



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Erfaringer med lydisolerende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder

Rasmussen, Birgit

Publication date:
2015

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Rasmussen, B. (2015). *Erfaringer med lydisolerende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder*. SBI forlag. SBI Nr. 2015:08

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

ERFARINGER MED LYDISOLERENDE ÅBNE VINDUER I TRAFIKSTØJ- BELASTEDE BOLIGOMRÅDER

SBI 2015:08



Erfaringer med lydisolerende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder

Birgit Rasmussen

| | |
|-------------------------|---|
| Titel | Erfaringer med lydisolierende åbne vinduer i trafikstøjbelastede boligområder |
| Serietitel | SBi2015:08 |
| Udgave | 1. udgave |
| Udgivelsesår | 2015 |
| Forfatter | Birgit Rasmussen |
| Sprog | Dansk |
| Sidetæl | 98 |
| Litteratur-henvisninger | Side 31-33 |
| Emneord | Trafikstøj, støjbelastning, grænseværdier, lydisolations, åbne vinduer, boliger, lydskodde, ventilationsvindue |
| ISBN | 978-87-563-1670-5 |
| Tegninger | SBi-anvisning 244 (figurerne 2-7) |
| Fotos | Københavns Kommune, Miljøstyrelsen, DELTA, Århus Kommune, Jens V. Nielsen (Figur B.2), Lars Aarø (Figur C.2), Per Feldbech (Figur E.3), Birgit Rasmussen (Figur A.3) |
| Omslag | Udsnit af Støj-Danmarkskortet (www.mst.dk) |
| Udgiver | Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk |

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

| | |
|--|----|
| Forord | 4 |
| 1. Indledning | 5 |
| 2. Grænseværdier for trafikstøj indendørs..... | 7 |
| 3. Støjbelastning fra vejtrafik i Danmark..... | 10 |
| 4. Erfaringer med MST vejledning 4/2007 | 17 |
| 5. Eksempler på ventilationsvinduer | 19 |
| 6. Erfaringer fra cases i Danmark..... | 21 |
| 7. Erfaringer fra nye feltforsøg i Folehaven | 23 |
| 8. Sammenligning af indeniveau med forskellige ventilationsvinduer | 27 |
| 9. Sammenfatning og anbefalinger..... | 29 |
| Litteratur | 31 |
| Appendiks A. Folehaven, København..... | 34 |
| Appendiks B. Fredensgade, København | 38 |
| Appendiks C. Norgesparken, Århus..... | 40 |
| Appendiks D. Bikuben Kollegiet, København..... | 42 |
| Appendiks E. Vandtårnet, Jægersborg | 44 |
| Appendiks F. Ørnegårdsvej, Gentofte, | 46 |
| Appendiks G. Kollektivhuset, København | 48 |
| Appendiks H. Erfaringer fra udlandet | 50 |
| Appendiks I. Forslag vedr. MST vejl. 4/2007 | 52 |
| Appendiks J. Feltforsøg i Folehaven - lydmålerapport..... | 55 |

Forord

Miljøstyrelsens nationale kortlægning af vejstøjbelastede boliger i 2012 viser, at 141.000 boliger er stærkt støjbelastet med et støjniveau, der er mere end 10 dB over den vejledende grænseværdi, og knapt halvdelen af disse boliger ligger i Hovedstadsområdet. En så stærk støjbelastning kan skade helbredet og nattesøvnen, især hvis vinduerne er åbne. For at reducere støjbelastningen indendørs er der brug for nye vinduesløsninger, der i åben tilstand giver en betydeligt bedre lydisolering end normale åbne vinduer, men der savnes samlet viden om udførte løsninger og deres ydeevne, så disse kan nyttiggøres i byfornyelsen og i renoveringsprojekter. Med udgangspunkt i vejtrafikstøjbelastning af eksisterende boliger og myndighedskrav til nye boliger, beskriver rapporten behovet for lydisolering, åbne vinduer. På grundlag heraf samt opsamling af erfaringer og sammenligninger fra danske cases med lydisolering, åbne vinduer, gives anbefalinger til initiativer til videre udvikling.

Rapporten er udarbejdet af seniorforsker Birgit Rasmussen (SBI). Som en del af projektet har DELTA Akustik udført feltmålinger af lydisolering i en bebyggelse i København (Folehaven) og foretaget beregninger af indendørs støjniveau med data fra feltmålingerne og tidligere laboratoriemålinger.

I projektet har der været faglig sparring med en referencegruppe:

Karen Forsting, Københavns Kommune, Teknik & Miljø
Allan Jensen, Rambøll
Søren Damgaard Kristensen, Grontmij
Henrik S. Olesen, DELTA Akustik
Lars S. Søndergaard, DELTA Akustik
Frank Pedersen, Miljøstyrelsen (fra primo 2014)

Statens Byggeforskningsinstitut takker for kommentarer fra ovennævnte samt fra Ole Ebbensgård, Rambøll, Claus Møller Petersen, Grontmij, Dan Hoffmeyer, DELTA, samt fra Bo Mortensen og Hallur Johannessen, Gade & Mortensen Akustik A/S.

Projektet er støttet af Ministeriet for By, Boliger og Landdistrikter med byfornyelseslovens forsøgs- og udviklingsmidler.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Byggeri og Sundhed
April 2015

Niels-Jørgen Aagaard
Forskningschef

1. Indledning

Baggrund

For vejtrafikstøj er situationen i Danmark den, at 723.000 boliger, dvs. mere end 25 % af alle danske boliger, belastes med et støjniveau udendørs over den vejledende grænseværdi L_{den} på 58 dB, og 141.000 boliger af disse, dvs. mere end 5 % af danske boliger, er stærkt støjbelastede med et støjniveau på over 68 dB (Miljøstyrelsen, 2013).

Trafikstøj kan være sundhedsskadelig (WHO, 2009), (Vejdirektoratet, 2010), hvilket er baggrunden for bygningsreglementets og miljølovgivningens grænseværdier for trafikstøj både udendørs ved boliger og indendørs i boliger. Danskere tilbringer i gennemsnit ca. halvdelen af døgnets timer i boligen (Ekholm m.fl., 2014), og derfor er det væsentlig for velbefindende og helbred at reducere støjbelastningen i og omkring boligen mest muligt.

Københavns Kommune gennemførte i 2004 en spørgeskemaundersøgelse for husstande langs tre stærkt trafikerede bygader i København, hvoraf den ene var Folehaven. Undersøgelsen viste, at mange af de beboere, der var stærkt generet af støj, ønskede at flytte. Ved Folehaven var støj den hyppigste årsag (ud af flere) til ønsket om at flytte (73 %).

Der er således flere gode grunde til at vurdere behov for forbedring af lydisoleringen af facaderne i eksisterende støjbelastede områder. Oftest er der kun foretaget forbedringer af lydisoleringen af vinduerne i lukket tilstand. Mange mennesker ønsker imidlertid at have vinduerne åbne en del af dagen til udluftning, og nogle også om natten, og derfor er der behov for lydisolerede, åbne vinduer.

Der er gennemført flere forsøgsprojekter med lydisolerede, åbne vinduer. Imidlertid har informationerne om løsninger og de praktiske erfaringer været meget sparsomme, og dokumentationen for den opnåede lydisolering har ikke umiddelbart været tilgængelig, hvilket har betydet, at erfaringerne ikke kunne udnyttes optimalt i nye projekter.

I MST Vejledning 4/2007, *Støj fra veje* (Miljøstyrelsen, 2007), er der foretaget visse stramninger af grænseværdier for trafikstøj gældende for nye boliger. Som noget nyt blev der mulighed for boligbyggeri ved huludfyldning i byfornyelsen, såfremt udluftningsmuligheder uden uacceptable støjniveauer sikres ved at overholde grænseværdien for indendørs støjniveau med vinduer åbnet mindst 0,35 m². Dette kunne forventes at give nye erfaringer med lydisolerede åbne vinduer til anvendelse i byfornyelsen.

Formål

Hovedformålet med projektet er en videnopsamling om lydisolerede, åbne vinduer (ventilationsvinduer), både fra tidligere projekter og fra nye projekter, hvor bestemmelserne i MST vejledning 4/2007 er overholdt, med henblik på genanvendelse eller videreudvikling af løsninger til anvendelse i byfornyelsen.

I projektplanen indgår desuden mulighed for gennemførelse af feltmålinger af lydisolering i en relevant case, hvor den foreliggende dokumentation er utilstrækkelig.

Alle fundne cases beskrives i en projektrapport med en indikation af potentielle for videreudvikling af de enkelte løsninger. Også brugersynspunkter og -erfaringer er relevante.

Resultaterne formidles til byggebranchen og myndigheder bl.a. gennem byfornyelsesdatabasen samt ved at inkludere beskrivelser af principløsninger og lydisolerende egenskaber for ventilationsvinder i en SBI-anvisning om lydisolering af klimaskærmen.

Projektindhold, aktiviteter og fremgangsmåde

Der har i hovedtræk været følgende projektindhold og –aktiviteter:

- Efterlysning af cases med lydisolerende, åbne vinduer blandt rådgivere og myndigheder, inkl. tysk myndighed i Hamburger Hafency
- Kontakt til rådgivere (trafikstøj) og andre eksterne specialister, især DELTA, som i samme periode har udført udviklingsprojekter på ventilationsvinduer (af typen russervinduer) medfinansieret af MST.
- Information og efterlysning af erfaringer/cases er sket løbende på temamøder i Dansk Akustisk Selskab og i regi af Vinduesindustrien (i alt ca. 380 deltagere).
- Erfaringsopsamling om lydisolerende, åbne vinduer ved casestudies.
- Søgning af oplysninger på internet, i conferenceartikler samt i rapporter, primært fra myndigheder, om støjbelastning, vinduescases mv.
- Lydisolationsmålinger i udvalgt boligbyggeri med forskellige åbningsarealer.
- Beregning og sammenligninger af støjniveau indendørs med forskellige vinduestyper, vinduesarealer og antal samt rumstørrelser
- Rapportering

Der har været fokus på fremskaffelse af valide, sammenlignelige informationer om lydisolationen i eksisterende cases med ventilationsvinduer.

Repræsentanter fra myndigheder og rådgivere har fungeret som en referencegruppe for projektet.

Rapportens indhold og brug

Rapporten indeholder:

- Oversigt danske lydbestemmelser for vinduer/facader
- Beskrivelse af støjbelastning af danske boliger, information om principperne i handlingsplaner og dæmpning af trafikstøj
- Erfaringer med anvendelsen af MST vejledning 4/2007, hvad angår konstruktioner til overholdelse af lydisolationskravene til åbne vinduer
- Opsamlet viden fra syv casestudies om konstruktioner, lydmålinger, brugererfaringer
- Resultater fra nye lydmålinger af lydskodder i boligbyggeri i Folehaven
- Beregning af støjniveau indendørs med forskellige vinduestyper, vinduesarealer og antal samt rumstørrelser og sammenligning med lydkrav
- Anbefalinger til ændringer af bestemmelserne for åbne vinduer samt til videre udvikling af vinduesløsninger
- En række appendikser med beskrivelser af cases
- En lydmålerrapport fra nye lydisolationsmålinger i Folehaven

Projektresultaterne giver mulighed for definering af nye udviklingsprojekter for ventilationsvinduer på et større vidgrundlag.

Der er lagt vægt på i rapporten at inkludere referencer til internationale, nationale og kommunale myndigheder, så det bliver tydeligt, at der bruges mange ressourcer på støjområdet, og at for høj støjbelastning udgør en sundhedsrisiko, som bør reduceres mest muligt.

Rapporten giver bedst udbytte ved at blive læst i sin helhed, men de fleste af rapportens afsnit og appendikser kan læses uafhængigt af hinanden, og fx kan de tekniske afsnit 7 og 8 eventuelt springes over.

2. Grænseværdier for trafikstøj indendørs

Grænseværdier findes dels i bygningsreglementet, dels i Miljøstyrelsens vejledninger. Bygningsreglementet indeholder grænseværdier for trafikstøj indendørs i boliger, undervisnings- og daginstitutionsbygninger. Miljøstyrelsens vejledninger har bestemmelser for maksimal støjbelastning indendørs ved åbne vinduer og udendørs ved forskellige arealanvendelser, og jo større støjfølsomhed, des lavere grænseværdier. Formålet med lydbestemmelserne er at sikre gode og sunde forhold for borgerne.

Hvor findes lydbestemmelser for facader og vinduer?

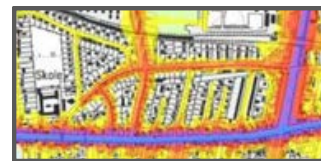
De vigtigste lydbestemmelser relateret til facader findes i:

- Bygningsreglement 2010, kap. 6.4 Akustisk indeklime
- DS 490, *Lydklassifikation af boliger* (Dansk Standard, 2007)
- MST vejledning 4/2007, *Støj fra veje*, kap. 2 Vejledende grænseværdier for vejtrafikstøj.
- Andre MST-vejledninger/tillæg vedrørende støj fra jernbaner mv.



Bygningsreglementet definerer:

- Grænseværdier for trafikstøj indendørs (med lukkede vinduer) for boliger, undervisnings- og daginstitutionsbygninger.
- For boliger henvises til DS 490, *Lydklassifikation af boliger*



MST-vejledning 4/2007 definerer/beskriver:

- Grænseværdier for vejtrafikstøj på udendørs arealer
- Grænseværdier for indendørs støjniveauer med åbne vinduer
- Planlægningsituationer for nyt boligbyggeri
- Handlingsplaner for eksisterende boligbyggeri
- Værktøjer til at forebygge/reducere støj

Se mere om formål og indhold på www.mst.dk.

| Virksomhed | Reduktion af støjniveau (L _{den}) i dB | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Reduktion af trafikstøj | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Forbuds af støjende aktiviteter | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på banevej | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på byggeplads | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på arbejdsplads | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på legeplads | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på skoleplads | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på sportsplads | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på parkeringsplads | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på offentlige pladser | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på offentlige bygninger | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på offentlige arealer | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på offentlige bygninger | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Støjloft på offentlige arealer | | | | | | | | | | | | | | | | |

Grænseværdier for trafikstøj

Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for trafikstøj udendørs ved boliger, skoler, institutioner mv. er:

Vejle: $L_{den} \leq 58$ dB (for kontorer 63 dB)

Jernbaner: $L_{den} \leq 64$ dB (for kontorer 69 dB)

Information om MST-vejledninger/tillæg vedrørende støj fra veje, jernbaner mv. findes på Miljøministeriets hjemmeside^(*) og i SBI-anvisning 244.

^(*) www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Stoej/stoejgraenser

Formuleringen af krav til niveau for indendørs trafikstøj med åbne vinduer ses i følgende uddrag (citater) af MST-vejledning 4/2007, *Støj fra veje*.

Uddrag fra MST vejl. 4/2007 om krav til lydisolering for åbne vinduer

2.2.2 Nye boliger i eksisterende støjbelastede byområder

I eksisterende boligområder og områder for blandede byfunktioner i bymæssig bebyggelse kan der opstå ønske om at forny eller vitalisere boligkvarterer, herunder også i forbindelse med byfornyelse og såkaldt "huludfyldning" i eksisterende karrébyggeri, selv om grænseværdien på 58 dB på ingen måde kan overholdes. Der kan også i disse særlige situationer planlægges nye, støjisolerede boliger (og tilsvarende støjfølsom anvendelse) under forudsætning af, at det sikres at:

- Alle udendørs områder, der anvendes til ophold i umiddelbar tilknytning til boligerne har et støjniveau lavere end 58 dB. Det samme gælder områder i nærheden af boligen, der overvejende anvendes til færdsel til fods (fx gangstier, men ikke fortove mellem boligen og vejen).
- Udformningen af boligernes facader sker, så der er et støjniveau på højst 46 dB² indendørs i sove- og opholdsrum med åbne vinduer (fx med særlig afskærmning udenfor vinduet, eller særligt isolerende konstruktioner).
- Boligerne orienteres, så der så vidt muligt er opholds- og soverum mod boligens stille facade og biumod mod gaden.

For boliger o.l., hvor disse hensyn imødekommes, skal det udendørs støjniveau ved facaden ikke sammenholdes med de vejledende grænseværdier. Bygningsreglementets krav til indendørs støjniveau med lukkede vinduer (se afsnit 5.4) skal desuden være overholdt for at bygningen kan tages i brug.

Der bør aldrig planlægges for boliger eller støjfølsom anvendelse i øvrigt, hvor støjniveauet er højere end 68 dB. Ved planlægning for boliger i støjbelastede områder bør der desuden sikres adgang til nærliggende, grønne områder, som ikke er støjbelastede (læs i kapitel 3 om lydlandskaber og stilleområder).

² Støjgrænsen for støjisolerede boliger i sove- og opholdsrum er L_{den} 46 dB, beregnet med åbne vinduer i møbleret rum. Det forudsættes, at alle oplukkelige vinduer er åbnet til et åbningsareal på 0,35 m² pr. vindue, og at efterklangstiden er 0,5 s. Samme støjgrænse benyttes for undervisnings- og daginstitutioner samt hospitaler o.l. For kontorer mv. er grænseværdien for åbne vinduer L_{den} 51 dB. Disse grænser svarer til de støjniveauer, der opstår indendørs med almindelige åbne vinduer, når der er henholdsvis 58 dB og 63 dB udenfor facaden.

Bygningsreglementskrav til trafikstøjniveau indendørs blev for boliger indført i 1982, og kravet var defineret som maksimalt niveau af $L_{A,eq,h,24h}$ (årsmiddelværdi) indendørs med lukkede vinduer. Der blev ikke i 1982 indført krav til andre bygningsanvendelser.

I 2008 blev støjindikatoren ændret til L_{den} som defineret i det europæiske støjdirektiv 49/2002 og i MST vejl. 4/2006 og 4/2007, og talværdien blev justeret 3 dB opad, så den omregnet ville svare til det tidligere krav, altså ingen generel skærpelse, kun et nyt begreb. De øvrige nordiske lande anvender stadig $L_{A,eq}$ -baserede begreber til lovkrav, se Rasmussen (2012).

I 2008 blev der også – for første gang - indført krav til trafikstøj indendørs i skoler og daginstitutioner og med samme grænseværdi som for boliger.

I Tabel 1 er alle grænseværdier for trafikstøj indendørs i boliger, skoler og daginstitutioner angivet for støj fra veje og jernbaner.

I Tabel 2 findes tilsvarende grænseværdier for trafikstøj indendørs i kontorer. Her er ingen bygningsreglementskrav, men der findes forslag til projekteringsværdier i SBI-anvisning 230 (2014), se tabellen.

Grænseværdierne er mere detaljeret forklaret i SBI-anvisning 244 *Lydisolering af klimaskærmen* er (Rasmussen & Petersen, 2014)

Rapporten fokuserer på vejtrafikstøj og boliger, hvor langt den største støjbelastning forekommer, men supplerende oplysninger om andre bygningsanvendelser og om jernbaner er angivet i Tabel 1 og Tabel 2 og enkelte andre steder for at give et bredere perspektiv.

Tabel 1. Grænseværdier for trafikstøj indendørs i boliger, skoler, institutioner mv. - lukkede og åbne vinduer.

| Trafikstøj indendørs i boliger, skoler, institutioner mv. | | | |
|--|--|--|---|
| Grænseværdier med hhv. lukkede og åbne vinduer | | | |
| Lovgivning | Støjbelastning ude (dB) Veje: $L_{den} \leq 58$ Jernbaner: $L_{den} \leq 64$ | Støjbelastning ude (dB) Veje: $58 < L_{den} \leq 68$ Jernbaner: $L_{den} > 64$ | Støjbelastning ude (dB) Veje: $L_{den} > 68$ |
| BR2010 ⁽¹⁾ | Ingen krav | Lukkede vinduer $L_{den} \leq 33$ dB | Lukkede vinduer $L_{den} \leq 33$ dB |
| Planlovgivning Veje: MST Vejl. 4/2007 | Ingen krav | Åbne vinduer ⁽³⁾ Veje: $L_{den} \leq 46$ dB Byfornyelse mv. ⁽²⁾ | Der bør aldrig planlægges for boliger eller anden støj- følsom anvendelse |
| Planlovgivning Jernbaner: Tillæg 1 til MST Vejl.1/1997 (2007a) | Ingen krav | Åbne vinduer ⁽³⁾ Jernbaner: $L_{den} \leq 52$ dB Byfornyelse mv. ⁽²⁾ | |

(1) Mht. boliger henviser BR2010 til DS 490:2007, *Lydklassifikation af boliger*, lydklasse C, med grænseværdien for L_{den} gældende for de enkelte trafikstøjklender hver for sig.
(2) Byfornyelse og huludfyldning i eksisterende byområder.
(3) Specielle løsninger nødvendige.

Tabel 2. Grænseværdier for trafikstøj indendørs i kontorer - lukkede og åbne vinduer.

| Trafikstøj indendørs i kontorer | | |
|--|--|--|
| Grænseværdier med hhv. lukkede og åbne vinduer | | |
| Lovgivning | Støjbelastning ude (dB) Veje: $L_{den} \leq 63$ Jernbaner: $L_{den} \leq 69$ | Støjbelastning ude (dB) Veje: $L_{den} > 63$ Jernbaner: $L_{den} > 69$ |
| BR2010 ⁽¹⁾ | Ingen krav | Lukkede vinduer Forslag: $L_{den} \leq 38$ dB ⁽¹⁾ |
| Planlovgivning Veje: MST Vejl. 4/2007 | Ingen krav | Åbne vinduer ⁽³⁾ Veje: $L_{den} \leq 51$ dB Byfornyelse mv. ⁽²⁾ |
| Planlovgivning Jernbaner: Tillæg 1 til MST Vejl.1/1997 (2007a) | Ingen krav | Åbne vinduer ⁽³⁾ Jernbaner: $L_{den} \leq 57$ dB Byfornyelse mv. ⁽²⁾ |

(1) BR2010 indeholder ingen krav, men vejledningsteksten (6.4.3 stk.1) angiver, at der i hvert enkelt tilfælde bør opstilles projektspecifikke lydbestemmelser til sikring af et tilfredsstillende akustisk indeklima. Forslag til projekteringsværdier findes i SBI-anvisning 230, *Anvisning om Bygningsreglement 2010* (de place Hansen, 2014).
(2) Byfornyelse og huludfyldning i eksisterende byområder.
(3) Specielle løsninger nødvendige.

3. Støjbelastning fra vejtrafik i Danmark

Mange danskere bliver i dagligdagen eksponeret med trafikstøj, der overskrider grænsen for, hvad der anses for sundhedsmæssigt tilfredsstillende. Det samme gælder i de fleste andre lande, og da trafikstøj er et internationalt problem, bruges der mange ressourcer på at beskrive og kvantificere støjbelastningen og konsekvenserne samt på gradvist at reducere støjbelastningen, men eftersom trafikken stiger, kan det være en stor udfordring blot at undgå stigning af støjbelastningen.

Støjbelastningen i Europa er analyseret af det europæiske miljøagentur og resultaterne beskrevet i *Noise in Europe*, EAA (2014). Den mest dominerende støjkilde er vejtrafik med estimeret 125 mio. europæere, der udsættes for støjniveauer over de internationale anbefalinger, og konsekvenserne vurderes til ca. 20 mio. generede, 8 mio., der lider af søvnforstyrrelser, samt årligt 10.000 tilfælde af for tidlige død, 43.000 hospitalsindlæggelser og 900.000 tilfælde af forhøjet blodtryk.

Alle EU-lande skal hvert femte år foretage støjkortlægning og udarbejde støjhandlingsplaner i henhold til retningslinjerne i *EU-DIREKTIV 2002/49/EF af 25. juni 2002 om vurdering og styring af ekstern støj* (Environmental Noise Directive, forkortet END), se nærmere i det følgende. I Danmark er metoderne beskrevet i MST-vejledning 4/2006 *Støjkortlægning og støjhandlingsplaner*.

I det følgende beskrives kortfattet nogle konsekvenser af støj samt principper for støjkortlægning, udarbejdelse af støjhandlingsplaner og dæmpning af trafikstøj. Der er angivet en række referencer, der indeholder detaljeret information.

Sundheds og samfundsmæssige konsekvenser af støj

Sundhedseffekter er beskrevet i en lang række publikationer udgivet af WHO, se fx WHO (2009), der især handler om konsekvenser af støj om natten, og WHO (2012), der beskriver støjeksponering i hjemmet som en af de væsentlige ulighedsmarkører i samfundet og også betegner den en "uretfærdighedsindikator". Især WHO-publikationer refereres af mange andre, så informationen udbredes af mange kanaler. Herunder vises et kort uddrag fra MST vejledning 4/2007, *Støj fra veje*, Miljøstyrelsen (2007):

Uddrag fra MST vejl. 4/2007, afsnit 1.1 Støjgener og sundhedseffekter
Forskningsresultater viser, at trafikstøj kan påvirke vores helbred. Ifølge Verdenssundhedsorganisationen, WHO kan støj give søvnforstyrrelser. Støj ændrer søvnmønstret i retning af flere opvågninger og kortere perioder med dyb søvn. Dette har igen indflydelse på vores sundhed og velvære. Ifølge WHO kan trafikstøj også øge risikoen for sygdomme i hjerte og kredsløb. Hos mennesker, der udsættes for en vedvarende støjbelastning, har man målt forhøjet blodtryk og puls samt øget produktion af stresshormoner. Oplevelsen af støj er forskellig, men mange mennesker oplever trafikstøj som generende. Når man bliver udsat for stærk støj over længere perioder, kan man reagere med angst, depression eller ved at blive anspændt og aggressiv.
Nyere internationale undersøgelser tyder på, at længere tids udsættelse for vejtrafikstøj højere end $L_{Aeq} 60 - 65$ dB er årsag til helbredseffekter som for eksempel hjertesygdomme. Denne virkning hænger tilsyneladende ikke sammen med, om støjen opleves som generende.

Et andet eksempel er fra *Støjhandlingsplan for statens veje 2013 – 2018* (VD-rapport 453) (Vejdirektoratet, 2013a), hvor det pointeres, at støj kan være sundhedsskadelig, selv om den ikke giver høreskader, og at den skadelige virkning ikke synes at hænge sammen med oplevet gene.

Citat fra VD-rapport 453, 2013:

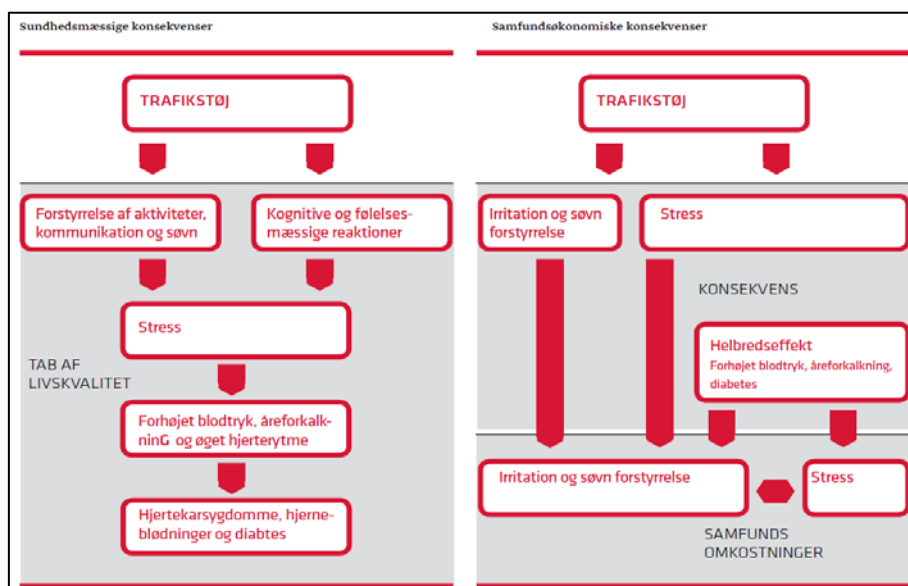
”Støj fra vejtrafikken giver ikke høreskader, men støjen kan være en stressfaktor, der forøger risikoen for helbredseffekter. Ifølge Verdenssundhedsorganisationen WHO, kan trafikstøj medføre gener og helbredseffekter som kommunikationsbesvær, hovedpine, søvnbesvær, stress, forøget blodtryk, forøget risiko for hjertesygdomme og hormonelle påvirkninger. Undersøgelser af langtidsvirkningen af vejstøj tyder på, at det især er støj om natten, der er årsag til hjertesygdomme, og at denne virkning tilsyneladende ikke hænger sammen med, om støjen rent faktisk opleves som generende.”

Det er altså særligt vigtigt at søvn ikke forstyrres. Nogle oplever at blive forstyrret og vågner måske flere gange om natten som følge af trafikale hændelser, fx denne familiefar fra Folehaven, København:

Citat fra *Københavns Kommunes handlingsplan 2013-2018* (2013), afsnit 9: *Interviews med beboerne i Folehaven understøtter, at lydskodden har en positiv effekt på støjen i boligen. En familiefar fortæller, at inden lydskodden blev sat op kunne det tage op til en time at falde i søvn, og han vågnede 3-4 gange i løbet af natten. Han oplevede det som stressende ikke at kunne falde i søvn igen. Søvnproblemerne gjorde ham i dårligt humør. Familiens mor havde de samme oplevelser. Hun fortæller, at familiens søvn og humør er blevet markant bedre, efter lydskodden er blevet monteret på vinduet.*

Ifølge seneste sundheds- og sygelighedsundersøgelse i Danmark, er 9,6 % af den voksne befolkning generet af trafikstøj i deres boliger, Ekholm m.fl. (2014). Andelen af generede er større i hovedstadsregionen (12,5 %) og størst i etageboligbyggeri (15,6 % for landet som helhed), hvilket hænger sammen med, at trafikken generelt er kraftigere i sådanne områder. Det er imidlertid vigtigt at lægge mærke til, at støj kan skade helbredet, også selv om man ikke vågner på grund af støjen eller oplever den som generende. Det er derfor vigtigt at sikre acceptable støjforhold, både dag og nat.

De sundhedsmæssige og samfundsmæssige konsekvenser af trafikstøjbelastning er illustreret på Figur 1.



Figur 1. Sundhedsmæssige og samfundsmæssige konsekvenser af trafikstøjbelastning. Gengivet fra Københavns Kommunes handlingsplan 2013-2018 (2013).

Når støj påvirker helbredet negativt, medfører det omkostninger for samfundet, bl.a. på grund af for tidlig død, tabt livskvalitet og øgede udgifter i sundhedsvæsenet. I Danmark er det estimeret, jf. MST vejledning 4/2006, at der årligt indlægges af størrelsesordenen 800 - 2200 personer på sygehusene med forhøjet blodtryk eller hjertesygdom som følge af den ekstra risiko som vejtrafikstøj medfører, og det kan med stor usikkerhed anslås, at i størrelsesordenen 200 - 500 personer årligt dør tidligere end ellers som følge af disse sygdomme. Tal for Europa ses i afsnittets begyndelse.

Støjkortlægning, støjbelastning og handlingsplaner

Støjkortlægning foretages i henhold til retningslinjerne i *EU-DIREKTIV 2002/49/EF af 25. juni 2002 om vurdering og styring af ekstern støj* (END). Alle EU-lande er forpligtet til at følge direktivet, hvilket også indebærer pligt til information til offentligheden og til udarbejdelse af handlingsplaner. Der blev endvidere i 2002 udgivet et strategidokument *Research for a Quieter Europe in 2020*, som er opdateret to gange, senest i 2007, se Europakommissionen (2007), og som giver overblik over forskningsindsatsen for at reducere ekstern støj.

Landenes forpligtelser i henhold til støjdirektivet:

- Informere og konsultere offentligheden
- Foretage støjkortlægning (2007, 2012, 2017 ff.)
- Udarbejde handlingsplaner (2008, 2013, 2018 ff.)

Formålet med direktivet er at fremme gode og sunde forhold for borgerne. I tilknytning til direktivet blev der udgivet en lang række publikationer, også i Danmark.

De to vigtigste danske publikationer i relation til vejstøj er:

- MST-vejledning 4/2006 *Støjkortlægning og støjhandlingsplaner*
- MST-vejledning 4/2007 *Støj fra Veje*



Kortlægning af støjbelastningen i Danmark foretages efter retningslinjerne i MST vejl. 4/2006 *Støjkortlægning og handlingsplaner*, som giver vejledning i, hvordan støjkortlægning udføres og efterfølgende benyttes som grundlag for udarbejdelse af handlingsplaner. Begge dele udføres hvert femte år i henhold til det europæiske støjdirektiv END 49/2002, hvor de nærmere vilkår og metoder er beskrevet. END er senest implementeret i Danmark i bekendtgørelse 1309 om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner, Miljøstyrelsen (2011), hvor det konkret beskrives, hvilke veje, jernbanestrækninger, byer osv., der skal kortlægges.

Støjkortlægningen er foretaget første gang i 2007 og anden gang i 2012. Næste gang er 2017 osv. Handlingsplanerne har deadline året efter kortlægningerne, dvs. 2008, 2013, 2018 osv. for at give mulighed for at optimere tiltag ved at anvende de seneste støjbelastningstal som grundlag. Formålet med handlingsplanerne er at forebygge og reducere ekstern støj, hvor det er nødvendigt, og især, hvor støjbelastningen kan indebære skadelige virkninger for menneskers sundhed. Formålet er endvidere at opretholde et acceptabelt støjmiljø, hvor det allerede findes, og at bevare såkaldte stille-områder, jf. MST 4/2006 og MST 4/2007, og dette emne indgår også i kommunernes handlingsplaner.

Støjbelastning fra vejtrafik i og omkring boliger udgør den største helbredsrisiko, og den foreliggende rapport fokuserer derfor primært på vejtrafikstøj og på boliger. I Miljøstyrelsen (2013), *National kortlægning af boliger belastet af vejstøj i 2012*, findes en landsdækkende opgørelse baseret på kortlægningen i 2012, beskrivelse af kortlægningsmetode, detailresultater og sammenligning med opgørelsen fra 2007. Danmark har i alt ca. 2,7 mio. boliger. I Tabel 3 ses antal vejstøjbelastede boliger i Danmark fordelt på bykategorier.

Tabel 3. Antal vejtrafikstøjbelastede boliger i Danmark fordelt på bykategorier. Kilde: Miljøstyrelsen (2013).

| | Ny kortlægning, 2012 | | Tidligere kortlægning, 2007 | |
|---|-------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| | Over 58 dB | Over 68 dB | Over 58 dB | Over 68 dB |
| Byer op til 1.000 indb. | 18.448 | 1.622 | 28.072 | 2.088 |
| 1.000-5.000 indb. | 49.392 | 9.164 | 56.619 | 9.447 |
| 5.000-20.000 indb. | 79.583 | 2.960 | 55.481 | 6.593 |
| 20.000-100.000 indb. | 114.343 | 23.981 | 152.762 | 52.262 |
| Over 100.000 indb. | 108.654 | 31.028 | 100.861 | 36.888 |
| Københavnsområdet ¹ (ekskl. København og Frederiksberg kommuner) | 85.527 | 11.852 | 85.799 | 11.690 |
| København og Frederiksberg kommuner | 189.225 | 52.806 | 228.200 | 65.600 |
| Hovedstadsområdet i øvrigt ² | 20.302 | 2.466 | 19.877 | 1.159 |
| Landdistrikter | 57.922 | 5.260 | 57.922 | 5.260 |
| I alt | 723.396 | 141.139 | 785.594 | 190.987 |

1. Det sammenhængende byområde som omfatter kommunerne: Albertslund, Ballerup, Brøndby, Gladsaxe, Gentofte, Glostrup, Herlev, Hvidovre, Høje Taastrup, Lyngby-Taarbæk, Rødovre, Tårnby og Vallensbæk

2. Omfatter kommunerne: Egedal, Furesø, Greve, Hørsholm, Ishøj, Rudersdal og Solrød

For 2012 viser opgørelsen over støjbelastede boliger i Danmark:

- 723.000 boliger er støjbelastede med vejtrafikstøj $L_{den} > 58$ dB, hvilket svarer > 25 % af danske boliger.
- 141.000 boliger er stærkt støjbelastede med vejtrafikstøj $L_{den} > 68$ dB, hvilket svarer > 5 % af danske boliger. Af disse er 15.000 boliger belastet med $L_{den} > 73$ dB.

Der er sket et fald fra 2007, hvilket formodes at skyldes mindre støjende køretøjer og dæk samt trafikregulerende tiltag og brug af støjdæmpende asfalt, men antallet af støjbelastede boliger er dog stadig meget højt.

Støjkort og handlingsplaner findes på Miljøstyrelsens hjemmeside, og der findes også en række supplerende informationer, rapporter, forklaringer mv. såvel som på Vejdirektoratets og flere kommuners hjemmesider, fx:

MST: <http://mst.dk/virksomhed-myndighed/stoej/trafikstoej/>

VD: www.vejdirektoratet.dk/da/viden_og_data/temaer/stoej/sider/default.aspx

KK: <http://www.kk.dk/artikel/trafikst%C3%B8j>

Alle støjhandlingsplaner for alle kommuner mv. findes her:

<http://mst.dk/virksomhed-myndighed/stoej/kortlaegning-af-stoej-og-handlingsplaner/stoejhandlingsplaner>

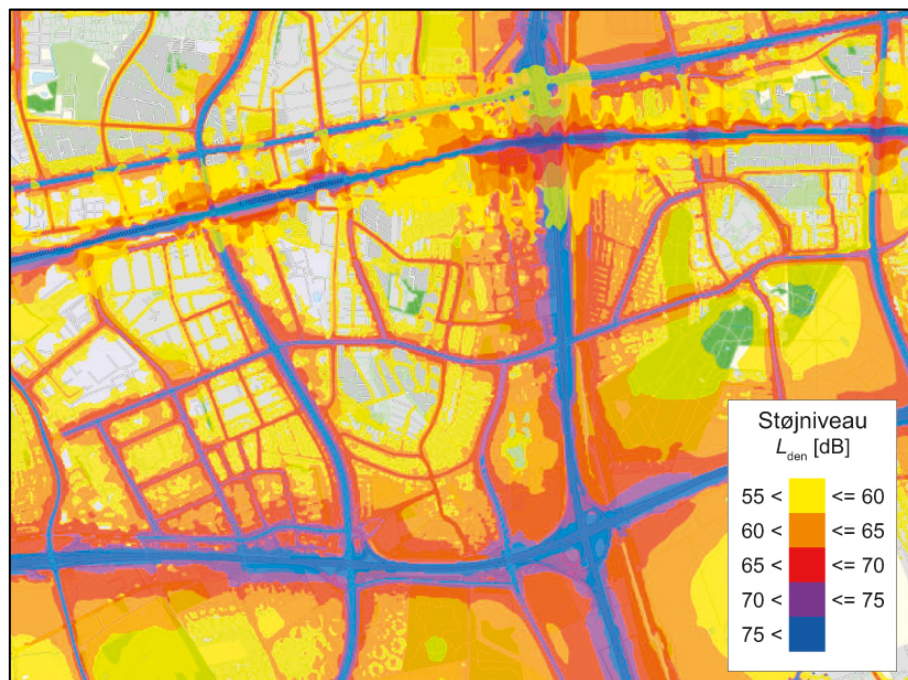
Links direkte til støjkort:

Danmark: [Støj-Danmarkskortet \(http://noise.mst.dk\)](http://noise.mst.dk)

København: [Københavnerkortet](#). Her kan man indtaste en adresse og få et støjkort vist med støjbelastningen det pågældende sted.

Herudover har mange kommuner støjkort liggende på hjemmesiden.

Et eksempel på et støjkort findes i Figur 2. Den stærke støjbelastning langs de store veje ses tydeligt af kortet.



Figur 2. Eksempel på støjkortlægning, hvor støjniveauet fra vej- og jernbanetrafik visualiseres ved hjælp af forskellige farver, der angiver støjinterval. Udsnit af Støj-Danmarkskortet [www.mst.dk].

I handlingsplaner beskrives tiltag for at nedbringe antallet af støjbelastede boliger ($L_{den} > 58$ dB), og især antallet af stærkt støjbelastede boliger ($L_{den} > 68$ dB), men på grund af omkostningerne sker dette over en længere årrække. Som eksempel kan nævnes, at Københavns og Frederiksberg kommuner har tilsammen ca. 189.000 støjbelastede boliger, dvs. de udsættes for vejstøj, der overstiger grænseværdien L_{den} 58 dB. Heraf udsættes ca. 53.000 boliger for støj over 68 dB, og de betegnes som stærkt støjbelastede. Tiltag til forbedring for disse boliger gennemføres gradvist over en årrække, se eksempler i handlingsplaner for Københavns og Frederiksberg kommuner for 2013-2018 (2013) på kommunernes eller Miljøstyrelsens hjemmesider.

Alle handlingsplaner findes på MST-hjemmesiden (se litteraturlisten), og de enkelte planer på de relevante kommuners hjemmesider. Som eksempel kan henvises til Københavns Kommune, hvor de planlagte og gennemførte tiltag indgår i handlingsplan samt i miljøregnskab, se fx Københavns Kommune (2014), som der er adgang til via hjemmesiden, hvor man også har adgang til [Københavnerkortet](#) med støjbelastning for alle adresser i kommunen.

Det er ikke kun på kommunalt niveau, at der udarbejdes handlingsplaner. Vejdirektoratet (VD) m.fl., herunder Banedanmark, er også forpligtiget til at udarbejde en sådan hvert femte år. VD har det direkte ansvar for statsvejnettets planlægning, projektering, anlæg samt drift og vedligeholdelse, herunder forebyggelse og bekæmpelse af støjgener fra trafikken på statsvejene. Selv om statsvejnettet kun udgør ca. fem procent af det samlede offentlige vejnet på knap 75.000 km, bliver næsten halvdelen af al trafik afviklet på statsvejene. I VD-rapport 453 (Vejdirektoratet, 2013a) findes handlingsplanen for 2013-2018, inkl. kommunebeskrivelser, og desuden korte beskrivelser af støjgener, helbredseffekter og metoder til begrænsning af vejstøj. Handlingsplanen for jernbanestøj findes i Banedanmark (2013a).

Hovedprincipper for dæmpning af trafikstøj

De rangordnede tekniske principper for støjdæmpning er:

- Dæmpe støj ved kilden
- Dæmpe støj under udbredelsen
- Dæmpe støj ved modtageren, inkl. facadelydisolation.

I henhold til de rangordnede tekniske principper, er lydisolering af facaden (i praksis ofte vinduerne) den sidste af tre virkemidler, når de første to ikke er realiserbare. MST vejledning 4/2007's regler om åbne vinduer kan komme til anvendelse, fordi myndighederne kræver det i støjbelastede områder, eller man har andre grunde til at ønske særlig dæmpning med åbne vinduer. I de sidstnævnte situationer kan der foretages et optimalt valg mellem de foreliggende løsningsmuligheder, uden at kriterierne i MST vejledning 4/2007 nødvendigvis skal opfyldes bogstaveligt. Løsninger kan indgå i kommunernes (eller andre myndigheders) handlingsplaner.

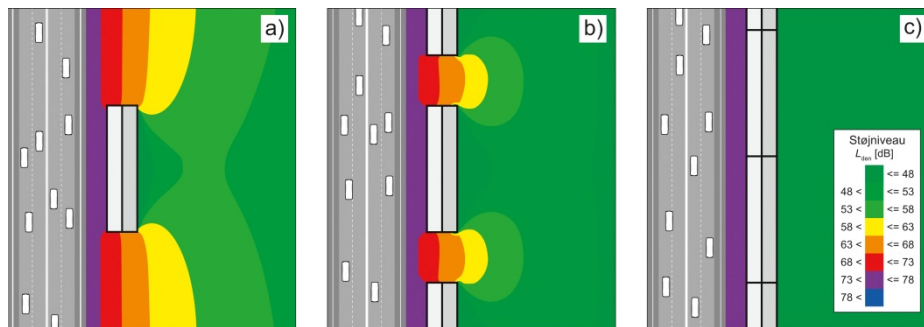
Der har siden ca. 1980 været adskillige offentlige støjpuljer med tilskud til facadeisolering mod støj fra fly, veje og jernbaner, se orientering om de mange ordninger i VD-rapport 433 (Vejdirektoratet, 2013b). I alt blev der i perioden frem til 2011 indbudt ca. 25.000 boliger, som var udvalgt, fordi de var kraftigt støjbelastede. Af disse benyttede ca. 9.000 sig af muligheden for tilskud. Der har udelukkende været tale om eksisterende boliger, som dermed ikke var underlagt specifikke krav til lydisolering. Der er i ingen tilfælde anvendt vinduer, der kan lydisolere i åben tilstand. Erfaringerne fra Banedanmarks tilskudsordninger er beskrevet i Banedanmark (2013b).

Men støj skal først og fremmest dæmpes ved kilden. For trafikstøj betyder det, at de primære virkemidler er og fortsat skal være støjsvage køretøjer og dæk samt støjdæmpende asfalt, og desuden kan der også anvendes hastighedsgrænser, trafikomlægning og andre former for trafikregulering, fx begrænsninger for tunge køretøjer. I Tabel 4 er vist eksempler på dæmpning af vejstøj vha. trafikrestriktioner, hastighedsbegrænsninger, støjdæmpende asfalt og støjskærme.

Tabel 4. Eksempler på, hvordan og hvor meget støjen kan dæmpes med forskellige metoder, sammenholdt med, hvordan ændringer i støjniveauet opleves. Selv de mest effektive støjskærme kan ikke fjerne støjen, men kun dæmpe den. Gengivet fra VD-rapport 453 (Vejdirektoratet, 2013a).

| DÆMPNING AF STØJEN MED: | KAN OPNÅS VED AT: | ÆNDRINGEN OPLEVES SOM: |
|-------------------------|--|---------------------------------|
| 1 dB | Fjerne 25 % af trafikken, eller sænke hastigheden med 10 km/t | En meget lille ændring |
| 2 dB | Anvende støjreducerende asfalt, eller sænke hastigheden med 10-20 km/t | En netop hørbar ændring |
| 3 dB | Fjerne 50 % af trafikken, eller sænke hastigheden med 20 km/t | En hørbar, men lille ændring |
| 5 dB | Fjerne 65 % af trafikken, eller anvende støjskærm | En væsentlig og tydelig ændring |
| 10 dB | Fjerne 90 % af trafikken, eller anvende høj støjskærm | En halvering af støjen |

I Figur 3 er illustreret et støjkort på de udendørs arealer omkring en boligbebyggelse. Til venstre vises støjkortet omkring en fritliggende bygning ved en stærkt befærdet vej. I midten vises støjkortet for en brudt randbebyggelse og til højre for en ubrudt randbebyggelse. Det ses, at en ubrudt randbebyggelse har en betydelig positiv effekt på støjniveauet bag randbebyggelsen, hvilket også er en medvirkende årsag til, at nybyggeri ved huludfyldning totalt set forbedrer forholdene.



Figur 3. Udbredelse af vejtrafikstøj omkring en bebyggelse og forskellige bebyggelsesplaners betydning for støjniveauet på bagvedliggende opholdsarealer:

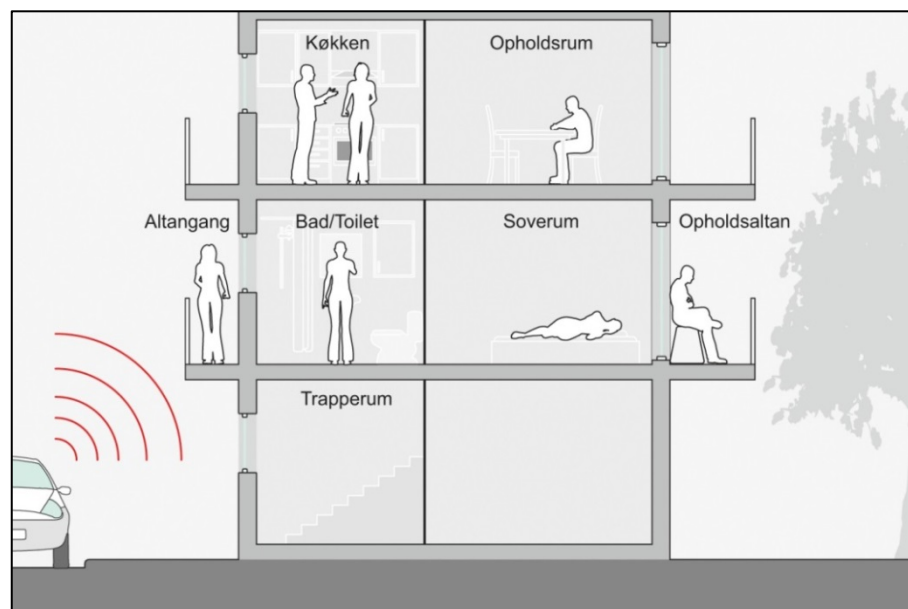
a) Fritliggende bygning (50 meter lang, 12 meter bred og 15 meter høj).

b) Flere bygninger (som (a)) med 18 meters mellemrum.

c) Ubrudt randbebyggelse (15 meter høj).

Den ubrudte randbebyggelse (c) har betydeligt lavere støjniveauer, L_{den} , bag ved bebyggelsen end den fritliggende bygning (a).

I Figur 4 illustreres, at indretning af boligerne i forhold til retningen af støjkil-derne er vigtige for miljøet indendørs og på eventuelle altaner.



Figur 4. Princip for indretning af boliger i forhold til støjkl-derne i omgivelserne. Sekundære funktioner som altangange og trapperum orienteres mod trafikeret vej sammen med køkken, bade- og wc-rum, der kan få dagslys gennem mindre vindueshuller. Boligens sove- og opholdsrum orienteres med større vindues-partier ind mod roligere omgivelser, fx afskærmede gårdum.

I SBI-anvisning 244 *Lydisolering af klimaskærmen* (Rasmussen & Petersen, 2014) er udformning af bebyggelsesplan under hensyntagen til beskyttelse mod trafikstøj beskrevet mere udførligt.

4. Erfaringer med MST vejledning 4/2007

Det er et af projektets hovedmål at opsamle oplysninger og erfaringer om projekter med lydisolierende åbne vinduer. Derfor var der også ønske om at få erfaringer fra nye projekter gennemført efter ændringen af planloven og udgivelsen af MST vejl. 4/2007, hvor der blev indført meget specifikke bestemmelser om maksimum trafikstøjniveau indendørs og minimum ventilationsareal/åbning for vinduerne gældende for nybyggeri ved "huludfyldning". Der blev dog kun fundet én bebyggelse opført efter 2007, se afsnit 6, så erfaringerne med vejledningen er primært fra ikke-realiserede byggeprojekter.

Der har i det foreliggende projekt været kontakt med rådgivere og myndigheder, og emner relateret til de lydisolierende åbne vinduer har af disse parter været præsenteret på to større temamøder afholdt i regi af Dansk Akustisk Selskab. Der blev holdt et afsluttende referencegruppemøde i dec. 2014 for at samle op på erfaringerne og gøre status på syv års erfaringer. Erfaringerne og spørgsmål er vist i listen herunder.

Erfaringer og spørgsmål om "åbne vinduer" i boliger og MST vejl. 4/2007:

- Der har siden publiceringen af MST-vejl. 4/2007 været megen opmærksomhed blandt støjrådgivere, bygherrer, entreprenører, arkitekter, byggesagsbehandlere om de nye regler og en forventning om en stor udbredelse af lydisolierende "åbne vinduer".
- Det har imidlertid vist sig, at de nye regler tilsyneladende næsten ikke er blevet anvendt, måske fordi konstruktionerne ville blive meget komplicerede og dyre, især hvor reglerne blev opfattet helt bogstaveligt. Byggekrisen fra ca. 2009 kan også have været en medvirkende årsag.
- Ideen bag ventilationsvinduerne og reglerne i MST 4/2007 er god, idet det overordnede mål om et godt lydmiljø inden døre, også med åbne vinduer, understøttes, hvilket især har betydning om natten, så der er mindre risiko for at blive vækket.
- Der er mange projekter og lokalplaner, hvor ventilationsvinduer nævnes - men det forekommer usikkert, om de gennemføres som oprindeligt tænkt.
- En ofte nævnt forhindring for anvendelse af ventilationsvinduer er, at alle vinduer i et rum skal overholde reglen, ikke kun individuelt, men med alle vinduer åbne samtidigt, hvilket betyder skærpede krav til det enkelte vindue.
- Der spørges: Skal alle vinduer være ventilationsvinduer? Og overholde kravet med alle vinduer åbne samtidigt? Det kan være vanskeligt at forstå for bygherrer og rådgivere, og forhindringerne kan bidrage til, at ventilationsvinduer sjældent anvendes i praksis, uanset at grundideen er udmærket.
- Spørgsmål om bl.a. åbningsarealets størrelse: Hvorfor lige 0,35 m²? Skal kravet om 0,35 m² nødvendigvis opfyldes?
- Myndighedshåndteringen synes at variere fra kommune til kommune..
- Mangler der en valgmulighed for beboeren? Udluftning med meget luft (0,35 m²) og støj eller med lidt luft og "uden" (dvs. meget mindre) støj.
- Findes der mellemløsninger mellem alm. vinduer og ventilationsvinduer? Der savnes løsninger til projekter, hvor der mangler 3-5 dB i forhold til et alm. vindue. Der er generelt brug for mere fleksible løsninger - det vigtigste behov er stilhed om natten.
- Vi mangler også mere viden om brugernes synspunkter, undtagen for Folehaven og Kollektivhuset, hvor der er foretaget undersøgelser, se afsnit 6.

Hvad angår ønsket om et mere fleksibelt åbningsareal end kravet på minimum 0,35 m², oplyste Miljøstyrelsen, at arealet i sin tid (nok omkring 2006) er blevet fastsat efter en drøftelse mellem Miljøstyrelsen og SBI. Det blev betragtet som et rimeligt krav til åbningsarealet, for at boligen kunne gennemskylles med luft. Grundlaget for beslutningen har ikke kunnet spores.

Vedrørende facader i kontorbyggeri er der yderligere en kommentar til MST vejledning 4/2007, idet det ikke er hensigtsmæssigt, at facaden som udgangspunkt ikke må rammes af støj over 63 dB, da der som regel bygges uden oplukkelige vinduer.

Sammenfatning af kommentarer til MST vejledning 4/2007:

- *Syv års erfaring med MST vejledning 4/2007 indikerer, at en ændring eller en mere åben fortolkning af vejledningen ville kunne bidrage til en større udbredelse af ventilationsvinduer.*
- *Ventilationsvinduer er i spil i mange projekter, men hvad gør bygherrerne, efter at rådgiverne har sluppet projekterne? Hvad bliver realiseret? Dette mangler vi viden om. Der er en stærk fornemmelse af, at der i stedet anvendes alternative løsninger, fx "mellemløsninger", eller at ventilationsvinduer helt undgås..*

Hovedspørgsmålene er:

1. *Bør MST vejledning 4/2007 ændres, evt. ved et tillæg?*
2. *Kan fortolkningen – midlertidigt – ændres for at fremme brugen?*

Principielt er der tre muligheder: En egentlig revision af MST vejledning 4/2007 eller udarbejdelse af et tillæg eller ændring af fortolkningen af vejledningen.

En egentlig revision af hele MST vejledning 4/2007 forekommer ikke gennemførlig på kort sigt og heller ikke udgivelse af et tillæg, men referencegruppen konkluderede, at en mere åben fortolkning af vejledningen ville kunne bidrage til en større udbredelse af ventilationsvinduer.

I Orientering 46 fra Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålinger (2015) er der et afsnit med spørgsmål/svar, som kunne revurderes. Det drejer sig især om spørgsmål/svar nr. 2, 6, 8, 10, 11 og 13, som er gengivet i Appendiks I, hvor også formålet med MST vejledning 4/2007 er beskrevet. Det foreliggende projekts referencegruppe foreslår, at Miljøstyrelsen vurderer muligheden for at revidere svarene til spørgsmålene nr. 2, 8, 10, 11 og 13 i Referencelaboratoriets Orientering 46 afsnit med spørgsmål/svar.

Det foreslås, at der i første omgang ikke røres ved åbningsarealet 0,35 m². På lidt længere sigt bør det vurderes, om åbningsarealets størrelse er et optimalt kriterium eller om der hellere skulle kigges på ventilationsevnen, idet to åbninger med samme tværsnitsareal, men med forskellig form og dybde kan give meget forskellige ventilationsbidrag. Endelig kunne det overvejes, om regler vedrørende indendørs støjniveau i kombination med vinduets åbningsareal, kunne indgå i bygningsreglementet i stedet for i miljølovgivningen, da det reelt er et krav til bygningsdelens lydisolationsevne – på lige fod med bygningsreglementets krav til indendørs niveau med lukkede vinduer.

Da det kunne være relevant at få information om eventuelle erfaringer fra andre lande, har det været undersøgt om regler af samme art fandtes andre steder. I den forbindelse er der etableret kontakt med en myndighed i Hafencity, Hamborg, hvor man har lignende bestemmelser, dog med andre kriterier for åbningsareal og indeniveau. Myndigheden i Hafencity er meget interesseret i erfaringsudveksling og har opfordret til samarbejde. Der er udviklet et specielt Hafencity-Fenster, se mere information i Appendiks H.

5. Eksempler på ventilationsvinduer

I dette afsnit beskrives grundprincipperne for de mest kendte typer af ventilationsvinduer i Danmark. De tre forskellige udformningsprincipper er beskrevet herunder og illustreret i figurene 5-7.

Hovedformålet med lydisolerende ventilationsvinduer er i støjbelastede områder at kunne ventilere et rum med udeluft, samtidigt med, at der opnås en betydeligt bedre lydisolering end med almindelige, åbne vinduer.

Mere information om lydisolerende ventilationsvinduer, både for nybyggeri og renovering, er inkluderet i SBI-anvisning 244, *Lydisolering af klimaskærmen* (Rasmussen & Petersen, 2014). Fremskaffelse af lydisolationsdata og beskrivelse af beregninger i forbindelse med projektering er beskrevet i Orientering 46 fra Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålinger (2015).

Lydskodder

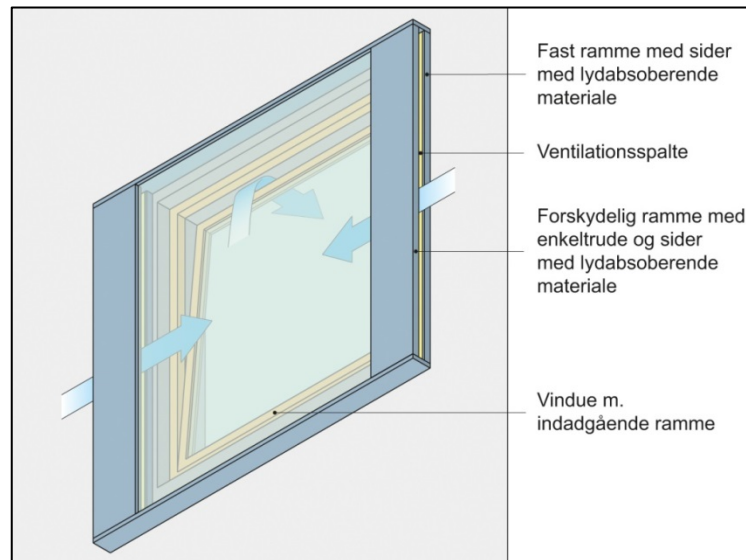
Det nok allermest kendte ventilationsvindue består af en forskydelig lydskodde monteret udvendigt foran eksisterende vindue med indadgående ramme. Virkemåden er illustreret på Figur 5. Luftspalterne i begge sider er afgrænset af lydabsorberende materiale. Et meget omtalt eksempel på denne type vindue er anvendt i Folehaven i et pilotprojekt fra 2007, hvor i alt 36 soveværelsesvinduer har fået monteret en sådan lydskodde. Denne case er med i afsnit 6 og beskrevet mere detaljeret i Appendiks A. Desuden er der i det foreliggende projekt foretaget lydisolationsmålinger af lydskodden i Folehaven som konstrueret med et åbningsareal på ca. 0,10 m² samt med et åbningsareal på ca. 0,35 m², der er fremkommet ved udrykning af lydskodden, se afsnit 7.

Russervinduer (lodret lydsluse)

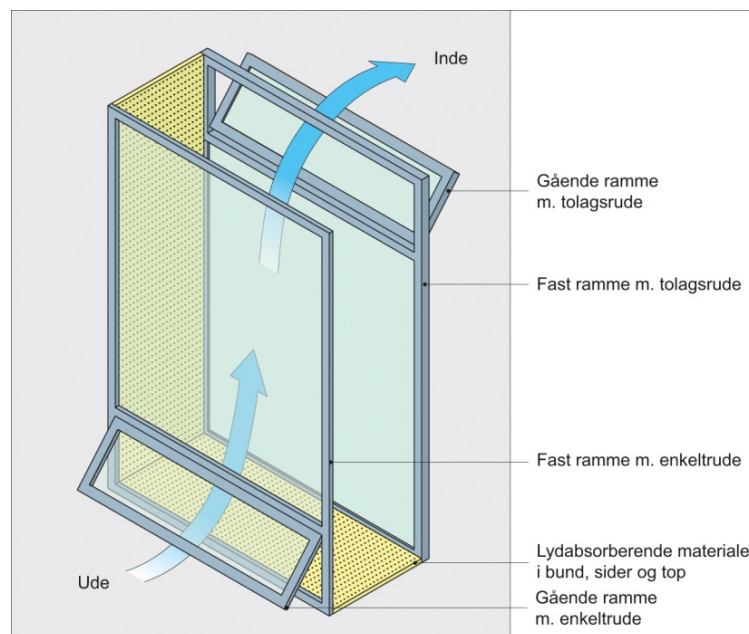
Den anden og mest kendte type generelt er det såkaldte russervindue, der er et dobbelt vindue med en mindre oplukkelig del forneden i den udvendige del af vinduet og foroven i den indvendige del. Udeluften trækkes så ind forneden, kommer op gennem kanalen mellem de to vinduesdele og om vinteren varmes luften dermed noget op, inden den kommer ind i rummet. Virkemåden fremgår af principtegningen i Figur 6, hvor der er også vist lydabsorberende beklædning i mellemrummet, hvilket forbedrer lydisoleringen. Erfaringer med denne type vinduer er omtalt i afsnit 6 og tre eksempler fra cases i Danmark samt måleresultater er beskrevet i appendikserne E, F og G. Der er i Danmark udført udviklingsprojekter på denne type vindue med henblik på bl.a. udvikling af en design-guide, se Miljøstyrelsen (2012) og Søndergaard & Olesen (2012). I appendiks G er der angivet referencer til publikationer fra disse udviklingsprojekter, og nogle resultater indgår i sammenligningerne mellem forskellige vinduestyper i afsnit 8.

Ventilationsvinduer med vandret lydsluse

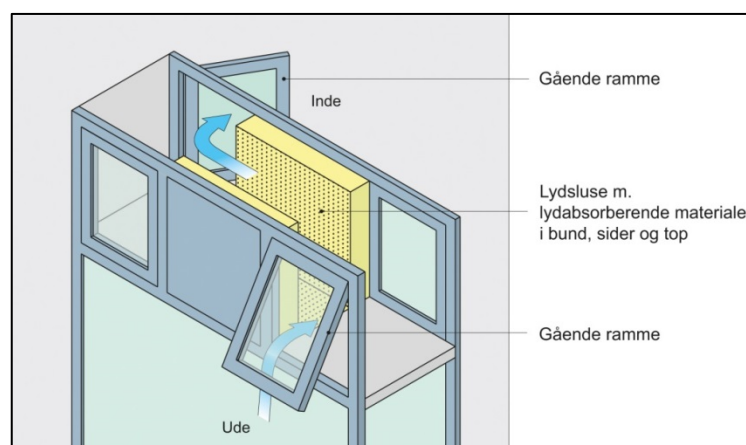
Et lignende princip er illustreret på Figur 7, men her er kanalen med lydabsorberende beklædning vandret, og der findes mulighed for at åbne vinduet helt i begge ender, hvorved lydisoleringen dog kun svarer til et almindeligt åbent vindue og altså ikke forbedret i forhold til dette. Denne type vindue er anvendt i Bikuben Kollegiet i København. Vinduet er omtalt i afsnit 6 og beskrevet mere detaljeret i Appendiks D.



Figur 5. Principskitse af en forskydelig lydskodde monteret udvendig foran eksisterende vindue med indadgående ramme (vindue set nedefra).



Figur 6. Principtegning, der viser opbygning af russervindue.



Figur 7. Eksempel på dobbelt vindueskonstruktion, hvor mellemrummene i de to vindueselementer er forbundet vandret via en lydsluse. For at opnå en god lydisolations skal udadgående og indadgående ramme åbnes diagonalt.

6. Erfaringer fra cases i Danmark

Et af projektets hovedmål var at skaffe erfaringer og informationer om vindueskonstruktioner med planlagt god lydisolering i åben tilstand som krævet i MST vejl. 4/2007 for nybyggeri i situationer med "huludfyldning", se grænseværdier i afsnit 2. Som beskrevet i bl.a. afsnit 4 var det forventet, at der efter introduktion af de nye bestemmelser ville komme en række projekter, hvor grænseværdierne ville blive opfyldt ved anvendelse af nye "innovative" vinduesløsninger, især ventilationsvinduer, se beskrivelse af principper i afsnit 5. Men kontakt med rådgivere og kommuner viste, at selv om sådanne nye løsninger var med i projekterne, skete der i praksis ikke en implementering i de realiserede byggeprojekter, heller ikke syv år efter indførelsen af de nye bestemmelser. Der er kun fundet et enkelt projekt, hvor vinduesløsninger konkret er projekteret til at opfylde de nye bestemmelser, nemlig ombygningen af Kollektivhuset i København i 2012.

Det blev derfor valgt at indsamle så megen information som muligt om erfaringer fra tidligere projekter, hvor der er anvendt vinduer, der er lydisolerede i åben tilstand, og hvor formålet og hovedprincippet er det samme, selv om kriterierne for åbningsareal i MST vejledning 4/2007 ikke opfyldes. Der er fundet seks relevante projekter fra perioden 1997 til 2007, hvoraf de tre er offentligt støttede renoveringsprojekter. I Tabel 5 er de seks projekter anført sammen med Kollektivhuset fra 2012. I tabellen er der for hvert projekt angivet vinduestyper, byggeår og om der er udført lydmålinger og beboerinterviews samt referencer til appendikserne med flere oplysninger.

Tabel 5. Oversigt over boligbebyggelser med ventilationsvinduer og andre interessante cases.

| Boligprojekter med ventilationsvinduer o.lign. | | | | | | |
|---|--|--|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| Case Nr. | Navn & Sted | Kort beskrivelse vinduer | Vinduer monteret år | Lyd-måling | Interviews | Bemærkning |
| P1 ⁽¹⁾ | Folehaven, København | Lydskodder | 2007 | JA | JA | Se figur 4 og Appendiks A |
| P2 ⁽¹⁾ | Fredensgade ⁽²⁾ , København | Glasskakte ⁽²⁾ | 2002 | JA | JA | Appendiks B |
| P3 ⁽¹⁾ | Norgesparken ⁽³⁾ Århus | Glaskasse ⁽³⁾ uden på vinduer | 1997 | JA ⁽⁴⁾ | JA ⁽⁴⁾ | Appendiks C |
| P4 | Bikuben Kollegiet, København | Dobbelt vindue med luftkanal | 2006 | JA | NEJ | Se figur 6 og Appendiks D |
| P5 | Vandtårnet, Jægersborg | Russervinduer | 2006 | JA | NEJ | Se figur 5 og Appendiks E |
| P6 | Ørnegårdsvej, Gentofte | Russervinduer | 2006 | JA | NEJ | Se figur 5 og Appendiks F |
| P7 ⁽¹⁾ | Kollektivhuset, København | Russervinduer | 2012 | JA | JA | Se figur 5 og Appendiks G |
| <p>Noter</p> <p>(1) Offentligt støttet projekt, fx fra Miljøstyrelsen, Socialministeriet, Vejdirektoratets trafikpulje og/eller kommuner.</p> <p>(2) Ikke ventilationsvindue, men opfylder samme formål, dvs. med forøget ventilation gennem åbne vinduer.</p> <p>(3) Ikke ventilationsvindue. Glaskasserne er udelukkende planlagt til at give bedre lydisolering i lukket position. Projektet er dog interessant som case.</p> <p>(4) Der findes ikke lydmålinger med åbne vinduer. Se også note (3). Rapporter om lyd-målinger og interviews har ikke kunnet fremskaffes, men resumeer er fundet i andre publikationer, se referencer i Appendiks C.</p> | | | | | | |

Det er for alle 7 projekter forsøgt at fremskaffe rapporter om lydmålinger og interviews. Dette er lykkedes i de fleste tilfælde, undtagen for projekt P3 (Norgesparken i Århus), som er det ældste af projekterne.

I de udførte lydmålinger er der anvendt forskellige metoder afhængigt af formålet, fx er nogle udført som trafikstøjmålinger, og andre er udført som lydisolationsmålinger, hvilket har betydning for hvilke slags resultater, der er præsenteret, hvilke begreber, der er anvendt, og hvor mange konstruktions-, vinduesareal- og rumoplysninger, der er med i rapporterne. Det er heller ikke i alle tilfælde oplyst, hvilke krav, der skulle overholdes og om de opfyldes, hvilket fx er tilfældet for projekterne P4 og P6, begge nybyggeri med bygningsreglementskrav ud over støjkrav i forhold til omgivelserne. Det samme gælder P5, Vandtårnet, med en ny anvendelse, hvor krav sidestilles med nybyggeri. Samlet set er resultaterne derfor ikke umiddelbart sammenlignelige, men i appendikserne A-G om de 7 projekter er det forsøgt at beskrive og vurdere resultaterne i relation til relevante krav. Der har dog været skift af begreber i 2008, og angivelser af trafikstøjniveauer er ikke i alle præcist angivet, så det er i nogle tilfælde uklart, om der er tale om frifeltsværdier.

De udførte beboerinterviews er meget forskellige i formål, bredde og dybde. Beboerinterviews i projekterne P1 (Folehaven) og P7 (Kollektivhuset) indeholder detailspørgsmål i relation til vinduerne, fordi det er et hovedformål at få brugersynspunkter om vinduernes ydeevne, anvendelse og funktionalitet. I projekt P2 (Fredensgade) er der tale om en totalrenovering, faktisk et nyt hus, og der er anvendt personlige dybdeinterviews, uden at der konkret er stillet specifikke spørgsmål i relation til trafikstøj. Som for lydmålingerne er interviewresultaterne fra de forskellige projekter ikke direkte sammenlignelige, i nogle projekter heller ikke kvantificerede. Kort information findes i appendikserne. Både enkeltvis og samlet set er resultaterne dog interessante, og det vil være relevant at studere publikationerne nærmere, såfremt der kunne udføres en ny serie interviews dækkende flere bebyggelser og udført efter samme metode.

I forbindelse med en eventuel gennemførelse af en ny serie interviews er det vigtigt at beskrive ventilationsmulighederne, som minimum kvalitativt, og at kontrollere åbingsarealerne. Endvidere bør aktuelle data for støjbelastningen findes ud fra fx kortlægningen i 2012 eller beregninger i de konkrete tilfælde.

De syv cases beskrevet i appendikserne A-G er meget forskellige, men fælles for næsten alle boligbebyggelserne er, at de ligger i områder, der er stærkt belastet af vejtrafikstøj, altså med $L_{den} > ca. 68 \text{ dB}$, og nogle endda betydeligt over 68 dB. Der er ca. 141.000 boliger i denne kategori i Danmark, hvoraf ca. 15.000 er belastet med over 73 dB, så der er brug for lydisolerende løsninger, også for åbne vinduer, især for at give mere ro om natten. I Folehaven er beboerne glade for deres lydskodder, uanset at åbningsarealet er betydeligt under $0,35 \text{ m}^2$. I Kollektivhuset er vinduerne lydmæssigt i orden, men der kan blive for varmt om sommeren pga. at hele facaden er af glas samt at åbning er mindre end $0,35 \text{ m}^2$.

Uanset, at kriterierne til åbningsareal i MST vejledning 4/2007 ikke opfyldes i de fleste tilfælde, er erfaringerne relevante som "mellemløsninger" ved forbedringer i eksisterende byggeri og i nybyggeri, hvor vejledningens kriterier ikke behøver opfyldes, men hvor man ønsker samme formål opfyldt, bl.a. mere ro om natten generelt eller ved støjende enkelthændelser som udrykningskøretøjer, renovationsvogne og varelevering tidligt om morgenen.

Forslag til initiativer som opfølgning på erfaringsopsamlingen findes i afsnit 9.

7. Erfaringer fra nye feltforsøg i Folehaven

Projektplanen indeholdt mulighed for feltmåling af lydisolations, og da lydskodden i Folehaven syntes at have potentiale for videreudvikling og være mindst dokumenteret, blev det besluttet at udføre målinger i Folehaven med lydskodde og vindue i forskellige positioner, dvs. forskellige åbninger, og at simulere en lydskodde med et større ventilationsareal ved som forsøg at flytte den midlertidigt ud i en større afstand fra vinduet, så lydskoddens ventilationsspalter tilsammen bliver $0,35 \text{ m}^2$ svarende til krav i MST Vejledning 4/2007, afsnit 2.2.2. Ved denne udbygning var lydskodden fast og kunne derfor ikke skydes til side. Lydisolationsmålingerne og resultaterne er beskrevet i Olesen & Backalarz (2014), som er gengivet i appendiks J.

En oversigt over de udførte målinger og resultaterne ses i Tabel 6. Resultaterne i tabellen er angivet som $R'_w + C_{tr}$, der anses for bedst beskrivende for lydisolationsmoden mod støj fra bytrafik (jo højere værdi, des bedre lydisolations). Der er i beregningerne af resultaterne benyttet arealet af murhullet set indefra, $1,32 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} = 2,0 \text{ m}^2$. De gule felter markerer målinger udført med lydskodden i den oprindelige montage (afstand til facaden) og de grønne felter viser målinger udført efter at skodden er flyttet ud fra facaden, så dens ventilationsareal er $0,35 \text{ m}^2$. Der blev udført i alt 10 målinger M1-M10. Lydisolationsmålingerne er udført efter metode i Dansk Standard (1998) og er detaljeret beskrevet i appendiks J med angivelse af resultater af lydisolationsfunktion af frekvensen og som $R'_w (C; C_{tr})$ som foreskrevet i målestandard. Bemærkningerne i det følgende er alle baseret på $R'_w + C_{tr}$ -værdierne, som er anført i Tabel 6. Udvalgte eksempler på lydisolationskurver er endvidere vist i diagrammer i de efterfølgende figurer 7-9.

Tabel 6. Oversigt over resultater $R'_w + C_{tr}$ i henhold til Dansk Standard (2013) for projektets lydisolationsmålinger i Folehaven i 2014. Frekvensoplysninger og fotos findes i målerapporten, se appendiks J.

| Målinger M01-M10 Måleresultater ⁽¹⁾ $R'_w + C_{tr}$ S = 1,32 m x 1,50 m | Vindue lukket | Vindue åbent (0,14 m ²) Ventilationsstilling "Kip"-position | Vindue åbent (0,35 m ²) Sidehængt ramme åbnet |
|--|-------------------------------|--|--|
| Lydskodde skudt til side ⁽²⁾ Åbning 0,10 m ² | M04 27 dB (27,0 dB) | M05 10 dB (10,1 dB) | M06 5 dB (5,0 dB) |
| Lydskodde foran vindue Åbning 0,10 m ² Se diagram i Figur 8 | M01 30 dB (30,5 dB) | M02 20 dB (20,1 dB) | M03 16 dB (15,8 dB) |
| Lydskodde foran vindue Åbning 0,35 m ² Se diagram i Figur 9 | M07 29 dB (29,4 dB) | M08 16 dB (15,6 dB) | M09 12 dB (12,4 dB) |
| Lydskodde foran vindue Åbning 0,35/0,20 m ² ⁽³⁾ Supplerende lydabsorbenter i luftspalterne | Ikke målt | Ikke målt | M10 15 dB (14,6 dB) |
| <p>Noter</p> <p>Gule felter betyder måling på lydskodde i oprindelig udformning, grøn betyder en simulering af lydskodde rykket ud.</p> <p>(1) Måleresultaterne er angivet som heltal som foreskrevet i målestandard og som decimaltal til bedre vurdering af forskelle på måleresultater. Kommentarer til måleresultaterne er baseret på heltalsresultater.</p> <p>(2) Når lydskodden er skudt helt til side, er vinduet kun halvt dækket.</p> <p>(3) Spalternes åbningsareal er reduceret til $0,20 \text{ m}^2$ pga. lydabsorbenterne.</p> | | | |

Virkning af lydskodde med vinduet lukket (M01, M04, M07)

Med vinduet lukket og lydskodden skudt til side (M04) fås 27 dB. Med lydskodden for med åbningsareal henholdsvis $0,10 \text{ m}^2$ (M01) og $0,35 \text{ m}^2$ (M07) er lydisoleringen 30 dB og 29 dB. Lydskodden forøger således det lukkede vindues lydisolering med 2-3 dB.

Virkning af lydskodde med vinduet i ventilationsstilling (M02, M05, M08)

Med vinduet åbnet i ventilationsstilling (åbningsareal $0,14 \text{ m}^2$) og lydskodden skudt til side fås 10 dB (M05). Med lydskodden for med åbningsareal henholdsvis $0,10 \text{ m}^2$ (M02) og $0,35 \text{ m}^2$ (M08) forøges lydisoleringen for vinduet i ventilationsstilling med hhv. 10 dB og 6 dB. Ved udflytning af skodden så dens åbningsareal bliver $0,35 \text{ m}^2$, forringes dens effekt således med 4 dB i forhold til den oprindelige lydskodde.

Virkning af lydskodde med vinduet åbnet sidehængt (M03, M06, M09)

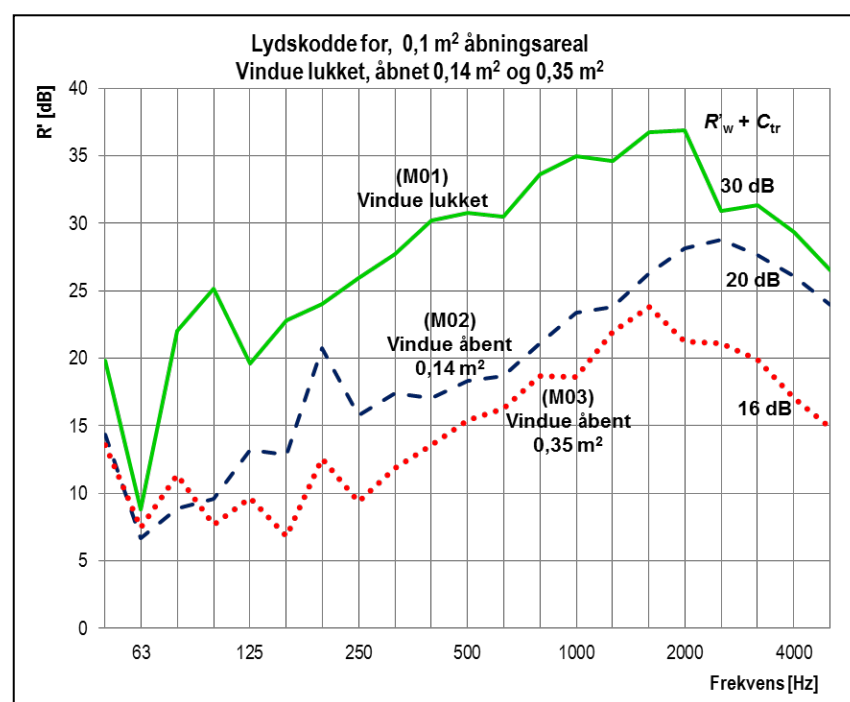
Med vinduet åbnet sidehængt, dvs. $0,35 \text{ m}^2$ åbningsareal, og lydskodden skudt til side fås lydisolering 5 dB (M06). Med skodden for med åbningsareal henholdsvis $0,10 \text{ m}^2$ (M03) og $0,35 \text{ m}^2$ (M09) forøges lydisoleringen med hhv. 11 dB og 7 dB. Ved udflytning af lydskodden så dens åbningsareal bliver $0,35 \text{ m}^2$, forringes dens effekt således med 4 dB, når vinduet er åbnet $0,35 \text{ m}^2$.

Virkning af lydskodde med vinduet åbnet sidehængt (M02, M09)

Med vindue og lydskodde i deres oprindelige positioner (åbningsareal hhv. $0,14 \text{ m}^2$ og $0,10 \text{ m}^2$) fås 20 dB (M02). Med vinduet åbnet $0,35 \text{ m}^2$ og skodden flyttet ud, så åbningsarealet også bliver $0,35 \text{ m}^2$ (M09) fås 12 dB. Med disse ændringer – større åbningsarealer for både vindue og lydskodde - forringes lydisoleringen således med 8 dB.

Betydning af vinduet åbningsareal med lydskodde for (M01, M02, M03)

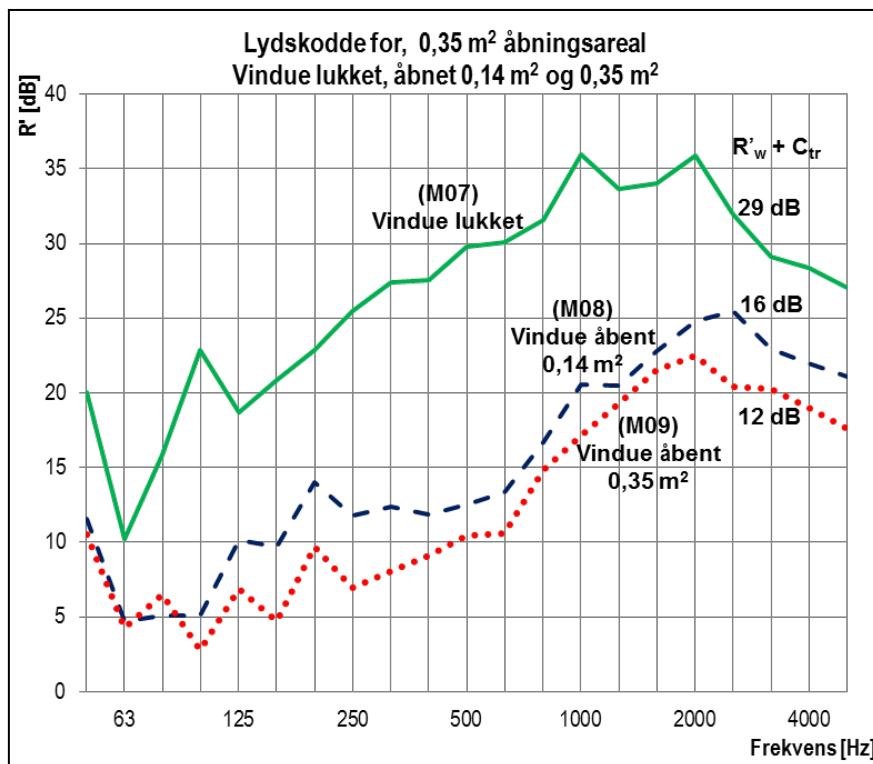
I Figur 8 vises lydisolationskurver med lydskodden for (med det oprindelige åbningsareal), og med vinduet henholdsvis lukket (M01), åbnet i ventilationsstilling, $0,14 \text{ m}^2$ (M02) og åbnet $0,35 \text{ m}^2$ (M03). Lydisoleringen med vinduet lukket og lydskodden for er $R'_w + C_{tr}$ -værdien 30 dB. Åbnes vinduet i ventilationsstilling reduceres lydisoleringen med 10 dB, og åbnes vinduet til et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ reduceres lydisoleringen yderligere med 4 dB.



Figur 8. Målinger med lydskodden for (med oprindelige åbningsareal), og med vinduet henholdsvis lukket, åbnet i ventilationsstilling ($0,14 \text{ m}^2$) og åbnet sidehængt ($0,35 \text{ m}^2$).

Betydning af vinduet åbningsareal med lydskodde for (M07, M08, M09)

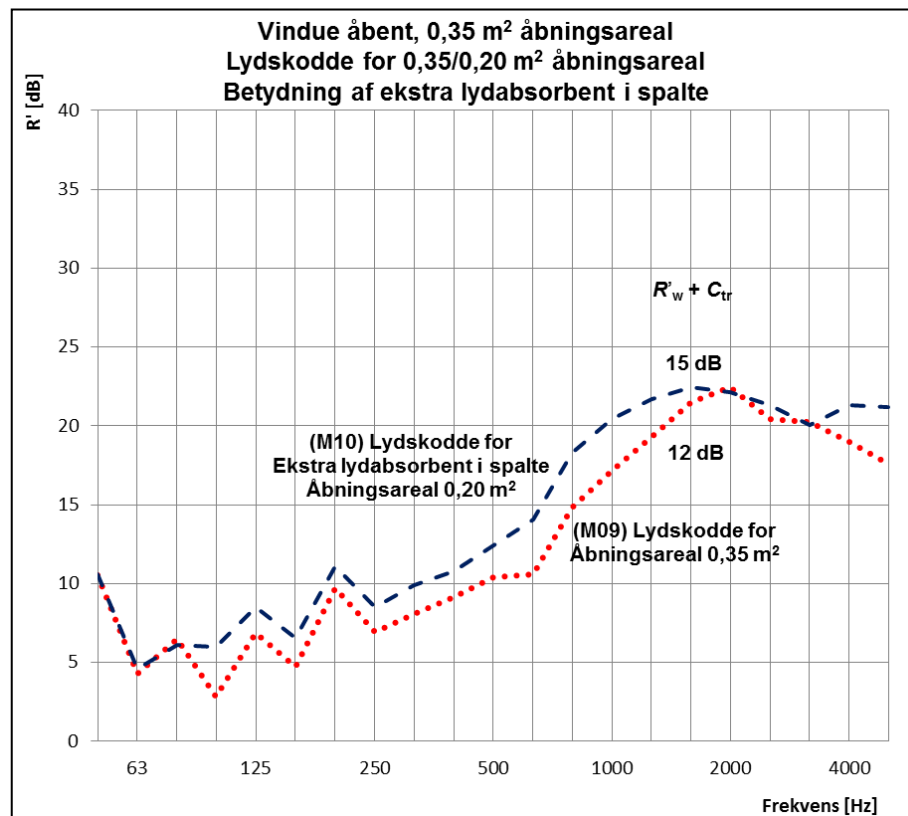
I Figur 9 vises lydisolationskurver for målinger med lydskodden for med et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ (dvs. flyttet ud) og med vinduet henholdsvis lukket (M07), åbnet $0,14 \text{ m}^2$ (M08) og åbnet $0,35 \text{ m}^2$ (M09). Med vinduet lukket og er $R'_w + C_{tr}$ -værdien 29 dB. Åbnes vinduet i ventilationsstilling reduceres lydisolationen med 13 dB, og åbnes det til et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$, reduceres lydisolationen yderligere med 4 dB.



Figur 9. Målinger med lydskodden flyttet ud til et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ og med vinduet henholdsvis lukket, åbnet i ventilationsstilling ($0,14 \text{ m}^2$) og åbnet sidehængt ($0,35 \text{ m}^2$).

Betydning af mere lydabsorption i udflyttet lydskodde (M09, M10)

Lydisolationskurverne i Figur 10 viser målinger med vinduet åbnet $0,35 \text{ m}^2$, og med lydskodden flyttet ud til et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$, henholdsvis uden og med ekstra absorbent i spalterne i begge sider. De ekstra lydabsorbenter ses at have en god effekt, men lidt mindre end forventet, specielt taget i betragtning, at lydabsorbenterne, som har en tykkelse på 40 mm, ud over at virke lydabsorberende også reducerer åbningsarealet fra $0,35 \text{ m}^2$ til ca. $0,20 \text{ m}^2$. Isætning af supplerende lydabsorbenter i lydskoddens to lodrette spalter forøger lydisolationen fra 12 dB (M09) til 15 dB (M10), altså 3 dB, men lydskoddens åbningsareal reduceres med ca. 40 % til $0,20 \text{ m}^2$.



Figur 10. Måleresultater med vinduet åbnet 0,35 m², og med lydskodden med åbningsareal på 0,35 m² henholdsvis uden og med ekstra lydabsorbenter i spalterne i begge sider.

Hovedkonklusioner og kommentarer til feltmåleresultaterne:

- Med vinduet i ventilationsstilling (0,14 m²), opnås med lydskodden skudt for (hvilket kunne være en typisk anvendelse), en forbedring af $R'_w + C_{tr}$ på 10 dB. Dette opleves af beboere, jf. Tabel 3, som en halvering af støjen og svarer til 90 % reduktion af trafikken, hvilket må betragtes som en virkelig markant forbedring. Ventilationsarealet af lydskodden er 0,10 m², altså mindre end 1/3 af, hvad der kræves i MST vejl. 4/2007 for nybyggeri ved "huludfyldning".
- Med skodden flyttet ud ved feltforsøgene, så ventilationsarealet af lydskodden er 0,35 m², og vinduet åbnet til åbningsareal 0,35 m², er virkningen af lydskodden en forbedring på ca. 4 dB i forhold til vinduet åbnet 0,35 m² uden lydskodde. Denne forbedring svarer til knapt 60 % reduktion af trafikken. Med øget lydabsorption vil der kunne opnås yderligere forbedring.
- I sammenhæng med yderligere udviklingsforsøg er det vigtigt at vurdere det samlede ventilationsbehov samt hvilken del, der skal dækkes af ventilation gennem vinduet, og hvilken del, der kan eller skal dækkes på anden måde, idet betragtninger om energiforbrug og indeklima bør inddrages.

Eksempler på indeniveau med forskellige vinduer, inkl. Lydskodden rykket ud til 0,35 m² åbningsareal (M09), findes i afsnit 8.

8. Sammenligning af indeniveau med forskellige ventilationsvinduer

Både ved projektering af nybyggeri og forbedring af eksisterende byggeri med ventilationsvinduer, skal man kunne estimere indeniveauet, og det er relevant at kunne foretage sammenligning af forskellige vinduestyper samt at kunne beregne indeniveauet med forskelligt antal vinduer.

En forenklet beregning af indeniveauet L_{den} (inde) = $L_{2A,nT}$ for et vindue med areal S kan findes af nedenstående formel (2) fra Orientering 46 fra Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålinger (2015):

$$L_{2A,nT} = (L_{1A,\text{fritfelt}} + 3) - (R_w + K) + 10 \log \left(\frac{S \times T_0}{0,16 \times V} \right) \text{ [dB]}$$

Der benyttes: $T_0 = 0,5$ s; $K = C_{tr}$, se ovennævnte Orientering 46, hvor metoden og symbolerne er nærmere forklaret.

I Tabel 7 er indeniveauet L_{den} sammenlignet for et almindeligt tophængt vindue og fire forskellige ventilationsvinduer, alle med åbningsareal $0,35 \text{ m}^2$, som således opfylder arealkravet i MST vejl. 4/2007, afsnit 2.2.2. Der er vist resultater med fire forskellige udeniveauer og for to forskellige rumvolumener for at dække forskellige situationer fra praksis.

Tabel 7. Eksempler på indeniveau L_{den} beregnet med forskellige typer af åbne vinduer og rumvolumener. Forudsætning: Kun betydende lydtransmission gennem ventilationsvindue

| Indeniveau L_{den} (dB) beregnet for forskellige vinduestyper - alle åbnet $0,35 \text{ m}^2$ XX = Udeniveau L_{den} (frit felt). Niveaudifferens ude-inde angivet i () Indeniveauer: XX L_{den} max 46 dB opfyldt; XX L_{den} max 46 dB overskredet | | | | | | |
|---|-----------|---|---|--|--|--|
| Rumvolumen | Udeniveau | Alm. Tophængt Vindue | Folehaven Lydskodde flyttet ud ⁽¹⁾ | Russervindue ⁽²⁾ uden karmabs. | Russervindue ⁽²⁾ med karmabs. | Russervindue ⁽²⁾ med karmabs. |
| | | $S = 1,9 \text{ m}^2$ (1,25 × 1,50 m) $R_w + C_{tr} = 8 \text{ dB}$ Lab. måling ⁽³⁾ | $S = 2,0 \text{ m}^2$ (1,32 × 1,5 m) $R'_w + C_{tr} = 12 \text{ dB}$ Feltmåling ⁽³⁾ | $S = 1,9 \text{ m}^2$ (1,25 × 1,50 m) $R_w + C_{tr} = 13 \text{ dB}$ Lab. måling ⁽³⁾ | $S = 1,9 \text{ m}^2$ (1,25 × 1,50 m) $R'_w + C_{tr} = 15 \text{ dB}$ Design-guide ⁽³⁾ | $S = 3,0 \text{ m}^2$ (1,25 × 2,40 m) $R_w + C_{tr} = 19 \text{ dB}$ Lab. måling ⁽³⁾ |
| Rum 1 33 m ³ | 58 | 46 (12) | 42 (16) | 41 (17) | 39 (19) | 37 (21) |
| | 63 | 51 (12) | 47 (16) | 46 (17) | 44 (19) | 42 (21) |
| | 68 | 56 (12) | 52 (16) | 51 (17) | 49 (19) | 47 (21) |
| | 73 | 61 (12) | 57 (16) | 56 (17) | 54 (19) | 52 (21) |
| Rum 2 66 m ³ | 58 | 43 (15) | 39 (19) | 38 (20) | 36 (20) | 34 (24) |
| | 63 | 48 (15) | 44 (19) | 43 (20) | 41 (20) | 39 (24) |
| | 68 | 53 (15) | 49 (19) | 48 (20) | 46 (20) | 44 (24) |
| | 73 | 58 (15) | 54 (19) | 53 (20) | 51 (20) | 49 (24) |

Noter
(1) Uden ekstra karmabsorbent
(2) Åbningsareal for russervindue lokalt reduceret til ca. $0,20 \text{ m}^2$ ved tværsprosse.
(3) Data for laboratoriemålinger (udført i henhold til Dansk Standard, 2010) er fra Miljøstyrelsen (2012); data for feltmåling er fra Olesen & Backalarz (2014); data fra design-guide er fra Søndergaard & Olesen (2012), og her er fratrukket 1 dB pga. usikkerhed.
Grå opmærkning af celler betyder, at den øvre grænse for udeniveau er overskredet i relation til anvendelse af MST vejl. 4/2007 for boliger (nybyggeri, huludfyldning). Men $L_{den} \geq 73 \text{ dB}$ er relevant for 15.000 eksisterende boliger i Danmark, se kortlægning i Miljøstyrelsen (2013).

Som eksempel ses af Tabel 7, at man med den udflyttede lydskodde uden ekstra absorbent eller med russervindue uden karmabsorbent, begge i størrelsen 1,9 - 2,0 m² som det tophængte vindue, kan opfylde MST-krav til indeniveau ved et 4-5 dB højere udeniveau, altså ca. 63 dB, end referencesituationen med et almindeligt åbent vindue og L_{den} 58 dB udendørs. Hvis der anvendes karmabsorbent i russervinduet, kan MST-krav til indeniveau opfyldes med et 6-7 dB højere udeniveau, altså L_{den} ca. 65 dB. Det samme kan opnås hvis der anvendes en optimeret absorbent i den udflyttede lydskodde. Dette fremkommer ved at estimere ud fra målingerne i Tabel 6.

I Tabel 8 er indeniveauet vist med hhv. 1, 2 og 3 russervinduer i samme rum, igen med de samme to forskellige rumvoluminer og med fire forskellige udeniveauer.

Tabel 8: Eksempler på indeniveau L_{den} beregnet med hhv. 1, 2 og 3 russervinduer i facaden
 Forudsætning: Kun betydende lydtransmission gennem ventilationsvinduer

| Indeniveau L _{den} (dB) beregnet for russervinduer - åbnet 0,35 m ² XX = Udeniveau L _{den} (frit felt). Niveaudifferens ude-inde angivet i () Indeniveauer: XX L _{den} max 46 dB opfyldt; XX L _{den} max 46 dB overskredet | | | | |
|---|----------------|---|--|--|
| Rum- volumen | Ude- niveau | Russervindue ⁽¹⁾ med karmabsorbent, 3,0 m ² (1,25 × 2,40 m) R _w +C _{tr} = 19 dB (lab. måling) ⁽¹⁾ | | |
| | | 1 vindue ⁽²⁾ S = 3,0 m ² | 2 vinduer ⁽²⁾ S = 6,0 m ² | 3 vinduer ⁽²⁾ S = 9,0 m ² |
| Rum 1 33 m ³ | 58 | 37 (21) | 40 (18) | 42 (16) |
| | 63 | 42 (21) | 45 (18) | 47 (16) |
| | 68 | 47 (21) | 50 (18) | 52 (16) |
| | 73 | 52 (21) | 55 (18) | 57 (16) |
| Rum 2 66 m ³ | 58 | 34 (24) | 37 (21) | 39 (19) |
| | 63 | 39 (24) | 42 (21) | 44 (19) |
| | 68 | 44 (24) | 47 (21) | 49 (19) |
| | 73 | 49 (24) | 52 (21) | 54 (19) |

Noter
 (1) Data fra Miljøstyrelsen (2012).
 (2) Hvert vindue har åbningsareal 0,35 m², dog er åbningsarealet lokalt reduceret til ca. 0,20 m² ved tværsprosse.
 Betydningen af grå opmærkning af celler er forklaret i Tabel 7.

Som eksempel på problemstillingen kan det ses, at hvis man fx lige netop overholder grænseværdien indendørs med 1 vindue, vil den blive overskredet med 3 dB, hvis man har 2 vinduer, og man skal derfor i stedet finde et vindue med en 3 dB bedre lydisolering i åben tilstand. I det beskrevne eksempel er det ikke i praksis muligt, da vinduet i forvejen har ca. fuld rumhøjde, så man kan ikke øge lydisoleringen ved at øge vindueshøjden, og denne type vindue ville derfor ikke kunne anvendes. Dog kan man muligvis ved at anvende en væsentligt tykkere lydabsorbent end 20 mm få en vis forbedring. Dette vil dog kræve en ændring af vindueskonstruktionen, da der er brug for mere plads. Alternativt kan der anvendes russervinduer med en avanceret specialabsorbent optimeret til lave frekvenser

Det er vigtigt at bemærke, at eksemplerne i Tabel 7 og Tabel 8 er gældende for de pågældende vinduer og rumvoluminer, og resultaterne kan ikke uden videre overføres til andre situationer. Til konkrete projekter bør der altid anvendes de specifikke rumdimensioner, vinduesdimensioner og vinduesdata.

9. Sammenfatning og anbefalinger

Sammenfatning

Lydisolerende åbne vinduer kan have stor betydning for beboere i stærkt støjbelastede områder, der gerne vil lufte ud om dagen eller sove med åbne vinduer om natten uden at blive vækket af trafikstøj.

Projektets formål er at indsamle erfaringer og tekniske oplysninger fra cases med lydisolerende åbne vinduer med henblik på udnyttelse i andre byggerier eller til videreudvikling

Der er i projektet indsamlet information fra syv cases, hvor vinduerne i de seks tilfælde er monteret i perioden 1997-2007, og i det sidste tilfælde i 2012. Fem af de syv cases har lydisolerende åbne vinduer, hvor kriterierne i MST vejledning 4/2007 næsten overholdes i den ene bebyggelse (fra 2012), mens åbningsarealet i vinduerne i de øvrige fire bebyggelser er mellem ca. 1/10 og 1/3 af minimumsareal foreskrevet i MST vejledning 4/2007. De to resterende bebyggelser har henholdsvis glasskakte og udhængsvinduer monteret på facaden. Alle cases er beskrevet i separate appendikser, som kan benyttes til yderligere formidling eller videre bearbejdning.

Der er som en del af projektet udført lydisolationsmålinger på vindue med lydskodde monteret i 2007 i Folehaven. Målinger er udført på lydskodde som monteret i 2007, og der er udført supplerende målinger på en udrykket lydskodde, der skal simulere et øget ventilationsareal, som opfylder betingelserne i MST vejl. 4/2007.

Resultaterne fra indsamling af viden og fra de nye målinger giver mulighed for at definere nye udviklingsprojekter/tiltag for ventilationsvinduer på et betydeligt bedre vidgrundlag end hidtil.

Pga. manglende anvendelse af ventilationsvinduer i nybyggeri, savnes erfaringsopsamling fra flere nye bebyggelser, som opfylder kriterierne i MST vejledning 4/2007.

Der er opnået mere viden om mulighederne, men også klart en erkendelse af, at reglerne i MST vejl. 4/2007 er for stive, så realiseringen i projekter stort set er udeblevet indtil nu, selv om der er gået syv år siden udgivelsen. Dette kan dog delvist skyldes en kombination af byggekrisen et par år fra 2009 og at projekter ofte er flere år undervejs fra projektering til realisering.

Der er etableret kontakt til danske myndigheder samt til myndighed i Hamborg, der har udtrykt ønske om mere erfaringsudveksling med henblik på udbredelse af de gældende Hamburger HafenCity-regler for lydisolering af åbne vinduer til hele Tyskland. En sådan dialog kunne også være nyttig for videreudvikling af de danske lydbestemmelser og af ventilationsvinduer.

Der er i rapporten fokus på løsninger til overholdelse af kriterier i MST vejledning 4/2007, men anvendelse af lydisolerende åbne vinduer rækker videre, fx ville mange borgere, der oplever at blive vækket om natten af støjende enkelthændelser, kunne have stor nytte af sådanne vinduer, også selv om disse ikke helt overholder kriterier for ventilationsareal eller indeniveau. Støjende enkelthændelser kunne fx være udrykningskøretøjer samt renovationsvogne og varelevering tidligt om morgenen. Det kunne også være motorcykler eller knallerter, der larmende kører ned gennem en ellers stille gade om natten i højt tempo. Kortvarige, støjende enkelthændelser er ofte ikke synlige i kortlægningsværdierne, og genen kan derfor være langt større end det fremgår af kortlægningen.

Anbefalinger

Der foreslås følgende initiativer/diskussioner som opfølgning på det foreliggende projekt:

- Definere, hvilket eller hvilke formål ventilationsvinduerne skal opfylde. Skal de kunne klare hele ventilationsbehovet? Har de et psykologisk formål ved at give beboerne fornemmelsen af frihed til at åbne vinduerne og altså dermed give beboerne valgmuligheder?
- Overveje ændring af fortolkningen af MST vejl. 4/2007, så bl.a. kun et enkelt vindue i rum med flere oplukkelige vinduer behøver opfylde kravet og ikke som nu, hvor støjniveauet inde skal opfyldes med alle oplukkelige vinduer åbne samtidigt.
- Overveje om reglerne til indeniveau i MST vejl. 4/2007 kunne flyttes til bygningsreglementet, da de har samme karakter som BR2010's krav til lukkede vinduer.
- Opfølgning af kontakt med myndighederne i Hamburg om erfaringerne med anvendelse af ventilationsvinduer i HafenCity og håndtering af myndighedskrav.
- Gennemføre spørgeskemaundersøgelse om anvendelse og tilfredshed med vinduesfunktionaliteter i de undersøgte boligbebyggelser med ventilationsvinduer samt i eventuelt nyere cases og i kontrolbebyggelser.
- Revurdering af behov for ventilationsareal. Skal åbningsarealets størrelse altid være minimum $0,35 \text{ m}^2$? Skal al ventilationen nødvendigvis skaffes via vinduer ud mod en trafikeret vej med højt støjniveau? Eller skal udeluften være et supplement til anden ventilation? Ville det ikke være mere optimalt at vurdere ventilationsevnen end ventilationsarealet?
- Hvad er den ventilationstekniske begrundelse for minimum $0,35 \text{ m}^2$ åbningsareal? Og hvad er relevansen af kriteriet i sammenhæng med de nyeste energi- og ventilationskrav i bygningsreglementet?
- Oprette en teknisk database med vinduesløsninger som supplement til eksisterende cases på MST hjemmeside.
- Synliggørelse af muligheder og erfaringer fra cases i dialog med kommuner, entreprenører og byfornyelsesselskaber. Resultater kan indgå i diskussionen om lokalplaner for områder med ændrede og nye, blandede anvendelser.
- Videreudvikling af udvendige, fleksible forsatsløsninger til byfornyelse, som fx lydskodderne i Folehaven og glasskaktene i Fredensgade.
- Videreudvikling af ventilationsvinduer af typen "russervinduer".

Litteratur

Banedanmark. (2013a). *Banedanmarks støjhandlingsplan August 2013*.

Lokaliseret på:

www.bane.dk/db/filarkiv/15528/Banedanmarks%20st%F8jhandlingsplan%202013.pdf

Banedanmark. (2013b). *Banedanmarks Støjprojekt 1986-2012 – Afslutningsrapport – Februar 2013*. Lokaliseret på:

www.bane.dk/db/filarkiv/14618/Afslutningsrapport_Banedanmarks_Stoejprojekt_1986-2012.pdf

Danmarks Statistik. (2014). *Statistisk Årbog 2014*, Lokaliseret på:

www.dst.dk/pukora/epub/upload/17958/staa.pdf

Dansk Standard. (1998). *Akustik. Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del 5: Måling af facadeelementers luftlydisolation i bygninger* (DS/EN ISO 140-5:1998). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2007). *Lydklassifikation af boliger*. (DS 490:2007). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2010). *Akustik – Laboratoriemåling af bygningselementers lydisolation* (DS/EN ISO 10140). — *Del 1: Produktspecifikke prøvningsprocedurer* (DS/ EN ISO 10140-1:2010). — *Del 2: Måling af luftlydisolation* (DS/EN ISO 10140-2:2010).

Dansk Standard. (2013). *Akustik. Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 1: Luftlydisolation* (DS/EN ISO 717-1: 2013). Charlottenlund.

de Place Hansen, E.J. (red.). (2014). *Anvisning om Bygningsreglement 2010* (4. udg.) (SBI-anvisning 230). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Lokaliseret på: www.anvisninger.dk/230

Ekholm O, Christensen AI, Davidsen M, Juel K. (2014). *Sundheds- og sygelighedsundersøgelsen 2013. Tema: Boligmiljø*. København: Statens Institut for Folkesundhed, Syddansk Universitet, 2014. Lokaliseret på: www.sifolkesundhed.dk/Ugens%20tal%20for%20folkesundhed/Ugens%20tal/49_2014.aspx.

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2010). *Bekendtgørelse om offentliggørelse af bygningsreglement 2010 (BR10)* (BEK nr. 810 af 28/6/2010) med (BEK nr. 1309 af 29/11/2010), (BEK nr. 792 af 29/06/2011), (BEK nr. 909 af 18/08/2011) og (BEK nr. 1314 af 12/12/2012). København.

Lokaliseret på: www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=132697

Europakommissionen. (2002). *Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2002/49/EF af 25. juni 2002 om vurdering og styring af ekstern støj*. De Europæiske Fællesskabers Tidende, L 189. Lokaliseret på:

<http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm>

European Commission. (2007). *Research for a quieter Europe in 2020*.

CALM II Network funded by Research Directorate-General. Lokaliseret på: www.transport-research.info/Upload/Documents/201206/20120611_125332_99759_20070927-CALM2-SPU-Sep07-final.pdf

European Environment Agency. (2014). *Noise in Europe 2014*. EEA Report No 10/2014. København. Lokaliseret på:

<http://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>

Frederiksberg Kommune. (2013). *Støjhandlingsplan (vejstøj) 2013 -2018*.

<http://mst.dk/media/mst/83323/Fredriksberg%20Kommune%20-%20Støjhandlingsplan%202013.pdf>

Københavns Kommune. (2005). *Undersøgelse af den oplevede støj fra vejtrafikken langs tre stærkt trafikerede bygader i København*.

http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1142_oCnhBzbao7.pdf

- Københavns Kommune. (2011). *Sundhedskonsekvensvurdering af Københavns Kommunes støjhandlingsplan – Folehaven som case*. http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/883_9A54lqmca4.pdf
- Københavns Kommune. (2013). *Handlingsplan for vejstøj - Københavns Kommune 2013 – 2018. Teknik- og Miljøforvaltningen*. Lokaliseret på: <http://www.kk.dk/da/Om-kommunen/Indsatsomraader-og-politikker/Publikationer.aspx?mode=detalje&id=1128>
- Københavns Kommune. (2014). *Københavns Miljøregnskab 2013*. Lokaliseret på: http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1193_lyb3OqUTqi.pdf
- Miljøministeriet. (2011). *Bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner* (BEK nr. 1309 af 21/12/2011). København. Lokaliseret på: www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=139549
- Miljøministeriet. (2013). *Bekendtgørelse af lov om planlægning (Planloven)* (LBK nr. 587 af 27/05/2013). København: Miljøministeriet. Lokaliseret på: www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=144425
- Miljøstyrelsen. (2006). *Støjkortlægning og støjhandlingsplaner* (Vejledning nr. 4, 2006). København. Lokaliseret på: <http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7052-146-8/pdf/87-7052-146-8.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2007). *Støj fra veje* (Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4). København. Lokaliseret på: www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2007/978-87-7052-542-8/pdf/978-87-7052-542-8.pdf
- Miljøstyrelsen. (2007a). *Tillæg til Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 1/1997: Støj og vibrationer fra jernbaner*. Lokaliseret på: www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Stoej/stoejgraenser/graensevaerdier_jernbaner
- Miljøstyrelsen. (2012). *Lydmæssig optimering af Russervinduer*. Miljøprojekt nr. 1417, 2012. <http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2012/04/978-87-92903-01-3.pdf>
- Miljøstyrelsen (2013). *National kortlægning af boliger belastet af vejstøj i 2012*. Lokaliseret på: <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2013/avg/national-kortlaegning-af-boliger-belastet-af-vejstoej-i-2012>
- Miljøstyrelsen. (2014). *Støjhandlingsplaner - foreløbig afrapportering fra Danmark*. Lokaliseret på: http://mst.dk/media/mst/9377476/st_jhandlingsplaner_-_forel_bigt_resume.pdf
- Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger. (2015). *Indendørs støjniveau med åbne vinduer*. Orientering nr. 46. Lokaliseret på: www.referencelaboratoriet.dk/referencer/indendoers-stoejniveau-med-aabne-vinduer
- Olesen, HS og Backalarz, C. (2014). *Lydisolation med åbne vinduer – forsøg med lydskodde i Folehaven (SBI-projekt 721-115)*. DELTA rapport TC-100649. Målerapporten findes i appendiks J i den foreliggende rapport.
- Rasmussen, B. (2012). *Sound classification of dwellings in the Nordic countries – Differences and similarities between the five national schemes*. Proceedings of BNAM2012, Proceedings, Vol. 2012). Lokaliseret på: [http://vbn.aau.dk/da/publications/sound-classification-of-dwellings-in-the-nordic-countries--differences-and-similarities-between-the-five-national-schemes\(8a7abb1c-6c63-4a9c-9013-3a3ac3d9c88c\).html](http://vbn.aau.dk/da/publications/sound-classification-of-dwellings-in-the-nordic-countries--differences-and-similarities-between-the-five-national-schemes(8a7abb1c-6c63-4a9c-9013-3a3ac3d9c88c).html)
- Rasmussen, B., & Petersen, C.M. (2014b). *Lydisolering af klimaskærmen* (SBI-anvisning 244). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. Lokaliseret på: www.anvisninger.dk/244
- Søndergaard, L.S. & Olesen, H.S. (2012). *Designguide for bestemmelse af "Russervinduers" lydisolation*. København: Miljøstyrelsen. Lokaliseret på: http://mst.dk/media/mst/66200/designguide_russervinduer_2012.pdf

Vejdirektoratet. (2010). *Introduktion – Støj fra vejtrafik – Vejdirektoratets arbejde med støj* (VD-rapport 370). København. Lokaliseret på: www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/stoej/Documents/støj%20fra%20vejtrafik.pdf

Vejdirektoratet (2013a). *Støjhandlingsplan for statens veje 2013 – 2018*. (VD-rapport 453). Lokaliseret på: www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/publikationer/sider/publikation.aspx?pubid=000061890

Vejdirektoratet. (2013b). *Støjisolering af boliger mod trafikstøj – Evaluering af støjpuljens tilskudsordning til støjisolering* (Rapport 433). Lokaliseret på: www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/publikationer/sider/publikation.aspx?pubid=1340440896

WHO. (2009). *Night noise guidelines for Europe*. København: WHO Regional Office for Europe. Lokaliseret på: www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/policy/who-night-noise-guidelines-for-europe

WHO. (2012). *Environmental health inequalities in Europe: Assessment report*. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen. www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0010/157969/e96194.pdf

Hjemmesider og supplerende litteratur

www.bygningsreglementet.dk

Hjemmeside med gældende og historiske bygningsreglementer, vejledninger m.m.

Generelt om trafikstøj:

VD: www.vejdirektoratet.dk/da/viden_og_data/temaer/stoej/sider/default.aspx

MST: <http://mst.dk/virksomhed-myndighed/stoej/trafikstoej/>

KK: <http://www.kk.dk/artikel/trafikst%C3%B8j>

På ovennævnte hjemmesider er der adgang til støjgenedata, støjkortlægning, handlingsplaner og andre publikationer-

Note: Gennem MST hjemmeside adgang til cases med lydisolerende vinduer og til RoligBolig (tidl. www.roligbolig.dk).

Alle støjhandlingsplaner findes her:

<http://mst.dk/virksomhed-myndighed/stoej/kortlaegning-af-stoej-og-handlingsplaner/stoejhandlingsplaner/kommuner-og-oevrige-myndigheders-stoejhandlingsplaner>

Støjgrænser findes her:

www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Stoej/stoejgraenser

Miljøstyrelsen. (2004). *Nye veje til støjbekæmpelse i byer – et idékatalog* (Rapport 295). København. Lokaliseret på:

http://mst.dk/media/mst/66274/VD_rap295_Nye%20veje%20til%20st%C3%B8jbek%C3%A6mpelse.pdf

Miljøstyrelsen & Vejdirektoratet. (1983). *Eksempelsamling – Projektering af boligbebyggelser i støjbelastede områder*. Lokaliseret på:

www2.mst.dk/udgiv/Publikationer/1983/87-503-4777-2/pdf/87-503-4777-2.PDF

Cases Danmark: Se appendikser A - G

Cases Udlandet: Se Appendiks H

Appendiks A. Folehaven, København

Folehaven er en regionalvej, der fungerer som indfaldsvej til København, idet den forbinder Holbækmotorvejen med Københavns bycentrum. Omkring regionalvejen Folehaven ligger nogle af de mest trafikstøjbelastede boligområder i København. Der blev i forsommeren 2004 udført en spørgeskemaundersøgelse blandt beboere langs tre stærkt trafikerede bygader i København, hvoraf den ene var Folehaven. Resultaterne er rapporteret i [A1] og viser, at samlet set er over 80 % generet af trafikstøj, og ca. 30 % ønsker at flytte. I Folehaven angiver 73 % trafikstøj som hovedårsagen til ønsket om at flytte. I undersøgelsen har 34 % af beboerne svaret, at trafikstøjen generer deres søvn. Derudover har de angivet, hvilke konsekvenser støjen har på deres søvn. Flere af beboerne i Folehaven gør brug af særlige tiltag såsom anvendelse af ørepropper, brug af sovemedicin, anderledes anvendelse af rummene i boligen og/eller lukke vinduerne om natten for at kunne falde i søvn for støjen fra trafikken. På trods heraf er det stadig mere end en fjerdedel af de adspurgte, der har svært ved at falde i søvn om aftenen, og hver fjerde oplever flere opvågninger i nattens løb.

På Folehaven kører dagligt ca. 40.000 køretøjer (kortlægning 2012), og dette tal har været stabilt siden 1991, se [A2]. Fartgrænsen er 60 km/t. På Figur A.1 er vist et støjkort for Folehaven. De blokke, der har front mod vejen, har en støjbelastning L_{den} over 73 dB mod vejsiden, se [Københavnerkortet](#), altså 15 dB over grænseværdien 58 dB. Også om natten er der høje støjniveauer. For de blokke, der har front mod regionalvejen Folehaven er L_{night} i størrelsesordenen 65 dB, se fx [Støj-Danmarkskortet](#).



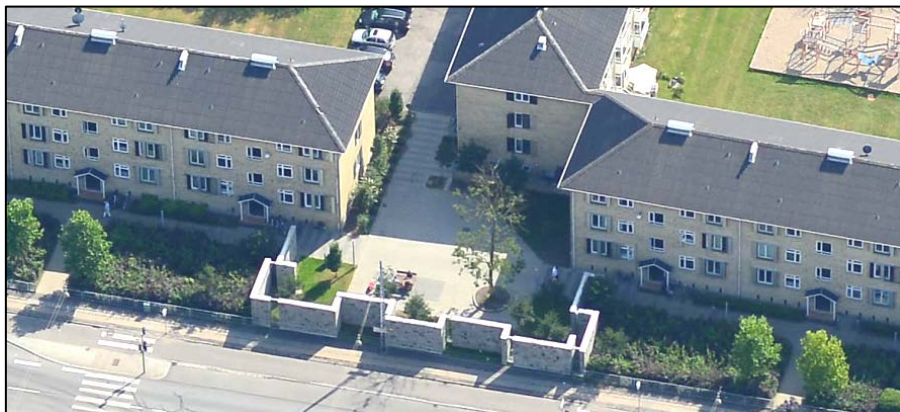
Figur A.1. Støjkort 2012 for Folehaven med angivelse L_{den} , i højden 1,5 m.

Kilde: www.kk.dk/da/borger/trafik/trafikstoej/stoejen-paa-din-gade

Grundet den stærke trafikstøjbelastning, er der et åbenlyst behov for støjreducerende tiltag, herunder lydisolerede vinduer, se [A2] og [A3]. Efter at Miljøstyrelsen i 2005 lancerede en tilskudsordning til forsøgsprojekter for støjpartnerskaber, blev der ansøgt og bevilget støtte til et pilotprojekt med boligforeningen FB Folehaven, Københavns Kommune og Miljøstyrelsen som partnere, se [A4].

Pilotprojektet blev gennemført i 2007 og kom i sin endelige udformning til at indeholde en 3 m høj støjskærm, der omslutter åbningen mellem to af blokkene ud mod vejen mod vejen, samt lydkodder til soveværelsesvinduerne i 36 lejligheder i to blokke ud mod Folehaven, svarende til en fjerdedel af alle soveværelsesvinduer ud mod Folehaven. Støjskærm og lydkodder ses på figur A.2. Soveværelsesvinduerne havde i forvejen indadgående vinduer og almindelige skodder, så løsningen kunne tilpasses den eksisterende bygning. Lydkodderne består af glas i en aluminiumsramme, der kan køre i et skinnesystem monteret omkring det eksisterende vindue. Princippet er illu-

streret på figur A.3. Mellem den faste ramme monteret på muren og den forskydelige del er der en ca. 20 mm spalte, og der er monteret lydabsorberende materiale i felterne på begge sider af hhv. vinduet og den bevægelige del af lydskodden. Den lukkede lydskodde skærmer for hele vinduet. Med lydskodden skudt maksimalt til side skærmes ca. ½-delen af vinduet, se figur A.3.



Figur A.2. Folehaven med støjskærm og lydskodder. Skråfoto er taget fra nord. Det ses, at 14 af 24 lydskodder på billedet er skudt for og 10 skudt helt eller delvist til side.

Foto er fra <http://kbhkort.kk.dk/modules/oblique/html/?x=720326&y=6172796.6>



Figur A.3. Fotos af lydskoddens udseende og funktion. På foto til venstre ses den lukkede lydskodde, til højre lydskodden kørt til siden. På begge fotos er det eksisterende side-bundhængte, indadgående vindue åbnet i ventilationsstilling.

Baggrund, forløb, resultater og evaluering af støjprojektet i Folehaven er beskrevet i mange publikationer, se fx figur A.4 og referencerne [A1-A6]. Der var i hele forløbet et intensivt samarbejde mellem mange parter og en omfattende involvering af boligforeningen og beboere, se især [A2-A4].



Figur A.4. Publikationer, der beskriver baggrund, forløb, resultater og evaluering af støjprojektet i Folehaven, se referencer [A1], [A2], [A3], [A5], [A6].

Beboerinterviews og støjmålinger efter gennemførelsen af pilotprojektet
Københavns Kommune har evalueret projektet, se [A6], via støjmålinger samt en spørgeskemaundersøgelse, som er uddelt til 367 lejligheder langs sydsiden af Folehaven. Alle husstande (med og uden lydskodde) fik i oktober 2010 tilsendt et spørgeskema om trafikstøj, dvs. 3 år efter opsætning af lydskodderne. Der var i alt 161 returnerede spørgeskemaer, hvilket svarer til en svarprocent på 44 %. Svarene fra beboere med lydskodde viser, at lydskodderne bruges hele tiden af 79 % af beboerne, af yderligere 16 %, når de sover og af resten ved ophold om dagen. På et spørgsmål om, hvorvidt lydskodden dæmper støj fra vejtrafikken, når den er skudt for, svarer mere end 2/3 af de adspurgte, at lydskodden dæmper meget eller noget, 1/3 synes, at den dæmper lidt og ingen synes, at lydskodden ikke dæmper. Trafikstøjmålingerne viser en god effekt af lydskodden, se [A6].

Lydisolationsmålinger udført i 2014, Folehaven 37, 1 th

I det foreliggende projekt er der udført en serie lydisolationsmålinger på lydskodden som monteret i 2007 og med vinduet og lydskodden i forskellige ventilationsstillinger. Da lydskodden ikke opfylder kriteriet for minimum åbningsareal $0,35 \text{ m}^2$ i henhold til MST-vejl. 4/2007, er der udført nogle supplerende forsøg med simulering af et øget åbningsareal ved at flytte lydskodden ud. Hovedresultaterne af forsøgene er beskrevet i afsnit 7 og alle resultater i målerapporten [A7].

Med vinduet i ventilationsstilling ($0,14 \text{ m}^2$ åbning) og lydskodde skudt til side fås en lydisolation R_w+C_{tr} på 10 dB, og med lydskodden skudt for ($0,10 \text{ m}^2$ åbning) fås 20 dB, altså en forbedring på 10 dB, hvilket er en meget betydelig forbedring, som svarer til 90 % reduktion i trafikken. Med lydskodden flyttet ud til et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ reduceres lydisolationen til 16 dB, altså en forringelse på 4 dB, men noget af dette kan indvindes ved at montere tykkere absorbenter i lydskoddens ventilationsspalter. Inden for projektets rammer var der ikke mulighed for at udføre mere omfattende eksperimenter, som det også ville være betydeligt mere ideelt at udføre som laboratorieforsøg, hvor der ikke er problemer med adgang til en beboet lejlighed og hvor konstruktionsændringer kunne foregå under betydeligt bedre betingelser. Erfaringerne og måleresultaterne fra de udførte feltmålinger kan indgå i grundlaget for en eventuel videreudvikling af lydskodden til fx bedre ventilationskapacitet.

På foto i figur A.2 ses, at relativt mange af lydskodderne er skudt helt eller delvist til side, hvilket muligvis kan fortolkes som, at der er brug for mere ventilation end lydskodden kan yde, når den er trukket for. Måned, ugedag og tidspunkt på dagen kendes ikke, men der synes at være relativt få biler. Skyggernes retning kunne tyde på et tidspunkt ca. midt på eftermiddagen.

Resumé erfaringer med lydskodder i Folehaven

Lydskodderne i Folehaven er at bedømme efter evalueringsrapporten [A6] en stor succes, som dog også skal ses i lyset af den meget stærke trafikstøjbelastning, hvor alle betydelige tiltag formodes værdsat.

Der er ikke siden 2007 monteret flere lydskodder eller gjort andre tiltag, så langt størstedelen af boligerne har stadig behov for en forbedring af vinduernes lydisolation. Lydskodderne i Folehaven overholder ikke kriterierne for minimum åbningsareal $0,35 \text{ m}^2$ i henhold til MST-vejledning 4/2007, Miljøstyrelsen (2007), og de estimerede indeniveauer med åbent vindue opfylder ikke grænseværdien på maksimum 46 dB gældende siden 2007 for bl.a. huludfyldning ved nybyggeri af boliger.

Baseret på interviews og lyd-målinger i Folehaven vurderes det, at videreudvikling af lydskoddeprincippet har potentiale til anvendelse i mange støjbelastede boligbygninger.

Litteratur relateret til støjprojektet i Folehaven, København

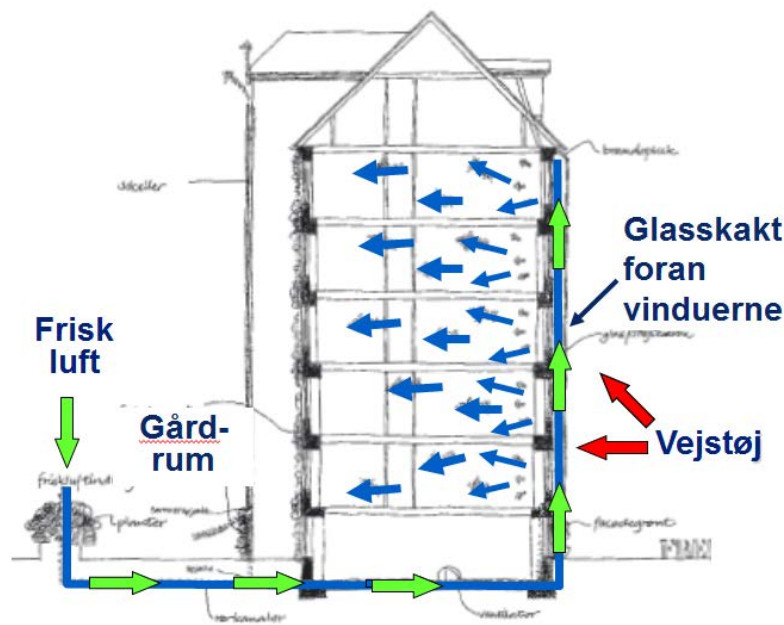
- [A1] Københavns Kommune. (2005). *Undersøgelse af den oplevede støj fra vejtrafikken langs tre stærkt trafikerede bygader i København.*
http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1142_oCnhBzba07.pdf
- [A2] Københavns Kommune. (2005). *Lokal støjhandlingsplan for Folehaven - Baggrundsrapport.*
http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/706_k2aS3SN87h.pdf
- [A3] Københavns Kommune. (2006). *Lokal støjhandlingsplan for Folehaven - Et pilotprojekt om begrænsning af støj i et boligområde.*
http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/707_9728MV13yl.pdf
- [A4] Miljøstyrelsen. (2008). *Støjpartnerskaber - Samarbejdsprojekter mellem borgere og kommune.*
http://mst.dk/media/mst/68077/stoej_magasin_feb08.pdf
- [A5] Københavns Kommune. (2011). *Sundhedskonsekvensvurdering af Københavns Kommunes støjhandlingsplan – Folehaven som case.*
http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/883_9A54lqmca4.pdf
- [A6] Københavns Kommune. (2011). *Evaluering af støjprojekt i Folehaven.*
http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/812_SSeeqa0tJj.pdf
- [A7] Olesen, HS og Backalarz, C. (2014). *Lydisolation med åbne vinduer – forsøg med lydskodde i Folehaven (SBI-projekt 721-115).* DELTA rapport TC-100649. Målerapporten er gengivet i den foreliggende rapportes appendiks J.

Støjprojektet i Folehaven er omtalt talrige steder på hjemmesider, fx:
Eksempel fra almen andelsboligforening. Lydskodder i Folehaven, København - Fokus på mere end bare støj. <http://mst.dk/74714>

Appendiks B. Fredensgade, København

Fredensgade er en stærkt trafikstøjbelastet gade i den centrale del af København. Et boligbyggeri på Fredensgade 21-25 skulle gennemgå en meget omfattende renovering i 2001/2002, og der blev i den forbindelse udført et tilknyttet projekt "Grøn støj", hvis hovedformål var at finde en relativ simpel, ikke pladskrævende, teknisk løsning til reduktion af trafikstøjen indendørs og til frisklufttilførsel til boligerne samt til energibesparelser. Det var et krav, at trafikstøjen indendørs i det renoverede hus skulle opfylde kravene i BR1995, dvs. $L_{A,eq,24h}$ skulle overholde kravet om max 30 dB (svarende til det nugældende krav L_{den} på max 33 dB) indendørs med lukkede vinduer.

Det var yderligere en betingelse, at facadeløsningen skulle være arkitektonisk acceptabel, så den kunne opfylde krav til arkitektur og æstetik. Der blev valgt en løsning med en lydisolierende glasskakt foran udvalgte vinduespartier på gadefacaden, som ifølge projektrapporten opfylder alle disse kriterier. Udformningen er skitseret i figur B.1. Luften i glasskanten kommer fra gården, hvor den er friskere end på gaden, og beboerne kan herved få frisk luft ved at åbne vinduerne ud til glassaktene.



Figur B.1 Principskitse af løsning for projekt "Grøn støj" med lydisolierende glasskakte foran udvalgte vinduespartier på gadefacaden og luftkanaler mellem gårdrummet og glassaktene, så frisk luft kan fås ind i boligerne ved at åbne vinduer ud til glassaktene. Figur baseret på skitse i projektrapport [B1].

Boligbebyggelsen var på mange områder utidssvarende, og den meget gennemgribende renovering bestod af sammenlægning af lejligheder, installation af fjernvarme, nyt køkken med varmt vand, etablering af badeværelser, nyt afløb og kloak, isolering af kælder og tag, renovering af facade og opgang, opsætning af franske altaner ud mod gården, renovering af elinstallationer – samt etablering af glasskakte, se figur B.2. Trafikstøjbelastede vinduer, der ikke vender ud mod glassaktene, se [B1], blev udskiftet med lydvinduer.

Beboerinterviews og trafikstøjmålinger

Efter gennemførelsen af renoveringen blev der foretaget beboerinterviews og gennemført lydisolationsmålinger. Beboerinterviews blev gennemført som personlige dybdeinterview af 8 beboere i ejendommen Fredensgade 21-25. De pågældende beboere havde alle boet i ejendommen 2-8 år før ombygningen. Interviewene blev gennemført oktober - november 2002, kort efter

renoveringens afslutning. Der foreligger ikke kvantificerede detailinformatio-
ner om beboernes synspunkter, men hovedresultatet er, at beboeren ople-
ver renoveringen som en stor succes, og det nye hus giver en bedre livskva-
litet. Huset i Fredensgade er blevet et sted, man ser som en permanent bolig
og ikke bare et sted man er, indtil man finder noget andet. Elementerne i
"Grøn støj" indgår som positive faktorer i vurderingerne.



Figur B.2. Boligbebyggelsen i Fredensgade med de nye glasskakte. Foto tv. viser vindue åbnet ud i glasskaktten. Foto er gengivet fra projektrapport [B1].

Der blev udført to sæt målinger af støjforholdene, det ene i september 2001 før etableringen af glasskaktene, og det andet i august 2002 efter opførelsen af glasskaktene. Hovedresultaterne ses i tabel B.1.

Tabel B.1. Trafikstøjniveauer indendørs i lejlighederne er korrigeret svarende til årsdøgntrafik niveau år 2000 oplyst af Københavns Kommune. Grunddata fra målerapport, der er bilag til projektrapport [B1]. Grønne felter er relevante for bygningsreglementskrav, som er $L_{A,eq,24h}$ max 30 dB.

| Målerum | | Før $L_{A,eq,24h}$ (dB) | Efter $L_{A,eq,24h}$ (dB) | Bemærkninger |
|----------|--|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 21 st.tv | Lukket vindue | 44 | 30 | Med glasskakt opfyldes BR-krav. |
| | Lille vinduesramme åben ^(*) | 53 | 34 | Se note om åbningsareal |
| 23 2.th | Lukket vindue | 39 | 30 | Med glasskakt opfyldes BR-krav. |
| | Lille vinduesramme åben ^(*) | 52 | 36 | Se note om åbningsareal |

Note: De farvede celler angiver situationen efter renoveringen. Grøn er relevant i relation til bygningsreglementet, gul i relation til kriterier for indendørs støj med åbne vinduer.

^(*) Åbningsareal af lille vinduesramme kendes ikke, men det vurderes, at kriteriet i den senere MST vej. 4/2007, L_{den} max 46 dB inde ville kunne overholdes med 0,35 m² åbning.

Resumé erfaringer med glasskakte i Fredensgade

Erfaringerne med glasskaktene synes meget interessante og har potentiale for videre anvendelse i andre renoveringsprojekter og evt. i tilpasset form til nybyggeri. Det er en forudsætning, at der findes løsninger for øvrige trafikstøjbelastede facadevinduer, som ikke vender ud mod glasskaktene.

Litteratur relateret til støjprojektet i Fredensgade, København

[B1] Socialministeriet. (2005). *Grøn Støj – Bygningsrenovering i støjbelastede boliger*. Lokaliseret på: <http://byfornyelsesdatabasen.dk/find/0/4/1840251>

[B2] Støjprojektet i Fredensgade er omtalt en del steder på hjemmesider, fx: http://www.sbsby.dk/doc/pdf/Groen_Stoej_Fredensgade.pdf

Appendiks C. Norgesparken, Århus

Randersvej er en 4-sporet regionalvej, der fungerer som den nordlige indføring fra Den Jyske Motorvej til Århus Havn, og har stærk trafik. Norgesparken er et boligområde langs Randersvej med 5 separate boligblokke i 3½ etage og med i alt 112 lejligheder fordelt på 3 blokke med 69 lejligheder, der har facade direkte ud til Randersvej, og 2 blokke med 43 lejligheder, der har facade ud til områdets friarealer. Mellem de to rækker boligblokke ligger der en børneinstitution. Behovet for støjdemning er beskrevet i [C1] og [C2]. Randersvej havde ifølge [C2] i 1995 en trafikbelastning på ca. 26.000 køretøjer i døgnet, hvoraf 13 % var tunge køretøjer. Boligfacaderne mod Randersvej og på de bageste blokke var belastet af et støjniveau på hhv. ca. 72 dB(A) og ca. 56 dB(A). Områdets friarealer var belastet med 58-62 dB(A). Det indendørs støjniveau med lukkede vinduer blev målt til 45 dB(A) i de rum der vender ud mod Randersvej, dvs. ca. 15 dB mere end gældende bygningsreglements krav på renoveringstidspunktet.

Århus Kommune har med støtte fra Trafikpuljen 95 i 1996-98 gennemført et støjbeskyttelsesprojekt af etageboligområdet Norgesparken. Formålet med projektet var at dæmpe det indendørs støjniveau til maksimalt 30 dB, og at reducere trafikstøjen udendørs på friarealerne mellem blokkene til 55 dB. Projektet omfatter, se luffoto i figur C.1:

- Støjisolering af facaderne mod Randersvej ved udskiftning af vinduer og montering af støjdempende udhængsvinduer uden på vinduerne.
- To høje støjskærme mellem boligblokkene ud til Randersvej.
- Støjafskærmning af boligområdets opholdsarealer ud mod de to sidegader, Norges Allé og Stockholmegade, der afgrænser Norgesparken.



Figur C.1. Luffoto af Norgesparken med indtegning af udhængsvinduer samt støjskærme mellem blokkene mod Randersvej og ved sidegaderne. Illustration fra [C2].

Den ene af støjskærmene mellem boligblokkene ud til Randersvej er kombineret med etablering af et fælleshus, og den anden skærm udformet som en støjssluse med passage af en sti.

Projektet inkluderer ikke lydisolerende åbne vinduer, som ikke var velkendt ved projektgennemførelsen, men projektet som helhed er interessant som case.

Støjsisolering af facaderne mod Randersvej omfatter:

- Udskifning af de eksisterende vinduer i opholdsrum ud mod Randersvej med termolydruder.
- Montering af støjdæmpende udhængsvinduer uden på disse vinduer.
- Montering af lyd-dæmpet friskluftventil i muren ved siden af hvert udhængsvindue (til sikring af rummets luftskifte og minimering af dugproblemer).



Figur C.2. De nye udhængsvinduer monteret på facaden mod Randersvej uden på facadevinduerne, der har indadgående rammer. Illustration fra [C2].

Lydmålinger og interviewundersøgelser

Der er udført støjmålinger samt interviewundersøgelser før og kort efter gennemførelse af ændringerne. En nærmere beskrivelse af vindueskonstruktioner, undersøgelserne og resultaterne findes i [C2]. Interviewundersøgelserne viste et fald i antal beboere, der var generet af trafikstøj indendørs, men faldet var kun ca. 13 %, hvilket var et lavere fald end forventet. Uden-dørs var faldet kun på 2-4 %. Støjmålingerne er udført udendørs i 3 punkter på friarealerne og indendørs i 1 lejlighed. Støjmålingerne viser:

- Det udendørs støjniveau reduceres 4-9 dB(A), og det er lykkedes at opfylde projektets målsætning om max 55 dB på udendørs arealer.
- Det indendørs støjniveau reduceres med 13 dB(A), hvilket er en markant forbedring, omend der mangler ca. 2 dB i at nå målet på max 30 dB.

Boligselskabet har på forespørgsel i 2014 svaret, at beboerne ud mod Randersvej har oplevet en stor bedring. I 2010 fik afdelingen boligventilation med udsug fra køkken og bad, og det betyder, at det ikke er nødvendigt med åbne vinduer, hvilket også har hjulpet.

Resumé erfaringer

Samlet set har de gennemførte støj-dæmpende foranstaltninger givet væsentlige forbedringer, om end forholdene udendørs ikke er optimale. Erfaringerne fra såvel målinger som interviews og løsninger er nyttige ved diskussion af løsningsmuligheder ved lignende projekter andre steder.

Litteratur relateret til støjprojektet i Norgesparken, Århus

[C1] Vejdirektoratet. (1998). *Trafikpuljereview II*. (VD-rapport 169).
http://arkiv.cykelviden.dk/filer/Trafikpuljereview_II.pdf

[C2] Vejdirektoratet og Århus Kommune. (2001). *Støjdæmpning i Norgesparken*.

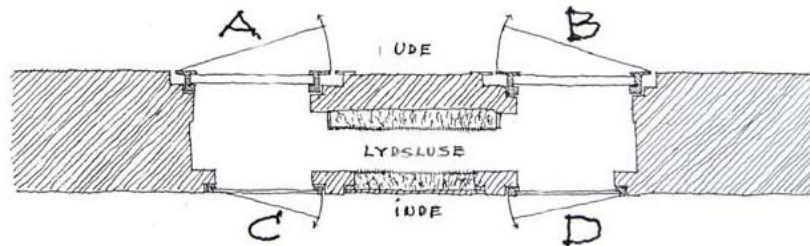
[C3] Støjprojektet i Norgesparken er omtalt på flere hjemmesider, fx:
www.statensnet.dk/pligtarkiv/fremvis.pl?vaerkid=6454&repid=0&filid=24&iarkiv=1
www.statensnet.dk/pligtarkiv/fremvis.pl?vaerkid=5727&repid=0&filid=77&iarkiv=1

Appendiks D. Bikuben Kollegiet, København

Bikuben Kollegiet i København blev færdigt i 2006 og ligger på hjørnet af Amagerfælledvej og Njalsgade og med en høj trafikstøjbelastning. Kollegiet har godt 100 værelser. Da Bikuben Kollegiet tæt ved Københavns Universitet på Amager blev planlagt, var en af barriererne det store trafikstøjniveau helt tæt på de relativt små lejligheder, der ikke alle kunne have soveværelser vendt væk fra støjilden. Da kollegiet blev bygget, var det gældende bygningsreglementskrav til trafikstøj indendørs, at niveauet (årsmiddelværdi) af $L_{A,eq,24h}$ var max 30 dB (svarende til L_{den} , max 33 dB gældende fra 2008), og MST-vejl. 4/2007 var ikke publiceret. Et estimat for L_{den} kan findes ved at addere 3 dB til $L_{A,eq,24h}$.

En anden stor udfordring i planlægningen var luftskiftet i de små værelser. Ventilationsanlægget suger konstant fra badeværelserne i bygningen og den nye friske luft bliver suget ind gennem facaden. Dette har stillet krav til facade-luftslusernes evne til at være støjreducerende.

Løsningen har været en vandret luftsluse, der dog - i modsætning til et traditionelt russervindue - ikke forvarmer luften, men er nem at betjene. En principtegning (vandret snit) af udformningen findes i figur D.1. Fordelen ved denne udformning er også, at der kan monteres lydabsorberende materialer i kanalvæggene. Et foto af vinduet i et færdigt kollegieværelse set indefra findes på figur D.2.



Figur D.1. Principtegning af ventilationsvindue med lydsluse anvendt i Bikuben Kollegiet, Ørestad, København. Vinduerne åbnes "diagonalt", dvs. A+D eller B+C. Tegning gengivet fra [D2].



Figur D.2. Foto af ventilationsvindue med lydsluse anvendt i Bikuben Kollegiet, Ørestad, København. Placering af vindue i facadevæg ses på figur D.3. Foto gengivet fra [D2].



Figur D.3. Vinduesvæg i kollegieværelse. Ventilationsvinduet med lydslusen ses som de to små vinduer foroven over skrivebordet. Foto gengivet fra [D2].

Lydmålinger og -beregninger

Trafikstøjberegninger og lydisolationsmålingerne er udført som en studieopgave på DTU, [D1]. Beregningerne viser et udendørs niveau $L_{A,eq,24h}$ ca. 68 dB svarende til L_{den} ca. 71 dB, altså højere end tilladt for nye boligbebyggelser i dag. Der blev fundet et indendørs niveau på $L_{A,eq,24h}$ ca. 32 dB med lukkede vinduer, dvs. 2 dB højere end bygningsreglementets maksimalværdi. Det skal dog bemærkes, at lydtransmission også sker gennem de store vinduer og gennem facaden. Med åbne vinduesrammer "diagonalt" fås et indeniveau $L_{A,eq,24h}$ på ca. 37 dB (dvs. L_{den} ca. 40 dB). Åbningsarealet for vinduet kendes ikke. Tværsnitsarealet af luftslusen mellem de to små vinduer estimeres til ca. 0,03 m² ud fra oplysninger i målerapporten om luftslusen samt oplysninger fra byggeriets rådgiver (Rambøll), dvs. kun ca. 1/10 af minimumsarealet i den senere MST vejl. 4/2007.

Resumé erfaringer/resultater

Målingerne er udført som studieopgave og kun i en enkelt bolig. Da resultaterne ikke overholder gældende BR-krav, kunne det være relevant at få verificeret målingerne, men der foreligger ikke andre målerapporter. MST vejl. 4/2007 udkom først senere, men det er alligevel relevant at sammenligne med kriterierne for åbne vinduer. Vinduet opfylder langt fra kriteriet til åbningsareal i MST vejl. 4/2007, men konstruktionen kunne eventuelt videreudvikles til at opfylde arealkravet.

Der er ikke kendskab til eventuelle brugerinterviews, men det kunne være relevant for eventuelle senere lignende projekter at få kendskab til brugererfaringer og synspunkter om anvendelsen af vinduerne, støjniveau og om ventilationsbehovet dækkes for at vurdere, om princippet kan anbefales til videreudvikling.

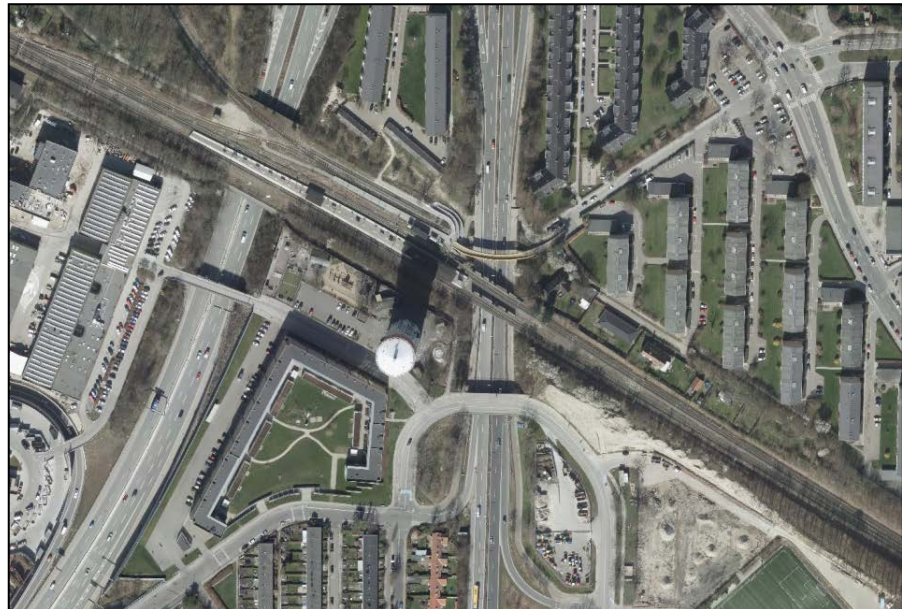
Litteratur relateret til Bikuben Kollegiet, København

[D1] Christoforidis, D og Johannesen, H. (2006). *Sound Insulation Measurements of Windows*. Studieopgave, DTU. Ikke offentliggjort.

[D2] Princippet i Bikuben Kollegiets vinduer er omtalt på flere hjemmesider, fx: <http://mst.dk/borger/stoej/trafikstoej/stoejdaempende-vinduer/eksempler-paa-boliger/case-4>

Appendiks E. Vandtårnet, Jægersborg

I forstadscommunen Gentofte nord for København havde man underskud af nye byggegrunde til ungdomsboliger, og derfor blev det planlagt at ombygge de ledige etagedæk under den store topplacerede vandbeholder i Jægersborg Vandtårn til 36 boliger. Jægersborg Vandtårn er imidlertid beliggende i et stærkt trafikstøjbelastet område mellem to motorveje (Helsingørmotorvejen og Motorringvejen) og en S-togslinje (Hellerup – Holte), så trafikstøjniveauet udendørs ved facaden er højt. I forbindelse med ombygningen af vandtårnet til ungdomsboliger har Gentofte Kommune rekvireret DELTA til at måle den totale trafikstøjbelastning indendørs i en lejlighed samt udendørs på facaden på 6. sal, se [E1]. Der blev indrettet en prøvelejlighed, hvor målingerne blev udført. Rummet har et facadeareal på ca. 19 m², heraf ca. 6 m² fast vindue og et oplukkeligt facadevindue af typen ventilationsvindue, et såkaldt "russervindue". Beliggenheden er vist på figur E.1 og foto af facaden set indefra er vist på figur E.2.



Figur E.1. Beliggenhed af Jægersborg Vandtårn i området mellem to motorveje og en S-togslinje. Kort fra Geodatastyrelsen.



Figur E.2. Snittegning af russervindue er vist til venstre. Fotoet af facaden set indefra viser det faste vindue til venstre, og til højre i billedet det oplukkelige vindue. Tegning og foto fra målerapport [E1].



Figur E.3. Vandtårnet set udefra i sin helhed (th) og detailfoto (tv), der viser de høje, smalle ventilationsvinduer (flere af dem åbne) mellem de store glaspartier. Fotos af det færdige vandtårn med de nye vinduer monteret kan også ses her: [Jægersborg Vandtårn, luffoto og street view](#).

Trafikstøjmålinger

Der er udført målinger med lukket vindue svarende til målebetingelsen i bygningsreglementet og med rammerne åbnet i to forskellige positioner.

I henhold til BR1995 er kravet til indendørs trafikstøjniveau $L_{A,eq,24h}$ max 30 dB (svarende til det nugældende krav L_{den} på max 33 dB). Målingerne er rapporteret i DELTAs målerapport AV 1257/15. Målingen af indeniveau med lukket vindue viser omregnet til årsmiddeldøgntrafik i 2003 (35.800 biler/døgn, heraf 7 % tunge køretøjer) et trafikstøjniveau $L_{A,eq,24h}$ 34 dB, altså 4 dB mere end bygningsreglementskravet. Målingen med vinduet maksimalt åbnet (mindst ca. 0,11 m² tværsnit) viser et indeniveau $L_{A,eq,24h}$ på 37 dB.

Resumé erfaringer/resultater

Måleresultatet for indendørs niveau i prøvelejlighed med lukkede vinduer overholder på måletidspunktet ikke gældende BR-krav (hverken i 2005 eller nu), idet der er en overskridelse på ca. 4 dB. Der foreligger ikke senere måleresultater.

Vinduet opfylder ikke kriteriet til åbningsareal i MST vejl. 4/2007 (som udkom 2 år senere). Der er ned til ca. 0,11 m² tværsnit i vinduet, men åbningerne er op til ca. 0,30 m². Der er ikke kendskab til eventuelle brugerinterviews, men det kunne være relevant for eventuelle senere lignende projekter at få kendskab til brugere erfaringer og synspunkter om anvendelsen af vinduerne, støjniveau og om ventilationsbehovet dækkes.

Litteratur relateret til Vandtårnet, Jægersborg

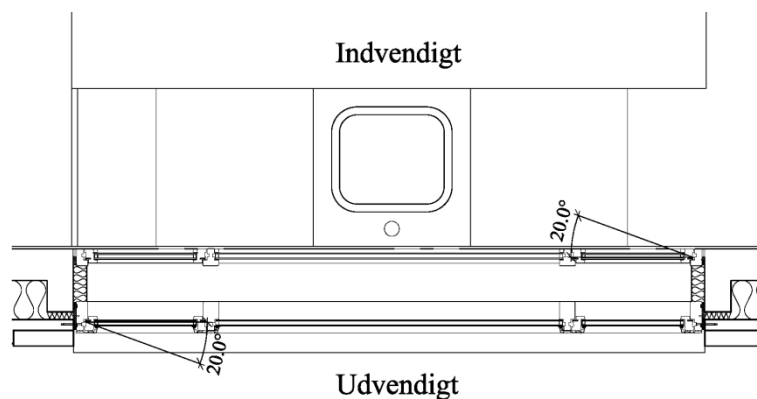
- [E1] Hoffmeyer, D og Olesen, HS. (2005). *Testrapport. Miljømåling – Vejtrafikstøj: Måling af trafikstøj i og ved prøvelejlighed i Jægersborg Vandtårn, Gentofte Kommune*. DELTA rapport AV 1257/15, DANAK 100/939.
<http://mst.dk/media/mst/66057/Rapport%20om%20lydisolation%20af%20russervinduer.pdf>
- [E2] Vandtårnet i Jægersborg er omtalt på flere hjemmesider, fx:
<http://mst.dk/borger/stoej/trafikstoej/stoejdaempende-vinduer/eksempler-paa-boliger/case-3>

Appendiks F. Ørnegårdsvej, Gentofte,

I forstadskommunen Gentofte nord for København blev der i 2006 opført en boligbebyggelse med 2-4 etager og med i alt 124 boliger. Boligbebyggelsen er beliggende på Ørnegårdsvej i et stærkt trafikstøjbelastet område klemmt inde mellem to motorveje (Helsingørmotorvejen og Motorringvejen) og en S-togslinje (Hellerup – Holte). I forbindelse med opførelsen har Gentofte Kommune rekvireret DELTA til at måle den totale trafikstøjbelastning indendørs i et prøvekøkken i en lejlighed samt udendørs på facaden på 3. sal. Prøvekøkkenet på 3. sal vender direkte ud mod Helsingørmotorvejen, afstand til vejmidte ca. 70 m. Prøvekøkkenet havde et gulvareal på ca. 7 m². Facadearealet var ca. 9 m², heraf ca. 1,3 m² delvist oplukkeligt vinduesparti. Vinduet er af typen ventilationsvindue og kan bedst beskrives som et vandret liggende "russervindue". Et foto af bygningen set fra Helsingørmotorvejen er vist på figur F.1 og et vandret snit på figur F.2.



Figur F.1. Foto af boligbebyggelsen ved Ørnegårdsvej. Foto fra målerapport [F1]. Luffoto og facadefotos af bebyggelsen kan ses her: [Ørnegårdsparken](#).



Figur F.2. Vandret snit i vinduesparti i bebyggelse. Vinduet er et vandret liggende ventilationsvindue. Tegning er fra målerapport [F1]. Ikke målfast.

Trafikstøjmålinger

Der er udført målinger med lukket vindue svarende til målebetingelsen i bygningsreglementet og med ventilationsvinduesrammer åbnet i to forskellige positioner. Målingerne er rapporteret i målerapport AV 1316/05, se [F1]. Målingerne omregnes til årsmiddeldøgntrafik i 2003 (35.800 biler/døgn, heraf 7 % tunge køretøjer), hvilket svarer til udeniveau 62 dB (frit felt), se målerapporten.

I henhold til bygningsreglementet var kravet til indendørs trafikstøjniveau $L_{A,eq,24h}$ max 30 dB (svarer til nuværende krav L_{den} max 33 dB).

Målingen af trafikstøjniveau indendørs med lukket vindue er $L_{A,eq,24h}$ 21 dB, (omregnet til årsdøgntrafik ude, 62 dB) altså betydeligt bedre end bygningsreglementskravets krav om max 30 dB. Målingen med vinduet maksimalt åbnet (mindst ca. 0,11 m² tværsnit) viser et indeniveau $L_{A,eq,24h}$ på 38 dB, hvilket svarer til L_{den} ca. 41 dB, og der er altså en god margin op til den senere grænseværdi på 46 dB, som dog gælder for 0,35 m² åbning.

Der foreligger ikke oplysninger om vindueskonstruktionerne i den færdige bygning sammenlignet med prøvelejligheden.

Resumé erfaringer/resultater

Måleresultatet for indendørs niveau i prøvelejligheden med lukkede vinduer overholder gældende BR-krav (både i 2005 og nu) med en rigelig margin 9 dB. Vinduet med åbne rammer har et åbningsareal på 0,10 m² og opfylder således ikke kriteriet til åbningsareal i MST vejl. 4/2007 (som udkom 2 år efter byggeriets start), men støjniveauet indendørs ligger også betydeligt under kriteriet for maksimalt støjniveau. Løsningen ville kunne videreudvikles.

Der er ikke kendskab til eventuelle brugerinterviews, men det kunne være relevant for eventuelle senere lignende projekter at få kendskab til brugererfaringer og synspunkter om vinduernes funktionalitet, støjniveau og om ventilationsbehovet dækkes.

Litteratur relateret til Ørnegårdsvej, Gentofte

[F1] Hoffmeyer, D og Kragh, J. (2005). *Testrapport. Miljømåling – Vejtrafikstøj. Måling af trafikstøj i og ved prøvelejligheden i boligbebyggelse ved Ørnegårdsvej, Gentofte Kommune*. DELTA rapport AV 1316/05, DANAK 100/948.

Appendiks G. Kollektivhuset, København

I forbindelse med en renovering af Kollektivhuset ved Hans Knudsens Plads, København, er der i 14 lejligheder på 1. sal monteret nye vinduer, såkaldte "russervinduer". Der er monteret to russervinduer i hver lejlighed. Begge vinduer vender ud mod Lyngbyvej, som er en stærkt befærde indfaldsvej til København, og støjbelastningen er over 70 dB, se [G1] og [G2], hvorfor der er stillet krav til det indendørs støjniveau både med åbne og lukkede vinduer, og der er gjort væsentlige tiltag for at reducere trafikstøjen indendørs. På figur G.1 er vist fotos af facaden set udefra og et vindue set indefra. Med henblik på at undersøge funktion og virkning af de støjreducerende vinduer, der er monteret i de 14 lejligheder i Kollektivhuset, har DELTA for Miljøstyrelsen udført lydmålinger i 2012 og gennemført en spørgeskemaundersøgelse i 2013. Resultaterne er beskrevet i [G1]. Se mere om lydmålingerne i nedenstående afsnit.



Figur G.1. Russervindue benyttet i Kollektivhuset, Hans Knudsens Plads 1, København. Vinduer set udefra og indefra. Foto udefra af de åbne russervinduer er taget en tilfældig eftermiddag i august 2013. Det ses, at de små felter står åbne, men også de store felter (service opluk) er i nogle tilfælde åbne. Fotos er gengivet fra rapport om spørgeskemaundersøgelse og lydmålinger, [G1].

Støjniveauet på facaden i 1. sals højde er beregnet til 70-71 dB, se [G2], og det er beregnet, at for at opfylde kravene på hhv. L_{den} 46 dB (MST vejl. 4/2007) og L_{den} 33 dB (bygningsreglementet) indendørs i boligerne på 1. sal skal lydreduktionen (udtrykt som R'_w+C_{tr}) være minimum 22 dB med åbne vinduer og 39 dB med lukkede vinduer.

Lydmålinger

Der er udført lydisolationsmålinger af DELTA og af Gade & Mortensen Akustik A/S i forskellige lejligheder og på forskellige tidspunkter i sommeren 2012. Detailoplysninger om målinger og måleresultater findes i [G1]. Resultatet af lydmålingerne viser, at der med "åbne" russervinduer (åbne klapper) fås et støjniveau inde i lejlighederne, der er 2 dB lavere (bedre) end kravet på $L_{den} \leq 46$ dB i MST-vejl. 4/2007. Dog er vinduernes åbningsareal lidt mindre end de krævede $0,35 \text{ m}^2$ (hhv. $0,29 \text{ m}^2$ og $0,25 \text{ m}^2$ ude og inde). Resultaterne med lukkede vinduer viste, at bygningsreglementskravet lige netop er overholdt, se detaljer i [G1].

Spørgeskemaundersøgelsen

Spørgeskemaundersøgelsen er detaljeret beskrevet i [G1]. Der er indhentet besvarelser fra 8 ud af 14 respondenter (svarprocent 57 %). Respondenterne havde i gennemsnit boet i deres lejlighed i knapt et år.

Hovedparten af respondenterne svarede, at russervinduerne giver dem mulighed for at have åbne vinduer, uden at støjen fra Lyngbyvej generer væsentligt. Men med hensyn til ventilationseffekten tilkendes, at vinduerne ikke altid giver tilstrækkelig frisk luft. Derfor åbnes også ofte de store glasfelter, der udelukkende er beregnet til service-opluk, rengøring og som redningsåbning og altså ikke er tænkt at skulle anvendes i forbindelse med udluftning.

Sammenfatning af erfaringer/resultater

Kravene i MST-vejl. 4/2007 og bygningsreglementet til max trafikstøjniveau med hhv. åbne og lukkede vinduer er overholdt, se nærmere ovenfor og i rapport [G1].

Resultaterne af spørgeskemaundersøgelsen viser, at boligerne om sommeren i varme perioder har utilstrækkelige ventilationsmuligheder med ventilationsvinduerne anvendt som tilsigtet, se detailfoto i figur G.1. I praksis har det betydet, at vinduernes service-opluk har været benyttet, se det store foto i figur G.1, hvilket dels besværliggør betjening, dels medfører meget mere støj indendørs. Dette er en erfaring, som bør indgå i projektering af tilsvarende boliger i fremover. Der kan således være behov for andre eller supplerende ventilationsmuligheder, eller der skal anvendes vindueskonstruktioner med bedre ventilationsmuligheder, fx ved at anvende bredere vinduer, eller ved at vinduerne udvikles til at kunne give mere ventilation. Hele ventilationsproblematikken skal også ses i lyset af energiforbrug og indeklimaet generelt.

Litteratur relateret til Kollektivhuset, København

[G1] Legarth, S.V. & Søndergaard, L.S. (2014). *Russervinduer - Spørgeskemaundersøgelse og lydmålinger af Russervinduer monteret i Kollektivhuset, Hans Knudsens Plads 1, 1. sal, København*. Miljøprojekt nr. 1609, 2014. Miljøstyrelsen.
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2014/11/978-87-93283-13-8.pdf>

[G2] *Krav til lydisolation og dokumentation af facader mod Lyngbyvej*. Gade & Mortensen Akustik A/S, Notat 09.312, 2011.

[G3] *Kollektivhuset. Boliger på 1.sal. Målinger af lydisolation*. Gade & Mortensen Akustik A/S. Rapport 12.713.01, 2012.

Supplerende litteratur om russervinduer findes på MST-hjemmeside:
<http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2014/nov/russervinduer>

Søndergaard, L.S. & Olesen, H.S. (2012). *Lydmæssig optimering af Russervinduer*. Miljøprojekt nr. 1417, 2012. Miljøstyrelsen.
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2012/04/978-87-92903-01-3.pdf>

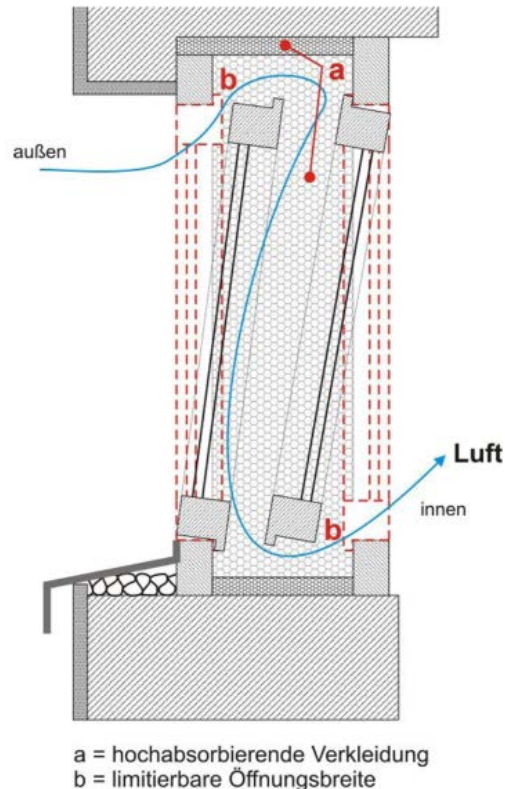
Søndergaard, L.S. & Olesen, H.S. (2012). *Designguide for bestemmelse af "Russervinduers" lydisolation*. København: Miljøstyrelsen.
http://mst.dk/media/mst/66200/designguide_russervinduer_2012.pdf

Appendiks H. Erfaringer fra udlandet

Det har været forsøgt at skaffe oplysninger om eventuelle lignende bestemmelser i udlandet svarende til dem, der findes i MST vejl. 4/2007 om grænseværdier for støjen indendørs med åbne vinduer. Der er kun fundet konkrete oplysninger fra et sted, nemlig Hamburger HafenCity, hvor der er krav om max 30 dB(A) indendørs med åbent vindue. Kravet gælder for alle vinduer i soverum. Kravene og vinduesløsninger er nærmere beskrevet i [H1], [H2], [H3].

Kravet gælder for en 40 mm spalte i HafenCity-Fenster, uanset bredde. Vinduet er typisk 1,5 m bredt, dvs. ca. 0,06 m² åbning, hvilket svarer til kun 1/6 af åbningsarealet, der kræves i henhold til MST. Vejl. 4/2007, afsnit 2.2.2.

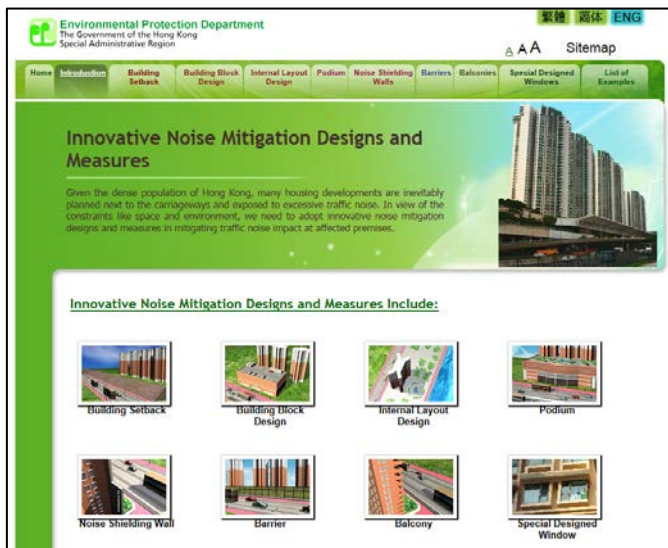
Kravet synes umiddelbart meget strengere end den danske grænseværdi L_{den} på max 46 dB, men kravet i HafenCity gælder for et vindue med meget mindre åbning. Kontakt til myndigheden i Hamburg lykkedes først på et sent tidspunkt i projektet, og det har ikke været muligt at skaffe yderligere detaljer inden for rammerne af det foreliggende projekt i HafenCity, men myndigheden har udtrykt ønske om videre erfaringsudveksling om baggrunden for og erfaringerne med de danske bestemmelser i MST vejl. 4/2007, hvilket kunne være relevant som en opfølgning på det foreliggende projekt og give nyttigt input til den videre diskussion. Nedenstående figur viser opbygning af HafenCity-Fenster.



Figur H.1. Principtegning af HafenCity vindue ("HafenCity-Fenster"). Kilde: Hamburger Leitfaden - Lärm in der Bauleitplanung 2010 (2010). Ikke målfast.

Udover eksemplet fra HafenCity er der fundet indikationer af løsninger til lyd-isolerende åbne vinduer andre steder i udlandet, uden at der dog er oplysninger om krav og konstruktionsdetaljer. Eksempler er to konferenceartikler fra 2014, se [H4], [H5]. I [H4] er reference til en database med løsninger på

en række områder relateret til begrænsning af udefra kommende støj og et af dem er vinduer. Se skærbillede i figur H.2.



Figur H.2. Skærbilleder fra database med løsninger til støjdæpende / lydisolerende tiltag. Environmental Protection Department, The Government of Hong Kong. www.epd.gov.hk/epd/Innovative/greeny/eng/index.html

Sammenfatning af erfaringer/resultater

Der er i Hafencity, Hamburg fundet specifikke regler af samme karakter som i Danmark for indendørs støjniveau med åbne vinduer, men kriterierne er forskellige fra de danske. Også andre steder i verden arbejdes der med løsninger for lydisolerende åbne vinduer. Det vurderes umiddelbart, at de tyske erfaringer og løsninger er mest relevante for Danmark pga. klimaligheder.

Litteratur relateret til udenlandske erfaringer

- [H1] Hafencity Hamburg GmbH. (2006). *Einsatz von baulichen Schallschutzmaßnahmen in der Hafencity - Hinweise für Bauherren und Architekten - Fassadenkonstruktionen mit ausreichendem Schallschutz auch bei teilweise geöffnetem Fenster sowie mit gedämmtem Lüftungseinrichtungen.* www.hafencity.com/upload/files/files/z_de_broschueren_23_Broschuere_komplett.pdf.
- [H2] Hafencity Hamburg. (2010). *Hamburger Leitfaden - Lärm in der Bauleitplanung 2010.* www.hamburg.de/contentblob/2097382/data/laerm2010.pdf
- [H3] Hafencity Hamburg. (2011). *Schallschutz bei teilgeöffneten Fenstern.* www.hafencity.com/upload/files/files/Laerm_Leitfaden_3_1.pdf
- [H4] Wu, M et al. (2014). *Challenges in Planning against Road Traffic Noise in Hong Kong.* Proceedings of InterNoise 2014, Paper 273.
Note: I dette paper er beskrevet databasen "Innovative Noise Mitigation Designs and Measures" med data for innovative løsninger for vinduer mv.
- [H5] Yeung, M et al (2014). *Tackling Traffic Noise Through Plenum Windows – An Application in Hong Kong.* Proceedings of InterNoise 2014, Paper 427.

Appendiks I. Forslag vedr. MST vejl. 4/2007

Som beskrevet i afsnit 4 synes der at være opført meget få byggerier med ventilationsvinduer, og en medvirkende årsag formodes at være de meget "stive" regler i MST vejl. 4/2007, kap. 2.2.2, som er gengivet i den foreliggende rapport's afsnit 2. Det kan derfor være hensigtsmæssigt med en revision af reglerne (eller udgivelse af et tillæg) som en langsigtet løsning - og som en midlertidig løsning at revidere fortolkningen af reglerne. Herunder er gengivet en beskrivelse af baggrunden for MST vejl. 4/2007, udarbejdet af Miljøstyrelsen til brug i første udgave fra 2012 af Referencelaboratoriets orientering 46 (2015). Efterfølgende er angivet de FAQs fra Orientering 46, hvor svarene anbefales revurderet som en midlertidig løsning.

2. Administrativ baggrund

Planloven har en bestemmelse om, at støjbelastede arealer kun må udlægges til støjfølsom anvendelse som fx boliger, hvis lokalplanen med bestemmelser kan sikre, at der etableres afskærmning eller tilsvarende, der kan sikre den fremtidige anvendelse mod støjgener. Det har til formål at forebygge, at der opstår støjulempere, som det fremgår af § 15a i lov om planlægning (LBK nr. 587 af 27-05-2013, Miljøministeriet)). Direkte oversat og i store træk betyder det, at hvis man vil lave en lokalplan om boliger eller lignende i et område, hvor støjen er højere end Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier, skal planen samtidig have et krav om, at der skal etableres støjafskærmning eller tilsvarende, sådan at de vejledende grænseværdier bliver overholdt.

Når man vil forny boliger i tætte byområder, er det i mange tilfælde ikke muligt at bringe støjen fra veje ned til blot i nærheden af grænseværdierne, især fordi der er meget trafik og ingen plads til støjskærme i byerne. Før 2007 anbefalede Miljøstyrelsen som minimum at sikre, at der ved én facade af boligen samt på de primære udendørs opholdsarealer ville blive et støjniveau, som var lavere end grænseværdien. Samtidig henviste Miljøstyrelsen til de krav om indendørs støjniveau, som er fastsat i Bygningsreglementet. Disse krav medfører, at der skal benyttes særligt støjisolerende vinduer de steder, hvor støjen ved facaden er højere end grænseværdien. Men særligt støjisolerende vinduer dæmper kun støjen, når de er lukkede. Og der er erfaring for, at beboere som oplever et højt trafikstøjniveau hver gang de åbner vinduerne, ikke udlufter deres bolig tilstrækkeligt.

2.1 Ændring af planloven i 2007

Reglerne om støjbeskyttelse kunne have som konsekvens, at byområder, som var støjbelastet fra trafikken eller støjende virksomheder, ikke kunne udvikles og fornyes. I 2007 blev planloven ændret, så der kom nye muligheder for bl.a. fornyelse af eksisterende byområder mv., og her blev der samtidigt indført en bestemmelse om, at reglerne om støjbeskyttelse af boliger i eksisterende boligområder eller områder for blandede byfunktioner også kunne omfatte støjisolering. Reglerne gælder ikke ved udlæg af nye byområder til støjfølsom anvendelse.

Det blev pointeret i forbindelse med høring og politisk behandling af lovændringen, at de nye regler ikke er en forringelse af støjbeskyttelsen, og at de skulle sikre et tilfredsstillende indendørs støjniveau med åbne vinduer samt på udendørs opholdsarealer.

En mere specifik vejledning kom til senere samme år, hvor Miljøstyrelsens nye vejledning "Støj fra veje" blev udsendt, samtidig med at styrelsen udsendte tillæg til både togstøjvejledningen og vejledningen om støj fra virksomheder. I alle tre vejledninger er der anført vejledende grænseværdier for det indendørs støjniveau, hvor det er forudsat, at alle oplukkelige vinduer er åbnet 0,35 m². De nye grænseværdier er fundet ud fra, at der skal være

samme indendørs støjniveau, som hvis der havde været et udendørs niveau svarende til den almindelige grænseværdi, og boligens almindelige vinduer er åbnet 0,35 m². Den nye regel er beregnet på byområder, hvor der enten allerede er boliger, som skal udskiftes eller fornyes ("huludfyldning"), eller hvor der planlægges for en blanding af boliger og ikke-forurenende virksomheder. Samtidig med, at den nye støjgrænse skal overholdes indendørs, skal det sikres, at den sædvanlige grænseværdi anført i "Støj fra veje" gældende for udendørs områder i nærheden af boligen er overholdt (områder som bruges til ophold eller færdsel til fods).

Reglen gør det muligt at forny eller udskifte boliger i nærheden af støjende virksomheder, uden at virksomheden af den grund bliver udsat for øgede krav om at dæmpe støjen, og der kan nu også opføres moderne boliger på steder med en høj, blivende belastning af trafikstøj. Det gælder dog stadig, at støjende virksomheder skal arbejde på at sænke støjen så meget, som det er teknisk og økonomisk realistisk, og at de myndigheder, der har ansvaret for støjen fra veje og jernbaner, skal bestræbe sig på at nedsætte støjbelastningen af de, der bor i nærheden.

Den nye regel har som konsekvens, at det ikke er tilstrækkeligt at projektere særligt støjisolerende vinduer (i lukket tilstand) ind i boliger, der skal bygges på steder med meget støj. Der skal andre midler til, og det kan enten være ventilationsvinduer (se afsnit 4) som fx "russervinduer", der har en god lyd-isolation i åben tilstand, særligt udformede lydskodder eller en supplerende støjafskærmning af glas anbragt uden på huset.

2.2 Hvem er myndighed?

Det er først og fremmest kommunen, der skal sikre sig, at der er gjort tilstrækkeligt rede for støjforholdene, når en bygherre eller en developer kommer med ønske om at få udlagt et støjbelastet areal til fx boliger. Redegørelsen skal omfatte både den aktuelle belastning fra de relevante støj-kilder og de foranstaltninger, som det er planlagt at træffe mod støjen. I lokalplanen vil redegørelsesdelen beskrive støjsituationen - ofte den fremskrevne situation, og der vil være bestemmelser om de konkrete foranstaltninger mod støjen.

Kommunen er også byggemyndighed og har derfor ansvar for at give byggetilladelse inden opførelsen går i gang og ibrugtagningstilladelse, når bygnin-gen er færdig. Det er her en forudsætning, at Bygningsreglementets krav er opfyldt, men ibrugtagningstilladelse kan også betinges af, at lokalplanens bestemmelser er overholdt. Kommunen kan i den forbindelse kræve, at der bliver lavet støjmålinger for at dokumentere, at de relevante krav er opfyldt.

I forhold til støj fra virksomheder er det som hovedregel kommunen, der er miljømyndighed, og som derfor kan gribe ind over for generende støj eller revurdere miljøgodkendelsen for de godkendelsespligtige virksomheder.

Det er derfor også kommunen, der skal vurdere sagen, hvis der opstår problemer med støj fra virksomheder, når der opføres nye boliger i nærheden. Hvis den nye regel om støjisolerende ventilationsvinduer og de tilhørende grænser for støjen indendørs med åbne vinduer blev benyttet, da de nye boliger blev planlagt, skal den samme regel også bruges, når støjen fra virksomhederne vurderes.

Endelig er det kommunen, der har det overordnede ansvar for støjen fra kommunevejene. Mange kommuner gør en stor indsats for at bekæmpe vejstøj, fx ved at bruge støjreducerende asfalt til vedligeholdelse, men efter Miljøstyrelsens vurdering giver miljøloven ikke mulighed for at gribe ind over for støjen fra veje. Helt tilsvarende gælder for støjen fra almindelig benyttelse af jernbaner.

Uddrag fra Orientering 46, tabel 8 om spørgsmål og svar

Nedenstående findes i tabel I.1 uddrag fra Referencelaboratoriets Orientering 46, Tabel 8 *Eksempler på spørgsmål og svar vedr. lydkrav til åbne vinduer*. Svarene til de viste spørgsmål foreslås revideret som en kortsigtet løsning, men det er væsentligt at der også arbejdes på en langsigtet løsning. Der foreslås udarbejdet et tillæg MST vejl. 4/2007 eller foretaget en mere gennemgribende revision af vejledningen.

Tabel I.1. Spørgsmål nr. 2, 6, 8, 10, 11 og 13 og tilhørende svar, der foreslås revideret som en kortsigtet løsning.

Ref.: "Indendørs støjniveau med åbne vinduer" Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Orientering nr. 46 (2015).

Note: Numrene er de samme som i første udgave, Nov. 2012, men for spørgsmål 13 er angivet et uddybende svar vedr. altandøre, øvrige svar er de samme.

| Nr. | Spørgsmål | Svar |
|-----|--|---|
| 2 | Må eksterne glasskærme fastgjort til facaden benyttes for at komme under 68 dB udendørs? (glasskærmen betragtes i denne situation som en del af bygningen) | Nej, hvis lokalplanen har en bestemmelse om, at støjniveauet ved facaden ikke må overstige 68 dB, kan den ikke opfyldes ved brug af en glasskærm direkte på facaden, da den derved bliver en del af facadekonstruktionen. Men en fritstående støjskærm kan benyttes til at bringe støjniveauet under 68 dB ved facaden. |
| 6 | Kan altaner være en del af opfyldelsen af kravet med oplukkelige vinduer? <i>(der er reference til dette spørgsmål fra svaret til spørgsmål 13)</i> | Ja, en altan, evt. forsynet med supplerende glasafskærmning, kan indgå i løsningen (forhold som fugt, brand og lydkrav til udeophold skal vurderes nøje ved hel eller delvis tillukning af en altan) |
| 8 | Hvis der er flere vinduer i et rum, må nogle så være almindelige, oplukkelige vinduer? | Nej. Beboerne skal have mulighed for at åbne alle oplukkelige vinduer til et åbningsareal på 0,35 m ² og have et støjniveau på højst 46 dB indendørs. Af sikkerhedsmæssige grunde må det accepteres, at det er muligt at åbne et større areal til det fri. Dette gælder f.eks. for lovbestemte redningsåbninger med forseglet åbnefunktion. |
| 10 | Skal alle oplukkelige specialvinduer i et rum være åbne under kontrolmåling/-beregning? | Ja, alle vinduer skal være åbnet samtidig, hver med et åbningsareal på 0,35 m ² . |
| 11 | Hvor meget skal åbningsarealet for vinduet være ved kontrolmåling/-beregning? | Ved en kontrolmåling skal støjkravet opfyldes med et åbningsareal på 0,35 m ² . Åbningsarealet skal være 0,35 m ² "hele vejen" gennem konstruktionen, dog accepteres et tværsnitsareal ned til 0,20 m ² inde i vindueskonstruktionen, f.eks. ud for nogle få tværsprosser i et russervindue. |
| 13 | Skal en altandør med glas, f.eks. en side/bundhængt dør betragtes som et vindue? | Ja, altandøren skal som udgangspunkt udformes, så 0,35 m ² -kravet kan opfyldes som for vinduer. Det gælder også franske altandøre. Dette er den stringente betragtning, som er gældende, såfremt altandøre ikke er undtaget i lokalplanens bestemmelser. Såfremt der er foretaget en delvis inddækning af en altan, stilles der ikke særlige krav til altandøren, såfremt støjkravet indendørs kan opfyldes med åben dør. (Se også spørgsmål 6). |

Appendiks J. Feltforsøg i Folehaven - lydmålerapport

I det følgende findes den komplette lydmålerapport. I afsnit 7 findes en bearbejdet oversigt over måleresultater samt beskrivelse af udvalgte resultater.

Reference:

Olesen, H.S. og Backalarz, C. (2014). *Lydisolation med åbne vinduer – forsøg med lydskodde i Folehaven (SBI-projekt 721-115)*.

DELTA rapport TC-100649.



We help ideas meet the real world

Rapport

Lydisolation med åbne vinduer - forsøg med lydskodde i Folehaven (SBI-projekt 721-115)

Udført for Statens Byggeforskningsinstitut (SBI)

TC-100649

Sagsnr.: T207480

Side 1 af 42

27. november 2014



DELTA

Venlighedsvej 4

2970 Hørsholm

Danmark

Tlf. +45 72 19 40 00

Fax +45 72 19 40 01

www.delta.dk

CVR nr. 12275110

Tite l

Lydisolation med åbne vinduer - forsøg med lydskodde i Folehaven (SBI-projekt 721-115)

Journal nr.
TC-100649

Sagsnr.
T207480

Vores ref.
HSO/CB/ERT/ilc

Rekvirent

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI)
Aalborg Universitet
A.C. Meyers Vænge 15
2450 København SV

Rekvirentens ref.

Birgit Rasmussen

Resume

Denne rapport er udarbejdet som led i et projekt, der gennemføres af Statens Byggeforskningsinstitut om lydisolerende åbne vinduer (SBI-projekt 721-115).

Der er udført en serie lydmålinger i boligforeningen 3B Folehaven beliggende i Valby. I Folehaven er der i 2007 i udvalgte lejligheder monteret forskydelige udvendige lydskodder foran de eksisterende vinduer med henblik på tilvejebringelse af en god lydisolation mod trafikstøjen. Lydskodderne er udformet således, at de - når de er skudt hen foran vinduerne - giver mulighed for en vis udluftning af rummet.

Der er udført lydisolationsmålinger ved forskellige åbningsgrader af vinduet og forskellige positioner af lydskodden. Der er endvidere udført målinger, hvor lydskodden er flyttet længere ud fra facaden, således at der opnås et åbningsareal på 0,35 m².

Rapporten beskriver bebyggelsen, målemetode, måleresultater og konklusion.

Opgaven er udført i samarbejde med Birgit Rasmussen, Statens Byggeforskningsinstitut.

DELTA, 27. november 2014



Henrik S. Olesen
Akustik



Claus Backalarz
Akustik

Indholdsfortegnelse

| | |
|--|-----------|
| 1. Baggrund..... | 5 |
| 2. Formål | 5 |
| 3. Måleobjekt | 6 |
| 3.1 Bebyggelse og målerum..... | 6 |
| 3.2 Beskrivelse af vindue og lydskodde | 6 |
| 3.3 Lydskoddernes opsætningssteder | 6 |
| 3.4 Lydskodden i original udførelse | 7 |
| 3.5 Udtrykket lydskodde..... | 8 |
| 3.6 Udtrykket lydskodde med supplerende baffelelement..... | 9 |
| 4. Måleplan for forsøg med lydskodder i Folehaven..... | 10 |
| 5. Udførte målinger og anvendt måleudstyr | 11 |
| 6. Præsentation af måleresultater | 14 |
| 7. Vurdering af lydskoddens effekt ved sammenligning af de udførte målinger | 15 |
| 8. Beregning af indendørs støjniveau, L_{den}..... | 23 |
| 9. Konklusion | 25 |
| 10. Referenceliste..... | 27 |
| Bilag 1 - Måling 1: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014 | 28 |
| Bilag 2 - Måling 2: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014 | 29 |
| Bilag 3 - Måling 3: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014 | 30 |
| Bilag 4 - Måling 4: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014 | 31 |
| Bilag 5 - Måling 5: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014 | 32 |
| Bilag 6 - Måling 6: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014 | 33 |
| Bilag 7 - Måling 7: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014 | 34 |
| Bilag 8 - Måling 8: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014 | 35 |
| Bilag 9 - Måling 9: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014 | 36 |
| Bilag 10 - Måling 10: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014 | 37 |

| | |
|--|-----------|
| Bilag 11 - Fotos fra målestedet | 38 |
| Bilag 12 - Mikrofonplaceringer og rumdimensioner..... | 41 |
| Bilag 13 - Anvendte instrumenter og programmer | 42 |

1. Baggrund

Målingerne rapporteret i nærværende rapport er led i et projekt, der gennemføres af Statens Byggeforskningsinstitut om lydisolerende åbne vinduer (SBI-projekt 721-115). Projektet har baggrund i Miljøstyrelsens vejledning 4/2007: ”Støj fra veje”. I denne vejledning åbnes der mulighed for at etablere boliger i områder med stærk trafikstøjbelastning, hvor dette ikke tidligere har været tilladt. Der er dog nogle krav, som skal være opfyldt, for at denne mulighed kan benyttes, bl.a. er der indført en grænseværdi for det indendørs trafikstøjniveau med åbne vinduer. Grænseværdien skal kunne opfyldes med alle vinduer åbnet svarende til et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ for hver enkelt vindue. For boliger er grænseværdien $L_{\text{den}} = 46 \text{ dB}$.

Det indendørs støjkrav med åbne vinduer kan ikke opfyldes med traditionelle vindueskonstruktioner, men kræver særligt udformede løsninger, som har en tilstrækkelig støjdæmpende effekt i åben tilstand. Erfaringsgrundlaget med sådanne konstruktioner er imidlertid relativt spinkelt. En af de mere veldokumenterede konstruktioner er det såkaldte ”russer-vindue” (se fx ref. [1] og ref. [2]). En anden oplagt mulighed er at forsyne traditionelle vinduer med en udvendig forsatsløsning bestående af fx en forskydelig lydskodde.

Løsningen med anvendelse af en forskydelig lydskodde er i København benyttet i boligbygningen Folehaven, som er beliggende i et af de mest trafikstøjbelastede områder i byen. Der er tale om et pilotprojekt gennemført af Københavns Kommune i partnerskab med boligforeningen 3B Folehaven og Miljøstyrelsen i 2007. Københavns Kommune har efter projektets afslutning udarbejdet en evalueringsrapport (se ref. [3]). Støjforholdene omkring Folehaven er endvidere beskrevet i en sundhedskonsekvensvurdering af Københavns Kommunes støjhandlingsplan (se ref. [4]).

Pilotprojektet var baseret på en lydskodde med et åbningsareal på ca. $0,1 \text{ m}^2$. Lydskodden opfylder således ikke kravet om et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ - hvilket heller ikke var projektets intension - som nu er gældende ved nybyggeri i trafikstøjbelastede områder, f.eks. ved huludfyldning.

2. Formål

Løsningen, som er benyttet i Folehaven, er grundlæggende attraktiv, men har som nævnt ikke et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$. Formålet med dette projekt er at udføre sammenlignende målinger af lydisolationen dels med lydskodden i dens oprindelige position, dels flyttet ud i større afstand fra facaden, så der opnås et åbningsareal på de $0,35 \text{ m}^2$.

Der er derfor gennemført en række målinger, hvor lydskodden er flyttet ud i en større afstand fra facaden, således at det samlede åbningsareal af spalterne i lydskoddens sider bliver $0,35 \text{ m}^2$. Under nogle af målingerne er vinduet åbnet, så det også har et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ (sidehængt ramme åbnet). Med lydskodden i denne position er der endvidere foretaget en måling med en ekstra lydabsorbent placeret i luftspalten i lydskoddens sider med henblik på en forbedring af lydisolationen.

Endelig er der til sammenligning foretaget en række målinger med lydskodden i dens oprindelige position (oprindelig afstand til facaden). Nærmere beskrivelse af vindue, lydskodde, åbningsarealer mv. fremgår af Afsnit 3.

3. Måleobjekt

3.1 Bebyggelse og målerum

Målingerne er udført i en lejlighed i boligforeningen 3B Folehaven beliggende i Valby umiddelbart syd for vejen Folehaven. Bebyggelsen består af boliger i tre etager. Målingerne er udført i lejligheden Folehaven 37, 1. th., som er beliggende i en boligblok med facade direkte ud mod Folehaven. Afstanden mellem Folehavens vejmidte og bygningens facade er ca. 29 m. Afstanden til den nærmeste vejbanemidte (Folehaven er 4-sporet ved målepositionen) er 22 m. Terrænet mellem vejen og bygningens facade er fladt og med lav bevoksning ud mod vejen. Folehaven er en af Københavns mest befærdede vejstrækninger. Ifølge [7] var årsdøgntrafikken i 2011 ca. 40.000 biler heraf 3,8 % tung trafik.

Målingerne blev udført i lejlighedens soveværelse. Soveværelsets dimensioner er 3,0 m x 3,8 m x 2,5 m (bredde x dybde x højde). Soveværelset var møbleret med en seng og to klædeskabe. Endvidere var der placeret en vaskemaskine i rummet. Soveværelsets bruttovolumen er 28,5 m³. Efter fradrag af faste objekter i rummet (lukkede skabe, vaskemaskine) er nettovolumenet 22,9 m³.

Fotos af målerummet kan ses i Bilag 11 - Fotos fra målestedet. Rummets dimensioner og målepositionerne er vist i Bilag 12 - Mikrofonplaceringer og rumdimensioner.

3.2 Beskrivelse af vindue og lydskodde

I facaden mod Folehaven er der i soveværelset et vindue med bredden 1,32 m og højden 1,50 m (murhul set inde fra rummet). Vinduet er udført som en konstruktion med gående lodpost og med en dreje/kip ramme i den ene side og en ren sidehængt ramme i den anden side. Vinduets åbningsareal i ventilationsstilling er ca. 0,14 m². I øverste rammetræ i begge halvdele er der placeret en udeluftventil, som var lukket under målingerne.

En udeluftventilationskanal på ca. 10 cm x 10 cm er i forbindelse med opsætningen af lydskodderne i 2007 blændet af (dækslet ses på billederne af vinduet i Bilag 11 - Fotos fra målestedet).

3.3 Lydskoddernes opsætningssteder

Der er opsat i alt 36 lydskodder på to boligblokke; alle på soveværelsesvinduer ved nordfacaden mod Folehaven. Lydskodderne er monteret på facaderne i lejlighederne Folehaven nr. 35, 37, 39, 47, 49 og 51. Lydskodderne er opsat foran vinduerne til det rum, der af de fleste bliver brugt til soveværelse. Der er ikke opsat lydskodder foran vinduerne til køkkenene, der ligeledes har vinduer mod Folehaven. Stuerne, hvorfra der er adgang til en altan, er placeret mod syd og derfor skærmet mod trafikstøjen på Folehaven af boligblokken selv. Her er der heller ikke opsat lydskodder.

3.4 Lydskodden i original udførelse

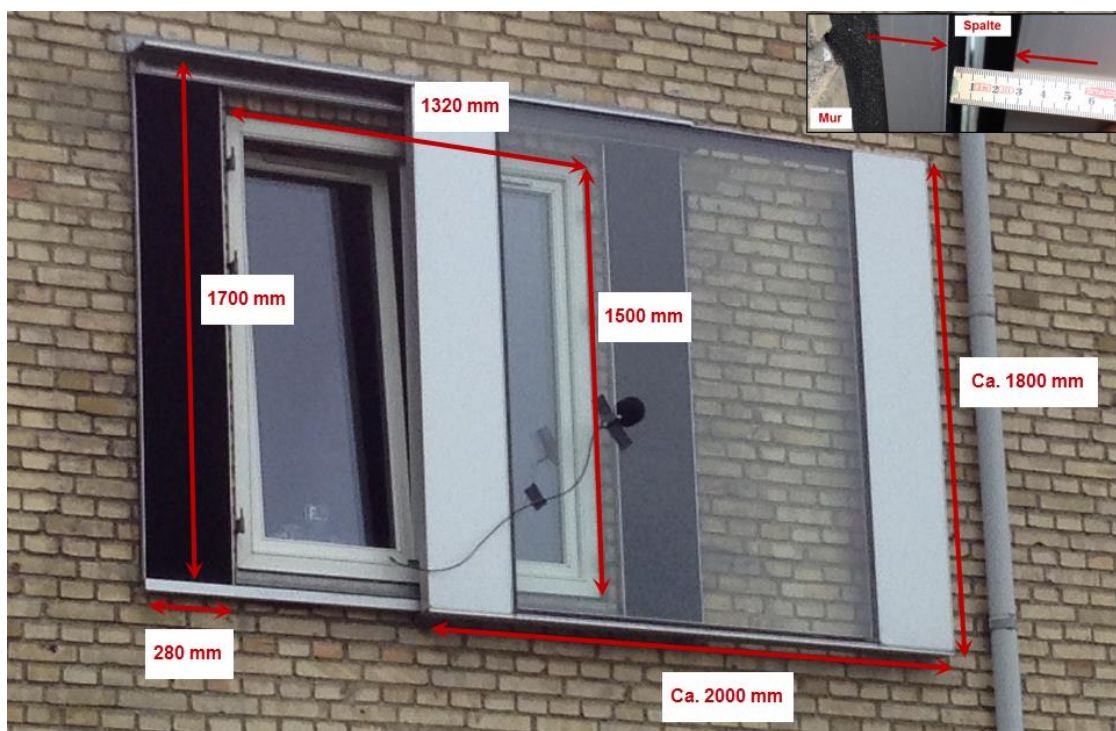
Lydskodden kan fra værelset skydes maksimalt ca. 1 m mod højre eller ca. 1 m mod venstre, som det ses på Figur 1. I disse yderstillinger kan værelset uhindret udluftes uden lyd-dæmpning fra lydskodden. Men lydskodden er konstrueret med henblik på, at udluftningen skal ske med lydskodden placeret midt for vinduet, således at udeluften kommer fra spalterne i siderne mellem inderste isoleringsmateriale på murværket og isoleringsmateriale monteret på lydskodden. Hver af disse spalter har en fri åbning på 20 mm x 1700 mm svarende til et åbningsareal på sammenlagt ca. 0,07 m². De 20 mm er opmålt på lydskodderne i Folehaven og er bredden på den frie luftspalte mellem isoleringsmaterialerne. Som det ses af det indsatte billede i Figur 2, er afstanden mellem aluminiumsprofilerne, der holder isoleringsmaterialet, ca. 23 mm, men da isoleringsmaterialet ikke helt ligger i plan med disse, opnås kun en luftspalte på ca. 20 mm.



Figur 1

Til venstre (A) ses lydskodden i normalstilling midt for vinduet. Til højre (C) ses lydskodden skudt henholdsvis maksimalt mod højre og venstre. Det midterste billede (B) viser den ca. 20 mm brede luftspalte med lydskodden i normalstilling.

Det har ikke været muligt nøjagtigt at måle tykkelsen på det sorte isoleringsmateriale, som lydskodderne originalt er monteret med på selve lydskodden samt på muren (se Figur 2). Men tykkelsen på den del, der ligger an mod muren, vurderes at være ca. 25 mm. Den del, der sidder på den bevægelige del af lydskodden, vurderes at være ca. 40-60 mm.



Figur 2
Lydskodden i original udførelsen skudt maksimalt til højre. Indsat et billede af spalten mellem indvendig isolering og isoleringen på lydskodden.

3.5 Udrykket lydskodde

Lydskodden blev som en del af måleprogrammet rykket ud, så det samlede ventilationsareal blev $0,35 \text{ m}^2$. Dette svarer til, at den frie luftspalte på oprindeligt 20 mm blev udvidet til 103 mm.

Af praktiske grunde blev lydskodden ved udrykningen fastmonteret på beslag, som det ses på Figur 3, og det var derfor ikke muligt at forskyde lydskodden i denne midlertidige montering. De åbninger til det fri, som ved udrykningen opstod i bunden og i toppen, blev lukket med krydsfinerplader, hvorved udeluften - og dermed støjen fra Folehaven - kun kunne passere gennem 103 mm luftspalten i hver side af lydskodden.



Figur 3
Den udrykkede lydskodde. Til venstre den udvidede spalte.

3.6 Udrykket lydskodde med supplerende bafflelement

Den udvidede spalte med bredden 103 mm (Figur 3) blev isat 40 mm lydabsorberende materiale, efter målingerne med den tomme spalte var gennemført. Den udrykkede lydskodde med isat supplerende lydabsorbent er vist i Figur 4. Den supplerende 40 mm absorbent er placeret midt i spalten, således at der på begge sider af absorbenten er en luftspalte på ca. 32 mm. Med isætningen af det supplerende absorbent blev det samlede åbningsareal reduceret fra 0,35 m² til 0,21 m².

Den anvendte lydabsorbent bestod af et polyesterfibermateriale og var af fabrikatet SUND Miljøundertak. De lydabsorberende egenskaber svarer nogenlunde til mineraluld med samme tykkelse.



Figur 4
Den udrykkede lydskodde med isat 40 mm lydabsorberende materiale. Til venstre et nærbillede af den udvidede spalte med de 40 mm lydabsorberende materiale placeret midt i spalten.

4. Måleplan for forsøg med lydskodder i Folehaven

I Tabel 1 er vist en oversigt over de udførte lydisolationsmålinger.

Målingerne 1-6 (markeret med gult) er alle udført med lydskodden i den oprindelige position (dvs. den oprindelige afstand til facaden) og placeret henholdsvis foran vinduet og skudt til side (position som vist på Figur 2). Vinduet er henholdsvis helt lukket, åbnet 0,14 m² og åbnet 0,35 m².

Det skal bemærkes, at det ikke har været muligt at måle på vinduet helt uden indflydelse fra lydskodden, idet denne - når den er skudt mest muligt til side - stadig skærmer for ca. halvdelen af vinduet (se Figur 2). Det vurderes, at lydskodden i denne position har en lyd-dæmpende effekt på ca. 1 dB i forhold til det uskærmede lukkede vindue.

Målingerne 7-10 (markeret med grønt) er udført med lydskodden flyttet ud i større afstand fra facaden, således at dens samlede åbningsareal er 0,35 m². Lydskodden er placeret foran vinduet og er af praktiske grunde fikseret i denne position. Vinduet er også ved disse målinger henholdsvis helt lukket, åbnet ca. 0,14 m² og åbnet 0,35 m².

Som nævnt i Afsnit 3.4 er lydskodden åbningsareal ved oprindelig montage målt til ca. 0,07 m². I det følgende er åbningsarealet afrundet til 0,1 m².

| Nummerering af de udførte lydisolationsmålinger | Vindue lukket | Vindue åbent (0,14 m ²) Ventilationsstilling ("Kip"-position) | Vindue åbent (0,35 m ²) Sidehængt ramme åbnet |
|---|---------------|--|--|
| Lydskodde (0,1 m ²) Foran vinduet | 1 | 2 | 3 |
| Lydskodde (0,1 m ²) Skudt til side | 4 | 5 | 6 |
| Lydskodde (0,35 m ²) Foran vinduet | 7 | 8 | 9 |
| Lydskodde (0,35 m ²) Skudt til side | Ikke muligt | Ikke muligt | Ikke muligt |
| Lydskodde (0,35 m ²) Foran vinduet Supplerende absorben- ter i luftspalter | Ikke målt | Ikke målt | 10 |

Tabel 1
 Måleplan. Forsøg med lydskodde i Folehaven.

5. Udførte målinger og anvendt måleudstyr

Målingerne blev udført henholdsvis den 14. maj og 26. juni 2014 i tidsrummet henholdsvis kl. 11-15 og kl. 08-13.

Den 14. maj blev der målt med lydskodden i original udførelse og den 26. juni med lydskodden udrykket, så luftspalten mellem mur og lydskodde udvides fra 20 mm til 103 mm.

På den første måledag var det næsten vindstille, overskyet 8/8 og til tider regn. En del af optagelserne er altså foretaget med våde vejbaner. På anden måledag var det næsten vindstille, ca. 4/8 overskyet og vejene var tørre. Under de sidste målinger kom der dog så meget regn, at kørebanen blev våd.

Trafikken var på begge dage generelt uden kødannelser eller andet unormalt, men trafikken stoppede jævnlige for rødt lys i T-krydset Folehaven-Retortvej, der ligger lige neden for målerummet. Der var typisk grønt lys for trafikken på Folehaven i 35 sekunder ad gangen og grønt lys 17 sekunder ad gangen for trafikken fra Retortvej. Det vurderes, at trafik-hastigheden var 50-70 km/t, når der var grønt for trafikken på Folehaven. Trafikken fra og til Retortvej foregik ved langsom hastighed på grund af bilernes 90-graders sving.

Der er for hver af de 10 udførte målinger foretaget samtidige registreringer af trafikstøjen udendørs på facaden og inde i soveværelset med forskellige åbningskombinationer og placeringer af vindue og lydskodde.

Støjen blev optaget på en digital harddiskoptager over en periode på ca. 20 min. for hver måling. Udendørs var mikrofonen placeret ca. midt på lydskodden fastholdt med tape og forsynet med en ½ vindhætte. I soveværelset blev der målt i tre mikrofonpositioner fordelt jævnt i rummet og med en højde over gulv i intervallet 1,2 m til 2,0 m (se Bilag 12 - Mikrofonplaceringer og rumdimensioner). Målingerne blev via medhør overvåget fra et tilstødende lokale.

Efterklangstiden i soveværelset blev målt samtidig i tre mikrofonpositioner med 2 excitationer i hver position. Som lydkilde blev benyttet en lydimpuls ("ballon-metoden"). Efterklangstiden bestemmes som T_{20} .

Efterklangstiden målt den sidste måledag er også benyttet i forbindelse med målingerne den første dag. Der er intet ændret i rummet i perioden mellem de to målinger, og det vurderes, at på grund af det meget beskedne rumvolumen og den korte efterklangstid vil måleubestemtheden være betragtelig. Det vil derfor give den mest præcise sammenligning af måleresultaterne, hvis korrektion for efterklangstiden - bl.a. ved beregning af reduktionstal - er den samme for alle målinger.

Optagelser fra målingerne blev analyseret i laboratoriet ved hjælp af dels analyseprogrammet noiseLAB (til bestemmelse af L_{eq} for lydniveauer), dels B&K analysator 2250 (til bestemmelse af efterklangstid).

For hver måling blev tidsregistreringen for én af kanalerne gennemset, og ud fra denne blev tidspunkter med atypiske lydniveauvariationer identificeret med henblik på at sortere uvedkommende baggrundsstøj fra.

Lydniveauet i de tre målepositioner er midlet logaritmisk.

Det anvendte måleudstyr er angivet i Bilag 13 - Anvendte instrumenter og programmer.

Ud fra ovennævnte målinger er det tilsyneladende reduktionstal beregnet i henhold til DS/EN ISO 140-5 [6] vha. følgende formel:

$$R'_{tr,S} = (L_{eq,1,S} - 3) - L_{eq,2} + 10 \log\left(\frac{S}{A}\right) \text{ [dB]}$$

hvor

$R'_{tr,S}$ = Tilsyneladende reduktionstal [dB]

$L_{eq,1,S}$ = Udendørs lydtrykniveau målt på facaden [dB]

$L_{eq,2}$ = Indendørs lydtrykniveau målt i rummet [dB]

S = Areal af testobjektet (vindueshullets areal) [m²]

A = Ækvivalent absorptionsareal i rummet [m²]

$(A = \frac{0,16 \times V}{T})$, hvor V er rummets volumen [m³] og T er rummets efterklangstid [s])

I den resterende del af rapporten er der for enkelhedens skyld benyttet betegnelserne R' og R'_w for henholdsvis reduktionstal pr. 1/3-oktav og for det vægtede reduktionstal.

Det vægtede, tilsyneladende reduktionstal, R'_w , er bestemt i henhold til DS/EN ISO 717-1 [8].

6. Præsentation af måleresultater

I Bilag 1-10 er for hver måling vist et skema med måleresultaterne.

Skemaet omfatter følgende:

- Sammenhørende værdier af udendørsniveau (niveau målt på facaden med fradrag af 3 dB), indendørsniveau samt niveaudifferens. Resultatet er vist som henholdsvis 1/3-oktavværdier (lineært spektrum) i frekvensområdet 50 Hz til 10.000 Hz og som A-vægtede niveauer. Værdierne er angivet som L_{eq} -niveauer midlet over et tidsrum på ca. 20 min.
- Efterklangstiden i rummet i frekvensområdet 50 Hz til 10.000 Hz.
- Reduktionstal i frekvensområdet 50 Hz til 5.000 Hz. Reduktionstallet er beregnet ud fra et areal svarende til vindueshullets dimensioner set inde fra rummet (1,98 m²). Rummets volumen efter fradrag af faste skabe mv. er 22,9 m³. Endvidere er angivet R'_w -værdier samt alle C-korrektioner. Det skal bemærkes, at reduktionstallene pga. det beskedne rumvolumen er behæftet med nogen måleusikkerhed, især ved de laveste frekvenser. Men da målebetingelser og korrektioner er de samme for alle målinger, vurderes sammenligning af resultaterne at have tilstrækkelig god nøjagtighed. Vægtet reduktionstal og C-korrektioner er angivet dels som hele tal, dels med 1 decimal med henblik på mere præcist at kunne vurdere forskellen mellem to måleresultater.

I nedenstående tabel er R'_w , R'_w+C og R'_w+C_{tr} for samtlige målinger oversigtsmæssigt angivet dels som hele tal, dels angivet med 1 decimal.

| Måling nr. (Se Tabel 1) | R'_w [dB] | R'_w+C [dB] | R'_w+C_{tr} [dB] |
|----------------------------|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | 33 (33,5) | 32 (31,9) | 30 (30,5) |
| 2 | 23 (23,5) | 22 (22,3) | 20 (20,1) |
| 3 | 19 (19,0) | 18 (17,9) | 16 (15,8) |
| 4 | 30 (30,8) | 29 (29,2) | 27 (27,0) |
| 5 | 10 (10,7) | 10 (10,0) | 10 (10,1) |
| 6 | 5 (5,5) | 4 (4,3) | 5 (5,0) |
| 7 | 32 (32,4) | 31 (30,9) | 29 (29,4) |
| 8 | 19 (19,1) | 18 (17,7) | 16 (15,6) |
| 9 | 16 (16,2) | 15 (14,8) | 12 (12,4) |
| 10 | 18 (18,3) | 17 (16,8) | 15 (14,6) |

Tabel 2

Oversigt over enkelttalsværdier for den målte lydisolations.

7. Vurdering af lydskoddens effekt ved sammenligning af de udførte målinger

I dette afsnit er foretaget relevante sammenligninger af reduktionstillene baseret på de udførte målinger.

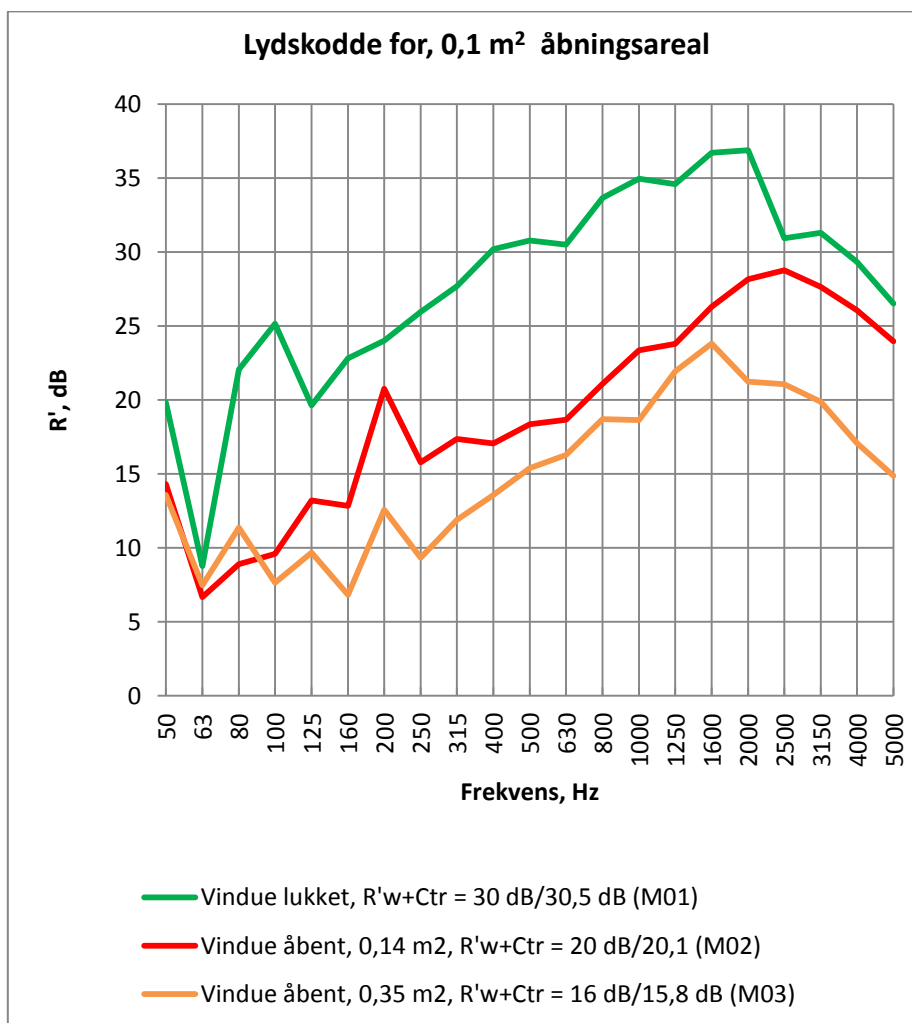
Topteksten på hver afbildning angiver tilstanden, som er fast for alle de viste målinger.

Lydskodden placeret foran vinduet betegnes ”Lydskodde for”, medens lydskodden skudt til side betegnes ”Lydskodde fra”.

Som beskrevet i Afsnit 3 er vinduets åbningsareal i ventilationsstilling ca. 0,14 m² og lydskoddens åbningsareal ved normal montage er målt til ca. 0,07 m² (afrundet til 0,1 m²).

Bemærkningerne under de enkelte afbildninger samt konklusionen i Afsnit 9 er baseret på R'_w+C_{tr} -værdien angivet med 1 decimal. I henhold til DS/EN ISO 717-1:2013 angives en R'_w+C_{tr} -værdi som et helt tal. I de efterfølgende bemærkninger og konklusioner er imidlertid benyttet værdier beregnet med 1 decimal med henblik på mere præcist at kunne vurdere forskellen mellem to måleresultater.

Den enkelte målings nummer er angivet i parentes - f.eks. (M01) - med reference til Bilag 1-10.

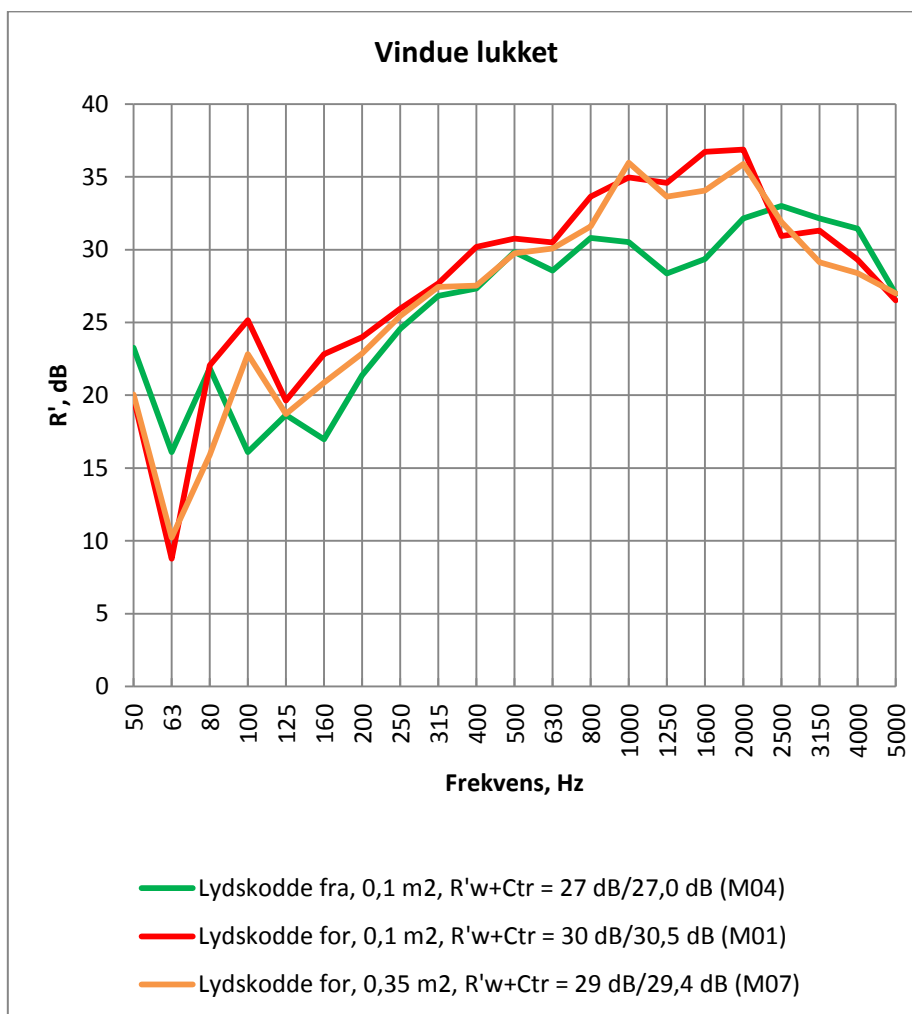


Figur 5

Målinger med lydskodden for og åbningsareal 0,1 m² (oprindelig montage) og forskellige åbningsgrader af vinduet.

Resultaterne i Figur 5 viser målinger med lydskodden for med det oprindelige åbningsareal, og med vinduet henholdsvis lukket, åbnet i ventilationsstilling og åbnet 0,35 m².

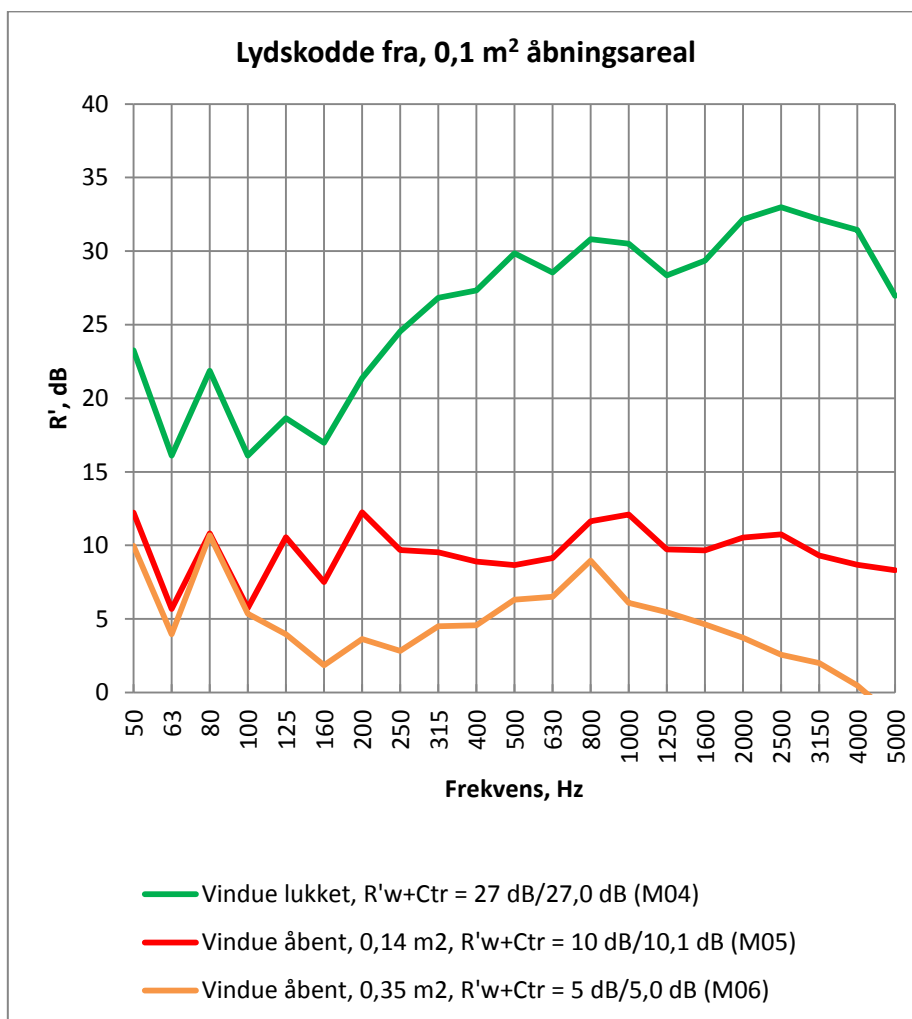
Med vinduet lukket og lydskodden for er R'_w+C_{tr}-værdien 30,5 dB. Åbnes vinduet i ventilationsstilling, reduceres lydisoleringen med 10,4 dB til 20,1 dB, og åbnes det til et åbningsareal på 0,35 m² reduceres lydisoleringen yderligere med 4,3 dB til 15,8 dB.



Figur 6
Målinger med vinduet lukket og med forskellige positioner af lydskodden.

Resultaterne i Figur 6 viser målinger med vinduet lukket og med lydskodden henholdsvis fra (skudt til side), for med åbningsareal 0,1 m² og for med åbningsareal 0,35 m².

Med lydskodden skudt til side er $R'_{w+C_{tr}}$ -værdien 27,0 dB og med lydskodden for med de to åbningsarealer hhv. 30,5 dB og 29,4 dB. Med lydskodden for kunne man forvente en lidt større forbedring af lydisolationen for det lukkede vindue, specielt med lydskodden med det lille åbningsareal. Den begrænsede forbedring kan ikke umiddelbart forklares.

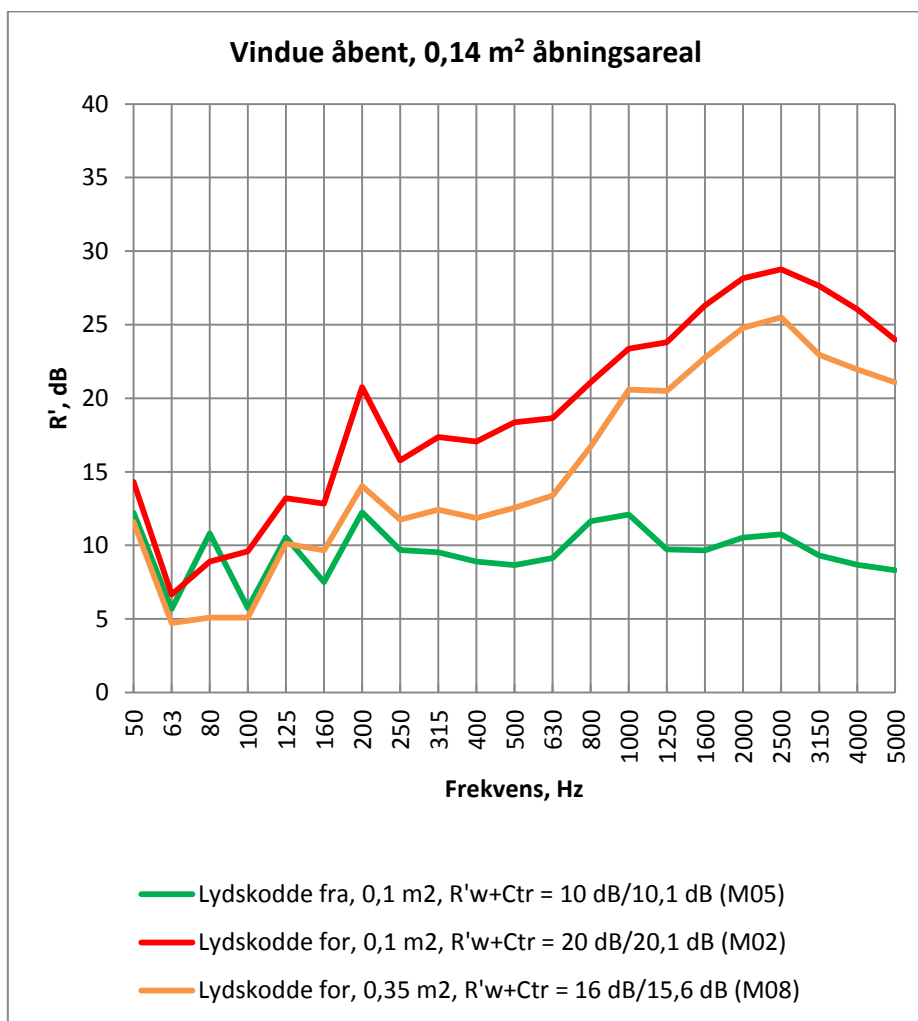


Figur 7

Målinger med lydskodden trukket fra (oprindelig montage) og forskellige åbningsgrader af vinduet.

Resultaterne i Figur 7 viser målinger med lydskodden fra (skudt til side) og med vinduet henholdsvis lukket, åbnet i ventilationsstilling og åbnet 0,35 m².

Som forventet er lydisoleringen med åbent vindue i denne situation ganske lav med en R'_w+C_{tr}-værdi på 10,1 dB og 5,0 dB for henholdsvis ventilationsstilling og åbnet 0,35 m².

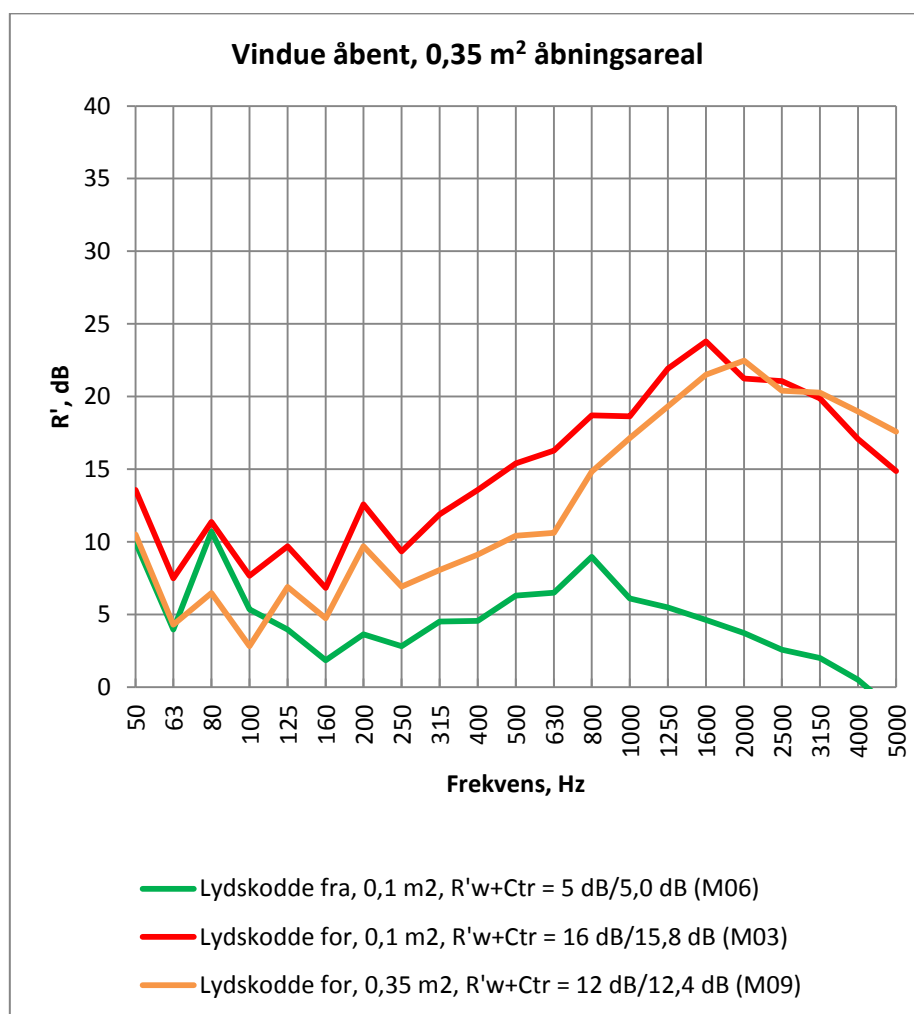


Figur 8

Målinger med vinduet åbent med åbningsareal 0,14 m² og lydskodden i forskellige positioner.

Resultaterne i Figur 8 viser målinger med vinduet åbnet i ventilationsstilling og med lydskodden henholdsvis fra (skudt til side), for med et åbningsareal på 0,1 m² og for med et åbningsareal på 0,35 m².

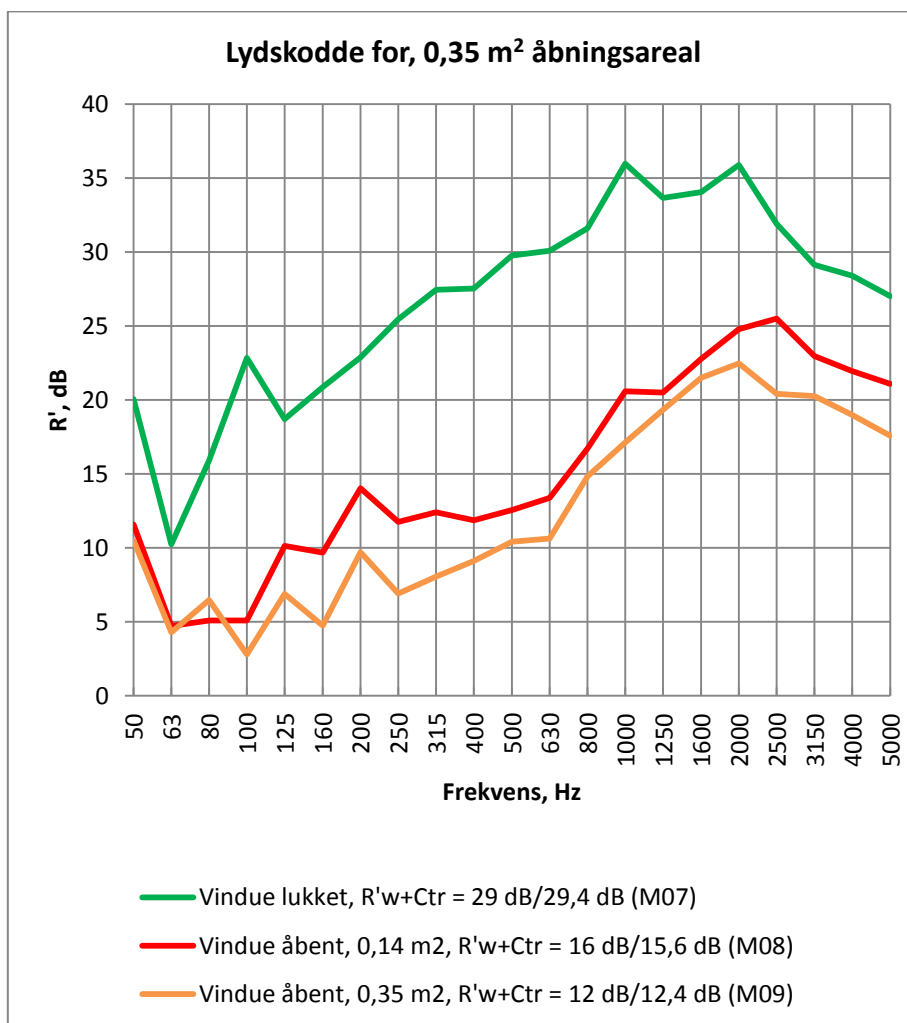
I dette tilfælde forbedres lydisoleringen på 10,1 dB for det åbne vindue til 20,1 dB og 15,6 dB med lydskodden for med åbningsareal hhv. 0,1 m² og 0,35 m². Lydskodden har her en ganske betragtelig effekt.



Figur 9
Målinger med vinduet åbnet med åbningsareal 0,35 m² og lydskodden i forskellige positioner.

Resultaterne i Figur 9 viser målinger med vinduet åbnet 0,35 m² og med lydskodden henholdsvis fra (skudt til side), for med et åbningsareal på 0,1 m² og for med et åbningsareal på 0,35 m².

I dette tilfælde forbedres lydisoleringen på 5,0 dB for det åbne vindue til 15,8 dB og 12,4 dB med lydskodden for med åbningsareal hhv. 0,1 m² og 0,35 m². Her har lydskodden en ganske betragtelig effekt.

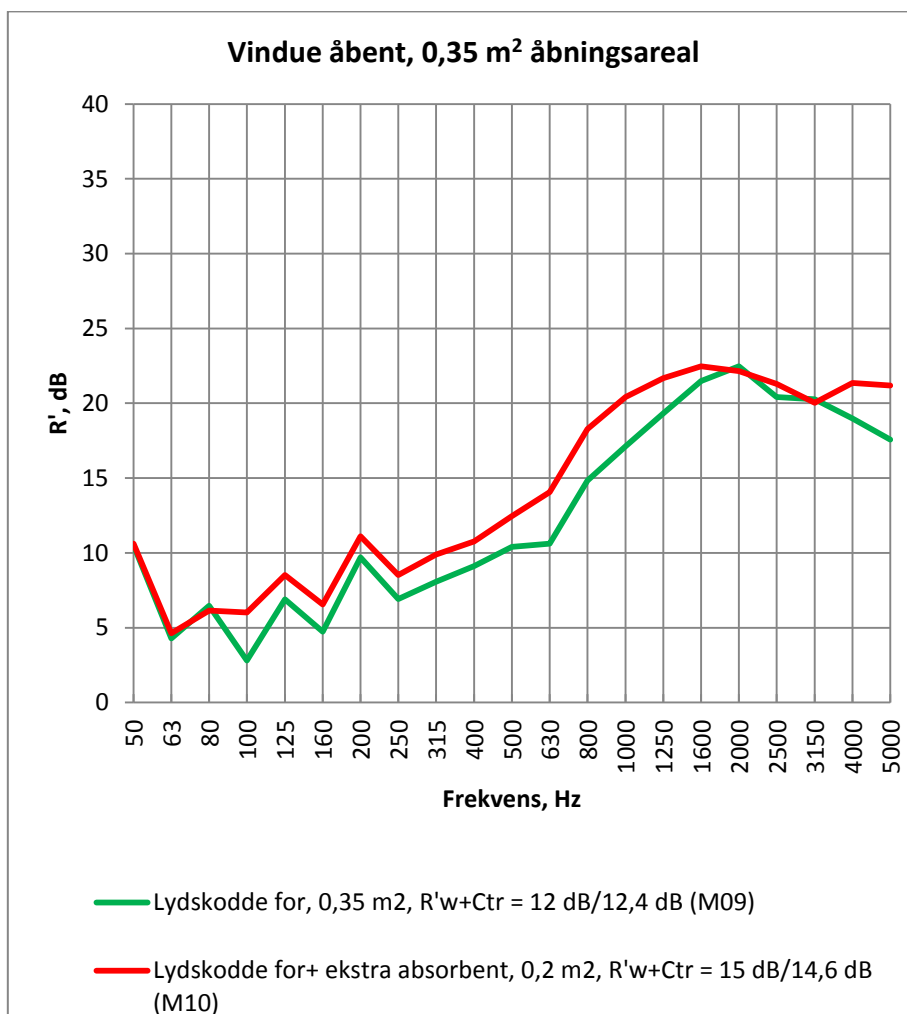


Figur 10

Målinger med lydskodden for med åbningsareal 0,35 m² og forskellige åbningsgrader af vinduet.

Resultaterne i Figur 10 viser målinger med lydskodden for med et åbningsareal på 0,35 m² og med vinduet henholdsvis lukket, åbnet 0,14 m² og åbnet 0,35 m².

Med vinduet lukket og lydskodden for er R'_w+C_{tr}-værdien 29,4 dB. Åbnes vinduet i ventilationsstilling reduceres lydisoleringen med 13,8 dB til 15,6 dB, og åbnes det til et åbningsareal på 0,35 m², reduceres lydisoleringen yderligere med 3,2 dB til 12,4 dB.



Figur 11

Målinger med vinduet åbnet med åbningsareal 0,35 m² og lydskodden for med åbningsareal 0,35 m². Endvidere måling, hvor lydskodden er forsynet med en ekstra lydabsorbent.

Resultaterne i Figur 11 viser målinger med vinduet åbnet 0,35 m², og med lydskodden med åbningsareal på 0,35 m² henholdsvis uden og med ekstra absorbent i spalterne i begge sider.

De ekstra absorbenter ses at have en vis effekt, men måske lidt mindre end forventet specielt taget i betragtning, at absorbenterne, som har en tykkelse på 40 mm, ud over at virke lydabsorberende også reducerer åbningsarealet fra 0,35 m² til ca. 0,20 m². R'_w+C_{tr}-værdien forbedres med 2,2 dB fra 12,4 dB til 14,6 dB.

8. Beregning af indendørs støjniveau, L_{den}

Der er for hver af de 10 målinger lavet et estimat for det indendørs A-vægtede støjniveau, $L_{2A,nT}$, ud fra vægtede værdier af udendørs støjniveau, $L_{1A,fritfelt}$ og målt niveaudifferens, $D_{A,2m}$. Udendørs- og indendørsniveauer er angivet som L_{den} -værdier.

Resultaterne fremgår af Tabel 3.

Der benyttes følgende formel (identisk med formel 6 i Miljøstyrelsens Orientering nr. 46, se ref. [5]):

$$L_{2A,nT} = (L_{1A,fritfelt} + 3) - D_{A,2m} - 10 \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \text{ [dB]}$$

hvor

$L_{2A,nT}$ = Beregnet A-vægtet indendørs støjniveau - L_{den} - korrigeret til en efterklangstid på 0,5 s [dB]

$L_{1A,fritfelt}$ = Beregnet - eller oplyst - A-vægtet udendørs støjniveau L_{den} ved facaden (uden refleksionsbidrag fra bygningen) [dB]

3 = korrektion af fritfeltsværdien ved facaden til en position 2 m foran facaden

$D_{A,2m}$ = Målt niveaudifferens med den aktuelle trafik som støjkilde mellem A-vægtet støjniveau 2 m foran facaden (kan f.eks. bestemmes som målt niveau direkte på facaden med fradrag af 3 dB) og det A-vægtede middeldrykniveau i rummet [dB]. Kun trafikstøj kan benyttes som støjkilde ved direkte A-vægtede målinger.

T = Rummets efterklangstid ved 500 Hz [s]

(Benyttelse af 500 Hz-værdien er foreslået i DS/EN ISO 140-5 (se ref. [5]))

T_0 = Reference efterklangstid [s]

(0,5 s for boliger og andre bygninger, som benyttes til overnatning)

Københavns Kommune har oplyst, at det udendørs støjniveau L_{den} ved facaden (fritfeltsværdi) ud for Folehaven nr. 37, 1. th. er 71,9 dB. Støjniveauet stammer fra en støjkortlægning gennemført i 2011. Det vurderes imidlertid, at niveauet også er stort set dækkende for situationen i dag. Der skal i øvrigt ske en betragtelig ændring i trafikintensitet, før det får væsentlig indflydelse på støjniveauet. Ved f.eks. en fordobling af trafikintensiteten vil støjniveauet øges med 3 dB.

$D_{A,2m}$ stammer fra Bilag 1-10 (den med gult markerede værdi).

Efterklangstiden ved 500 Hz er målt til 0,32 s.

| Måling nr. (Se Tabel 1) | $(L_{1A, \text{fritfelt}} + 3)$ [dB] | $D_{A, 2m}$ [dB] | $10 \log\left(\frac{T}{T_0}\right)$ | $L_{2A, nT}$ [dB] | Niveaudif- ferens mellem $L_{1A, \text{fritfelt}}$ og $L_{2A, nT}$ |
|----------------------------|---|---------------------|-------------------------------------|----------------------|---|
| 1 | 74,9 | 38,5 | -1,9 | 38,3 | 33,6 |
| 2 | 74,9 | 28,7 | -1,9 | 48,1 | 23,8 |
| 3 | 74,9 | 26,2 | -1,9 | 50,6 | 21,3 |
| 4 | 74,9 | 35,7 | -1,9 | 41,1 | 30,8 |
| 5 | 74,9 | 17,3 | -1,9 | 59,5 | 12,4 |
| 6 | 74,9 | 11,4 | -1,9 | 65,4 | 6,5 |
| 7 | 74,9 | 37,3 | -1,9 | 39,5 | 32,4 |
| 8 | 74,9 | 24,5 | -1,9 | 52,3 | 19,6 |
| 9 | 74,9 | 21,4 | -1,9 | 55,4 | 16,5 |
| 10 | 74,9 | 22,5 | -1,9 | 54,3 | 17,6 |

Tabel 3

Estimat for indendørs støjniveau, $L_{2A, nT}$. Gælder for det aktuelle rum med et effektivt rumvolumen på $22,9 \text{ m}^3$ (se Afsnit 3.1). Endvidere er vist niveaudifferensen mellem det udendørs støjniveau angivet som fritfeltsværdi, $L_{1A, \text{fritfelt}}$ og indendørsniveau, $L_{2A, nT}$.

Det ses, at med vinduet i ventilationsstilling og med lydkodden for i oprindelig montage, fås et indendørs støjniveau på 48,1 dB (Måling 2). Med udgangspunkt i det oplyste udendørs støjniveau ved facaden angivet som fritfeltsværdi, L_{den} , på 71,9 dB og det indendørs støjniveau på 48,1 dB, kan det udledes, at kravværdien på 46 dB anført i Miljøstyrelsens vejledning 4/2007: ”Støj fra Veje”, kan opfyldes med et udendørsniveau på højst 69,8 dB.

Laves en tilsvarende betragtning i situationen, hvor både vindue og lydkodde har et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ (Måling 9) fås, at de 46 dB kan opfyldes med et udendørsniveau på højst 62,5 dB. Med lydabsorbenter i lydkoddens spalter (Måling 10) må det udendørs støjniveau højst være 63,6 dB.

9. Konklusion

I dette afsnit gives en kort hovedkonklusion baseret på de udførte målinger.

Nedenstående Tabel 4 er identisk med Tabel 1, men med tilføjelse af den målte $R'_{w+C_{tr}}$ -værdi for de enkelte målinger. Resultatet i parentes angiver måleresultatet med 1 decimal.

De gule felter markerer målinger udført med lydskodden i den oprindelige montage (afstand til facaden), og de grønne felter viser målinger udført efter lydskodden er flyttet ud fra facaden, så dens åbningsareal er $0,35 \text{ m}^2$.

| Måleresultater lydisolation $R'_{w+C_{tr}}$ -værdi | Vindue lukket | Vindue åbent ($0,14 \text{ m}^2$) Ventilationsstilling ("Kip"-position) | Vindue åbent ($0,35 \text{ m}^2$) Sidehængt ramme åbnet |
|---|-------------------------|--|---|
| Lydskodde ($0,1 \text{ m}^2$) Foran vinduet | 1 30 dB (30,5 dB) | 2 20 dB (20,1 dB) | 3 16 dB (15,8 dB) |
| Lydskodde ($0,1 \text{ m}^2$) Skudt til side | 4 27 dB (27,0 dB) | 5 10 dB (10,1 dB) | 6 5 dB (5,0 dB) |
| Lydskodde ($0,35 \text{ m}^2$) Foran vinduet | 7 29 dB (29,4 dB) | 8 16 dB (15,6 dB) | 9 12 dB (12,4 dB) |
| Lydskodde ($0,35 \text{ m}^2$) Skudt til side | Ikke muligt | Ikke muligt | Ikke muligt |
| Lydskodde ($0,35 \text{ m}^2$) Foran vinduet Supplerende absorben- ter i luftspalter | Ikke målt | Ikke målt | 10 15 dB (14,6 dB) |

Tabel 4

Måling 1-10 med angivelse af de målte $R'_{w+C_{tr}}$ -værdier.

Med vinduet lukket og lydkodden skudt til side fås en lydisolations på 27,0 dB. Med lydkodden for og med åbningsareal henholdsvis 0,1 m² og 0,35 m² er lydisolationsen 30,5 dB og 29,4 dB. Lydkodden forøger således det lukkede vindues lydisolations med 2,4-3,5 dB.

Med vinduet åbnet i ventilationsstilling (åbningsareal 0,14 m²) og lydkodden skudt til side fås 10,1 dB. Med lydkodden for og med åbningsareal henholdsvis 0,1 m² og 0,35 m² er lydisolationsen 20,1 dB og 15,6 dB. Lydkodden forøger således lydisolations for vinduet i ventilationsstilling med henholdsvis 10,0 dB og 5,5 dB. Ved udflytning af lydkodden så dens åbningsareal bliver 0,35 m², forringes dens effekt med 4,5 dB.

Med vinduet åbnet 0,35 m² og lydkodden skudt til side fås 5,0 dB. Med lydkodden for og med åbningsareal henholdsvis 0,1 m² og 0,35 m² er lydisolationsen 15,8 dB og 12,4 dB. Lydkodden forøger således lydisolations for vinduet med henholdsvis 10,8 dB og 7,4 dB. Ved udflytning af lydkodden så dens åbningsareal bliver 0,35 m², forringes dens effekt med 3,4 dB, når vinduet er åbnet 0,35 m².

Med vindue og lydkodde i deres oprindelige positioner (åbningsareal henholdsvis 0,14 m² og 0,1 m²) fås 20,1 dB. Med vinduet åbnet 0,35 m² og lydkodden flyttet ud, så dens åbningsareal også bliver 0,35 m², fås 12,4 dB. Med disse ændringer (vindue åbnet 0,35 m² og lydkodde flyttet ud) forringes lydisolationsen således med 7,7 dB.

Isætning af supplerende lydabsorbenter i skoddens to lodrette spalter forøger lydisolationsen fra 12,4 dB til 14,6 dB.

10. Referenceliste

- [1] ”Lydmæssig optimering af ”Russervinduer””. Miljøprojekt nr. 1417, 2012, Miljøstyrelsen.
- [2] ”Designguide for bestemmelse af ”russervinduers” lydisolation”. Rapport TC-100192 - juli 2012, DELTA.
- [3] ”Evaluering af støjprojekt i Folehaven”. December 2011, Københavns Kommune.
- [4] ”Sundhedskonsekvensvurdering af Københavns Kommunes støjhandlingsplan - Folehaven som case”. December 2011, Københavns Kommune.
- [5] ”Indendørs støjniveau med åbne vinduer”. Orientering nr. 46/2012, Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger.
- [6] DS/EN ISO 140-5, 1. udgave 1998: ”Akustik - Lydisolutionsmålinger i bygninger og af bygningselementer - Del 5: måling af facadeelementers luftlydisolation i bygninger”.
- [7] ”Trafikken i København 2007-2011”. Teknik og Miljøforvaltningen, Center for Trafik, Københavns Kommune, efterår 2012.
- [8] DS/EN ISO 717:2013: ”Akustik - Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele - Del 1: Luftlydisolation”.

Bilag 1 - Måling 1: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014

| Måling 1 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet |
|---|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Ude-niveau ($L_{eq,1,S} - 3$) [dB] | 69,4 | 67,5 | 65,4 | 63,5 | 62,3 | 62,8 | 62,1 | 61,7 | 61,4 | 61,6 | 61,0 | 61,4 | 62,8 | 64,3 | 62,5 | 60,8 | 58,5 | 55,1 | 52,1 | 48,1 | 43,3 | 38,3 | 36,6 | 33,0 | 70,9 |
| Inde-niveau ($L_{eq,2}$) [dB] | 44,3 | 50,7 | 40,4 | 34,1 | 35,4 | 31,5 | 29,4 | 27,7 | 26,0 | 23,8 | 22,6 | 23,4 | 21,5 | 22,1 | 20,5 | 16,9 | 14,5 | 17,1 | 13,8 | 11,8 | 9,7 | 8,3 | 7,3 | 6,1 | 32,4 |
| Niveau-differens [dB] | 25,1 | 16,8 | 25,0 | 29,4 | 26,9 | 31,3 | 32,7 | 34,0 | 35,4 | 37,8 | 38,4 | 38,0 | 41,3 | 42,2 | 42,1 | 43,9 | 44,0 | 38,0 | 38,3 | 36,3 | 33,6 | 30,0 | 29,4 | 26,9 | 38,5 |
| Efter- klangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | |
| Reduk- tionstal ($R'_{tr,S}$) [dB] | 19,8 | 8,8 | 22,1 | 25,1 | 19,6 | 22,8 | 24,0 | 25,9 | 27,7 | 30,2 | 30,8 | 30,5 | 33,6 | 35,0 | 34,6 | 36,7 | 36,9 | 30,9 | 31,3 | 29,3 | 26,5 | | | | |

| R'_w [dB] | C [dB] | C_{tr} [dB] | $C_{100-5000}$ [dB] | $C_{tr,100-5000}$ [dB] | $C_{50-3150}$ [dB] | $C_{tr,50-3150}$ [dB] | $C_{50-5000}$ [dB] | $C_{tr,50-5000}$ [dB] |
|----------------|-----------|------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 33 | -1 | -3 | -2 | -3 | -1 | -5 | -2 | -5 |
| 33,5 | -1,6 | -3,0 | -2,8 | -3,3 | -1,8 | -5,6 | -2,9 | -5,8 |

Bilag 2 - Måling 2: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014

| Måling 2 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet |
|--|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Udeniveau (L _{eq,1,S} - 3) [dB] | 68,6 | 69,5 | 66,5 | 62,7 | 61,4 | 61,1 | 64,3 | 61,0 | 59,5 | 59,1 | 59,4 | 59,9 | 62,1 | 64,2 | 62,9 | 61,2 | 59,5 | 57,0 | 52,8 | 49,2 | 44,9 | 39,5 | 36,2 | 34,3 | 70,9 |
| Indeniveau (L _{eq,2}) [dB] | 49,0 | 54,7 | 54,6 | 48,9 | 41,0 | 39,8 | 34,9 | 37,2 | 34,4 | 34,5 | 33,4 | 33,8 | 33,4 | 33,6 | 31,6 | 27,7 | 24,2 | 21,1 | 18,2 | 16,1 | 13,8 | 9,4 | 7,1 | 5,8 | 42,2 |
| Niveaudifferens [dB] | 19,6 | 14,7 | 11,9 | 13,8 | 20,4 | 21,4 | 29,4 | 23,8 | 25,1 | 24,7 | 26,0 | 26,1 | 28,7 | 30,6 | 31,3 | 33,5 | 35,3 | 35,9 | 34,6 | 33,0 | 31,1 | 30,1 | 29,0 | 28,5 | 28,7 |
| Efterklangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | |
| Reduktionstal (R' _{tr,S}) [dB] | 14,3 | 6,7 | 8,9 | 9,6 | 13,2 | 12,8 | 20,8 | 15,8 | 17,4 | 17,1 | 18,4 | 18,7 | 21,1 | 23,4 | 23,8 | 26,3 | 28,2 | 28,8 | 27,6 | 26,1 | 24,0 | | | | |

| R' _w [dB] | C [dB] | C _{tr} [dB] | C ₁₀₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,100-5000} [dB] | C ₅₀₋₃₁₅₀ [dB] | C _{tr,50-3150} [dB] | C ₅₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,50-5000} [dB] |
|----------------------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 23 | -1 | -3 | 0 | -3 | -1 | -4 | 0 | -4 |
| 23,5 | -1,2 | -3,4 | -0,8 | -3,5 | -1,3 | -4,3 | -0,9 | -4,4 |

Bilag 3 - Måling 3: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014

| Måling 3 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet |
|---|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Ude-niveau (L _{eq,1,S} - 3) [dB] | 68,5 | 70,5 | 67,0 | 62,8 | 61,3 | 61,6 | 61,4 | 60,5 | 60,8 | 62,9 | 62,1 | 63,0 | 63,6 | 64,9 | 68,3 | 64,9 | 63,0 | 63,2 | 59,1 | 55,1 | 51,3 | 48,2 | 43,5 | 40,2 | 74,3 |
| Inde-niveau (L _{eq,2}) [dB] | 49,6 | 54,9 | 52,6 | 50,9 | 44,4 | 46,3 | 40,1 | 43,1 | 41,1 | 41,7 | 39,1 | 39,2 | 37,2 | 39,0 | 38,9 | 33,9 | 34,6 | 35,1 | 32,3 | 31,1 | 29,3 | 28,3 | 27,9 | 27,1 | 48,1 |
| Niveau-differens [dB] | 18,8 | 15,5 | 14,3 | 11,9 | 16,9 | 15,3 | 21,3 | 17,4 | 19,6 | 21,2 | 23,0 | 23,8 | 26,3 | 25,9 | 29,4 | 31,0 | 28,3 | 28,2 | 26,9 | 24,1 | 22,0 | 19,9 | 15,6 | 13,1 | 26,2 |
| Efterklangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | |
| Reduktionstal (R' _{tr,S}) [dB] | 13,6 | 7,5 | 11,4 | 7,7 | 9,7 | 6,8 | 12,6 | 9,3 | 11,9 | 13,6 | 15,4 | 16,3 | 18,7 | 18,6 | 21,9 | 23,8 | 21,2 | 21,1 | 19,9 | 17,1 | 14,9 | | | | |

| R' _w [dB] | C [dB] | C _{tr} [dB] | C ₁₀₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,100-5000} [dB] | C ₅₀₋₃₁₅₀ [dB] | C _{tr,50-3150} [dB] | C ₅₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,50-5000} [dB] |
|----------------------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 19 | -1 | -3 | -2 | -3 | -1 | -3 | -2 | -4 |
| 19,0 | -1,1 | -3,2 | -1,5 | -3,3 | -1,1 | -3,4 | -1,6 | -3,6 |

Bilag 4 - Måling 4: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014

| Måling 4 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet | |
|--|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|--|
| Udeniveau (L _{eq,1,S} - 3) [dB] | 68,9 | 69,9 | 67,9 | 61,9 | 64,7 | 61,6 | 61,1 | 61,3 | 60,5 | 60,1 | 60,4 | 60,8 | 62,5 | 64,2 | 62,7 | 60,8 | 58,3 | 54,7 | 51,6 | 47,4 | 42,3 | 37,8 | 34,3 | 32,2 | 70,7 | |
| Indeniveau (L _{eq,2}) [dB] | 40,4 | 45,8 | 43,0 | 41,6 | 38,8 | 36,1 | 31,0 | 28,7 | 25,9 | 25,1 | 22,9 | 24,7 | 24,1 | 26,5 | 26,9 | 24,3 | 19,0 | 14,6 | 12,5 | 8,9 | 8,2 | 7,3 | 6,2 | 5,2 | 35,0 | |
| Niveaudifferens [dB] | 28,5 | 24,1 | 24,8 | 20,3 | 25,9 | 25,5 | 30,1 | 32,6 | 34,6 | 34,9 | 37,5 | 36,0 | 38,4 | 37,7 | 35,8 | 36,6 | 39,3 | 40,1 | 39,1 | 38,4 | 34,1 | 30,4 | 28,1 | 26,9 | 35,7 | |
| Efterklangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | | |
| Reduktionstal (R' _{tr,S}) [dB] | 23,3 | 16,1 | 21,9 | 16,1 | 18,7 | 17,0 | 21,4 | 24,6 | 26,8 | 27,3 | 29,8 | 28,6 | 30,8 | 30,5 | 28,4 | 29,4 | 32,2 | 33,0 | 32,1 | 31,4 | 27,0 | | | | | |

| R' _w [dB] | C [dB] | C _{tr} [dB] | C ₁₀₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,100-5000} [dB] | C ₅₀₋₃₁₅₀ [dB] | C _{tr,50-3150} [dB] | C ₅₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,50-5000} [dB] |
|----------------------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 30 | -1 | -3 | -1 | -3 | -1 | -3 | -1 | -3 |
| 30,8 | -1,6 | -3,8 | -1,7 | -3,9 | -1,6 | -4,2 | -1,7 | -4,3 |

Bilag 5 - Måling 5: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014

| Måling 5 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet |
|---|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Ude-niveau ($L_{eq,1,S} - 3$) [dB] | 69,4 | 70,7 | 67,5 | 62,0 | 63,7 | 61,1 | 61,7 | 60,9 | 60,3 | 60,1 | 60,4 | 61,2 | 63,6 | 64,6 | 64,3 | 65,4 | 63,0 | 61,9 | 60,7 | 57,4 | 53,4 | 48,8 | 45,6 | 43,0 | 73,4 |
| Inde-niveau ($L_{eq,2}$) [dB] | 51,9 | 57,0 | 53,7 | 52,0 | 45,9 | 45,1 | 40,7 | 43,1 | 43,0 | 43,6 | 44,1 | 44,6 | 44,3 | 45,2 | 47,1 | 48,6 | 45,4 | 44,0 | 44,4 | 41,7 | 38,0 | 34,7 | 31,5 | 26,8 | 56,1 |
| Niveau-differens [dB] | 17,5 | 13,7 | 13,8 | 10,0 | 17,8 | 16,0 | 20,9 | 17,7 | 17,3 | 16,5 | 16,3 | 16,6 | 19,3 | 19,3 | 17,2 | 16,9 | 17,6 | 17,9 | 16,3 | 15,7 | 15,4 | 14,1 | 14,2 | 16,2 | 17,3 |
| Efter-klangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | |
| Reduktionstal ($R'_{tr,S}$) [dB] | 12,2 | 5,7 | 10,8 | 5,7 | 10,6 | 7,5 | 12,2 | 9,7 | 9,5 | 8,9 | 8,7 | 9,1 | 11,6 | 12,1 | 9,7 | 9,7 | 10,5 | 10,7 | 9,3 | 8,7 | 8,3 | | | | |

| R'_w [dB] | C [dB] | C_{tr} [dB] | $C_{100-5000}$ [dB] | $C_{tr,100-5000}$ [dB] | $C_{50-3150}$ [dB] | $C_{tr,50-3150}$ [dB] | $C_{50-5000}$ [dB] | $C_{tr,50-5000}$ [dB] |
|-------------|--------|---------------|---------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10,7 | -0,7 | -0,6 | -1,0 | -0,9 | -0,7 | -0,7 | -1,0 | -1,0 |

Bilag 6 - Måling 6: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 14. maj 2014

| Måling 6 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet |
|---|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Udeniveau (L _{eq,1,S} - 3) [dB] | 69,8 | 69,2 | 66,8 | 62,2 | 63,7 | 62,9 | 65,0 | 69,0 | 62,5 | 60,4 | 60,3 | 61,3 | 63,8 | 64,6 | 63,6 | 63,1 | 62,2 | 61,1 | 59,4 | 56,4 | 52,6 | 48,0 | 45,1 | 42,6 | 72,9 |
| Indeniveau [dB] | 54,6 | 57,2 | 53,1 | 52,6 | 52,5 | 52,5 | 52,6 | 58,1 | 50,2 | 48,2 | 46,4 | 47,3 | 47,2 | 51,2 | 50,6 | 51,3 | 51,4 | 51,4 | 50,4 | 48,9 | 47,2 | 45,6 | 44,0 | 40,0 | 61,5 |
| Niveaudifferens (L _{eq,2}) [dB] | 15,2 | 12,0 | 13,7 | 9,6 | 11,2 | 10,4 | 12,3 | 10,9 | 12,3 | 12,2 | 13,9 | 14,0 | 16,6 | 13,3 | 13,0 | 11,9 | 10,8 | 9,7 | 9,0 | 7,5 | 5,4 | 2,4 | 1,1 | 2,6 | 11,4 |
| Efterklangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | |
| Reduktionstal (R' _{tr,S}) [dB] | 10,0 | 4,0 | 10,7 | 5,3 | 4,0 | 1,8 | 3,6 | 2,8 | 4,5 | 4,6 | 6,3 | 6,5 | 9,0 | 6,1 | 5,5 | 4,6 | 3,7 | 2,6 | 2,0 | 0,5 | -1,7 | | | | |

| R' _w [dB] | C [dB] | C _{tr} [dB] | C ₁₀₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,100-5000} [dB] | C ₅₀₋₃₁₅₀ [dB] | C _{tr,50-3150} [dB] | C ₅₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,50-5000} [dB] |
|----------------------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 5 | -1 | 0 | -2 | -1 | -1 | 0 | -2 | -1 |
| 5,5 | -1,2 | -0,5 | -2,8 | -1,1 | -1,2 | -0,5 | -2,8 | -1,1 |

Bilag 7 - Måling 7: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014

| Måling 7 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet | |
|--|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|--|
| Udeniveau (L _{eq,1,S} - 3) [dB] | 68,9 | 68,4 | 64,1 | 65,1 | 64,8 | 64,0 | 64,0 | 62,7 | 61,5 | 60,5 | 60,4 | 61,4 | 62,8 | 64,8 | 63,0 | 60,7 | 57,9 | 54,5 | 51,1 | 47,5 | 43,5 | 39,1 | 34,3 | 29,7 | 71,0 | |
| Indeniveau (L _{eq,2}) [dB] | 43,5 | 50,1 | 45,2 | 38,0 | 38,9 | 34,6 | 32,4 | 29,2 | 26,3 | 25,3 | 23,0 | 23,9 | 23,6 | 21,6 | 21,9 | 19,4 | 14,9 | 15,5 | 14,9 | 12,1 | 9,4 | 8,5 | 7,6 | 6,0 | 33,7 | |
| Niveaudifferens [dB] | 25,3 | 18,3 | 18,9 | 27,1 | 25,9 | 29,4 | 31,6 | 33,5 | 35,2 | 35,2 | 37,4 | 37,6 | 39,2 | 43,2 | 41,1 | 41,3 | 43,0 | 39,0 | 36,1 | 35,4 | 34,1 | 30,5 | 26,6 | 23,7 | 37,3 | |
| Efterklangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | | |
| Reduktionstal (R' _{tr,S}) [dB] | 20,1 | 10,2 | 15,9 | 22,8 | 18,7 | 20,9 | 22,9 | 25,4 | 27,4 | 27,5 | 29,8 | 30,1 | 31,6 | 36,0 | 33,6 | 34,0 | 35,9 | 31,9 | 29,1 | 28,4 | 27,0 | | | | | |

| R' _w [dB] | C [dB] | C _{tr} [dB] | C ₁₀₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,100-5000} [dB] | C ₅₀₋₃₁₅₀ [dB] | C _{tr,50-3150} [dB] | C ₅₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,50-5000} [dB] |
|----------------------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 32 | -1 | -3 | -2 | -3 | -1 | -5 | -2 | -5 |
| 32,4 | -1,5 | -3,0 | -2,4 | -3,3 | -1,7 | -5,1 | -2,5 | -5,3 |

Bilag 8 - Måling 8: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014

| Måling 8 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet | |
|---|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|--|
| Ude-niveau ($L_{eq,1,S} - 3$) [dB] | 68,4 | 67,1 | 62,5 | 59,4 | 59,8 | 59,9 | 60,7 | 61,5 | 59,9 | 60,8 | 59,7 | 61,2 | 62,7 | 64,6 | 62,8 | 60,2 | 57,3 | 53,9 | 50,5 | 46,7 | 42,7 | 38,2 | 32,0 | 27,1 | 70,6 | |
| Inde-niveau ($L_{eq,2}$) [dB] | 51,5 | 54,3 | 54,4 | 50,1 | 42,5 | 41,7 | 38,0 | 41,7 | 39,7 | 41,3 | 39,5 | 40,3 | 38,3 | 36,7 | 34,8 | 30,2 | 25,4 | 21,3 | 20,5 | 17,8 | 14,5 | 11,9 | 9,0 | 6,8 | 46,1 | |
| Niveau-differens [dB] | 16,9 | 12,8 | 8,1 | 9,3 | 17,4 | 18,2 | 22,7 | 19,8 | 20,2 | 19,5 | 20,2 | 20,9 | 24,3 | 27,8 | 28,0 | 30,0 | 31,9 | 32,6 | 30,0 | 28,9 | 28,2 | 26,3 | 23,0 | 20,3 | 24,5 | |
| Efter- klangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | | |
| Reduk- tionstal ($R'_{tr,S}$) [dB] | 11,6 | 4,7 | 5,1 | 5,1 | 10,1 | 9,7 | 14,0 | 11,7 | 12,4 | 11,9 | 12,6 | 13,4 | 16,7 | 20,6 | 20,5 | 22,8 | 24,8 | 25,5 | 23,0 | 22,0 | 21,1 | | | | | |

| R'_w [dB] | C [dB] | C_{tr} [dB] | $C_{100-5000}$ [dB] | $C_{tr,100-5000}$ [dB] | $C_{50-3150}$ [dB] | $C_{tr,50-3150}$ [dB] | $C_{50-5000}$ [dB] | $C_{tr,50-5000}$ [dB] |
|----------------|-----------|------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 19 | -1 | -3 | -1 | -3 | -1 | -4 | -1 | -4 |
| 19,1 | -1,4 | -3,5 | -0,8 | -3,6 | -1,4 | -4,2 | -0,9 | -4,2 |

Bilag 9 - Måling 9: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014

| Måling 9 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet |
|--|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Udeniveau (L _{eq,1,S} - 3) [dB] | 69,6 | 69,0 | 64,3 | 61,1 | 61,1 | 60,8 | 61,3 | 60,8 | 59,8 | 59,0 | 58,6 | 59,9 | 61,3 | 63,4 | 61,7 | 59,3 | 56,5 | 53,1 | 49,9 | 46,3 | 42,3 | 38,1 | 32,0 | 26,3 | 69,5 |
| Indeniveau (L _{eq,2}) [dB] | 53,8 | 56,7 | 54,8 | 54,0 | 46,9 | 47,5 | 43,0 | 45,9 | 44,0 | 42,3 | 40,6 | 41,8 | 38,8 | 39,0 | 34,9 | 30,5 | 26,9 | 25,6 | 22,7 | 20,4 | 17,6 | 14,6 | 10,9 | 7,6 | 48,1 |
| Niveaudifferens [dB] | 15,8 | 12,3 | 9,5 | 7,0 | 14,1 | 13,3 | 18,4 | 15,0 | 15,8 | 16,7 | 18,0 | 18,1 | 22,5 | 24,4 | 26,8 | 28,7 | 29,6 | 27,5 | 27,3 | 26,0 | 24,7 | 23,5 | 21,1 | 18,7 | 21,4 |
| Efterklangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | |
| Reduktionstal (R' _{tr,S}) [dB] | 10,5 | 4,3 | 6,5 | 2,8 | 6,9 | 4,7 | 9,7 | 6,9 | 8,1 | 9,1 | 10,4 | 10,6 | 14,8 | 17,1 | 19,3 | 21,5 | 22,5 | 20,4 | 20,3 | 19,0 | 17,6 | | | | |

| R' _w [dB] | C [dB] | C _{tr} [dB] | C ₁₀₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,100-5000} [dB] | C ₅₀₋₃₁₅₀ [dB] | C _{tr,50-3150} [dB] | C ₅₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,50-5000} [dB] |
|----------------------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 16 | -1 | -4 | -1 | -4 | -1 | -4 | -1 | -4 |
| 16,2 | -1,4 | -3,8 | -0,9 | -3,8 | -1,5 | -4,1 | -0,9 | -4,1 |

Bilag 10 - Måling 10: Resultat fra måling på lydskodde i Folehaven d. 26. juni 2014

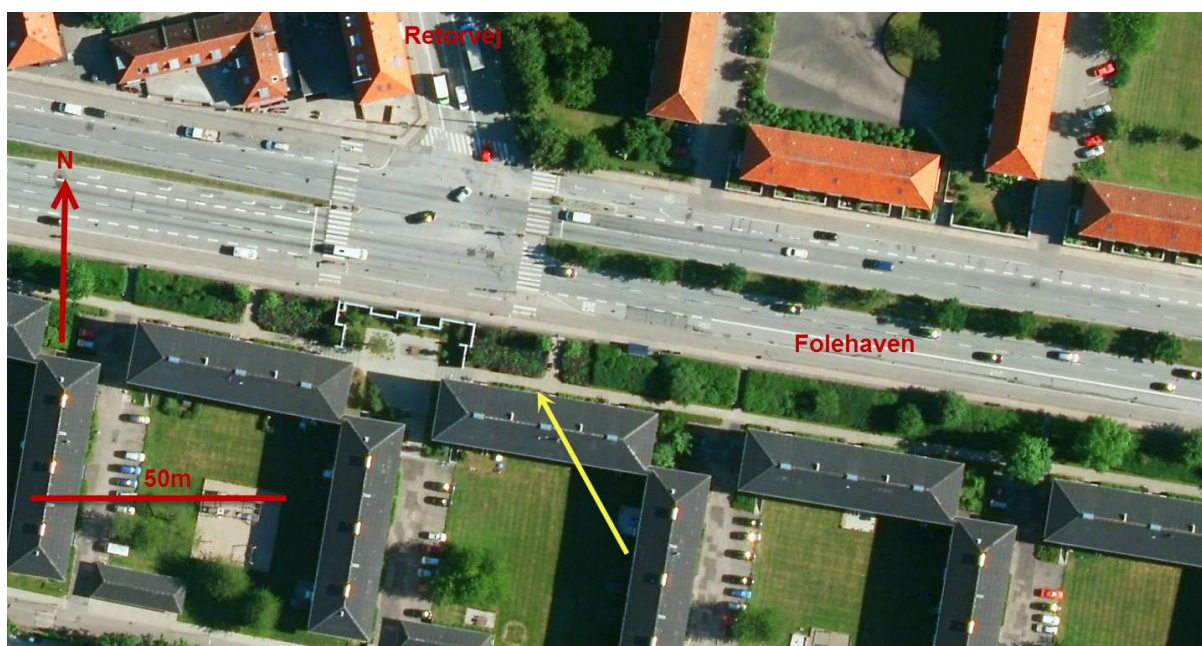
| Måling 10 | 50 [Hz] | 63 [Hz] | 80 [Hz] | 100 [Hz] | 125 [Hz] | 160 [Hz] | 200 [Hz] | 250 [Hz] | 315 [Hz] | 400 [Hz] | 500 [Hz] | 630 [Hz] | 800 [Hz] | 1,00 [kHz] | 1,25 [kHz] | 1,60 [kHz] | 2,00 [kHz] | 2,50 [kHz] | 3,15 [kHz] | 4,00 [kHz] | 5,00 [kHz] | 6,30 [kHz] | 8,00 [kHz] | 10,00 [kHz] | A-vægtet |
|---|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Udeniveau (L _{eq,1,S} - 3) [dB] | 68,9 | 67,5 | 66,5 | 64,5 | 63,9 | 63,6 | 62,7 | 62,9 | 62,4 | 61,1 | 60,0 | 60,4 | 61,2 | 62,8 | 61,1 | 58,9 | 56,4 | 53,6 | 51,2 | 47,9 | 44,5 | 41,1 | 35,9 | 29,3 | 69,7 |
| Indeniveau [dB] | 53,0 | 54,8 | 57,4 | 54,3 | 48,1 | 48,5 | 42,9 | 46,3 | 44,8 | 42,7 | 39,9 | 38,8 | 35,3 | 35,1 | 32,0 | 29,2 | 27,1 | 25,2 | 24,1 | 19,6 | 16,2 | 14,3 | 13,1 | 8,4 | 47,2 |
| Niveaudifferens (L _{eq,2}) [dB] | 15,9 | 12,7 | 9,1 | 10,2 | 15,8 | 15,1 | 19,8 | 16,6 | 17,7 | 18,4 | 20,1 | 21,5 | 25,9 | 27,6 | 29,2 | 29,7 | 29,3 | 28,4 | 27,0 | 28,3 | 28,3 | 26,8 | 22,7 | 20,9 | 22,5 |
| Efterklangstid [s] | 0,55 | 0,29 | 0,93 | 0,70 | 0,35 | 0,26 | 0,25 | 0,29 | 0,31 | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | |
| Reduktionstal (R' _{tr,S}) [dB] | 10,6 | 4,6 | 6,1 | 6,0 | 8,5 | 6,6 | 11,1 | 8,5 | 9,9 | 10,8 | 12,5 | 14,1 | 18,3 | 20,4 | 21,7 | 22,5 | 22,2 | 21,3 | 20,0 | 21,3 | 21,2 | | | | |

| R' _w [dB] | C [dB] | C _{tr} [dB] | C ₁₀₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,100-5000} [dB] | C ₅₀₋₃₁₅₀ [dB] | C _{tr,50-3150} [dB] | C ₅₀₋₅₀₀₀ [dB] | C _{tr,50-5000} [dB] |
|----------------------|--------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 18 | -1 | -3 | -1 | -3 | -1 | -4 | -1 | -4 |
| 18,3 | -1,5 | -3,7 | -0,8 | -3,7 | -1,5 | -4,2 | -0,9 | -4,2 |

Bilag 11 - Fotos fra målestedet



Folehaven 37 set fra vejen. Pilen angiver målerummet i nr. 37, 1 th.



Luftfoto af målestedet. Den gule pil angiver Folehaven 37.



Den udvendige målemikrofon set fra Folehaven (udrykket lydskodde) og fra målerummet.

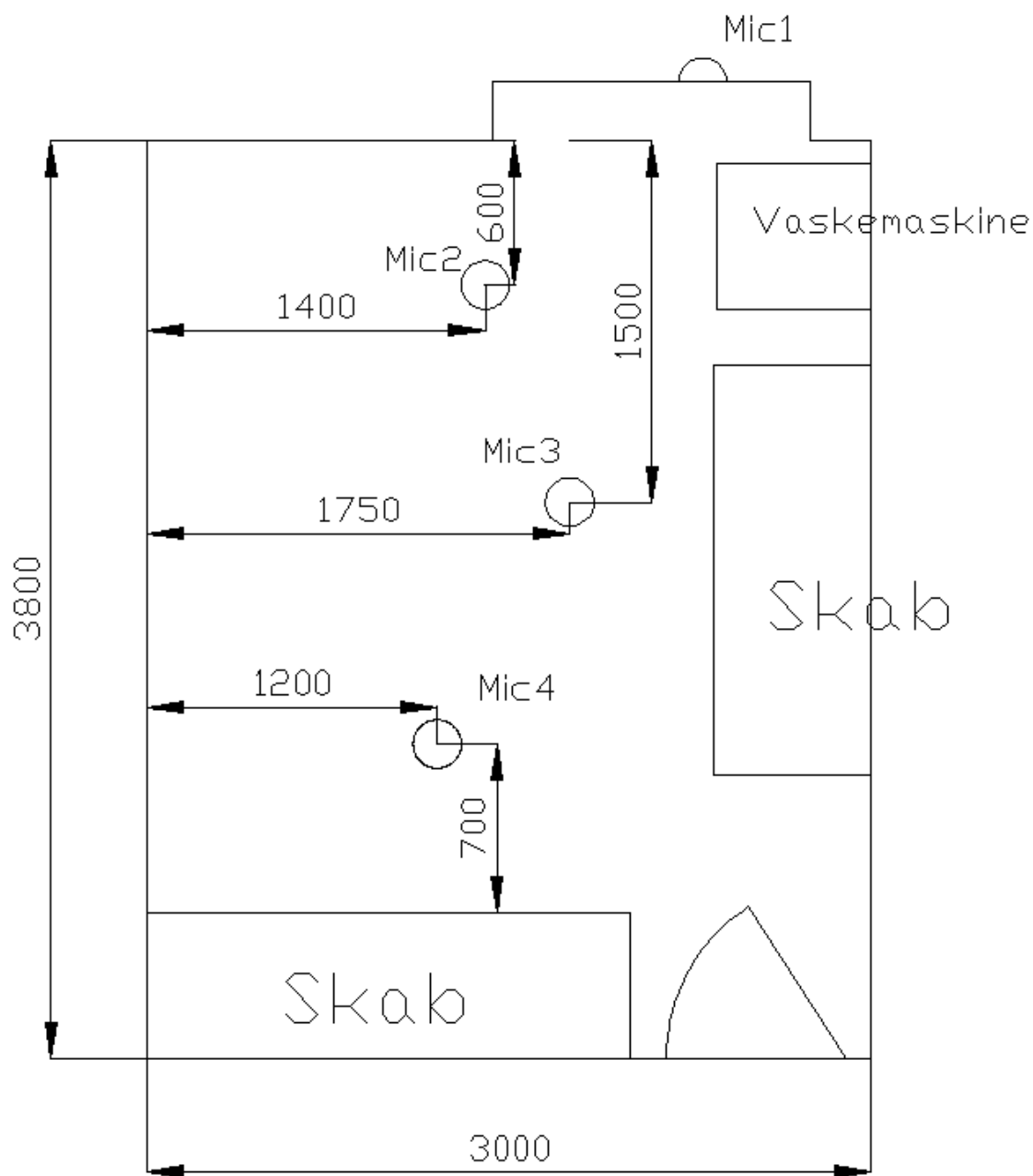


Vinduet med et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$. Øverst til venstre ses dækslet til den nu blændede udeluftkanal.



Den udrykkede lydskodde med ekstra 40 mm isolationsmateriale monteret i den 103 mm dybe spalte mellem lydskodde og den eksisterende isolering på facaden. I midten de ekstra 40 mm isoleringsmateriale fotograferet indefra.

Bilag 12 - Mikrofonplaceringer og rumdimensioner



Målerummet med mikrofonplaceringer. Mikrofon 1 sidder på ydersiden af lydskodden. Mikrofon 2, 3 og 4 er placeret henh. 1,6 m, 2,0 m og 1,2 m over gulv. Vindueshullet er 1320 mm bredt og 1500 mm højt og 240 mm dybt. Loftshøjden er 2500 mm. Skabene er 2000 mm høje. Alle mål på tegning er i mm.

Bilag 13 - Anvendte instrumenter og programmer

| Instrument | Type | DELTA nr. |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Microphone/Preamp | B&K 4188 / 2671 | 1470 L / 1479 L |
| Microphone/Preamp | B&K 4188 / 2671 | 1471 L / 1480 L |
| Microphone/Preamp | B&K 4188 / 2671 | 1472 L / 1481 L |
| Microphone/Preamp | B&K 4188 / 2671 | 1473 L / 1482 L |
| Microphone/Preamp | B&K 4188 / 2671 | 1474 L / 1483 L |
| Acoustic Calibrator | B&K 4231 | 1120 L |
| Hard disc recorder | Sound Devices 788T | 1420 L |
| Analysis software | noiseLAB / noiseLAB Batch processor | Ver. 3.0.17 / Ver. 3.1 |

Alle instrumenter er sporbart kalibreret i henhold til DELTA's procedurer.

Denne rapport beskriver behovet for lydisolerende, åbne vinduer i eksisterende boligområder med en stærk støjbelastning fra vejtrafik. På dette grundlag og med udgangspunkt i myndighedskrav til nye boliger samt erfaringer og sammenligninger fra en række danske cases med lydisolerende, åbne vinduer gives anbefalinger til initiativer til videre udvikling af vinduesløsninger, der i åben tilstand giver en betydeligt bedre lydisolation end normale åbne vinduer.

1. udgave, 2015
ISBN 978-87-563-1670-5