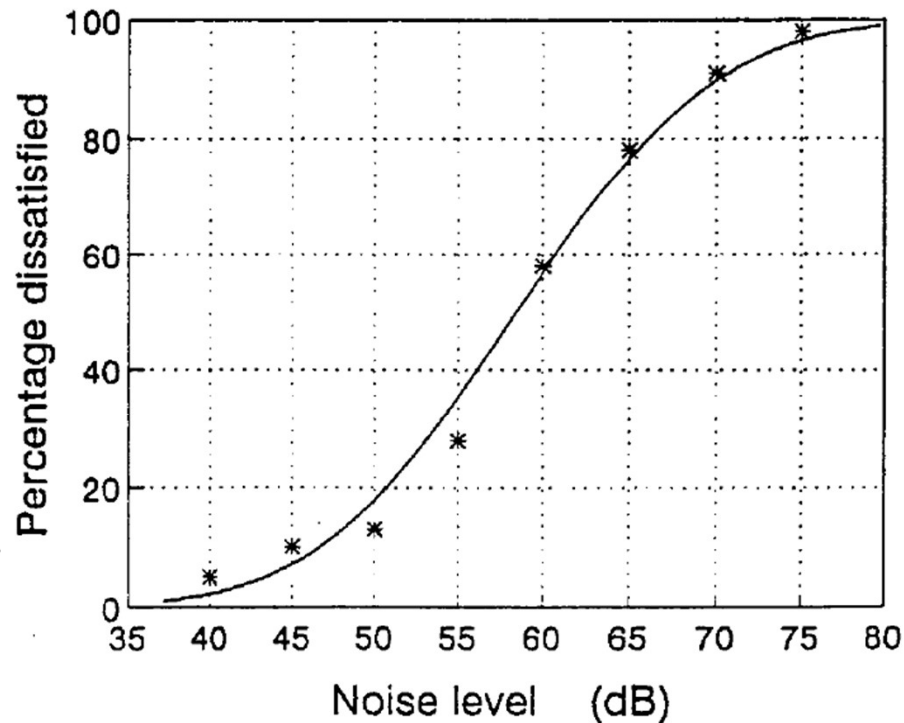


Fig. 8 Percent dissatisfied as a function of traffic noise level. The data points represent the mean of 112 assessments and the curve is the result of probit analysis.

Ref.: Clausen et al. (1993)

- Andel misfornøyde som funksjon av lydnivå $L_{A,eq}$ av trafikkstøy (laboratorieforsøk). Hvert punkt er gjennomsnitt av 112 svar.
- Grafen er en S-kurve (Probit analyse, antatt normalfordeling)
- Tilnærmet stigning på **4 prosentpoeng per dB** mellom 20 % og 80 %



Relasjon til temperatur

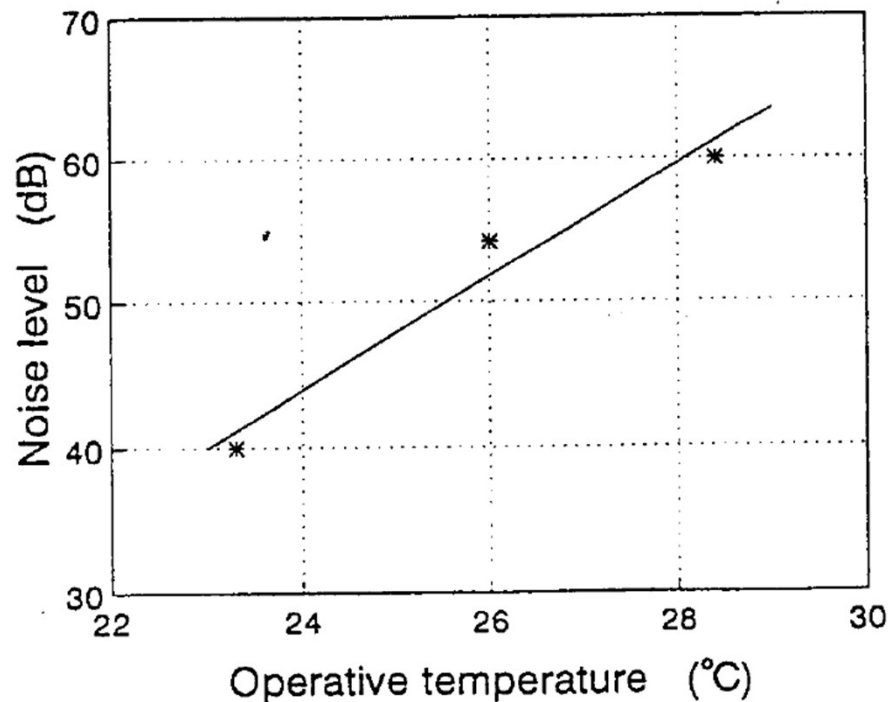


Fig. 2 Noise levels in chamber B and operative temperature in chamber A resulting in equal preference for the two chambers.

Ref.: Clausen et al. (1993)

- Resultat av forsøk i tvilling-kamre (A og B)
- Kammer A:
 - Temperatur økt (23,3 ° - 26,0 ° - 28,4 °)
 - Nøytralt lydnivå (40 dB) og luftkvalitet (0,6 decipol)
- Kammer B:
 - Lydnivå økt (40 dB – 75 dB)
 - Nøytralt temperatur (21,3 °) og luftkvalitet (0,6 decipol)
- Lydnivå for lik preferanse av rom med høy temperatur (A) og rom med støy fra trafikk (B)
- **Endring på 1 °C tilsvarer endring på 4 dB**



Kombinasjon av flere inneklimateparametere

The experimental design allowed the three environmental parameters to be compared one by one. However, one experiment (experiment 7) was included to study the combined effect of more than one parameter. In this experiment the combination of a 28.4°C operative temperature and a perceived air quality of 8.9 decipol was compared with a range of traffic noise levels. When tested individually, both environmental conditions had the same effect on human comfort as traffic noise with L_{Aeq} equal to 60 dB. When the two environmental stressors were combined, the equivalent noise level was 71 dB. Interestingly, this increment of 11 dB correspond approximately to a subjective doubling of the loudness.

- Høy temperatur 28,4 °C tilsvarer lydnivå på 60 dB (4 son)
- Dårlig luftkvalitet (8,9 decipol) tilsvarer lydnivå på 60 dB (4 son)
- Kombinasjon av høy temperatur og dårlig luftkvalitet tilsvarer lydnivå på 71 dB (ca 8 son)
- NB: En fordobling av opplevet hørestyrke (målt i son) tilsvarer ca. 10 dB økt lydnivå
- **Hypotese:** Opplevet virkning av temperatur og luftkvalitet er **additiv** på samme måte som opplevet hørestyrke

Ref.: Clausen et al. (1993)



Hørestyrke målt i son

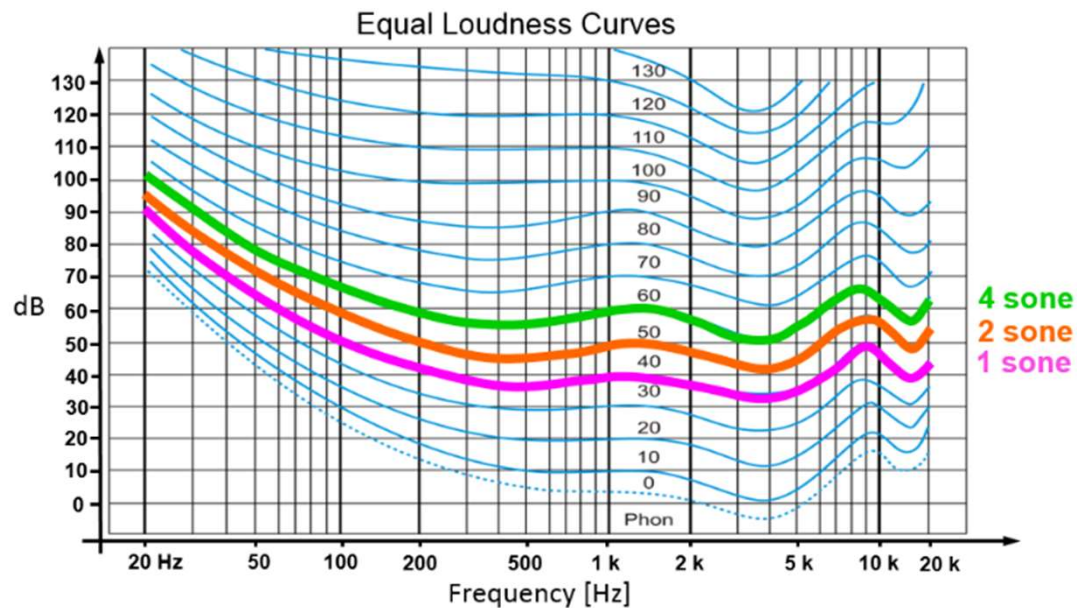


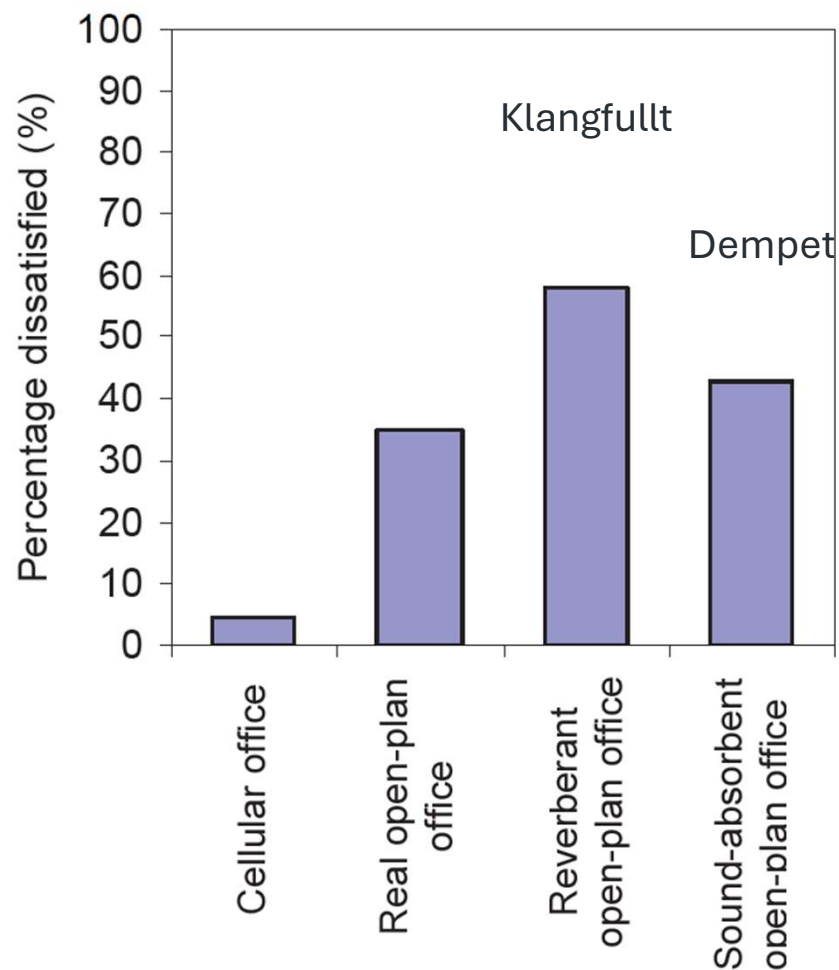
Figure 6: The sone scale is frequency independent. A doubling of sones equates to a doubling of perceived loudness at any frequency.

<https://community.sw.siemens.com/s/article/sound-quality-metrics-loudness-and-sones>

- Subjektiv hørestyrke måles i son
- En opplevet fordobling av hørestyrken tilsvarer en fordobling av verdien i son
- Hørestyrkenivå måles i phon
- 40 phon tilsvarer 1 son
- 50 phon tilsvarer 2 son
- 60 phon tilsvarer 4 son
- 70 phon tilsvarer 8 son

Ref.: ISO 532-1 (2017)

Kontorlandskap – ikke nok å ha kort etterklangstid

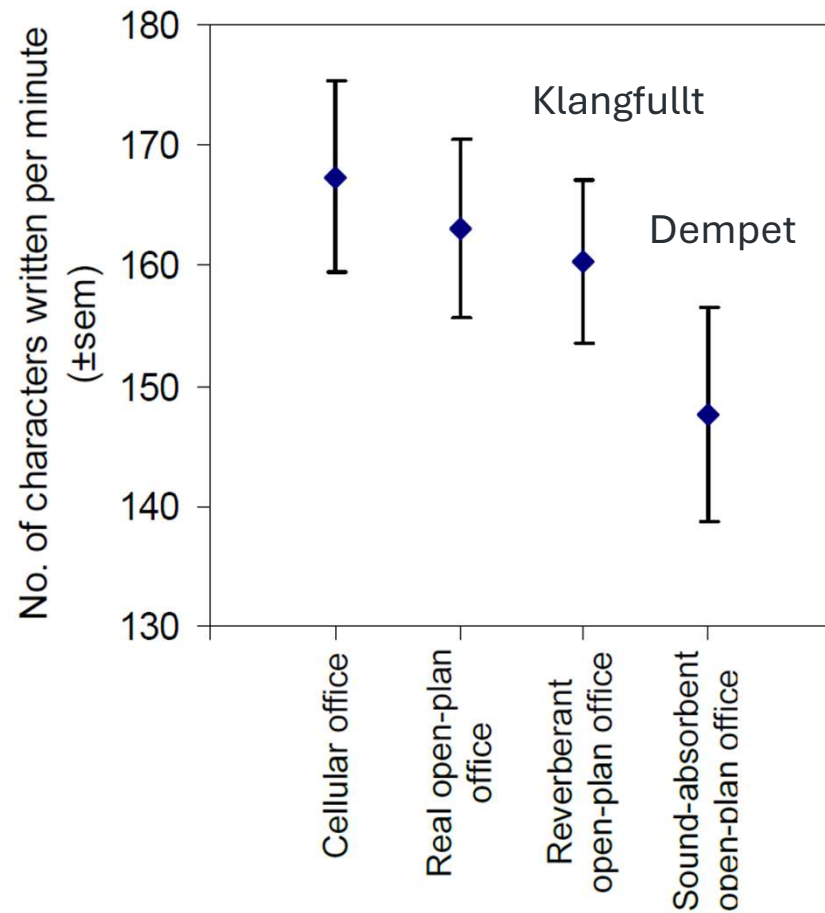


- Støy fra uvedkommende samtaler i et kontor kan ha to effekter:
 - Forstyrrende, hvis taletydighet er høy (lille avstand, kort etterklangstid)
 - Maskerende, hvis taletydighet er lav (stor avstand, lang etterklangstid)
- Kontorlandskap med kort etterklangstid kan bli for stille, og alle lyder blir forstyrrende
- Etterklangstid må hverken være for kort eller for lang

Ref.: Balázová et al. (2007)



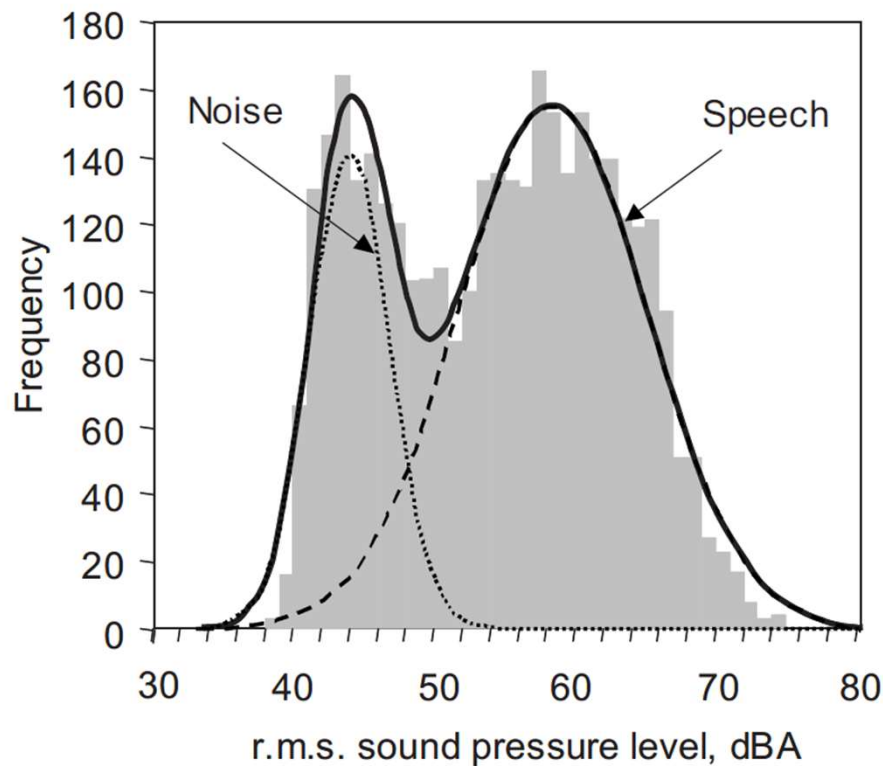
Kontorlandskap – ikke nok å ha kort etterklangstid



- Effektivitet av arbeid
- Etterklangstid må hverken være for kort eller for lang

Ref.: Balázová et al. (2007)

Klasserom - ikke nok å ha kort etterklangstid



- Målinger i 41 klasserom in grunnskoler i Canada. Etterklangstid 0,45 s $\pm$ 0,11 s, med elever 0,41 s $\pm$ 0,09 s
- I klasserom for grunnskole er det største problem et høyt støynivå fra elevenes stemmer
- Intet tyder på at kortere etterklangstid vil gi lavere støynivå

Ref.: Sato & Bradley (2008)

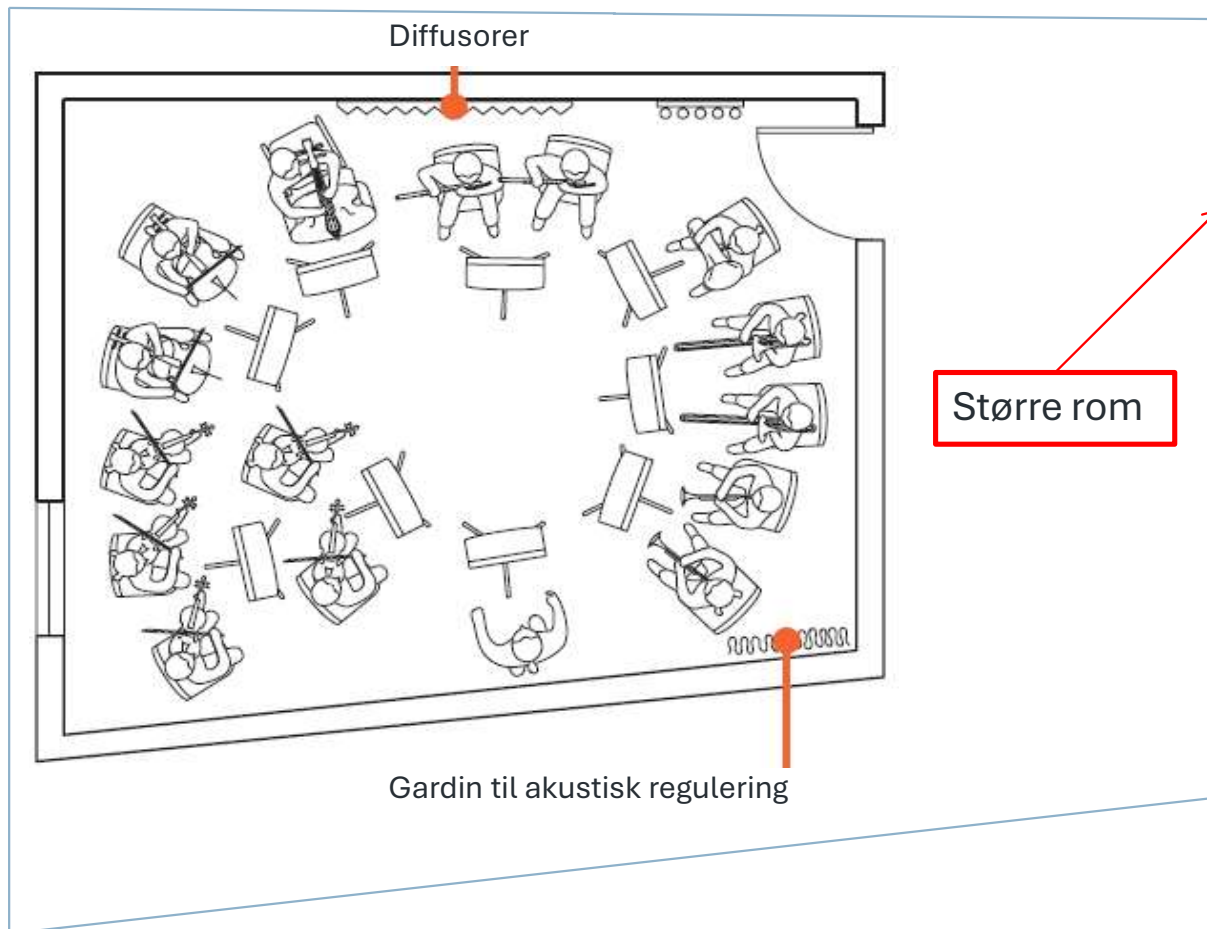
Restauranter og kantiner – akustisk kapasitet



- Nødvendig med tilstrekkelig stort volum per person
- Kort etterklangstid er viktig
- Antall personer ikke over rommets akustiske kapasitet for å kunne føre samtaler med S/N forhold > -3 dB.
- Akustisk kapasitet $N_{\max} = \frac{20 V}{T}$

Ref.: Rindel (2019)

Musikk øvingsrom – volum må være stort nok

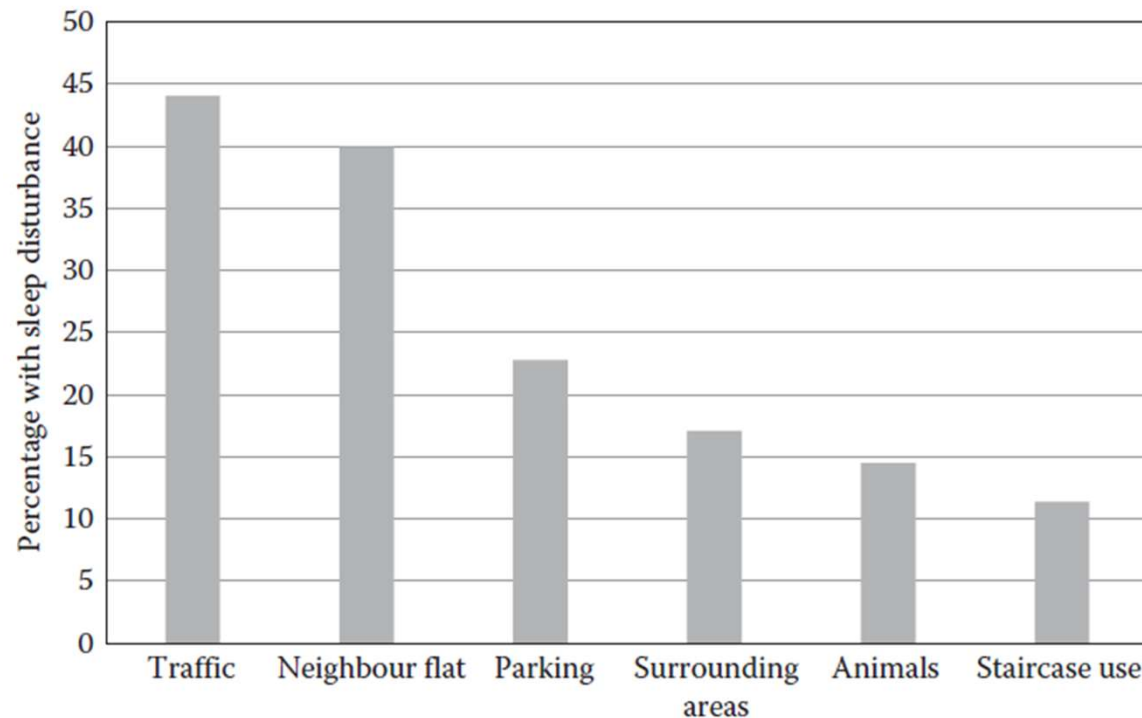


- Lydnivå fra musikkinstrumenter kan bli for høyt, hvis rommets volum er for lille
- Etterklangstiden er også av betydning, men sekundær i øvingsrom

Ref.: ISO 23591 (2021)



Helse og støy i boligen – søvn forstyrrelse

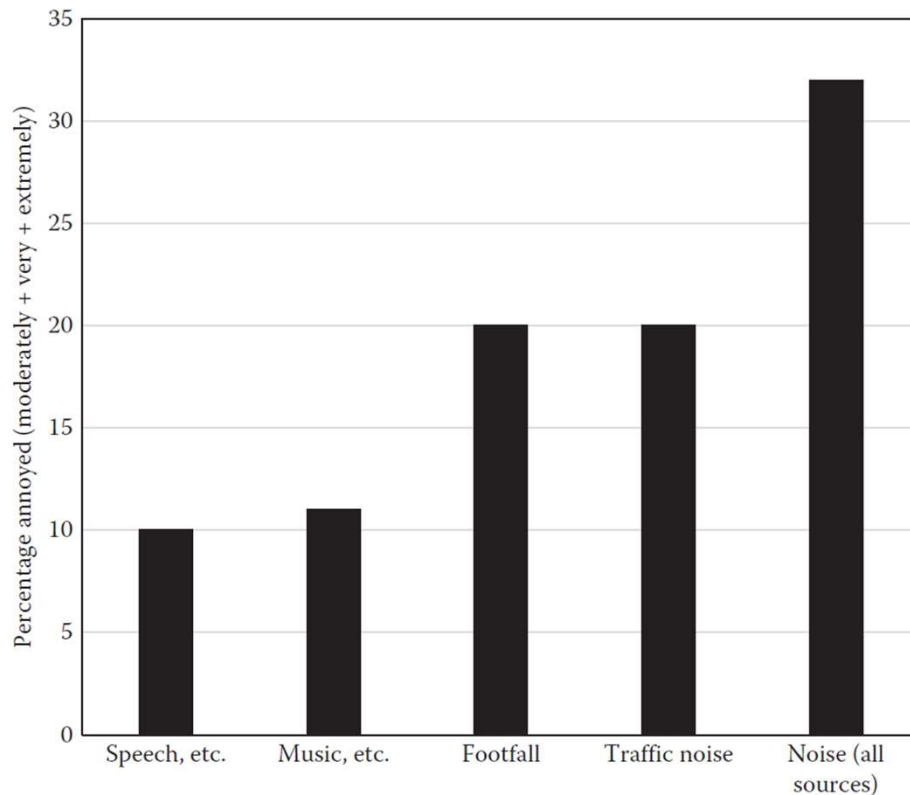


Total for eight European cities ($n = 8539$).

- Viktigste kilde til søvn forstyrrelse er støy fra trafikk
- Nest viktigst er støy fra naboileilighet

Ref.: WHO (2007) LARES report Fig. 37

Årsaker til støysjenanser i bolig

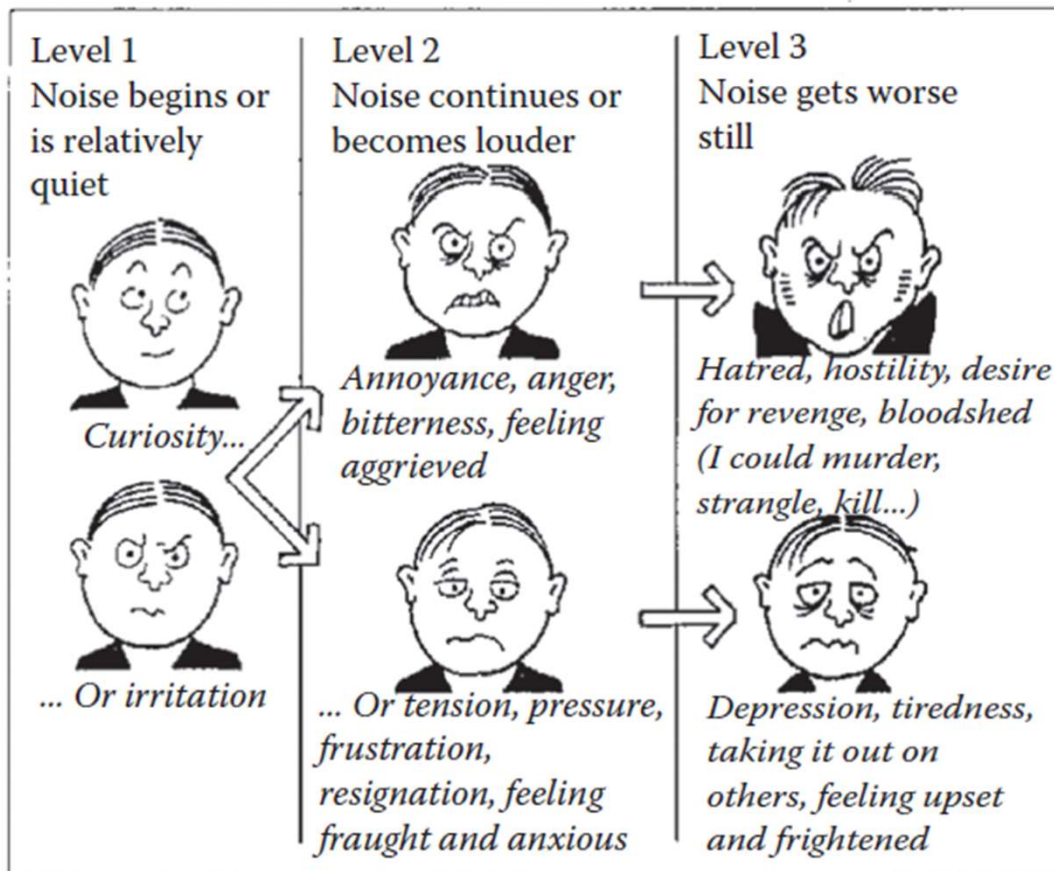


(n = 702)

- Trafikkstøy og trinnlyd fra nabo er største problem i boliger (20 % sjenerte, moderat, mye eller voldsomt)
- Støy fra samtaler eller musikk hos nabo er også viktig (ca. 10 % sjenerte, moderat, mye eller voldsomt)

Ref.: Løvstad et al. (2016)

Helse og støy i boligen – Helseeffekter

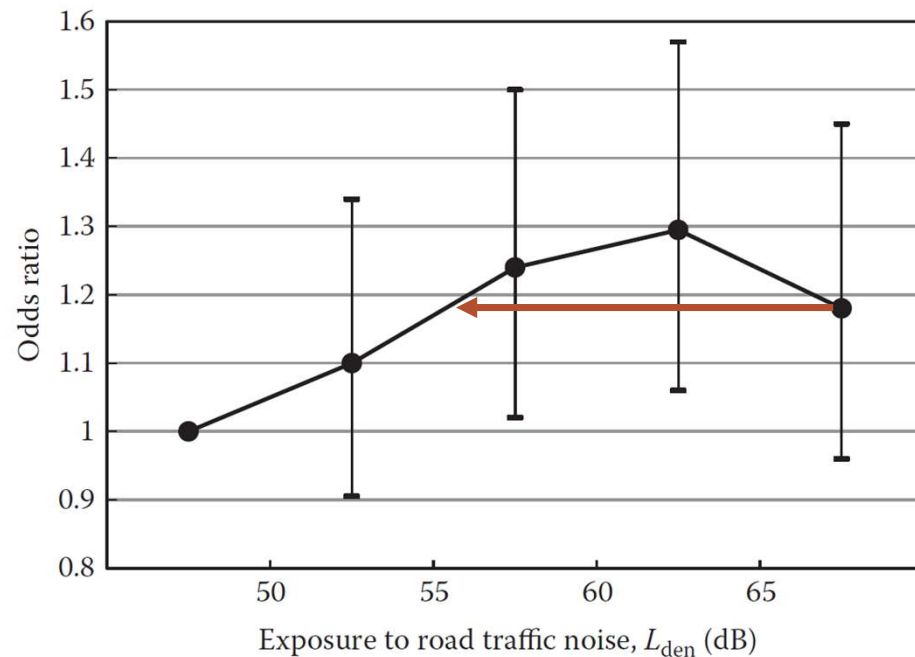


Ref.: Grimwood (1993)

- Vedvarende gener fra nabostøy er medvirkende til bl.a.:
 - Forhøyet blodtrykk
 - Depresjon
 - Migrene
- Støysjenanser fra naboer er en sterkt undervurdert risikofaktor for helse i boliger

Ref.: Maschke & Niemann (2007)

Trafikkstøy og bolig - Problemer hos barn



Data fra Danmark, $n = 46\,904$

- Barn utsatt for trafikkstøy i bolig i tidlig barndom (0 til 7 år) har økt risiko for adferdsproblemer (hyperaktivitet, konsentrasjonsbesvær)
- Trafikkstøy $L_{den} > 50$ dB kan være skadelig for barn
- NB: Støy er beregnet uten hensyn til eventuelle støyskjermer
- Fra 1970 til 2010 ble bygget støyskjermer ved de fleste boliger med over 65 dB støynivå
- Middels demping av støyskjermer er 12 dB

Ref.: Hjortebjerg et al. (2016)



Trafikstøy og bolig – Økt risiko for død eller slag

Based on data for 8.6 million people living in London between 2003 and 2010

Table 14.3 Risk ratio of death or stroke due to road traffic noise $L_{\text{day}} > 60$ dB relative to $L_{\text{day}} < 50$ dB

		Risk ratio (RR)	Confidence interval 95 %
Death	Adults (>25)	1.04	(1.00–1.07)
	Elderly (>75)	1.04	(1.00–1.08)
Stroke	Adults (>25)	1.05	(1.02–1.09)
	Elderly (>75)	1.09	(1.04–1.14)

- Referanse er boliger med trafikkstøy $L_{\text{day}} < 50$ dB
- Boliger eksponert med trafikkstøy $L_{\text{day}} > 60$ dB gir økt risiko for død eller slag
- 4 % økt risiko for å dø
- 5 % økt risiko for slag for voksne mellom 25 og 75
- 9 % økt risiko for slag for eldre over 75

Ref.: Halonen et al. (2015)



Referanser

- L. Shtrepi, F. Aletta, L. Aspöck, A. Astolfi, J. Fels, M. Hornikx, K. Jambrosic, C-H. Jeong, E. Kahle, J. Liorca-Bofi, J.H. Rindel, M. Rychtáriková, S., Torresin, M. Vorländer: Ten questions concerning Architectural Acoustics. *Building and Environment* 2024, 265, 112012.
- J.H. Rindel: *Noise effects and subjective evaluation of sound insulation*. Chapter 14 in: Sound insulation in buildings, CRC Press, Boca Raton, 2018.
- G. Clausen, L. Carrick, P.O. Fanger, S.W. Kim, T. Poulsen & J.H. Rindel: A Comparative Study of Discomfort Caused By Indoor Air Pollution, Thermal Load and Noise. *Indoor Air*, 1993, Vol. 3 pp. 255-262.
- I. Balazova, G. Clausen, J.H. Rindel, T. Poulsen, D.P. Wyon: Noise in open-plan office environments: a laboratory experiment on human perception, comfort and office work performance. *Proceedings of SSTP – 6th International Conference on Indoor Climate of Buildings*, High Tatras, Slovakia 2007, pp 77-84.
- H. Sato, J.S. Bradley, Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms, *J. Acoust. Soc. Am.* 123 (2008) 2064–2077.
- J.H. Rindel, Restaurant acoustics -Verbal communication in eating establishments, *Acoustics in Practice* (EAA) 7 (2019) 1–13.
- International Organization for Standardization, ISO 23591:2021 – Acoustics - Acoustic Quality Criteria for Music Rehearsal Rooms and Spaces, 2021.
- International Organization for Standardization, ISO 352-1:2017 – Acoustics – Method for calculating loudness – Part 1: Zwicker method, 2017.
- World Health Organization, *Large Analysis and Review of European Housing and Health Status (LARES)*. Preliminary Overview, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2007.
- C. Maschke, H. Niemann, Health effects of annoyance induced by neighbour noise, *Noise Control Eng. J.* 55 (2007) 348–356.
- A. Løvstad, J. Rindel, C.O. Høsoien, I. Milford, R. Klæboe, Sound quality in dwellings in Norway – a socio-acoustic investigation, *Proceedings of BNAM 2016*, Stockholm, Sweden, 2016.
- C.J. Grimwood, *Effects of environmental noise on people at home*. BRE information paper IP 22/93, 1993.
- D. Hjortebjerg, A.M. Nybo Andersen, J. Schultz Christensen, M. Ketzel, O. Raaschou-Nielsen, J. Sunyer, J. Julvez, J. Forns, M. Sørensen (2016). Exposure to road traffic noise and behavioral problems in 7-year-old children: A cohort study. *Environmental Health Perspectives* 124(2), 228–234.
- J.I. Halonen, A.L. Hansell, J. Gulliver, D. Morley, M. Blandiardo, D. Fecht, M.B. Toledano, S.D. Beevers, H.R. Anderson, F.J. Kelly, C. Tonne (2015). Road traffic noise is associated with increased cardiovascular morbidity and mortality and all-cause mortality in London. *European Heart Journal* 36(39), 2653–2661.