

ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

Indendørs støjniveau med åbne vinduer

Orientering nr. 46

HSO/DH/ilk

November 2012

Støj fra veje, jernbaner og virksomheder - grænseværdier for indendørs støjniveau med åbne vinduer

Denne Orientering indeholder bl.a.:

- Grænseværdier - baggrund og regler
- Overblik over støjgrænser for indendørs støj - både med åbne og lukkede vinduer
- Måle- og beregningsmetoder
- FAQ
- Eksempler på vinduer med god lydisolation i åben tilstand

Indhold

1. Indledning.....	3
2. Administrativ baggrund.....	3
2.1 Ændring af planloven	3
2.2 Hvem er myndighed?	4
3. Grænseværdier for støj indendørs fra veje, jernbaner og virksomheder.....	5
3.1 Bygningsreglementets grænseværdier for støj indendørs fra veje og jernbaner.....	6
3.2 Planlovgivningens grænseværdier for støj indendørs med åbne vinduer fra veje og jernbaner	6
3.3 Planlovgivningens grænseværdier for støj indendørs med åbne vinduer fra virksomheder.....	9
4. Løsningsmuligheder vedrørende forbedring af lydisolationen for åbne vinduer	10
5. Lydisolationsdata for åbne vinduer	13
6. Beregning af indendørs støjniveau	13
7. Kontrol af indendørs støjniveau	16
8. Tolkning af administrative forhold, grænseværdier mv. i forbindelse med krav til indendørs støjniveau med åbne vinduer.....	18
9. Referencer	22
Bilag 1 - Eksempler på vinduesløsninger konstrueret med henblik på god lydisolation i åben tilstand	23
B1.1 Russervindue	23
B1.2 Vindue med drejelig lydskodde	27
B1.3 Vindue med forskydelig lydskodde	29
B1.4 Facade delvist afdækket med glasskakt	30
Bilag 2 - Lydisolationsdata - reduktionstal og spektrale korrektionsled.....	31

1. Indledning

Efter 2007 blev det muligt at planlægge for boliger og andre former for støjfølsom anvendelse i områder, hvor støjen er højere end de vejledende grænseværdier, hvis der benyttes særlige vinduer, som kan sikre, at støjniveauet indendørs ikke overskrider nogle fastsatte grænser, selv om vinduerne er åbne.

Denne udgave af Orientering fra Referencelaboratoriet beskriver baggrunden for den nye regel. Endvidere gives et samlet overblik over støjgrænser for støj indendørs fra trafik og virksomheder med såvel åbne som lukkede vinduer. Måle- og beregningsmetoder i forbindelse med åbne vinduer beskrives, ligesom der gives eksempler på vindueskonstruktioner med god lydisolation i åben tilstand. Endelig er det forsøgt at besvare typiske spørgsmål, som kan forekomme i forbindelse med opfyldelse af det nye støjkrav med åbne vinduer.

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 støjulempen, som det fremgår af § 15a i lov om planlægning [1]. 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. Tidligere 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. De 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

Reglerne om støjbeskyttelse kunne have som konsekvens, at byområder, som var støjbelastet fra trafikken eller støjende virksomheder, ikke kunne udvikles og fornys. I 2007 blev planloven ændret, så der kom nye muligheder for bl.a. fornyelse af eksisterende byområder mv., og her blev der samtidig 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 den nye regel

ikke er en forringelse af støjbeskyttelsen, og at den 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” [2] blev udsendt, samtidig med at styrelsen udsendte tillæg til både togstøjvejledningen [3] og vejledningen om støj fra virksomheder [4]. 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 skal være åbnet 0,35 m². Den nye regel er beregnet på byområder, hvor der enten allerede er boliger, som skal udskiftes eller fornys (”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” [2] 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 tegne særligt støjisolerende vinduer 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 støjkloder 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 huset står færdigt. 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.

3. Grænseværdier for støj indendørs fra veje, jernbaner og virksomheder

I det følgende gives et samlet overblik over grænseværdier for støj indendørs fra veje, jernbaner og virksomheder med såvel lukkede som åbne vinduer.

Grænseværdier findes dels i byggelovgivningen, hvor de er anført i Bygningsreglementet, dels i planlovgivningen, hvor grænseværdier findes i forskellige vejledninger fra Miljøstyrelsen. Der refereres til følgende publikationer:

- Bygningsreglement 2010 [5]
- Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4/2007: "Støj fra veje" [2]
- Tillæg til Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 5/1984: "Ekstern støj fra virksomheder", juli 2007 [4]
- Tillæg til Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 1/1997: "Støj og vibrationer fra jernbaner", juli 2007 [3]

De ovennævnte tre publikationer fra Miljøstyrelsen er udarbejdet med baggrund i den i afsnit 2.1 omtalte ændring af planloven [1]. Der blev - ud over de administrative ændringer - indført en ny beregningsmetode for støj fra veje og jernbaner samt en ny indikator for støjen L_{den} .

Oversigten i det følgende omfatter ikke alle detaljer i lovgivningen. F.eks. er grænseværdierne indendørs anført i Miljøstyrelsens Orientering Nr. 9/1997: "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" [6] ikke omtalt.

Grænseværdierne for indendørs støj med åbne vinduer er angivet som den A-vægtede årsmiddelværdi L_{den} i forbindelse med støj fra veje og jernbaner og som støjbelastningen L_r i forbindelse med støj fra virksomheder. Der er ingen støjgrænser for maksimalværdien $L_{pA,max}$ indendørs med åbne vinduer uanset støjkilde.

Alle støjgrænser anført i Miljøstyrelsens vejledninger er i princippet vejledende grænseværdier. I det følgende benyttes generelt blot betegnelsen "grænseværdier".

3.1 Bygningsreglementets grænseværdier for støj indendørs fra veje og jernbaner

Bygningsreglement 2010 (BR10) er baseret på en række funktionskrav, som for akustisk indeklima betyder, at "Bygninger skal planlægges, projekteres, udføres og indrettes, så brugerne sikres tilfredsstillende lydforhold". Funktionskravene for boliger anses for opfyldt, når disse udføres svarende til lydklasse C i DS 490: "Lydklassifikation af boliger" [7]. Vedrørende støj indendørs i boliger, hoteller, undervisnings- og daginstitutionsbyggeri o.l. fra veje og jernbaner svarer lydklasse C til en grænseværdi på L_{den} 33 dB. Denne støjgrænse skal opfyldes i møblerede rum med lukkede vinduer og med eventuelle udeluftventiler i åben tilstand (udeluftventiler vil typisk være enten en integreret del af vinduerne eller separate ventiler monteret i facaden).

Der er i Bygningsreglement 2010 ikke en anbefalet grænseværdi for støj i hospitaler, lægehuse o.l. samt i kontorbyggeri fra veje og jernbaner, men der er i SBI-anvisning 230: "Anvisning om Bygningsreglement 2010" [8] forslag til en projekteringsværdi på højst L_{den} 33 dB for hospitaler o.l. og L_{den} 38 dB for kontorer.

Ved et udendørs støjniveau på $L_{den} \leq 58$ dB for vejstøj og $L_{den} \leq 64$ dB for jernbanestøj forudsættes det, at L_{den} 33 dB indendørs kan opfyldes med almindelige vindueskonstruktioner og uden anvendelse af specielle lydruder. Dog skal man være opmærksom på, at denne antagelse gælder for vinduer i "normale" formater. Ved store vinduesarealer - eventuelt hele glasfacader - må lydisolationen vurderes i forbindelse med projektering af den aktuelle bygning. Støjgrænserne er ifølge Bygningsreglement 2010 gældende for vej- og jernbanestøj hver for sig.

Der er i Bygningsreglement 2010 ingen grænseværdier for indendørs støjniveau med åbne vinduer.

3.2 Planlovgivningens grænseværdier for støj indendørs med åbne vinduer fra veje og jernbaner

De i 2007 indførte grænseværdier for indendørs støjniveau med åbne vinduer gælder for sove- og opholdsrum i boliger, undervisnings- og daginstitutioner, hospitaler o. lign. samt for kontorbyggeri. Grænseværdierne omfatter støj fra veje, jernbaner og virksomheder (sidstnævnte omtalt i afsnit 3.3) og skal kunne opfyldes, når oplukkelige vinduer er åbnet til et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ (se side 20, spørgsmål 11). For sove- og opholdsrum i boliger gælder støjgrænserne for møblerede rum, dvs. svarende til en efterklangstid i rummet på 0,5 s.

I det følgende er grænseværdier for henholdsvis "sove- og opholdsrum" og "kontorbyggeri" anført i detaljer bl.a. i form af oversigtstabeller.

Sove- og opholdsrum

Nedenstående grænseværdier er gældende for sove- og opholdsrum i boliger, undervisnings- og daginstitutionsbygninger, hospitaler o.l. (for hospitaler o.l. forslag til projekteringsværdi, se afsnit 3.1).

Udendørs støjbelastning $L_{den} \leq 58$ dB for vejstøj og $L_{den} \leq 64$ dB for jernbanestøj

Ingen særlige krav til vindueskonstruktionen. Grænseværdierne for støj indendørs kan i øvrigt forventes opfyldt med et traditionelt, åbenstående vindue.

Udendørs støjbelastning L_{den} 58-68 dB for vejstøj og $L_{den} > 64$ dB for jernbanestøj

Det skal sikres, at vinduer, som kan åbnes, er konstrueret således, at der med et åbningsareal på 0,35 m² opnås et støjniveau indendørs, som ikke overstiger L_{den} 46 dB for vejstøj og L_{den} 52 dB for jernbanestøj.

Udendørs støjbelastning $L_{den} > 68$ dB for vejstøj

Der bør med dette udendørs støjniveau aldrig planlægges med etablering af boliger.

Udendørs støjbelastning	$L_{den} \leq 58$ dB	L_{den} 58-68 dB	$L_{den} > 68$ dB
BR10		$L_{den} \leq 33$ dB Lukkede vinduer	$L_{den} \leq 33$ dB Lukkede vinduer
Planlovgivning (MST Vejl. 4/2007)		Evt.* $L_{den} \leq 46$ dB Åbne vinduer Specielle løsninger	Der bør aldrig planlægges med etablering af boliger

*) Byfornyelse, vitalisering, huludfyldning i eksisterende byområder.

Tabel 1

Grænseværdier for vejstøj indendørs i boliger mv. med lukkede og åbne vinduer.

Udendørs støjbelastning	$L_{den} \leq 64$ dB	$L_{den} > 64$ dB
BR10		$L_{den} \leq 33$ dB Lukkede vinduer
Planlovgivning (MST Tillæg til Vejl. 1/1997)		Evt.* $L_{den} \leq 52$ dB Åbne vinduer Specielle løsninger

*) Byfornyelse, vitalisering, huludfyldning i eksisterende byområder.

Tabel 2

Grænseværdier for jernbanestøj indendørs i boliger mv. med lukkede og åbne vinduer.

Kontorbyggeri

Udendørs støjbelastning $L_{den} \leq 63$ dB for vejstøj og $L_{den} \leq 69$ dB for jernbanestøj

Ingen særlige krav til vindueskonstruktionen. Grænseværdierne for støj indendørs kan i øvrigt forventes opfyldt med et traditionelt, åbenstående vindue.

Udendørs støjbelastning $L_{den} > 63$ for vejstøj og $L_{den} > 69$ dB for jernbanestøj

Det skal sikres, at vinduer som kan åbnes er konstrueret således, at der med et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$ opnås et støjniveau indendørs, som ikke overstiger L_{den} 51 dB for vejstøj og L_{den} 57 dB for jernbanestøj.

Udendørs støjbelastning	$L_{den} \leq 63$ dB	$L_{den} > 63$ dB
BR10 (SBI-Anv. 230) (Forslag til projekteringsværdi)		$L_{den} \leq 38$ dB Lukkede vinduer
Planlovgivning (MST Vejl. 4/2007)		Evt.* $L_{den} \leq 51$ dB Åbne vinduer Specielle løsninger

*) Byfornyelse, vitalisering, huludfyldning i eksisterende byområder.

Tabel 3

Grænseværdier for vejstøj indendørs i kontorer med lukkede og åbne vinduer.

Udendørs støjbelastning	$L_{den} \leq 69$ dB	$L_{den} > 69$ dB
BR10 (SBI-Anv. 230) (Forslag til projekteringsværdi)		$L_{den} \leq 38$ dB Lukkede vinduer
Planlovgivning (MST Tillæg til Vejl. 1/1997)		Evt.* $L_{den} \leq 57$ dB Åbne vinduer Specielle løsninger

*) Byfornyelse, vitalisering, huludfyldning i eksisterende byområder.

Tabel 4

Grænseværdier for jernbanestøj indendørs i kontorer med lukkede og åbne vinduer.

3.3 Planlovgivningens grænseværdier for støj indendørs med åbne vinduer fra virksomheder

I forbindelse med ændring af Planloven i 2007 [1] er der åbnet mulighed for, at der kan opføres boliger i områder beliggende i nærheden af virksomheder, også selv om disse giver anledning til støjbidrag, der er højere end de vejledende støjgrænser udendørs anført i vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1984 [9]. Dette forudsætter bl.a., at boligernes facader udformes således, at støjniveauet i sove- og opholdsrum indendørs med åbne vinduer ikke overstiger værdierne i nedenstående tabel. Grænseværdierne gælder for det A-vægtede, ækvivalente, konstante, korrigerede lydtrykniveau L_r (se i øvrigt fodnote). Såfremt støjen indeholder toner og/eller impulser, skal der korrigeres for dette i henhold til [9].

Områdetype	Tidsrum Mandag-fredag kl. 07-18 Lørdag kl. 07-14	Mandag-fredag kl. 18-22 Lørdag kl. 14-22 Søn- og helligdage kl. 07-22	Alle dage kl. 22-07
Blandet bolig og erhverv (bykerne)	43 dB	33 dB	28 dB
Etageboligområde	38 dB	33 dB	28 dB
Åben og lav boligbebyggelse	33 dB	28 dB	23 dB

Tabel 5

Grænseværdier, L_r , for virksomhedsstøj indendørs med åbne vinduer.¹

¹ Værdierne i Tabel 5 gælder for støjbelastningen, L_r , fra hver enkelt virksomhed, bestemt over et referencetidsrum på 8 timer om dagen (dog 7 timer lørdag kl. 07-14 og 4 timer lørdag kl. 14-18), en time om aftenen og ½ time om natten. Der forudsættes en efterklangstid i boligens sove- og opholdsrum på 0,5 sekunder. Det forudsættes endvidere, at støjgrænserne kan opfyldes med oplukkelige vinduer åbnet med et åbningsareal på 0,35 m².

4. Løsningsmuligheder vedrørende forbedring af lydisolationen for åbne vinduer

Grænseværdierne for indendørs støjniveau i møblerede sove- og opholdsrum for vej- og jernbanestøj på henholdsvis L_{den} 46 dB og L_{den} 52 dB kan som nævnt tidligere netop forventes opfyldt med et traditionelt, åbenstående vindue, når der er et udendørs støjniveau på hhv. L_{den} 58 dB og L_{den} 63 dB. Ved højere udendørs støjbelastning er det nødvendigt at forbedre lydisolationen for vinduerne i åben tilstand.

Vinduesløsninger med forbedret lydisolation i åben tilstand (generelt betegnet specialvinduer i denne Orientering) kan inddeles i f.eks. fire hovedkategorier:

- **Ventilationsvinduer - hvor den lydisolerende foranstaltning er en fuldt integreret del af vinduet.** Som eksempel kan nævnes ”russervinduet”, der er udført som en dobbeltkonstruktion med to opluk, ét udvendig forneden og ét indvendig foroven. Eksempel på et russervindue er vist i Bilag 1.1. En konstruktion svarende til russervinduet, men drejet 90° så der bliver tale om et aflangt, vandret liggende vinduer med oplukkene placeret i hver side, er set anvendt. Med denne løsning opnår man imidlertid ikke den ”skorstenseffekt” med hensyn til luftstrømmen, som kendetegner det lodret stående russervindue.

Andre vinduer er baseret på særlige udluftningskanaler i karm/rammekonstruktionen. (Denne type har dog ofte et åbningsareal langt under 0,35 m²).
- **Traditionelle vinduer - faste karme eller oplukkelige vinduer - hvor der er påbygget et element, som kan åbnes udført som en lydskodde.** Et eksempel vist i Bilag 1.2, hvor en drejelig lydskodde er koblet på en indadgående vinduesramme med glas. Alternativt kan den indvendige del udføres som en uigennemsigtig del.
- **Traditionelle vinduer som kan åbnes, men hvor det enkelte vindue er suppleret med lydskodder på udvendig side.** Et eksempel vist i Bilag 1.3, hvor en lydskodde af glas kan skydes hen foran vinduet.
- **Traditionelle vinduer som kan åbnes, suppleret med en hel eller delvis glasafdækning af facaden.** Et eksempel vist i Bilag 1.4.

Specielt gældende for russervinduer er der udarbejdet en guideline, ved hjælp af hvilken den forventede lydisolation kan bestemmes [10].

Som eksempler på, hvad der typisk kan opnås med specielle vinduesløsninger, er det i Tabel 6 estimeret, hvilket udendørs støjniveau der kan være, når de forskellige vindueskonstruktioner skal sikre, at L_{den} 46 dB kan opfyldes indendørs. Beregningerne er udført med henholdsvis et russervindue i forskellig udformning, et vindue forsynet med påbygget drejelig lydskodde samt en løsning, hvor hele vinduet dækkes af en forskydelig lydskodde. Disse konstruktioner er vist i Bilag 1.1-1.3. Der er ikke tilsvarende foretaget beregninger på konstruktionen i Bilag 1.4. Beregninger er udført ved hjælp af formlerne angivet i afsnit 6.

Til sammenligning med specialvinduerne er der foretaget en beregning på et almindelig, åbenstående tophængt vindue. Rumvolumen er valgt således, at der med det almindelige vindue åbnet 0,35 m² fås et indendørs støjniveau på netop 46 dB ved et udendørs niveau på 58 dB.

Forudsætninger:

- Der er benyttet målte lydisolationsdata (fra laboratorium eller felt) for de aktuelle vinduer (se referencer i Bilag 1).
- Der er ét vindue i facaden, og lydtransmission udefra og ind sker udelukkende gennem vinduet. Vinduernes åbningsareal fremgår af Tabel 6.
- Rumvolumen antages at være 33 m³.
- Efterklangstiden antages at være 0,5 s.
- Resultaterne gælder for de aktuelle vinduesstørrelser, som de fremgår af Tabel 6

Generel beskrivelse af lydisolationsdata for åbne vinduer samt af beregningsmetoden fremgår af afsnit 5 og 6.

Vinduestype/ vinduesstørrelse/ åbningsareal	$R_w + C_{tr}$ Vinduets lyd- isolation angivet som et C_{tr} korrigeret vægtet reduktionstal [dB]	$D_{n,e,w} + C_{tr}$ Vinduets lyd- isolation angivet som en C_{tr} korrigeret element-normaliseret niveaudifferens [dB]	$L_{den,i}$ Indendørs støjniveau (grænseværdi) [dB]	$L_{den,u}$ Maksimal tilladelig udendørs støjniveau (fritfeltsværdi), hvis $L_{den,i}$ 46 dB indendørs skal kunne opfyldes [dB]	$L_{den,u} - L_{den,i}$ Lydniveau- differens mellem udeniveau fritfelt og indeniveau [dB]
Alm. tophængt vindue 1,9 m ² (1,25 m x 1,50 m) 0,35 m ² (Se Bilag 1.1)	8	15	46	58	12
Russervindue 1,9 m ² (1,25 m x 1,50 m) 0,35 m ² (dog 0,2 m ² ud for tværsprosse) (Se Bilag 1.1)	13	20	46	63	17
Russervindue 3,0 m ² (1,25 m x 2,40 m) 0,35 m ² (dog 0,2 m ² ud for tværsprosse) (Se Bilag 1.1)	16	21	46	64	18
Russervindue med karmabsorbent 3,0 m ² (1,25 m x 2,40 m) 0,35 m ² (dog 0,2 m ² ud for tværsprosse) (Se Bilag 1.1)	19	24	46	67	21
Drejelig lydskodde, Margretheholm 2,3 m ² (1,43 m x 1,63 m) 0,39 m ² (Se Bilag 1.2)	16	22	46	65	19
Forskydelig lydskodde, Folehaven Ca. 2 m ² (ca. 1,3 m x 1,5 m) Ca. 0,1 m ² (Se Bilag 1.3)	-	-	46	Ca. 70 *)	24 *)

*) Lydskodden benyttet i Folehaven havde et mindste åbningsareal på ca. 0,1 m², og den opnåede niveaudifferens på 24 dB er således større, end der ville kunne opnås med et åbningsareal på 0,35 m². Det skal bemærkes, at Folehave-projektet ikke havde som målsætning at opfylde det nye krav til støj indendørs med åbne vinduer (reference til rapport vedr. Folehaven findes i Bilag 1.3).

Tabel 6

Eksempler på forskellige åbne vindueskonstruktioners lydmæssige egenskaber.

5. Lydisolationsdata for åbne vinduer

Lydisolationsdata for en bygningsdel opgives normalt som det laboratoriemålte reduktionstal R pr. 1/3-oktav i frekvensområdet 100-5000 Hz. Der er således tale om 18 isolationsværdier, der udgør den såkaldte reduktionstalskurve. Ved bestemmelse af reduktionstallet indgår arealet af prøveemnet. Det kan være hensigtsmæssigt, at lydisolationen som supplement til kurven kan udtrykkes ved et enkelt tal. Man beregner derfor på basis af reduktionstalskurven en enkelt-talsværdi, det vægtede reduktionstal R_w samt to tilhørende spektrale korrektionsled C og C_{tr} . Reduktionstal og spektrale korrektionsled er til orientering omtalt mere uddybende i Bilag 2. Beregningsmetoderne til bestemmelse af R_w , C og C_{tr} er ikke medtaget i denne Orientering. Der henvises til DS/EN ISO 717-1 [11].

Måling af reduktionstal benyttes typisk i forbindelse med konstruktioner med et veldefineret lydtransmitterende areal som f.eks. vinduer (i lukket tilstand), døre og vægge. Definitionen af reduktionstal indebærer, at der udføres en korrektion, således at man teoretisk set vil få det samme resultat ved måling på den samme konstruktion i forskellige formater.

I tilfælde, hvor et prøveemne har små dimensioner, et ikke-veldefineret lydtransmitterende areal - f.eks. en udeluftventil - eller hvis man ikke kan forvente at få samme resultat ved måling på forskellige formater, hvilket er tilfældet for de fleste åbne vindueskonstruktioner, kan en anden målestørrelse benyttes, den element-normaliserede niveaudifferens $D_{n,e}$. Denne størrelse bestemmes i princippet som reduktionstallet i form af en korrigeret niveaudifferens, blot indgår der ikke noget areal af prøveemnet.

Som det er tilfældet ved reduktionstal, kan der også for $D_{n,e}$ -værdien beregnes en vægtet værdi $D_{n,e,w}$. De spektrale korrektionsled er de samme for R_w og $D_{n,e,w}$.

Som udgangspunkt for projektering hvor der indgår et eller flere åbne vinduer er reduktionstal og element-normaliseret niveaudifferens lige anvendelige, idet det dog skal huskes, at laboratoriedata i begge tilfælde kun gælder for vinduet i det testede format. Til brug for sammenligning af produkter må $D_{n,e,w}$ foretrækkes, idet denne størrelse umiddelbart giver sammenlignelige værdier uanset vinduernes størrelse.

6. Beregning af indendørs støjniveau

I forbindelse med projektering vil man ofte skulle beregne det forventede indendørs støjniveau. I det følgende angives, hvorledes indendørsniveauet kan beregnes med udgangspunkt i støjniveauet udendørs angivet som enten et 1/3-oktavspektrum (formel 1) eller som et A-vægtet støjniveau (formel 2). Det udendørs støjniveau vil for vejstøj og togstøj være opgivet som årsmiddelværdien L_{den} , medens udeniveauet for industristøj vil være angivet som støjbelastningen L_T .

Reglerne for både trafikstøj og industristøj er baseret på støjniveauet i praktisk frit felt, mens beregning af indendørs støj går ud fra støjniveauet i 2 m afstand fra facaden og inklusive facadens refleksion. Derfor er det udendørs støjniveau i formel 1 og 2 korrigeret med +3 dB.

Støjkravene til indendørs støj i såvel Bygningsreglement som Miljølovgivningen er gældende i møblerede rum. Et møbleret rum antages typisk at have en efterklangstid på 0,5 s. Dette betyder, at der i formlerne 1 og 2 for såvel 1/3-oktavberegninger som for direkte A-vægtet beregning indsættes $T = 0,5$ s.

Beregning med udgangspunkt i 1/3-oktavværdier vil normalt give det mest præcise resultat. Inden for bygningsakustikken udføres imidlertid ofte beregninger på basis af A-vægtede niveauer, og resultaterne vil med denne metode i langt de fleste tilfælde have tilstrækkelig nøjagtighed.

Normalt vil 1/3-oktavdata for bygningsdeles lydisolation findes i frekvensområdet 100-5000 Hz. Dette betyder, at beregningen kun kan baseres på dette frekvensområde. Det forventes, at der fremover i stigende grad vil kunne leveres lydisolutionsdata for bygningsdele i det udvidede frekvensområde 50-5000 Hz.

I henhold til SBI-anvisning 217 [12] bør man før indsættelse af de laboratoriemålte lydisolutionsværdier i formlerne 1 og 2 reducere værdierne med 3 dB. Dette gøres for at indlægge en sikkerhedsmargin ved overførsel af laboratoriedata til en feltsituation.

I SBI-anvisning 217 er der henvist til beregningsmetoder anført i henholdsvis SBI-anvisning 196: "Indeklimahåndbogen" [20] samt i DS/EN 12354-3 [15]. Metoden beskrevet i dette afsnit svarer til beregningsprincipperne i de nævnte publikationer.

Beregning af indendørs støjniveau ud fra et udendørs 1/3-oktavstøjspektrum:

$$L_i = (L_u + 3) - R + 10 \log \left(\frac{S \times T}{0,16 \times V} \right) \text{ [dB]} \quad (1)$$

hvor

L_i = Indendørs støjniveau (1/3-oktavværdi) [dB]

L_u = Udendørs støjniveau ved facaden (fritfeltsværdi) (1/3-oktavværdi) [dB]

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

R = Reduktionstal for den lydtransmitterende flade (1/3-oktavværdi) [dB]

S = Areal af den lydtransmitterende flade [m^2]

T = Rummets efterklangstid, [s]

V = Rummets volumen [m^3]

Det indendørs A-vægtede støjniveau bestemmes ved at A-vægte 1/3-oktavværdierne og herefter addere disse logaritmisk.

Beregning af indendørs støjniveau ud fra et udendørs A-vægtet støjniveau:

$$L_i = (L_u + 3) - (R_w + K) + 10 \log \left(\frac{S \times T}{0,16 \times V} \right) \text{ [dB]} \quad (2)$$

hvor

L_i = A-vægtet indendørs støjniveau [dB]

L_u = A-vægtet udendørs støjniveau ved facaden (fritfeltsværdi) [dB]

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

R_w = Vægtet reduktionstal for den lydtransmitterende flade [dB]

K = Spektralt korrektionsled C eller C_{tr} [dB] (valg af C eller C_{tr} , se bilag 2)

S = Areal af den lydtransmitterende flade [m^2]

T = Rummets efterklangstid [s]

V = Rummets volumen [m^3]

Formel 1 og 2 kan også benyttes i forbindelse med lydisolationsdata opgivet som element-normaliseret niveaudifferens $D_{n,e}$ eller $D_{n,e,w}$. I dette tilfælde skal arealet af den lydtransmitterende flade S sættes til $10 m^2$. Dette kan f.eks. være aktuelt, hvis man udfører beregninger på et åbent vindue, hvor data er opgivet som element-normaliseret niveaudifferens, og hvor der ses bort fra øvrige transmissionsveje.

Den lydtransmitterende flade S kan f.eks. være en facade bestående af en facademur samt nogle vinduer, hvoraf et eller flere kunne være åbne vinduer. Ud fra kendskab til reduktionstallet for facadens enkelte delflader, kan det totale reduktionstal beregnes ved hjælp af formel (3).

Beregning af det totale reduktionstal for en sammensat flade:

$$R_{\text{total}} = -10 \log \left(\frac{S_1 \times 10^{-R_1/10} + S_2 \times 10^{-R_2/10} + \dots + S_n \times 10^{-R_n/10}}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \right) \text{ [dB]} \quad (3)$$

hvor

$S_1, S_2 \dots S_n$ = Areal af delflade 1, 2 n [m^2]

$R_1, R_2 \dots R_n$ = Reduktionstal for delflade 1, 2 n [dB]

Formlen gælder for såvel 1/3-oktavværdier R som for vægtede værdier R_w . Indgår der åbne vinduer, skal der benyttes det areal, som er anvendt ved laboratoriemålingen. Ved beregning af indendørs støjniveau med åbne vinduer, kan der ofte ses bort fra alle øvrige transmissionsveje.

Er der behov for at beregne det totale reduktionstal for f.eks. to delflader, hvor lydisolationsdata for den ene delflade er opgivet som reduktionstal og for den anden som en element-normaliseret niveaudifferens, kan formel 4 benyttes. Formlen gælder for såvel 1/3-oktavværdier som for vægtede værdier.

Beregning af det totale reduktionstal for en sammensat flade, hvor der indgår lydisolationsdata opgivet som både reduktionstal og element-normaliseret niveaudifferens:

$$R_{\text{total}} = -10 \log\left(\left\{1 - \frac{S_j}{S}\right\} \times 10^{-R/10} + \frac{A_0}{S} \times 10^{-D_{n,e}/10}\right) [\text{dB}] \quad (4)$$

hvor

S_j = Den del af det totale areal som udgøres af konstruktionen, hvor lydisolationen er opgivet som $D_{n,e}$ [m^2].

S = Det totale areal af den sammensatte flade [m^2].

A_0 = Referenceabsorptionsareal, 10 m^2 .

Formlen gælder for såvel 1/3-oktavværdier som for vægtede værdier, se Nordtest Method NT-ACOU 093 [23].

7. Kontrol af indendørs støjniveau

Efter indførelse af årsmiddelværdien L_{den} i forbindelse med trafikstøj er det ikke længere muligt at foretage en simpel, direkte måling af det indendørs støjniveau til eftervisning af, om støjgrænsen er opfyldt. En kontrol må nu tage udgangspunkt i et beregnet udendørs støjniveau L_{den} samt en måling af niveaudifferensen for bygningens facade.

Det udendørs støjniveau kan oplyses af de stedlige miljømyndigheder eller beregnes ved hjælp af Nord2000-metoden. Om beregningsmetoden og brugervejledninger henvises til Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 2006 [13].

Niveaudifferensen for bygningens facade kan f.eks. måles i henhold til DS/EN ISO 140-5 [14]. Ud over målinger i 1/3-oktavbånd giver denne standard også mulighed for en direkte måling af den A-vægtede niveaudifferens. 1/3-oktavmålinger kan udføres med enten bredbåndsstøj udsendt via en højttaler eller med trafikstøj som kilde. En direkte måling af den A-vægtede niveaudifferens kan kun udføres med trafik som kilde. Det forudsættes i det følgende (formel 5), at trafikken er benyttet ved bestemmelse af niveaudifferensen i 1/3-oktavbånd.

På basis af det udendørs støjniveau samt niveaudifferensen for facaden kan det indendørs støjniveau beregnes, f.eks. ved at anvende beregningsstandarden DS/EN ISO 12354-3 [15]. Beregningsmetoden er angivet i standardens Annex E.

Der henvises i øvrigt til SBI-anvisning 217: "Udførelse af bygningsakustiske målinger" 1. udgave, 2008, afsnittet "Støj fra veje og jernbaner" [12].

Ved en eventuel måling i umøbleret rum sikrer standardiseringen af niveaudifferensen til en efterklangstid på 0,5 s, at resultatet svarer til et møbleret rum i boliger.

Ved kontrolmåling af Bygningsreglementet krav skal alle vinduer være lukkede (udeluftventiler dog åbne). Ved kontrolmåling af grænseværdien for indendørs støjniveau med åbne vinduer skal alle vinduer, som kan åbnes, være åbnet hver med et åbningsareal på 0,35 m².

Bestemmelse af indendørs støjniveau L_i ved måling i 1/3-oktavbånd:

$$L_i = L_{u, 2m} - D_{2m,nT} = L_{u, 2m} - [D_{2m} + 10 \log(\frac{T}{T_0})] \text{ [dB]} \quad (5)$$

hvor

L_i = Indendørs støjniveau (1/3-oktavværdi) [dB]

$L_{u, 2m}$ = Udendørs støjniveau L_{den} 2 m foran facaden (fritfeltsværdi +3 dB) (1/3-oktavværdi) [dB]

$D_{2m,nT}$ = Standardiseret niveaudifferens (1/3-oktavværdi) [dB]

D_{2m} = Målt niveaudifferens mellem støjniveauet 2 m foran facaden (kan f.eks. bestemmes som målt niveau direkte på facaden fratrullet 3 dB) og middeldydtrykniveauet i rummet (1/3-oktavværdi) [dB]

T = Rummets efterklangstid (1/3-oktavværdi) [s]

$T_0 = 0,5 \text{ s}$

Det indendørs A-vægtede støjniveau bestemmes ved at A-vægte 1/3-oktavværdierne og herefter addere disse logaritmisk.

Bestemmelse af indendørs støjniveau L_i ved direkte A-vægtet måling:

$$L_i = L_{u, 2m} - D_{2m,nT} = L_{u, 2m} - [D_{2m} + 10 \log(\frac{T}{T_0})] \text{ [dB]} \quad (6)$$

hvor

L_i = A-vægtet indendørs støjniveau [dB]

$L_{u, 2m}$ = A-vægtet udendørs støjniveau L_{den} 2 m foran facaden (fritfeltsværdi +3 dB) [dB]

$D_{2m,nT}$ = Standardiseret A-vægtet niveaudifferens [dB]

D_{2m} = Målt niveaudifferens mellem A-vægtet støjniveau 2 m foran facaden (kan f.eks. bestemmes som målt niveau direkte på facaden – 3 dB) og det A-vægtede middellydstrykniveau i rummet [dB]

T = Rummets efterklangstid [s] (efterklangstiden ved 500 Hz benyttes)

$T_0 = 0,5$ s

I forbindelse med industristøj benyttes stadig - som omtalt tidligere - det A-vægtede, ækvivalente, konstante, korregerede støjniveau. Dette betyder, at indendørs målinger af industristøj kan foretages i form af en direkte måling.

8. Tolkning af administrative forhold, grænseværdier mv. i forbindelse med krav til indendørs støjniveau med åbne vinduer

Efter indførelse af kravet til indendørs støjniveau med åbne vinduer er Referencelaboratoriet på baggrund af henvendelser og kommentarer fra bl.a. rådgivere og arkitekter blevet opmærksom på forskellige punkter, på hvilke der hersker nogen usikkerhed. I dette afsnit er der i tabel 8 gengivet en række typiske spørgsmål, ligesom der er forsøgt givet et svar på disse.

Afsnittet er opbygget i form af ”spørgsmål/svar” dels for at holde det i en relativt kort form, dels for at det vil være nemt at opdatere skemaet, såfremt der forekommer nye, principielle spørgsmål, som kunne være af interesse for en bredere kreds.

For at gøre teksten i tabellen så kort og klar som mulig er der benyttet udtrykket ”krav”. Dette skal læses som ”den vejledende grænseværdi for indendørs støj med åbne vinduer”.

Tabel 8

Eksempler på spørgsmål og svar vedr. lydkrav til åbne vinduer

	Spørgsmål	Svar
1	Hvornår gælder kravet til maksimalt indendørs støjniveau med åbne vinduer? - Er udlægningen af areal betydende?	Reglen om indendørs støjniveau med åbne vinduer kan bruges ved udformning af lokalplan for støjfølsom anvendelse som f.eks. boliger i eksisterende boligområder og områder for blandede byfunktioner i bymæssig bebyggelse, hvor der vedvarende er kraftigere støj end Miljøstyrelsens grænseværdier for udendørs støj (gælder både trafikstøj og industristøj). Kravet gælder i princippet ikke i nye boligområder, byudviklingsområder mv.
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.
3	Må eksterne glasskærme fastgjort til facaden benyttes for at opnå maks. 46 dB inde med åbne vinduer, såfremt det udendørs vejstøjniveau ligger i intervallet 58-68 dB?	Ja
4	Kan kontorer placeres i en bufferzone uanset støjbelastningen?	Ja, der er ikke øvre grænse for det udendørs støjniveau ved kontorfacader
5	Gælder kravet i form af årsmiddelværdien, L_{den} uanset anvendelsen af bebyggelsen?	Ja, den vægtede årsmiddelværdi, L_{den} benyttes i forbindelse med boliger, institutioner, skoler, kontorer mv.
6	Kan altaner være en del af opfyldelsen af kravet med oplukkelige vinduer?	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)
7	Er der forskel på kravet i soverum og andre opholdsrum?	Nej

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 lov-befalede redningsåbninger med forseglet åbnefunktion.
9	Må specialvinduer kunne åbnes mere end de 0,35 m ² ?	Ja
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.
12	Må der benyttes løsninger med "lemme" i facadepartier - dvs. åbninger uden glas?	Ja, ikke gennemsigtige oplukkelige facadedele kan indgå i løsningen. Der er samme krav til disse, hvad angår lydisolation og åbningsareal som til oplukkelige vinduer. Er der tale om en redningsåbning, som kun kan åbnes ved at bryde en forsegling, er der ikke noget krav.
13	Skal en altandør med glas, f.eks. en side/bundhængt dør betragtes som et vindue?	Ja, en altandøren skal udformes, så 0,35 m ² -kravet kan opfyldes som for vinduer. Dette vil være en rimelig betragtning, men det afhænger af, om der konkret nævnes altandøre i lokalplanens bestemmelser.
14	I kontorbyggeri med naturlig ventilation vil der ofte forekomme en automatisk åbning af vinduer mv. i ca. 5 minutter pr. time. Skal kravet også i denne situation efterleves?	Nej, vinduer, som udelukkende er styret af automatik og som kun åbnes kortvarigt, er ikke omfattet af kravet (Hvis de automatiske vinduer også kan betjenes manuelt, er de derimod omfattet af kravet). Er der herudover vinduer, som udelukkende er manuelt betjente, skal disse opfylde kravet.

15	Skal kravet opfyldes i f.eks. et kontorbyggeri med klimaanlæg?	I princippet ja, men mulighederne må vurderes i forbindelse med det enkelte byggeri.
16	Skal kravet opfyldes i opholdsrum med varmegenvinding og med mekanisk luftindblæsning og udsugning? (I henhold til BR10 skal ventilationsanlægget i etagebyggeri være af typen med varmegenvinding. I rækkehuse, énfamiliehuse mv. er almindelig naturlig ventilation stadig tilladt. For kontorbyggeri gælder ingen specifikke krav. Ventilationsprincip besluttet ved projektering af det enkelte byggeri).	Ja, hvis der er vinduer som kan åbnes, skal kravet kunne opfyldes. Et ventilationssystem af denne type kræver som udgangspunkt, at boligen er tæt for at fungere optimalt. Normalt tilstræber man, at der er et neutralt/eventuelt et lille undertryk i rummene. Det betyder, at åbne vinduer kan forventes at have en normal ventilationseffekt.
17	Såfremt lydisolationen for et åbent vindue på basis af en feltmåling er opgivet som en niveaudifferens mellem ude-niveau (fritfeltsværdi) og indeniveau, kan måleresultatet så benyttes ved projektering af en anden bebyggelse?	Ja, men man skal være opmærksom på, at niveaudifferensen afhænger af de konkrete forhold i byggeriet, herunder rummets volumen. Vær endvidere opmærksom på, hvilket ude-niveau der er benyttet ved bestemmelse af niveaudifferensen. Der vil normalt være tale om enten en fritfeltsværdi eller om niveauet 2 m foran facaden, som det er tilfældet ved måling efter DS/EN ISO 140-5 [14].
18	Hvordan kontrolleres støjen fra en virksomhed, hvis mest støjbelastede nabo er en bolig med særligt lydisolerende ventilationsvinduer?	Man kan enten måle støjen fra virksomheden indendørs efter anvisninger i Vejledning Nr. 6/1984, afsnit 6, suppleret med Orientering fra Referencelaboratoriet Nr. 3/1985 [22], idet alle oplukkelige vinduer skal være åbnet 0,35 m ² . Alternativt kan man måle/beregne støjen udendørs ved boligens facade og beregne det indendørs støjniveau efter principperne angivet i afsnit 7 (formel 5 og 6).
19	Der savnes forslag/katalog med egnede, veldokumenterede vinduesløsninger med god lydisolation i åben tilstand	Ja, erfaringsgrundlaget er beskedent. Ruseservinduet er p.t. den bedst dokumenterede konstruktion.

9. Referencer

- [1] Planloven (LBK nr. 937 af 24/09/2009)
- [2] Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4/2007: "Støj fra veje"
- [3] Tillæg til Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 1/1997: "Støj og vibrationer fra jernbaner", juli 2007
- [4] Tillæg til Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 5/1984: "Ekstern støj fra virksomheder", juli 2007
- [5] Bygningsreglement 2010 (BR10)
- [6] Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 9/1997: "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer o eksternt miljø"
- [7] DS 490, 2. udgave, 2007: "Lydklassifikation af boliger"
- [8] SBI-anvisning 230, 2. udgave 2011: "Anvisning om Bygningsreglement 2010"
- [9] Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 5/1984: "Ekstern støj fra virksomheder".
- [10] "Designguide for bestemmelse af "russervinduers" lydisolation", DELTA rapport TC-100192, juli 2012.
- [11] DS/EN ISO 717-1, 1997: "Akustik. Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 1: Luftlydisolation".
- [12] SBI-anvisning 217, 1. udgave 2008: "Udførelse af bygningsakustiske målinger".
- [13] Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4/2006: "Støjkortlægning og støjhandlingsplaner".
- [14] DS/EN ISO 140-5, 1998: "Akustik. Lydisolutionsmålinger i bygninger og af bygnings-elementer. Del 5: Måling af facadeelementers luftlydisolation i bygninger".
- [15] DS/EN 12354-3, 2000: "Bygningsakustik. Beregning af bygningers akustiske egenskaber ud fra bygningselementers egenskaber. Del 3: Luftlydisolation mod udefrakommen-de støj".
- [16] Rapport fra Miljøstyrelsen: "Lydmæssig optimering af "russervinduer"", Miljøprojekt nr. 1417, 2012.
- [17] Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 5, 2011: "Lydskodder til afskærmning mod støj fra virksomheder".
- [18] Rapport udarbejdet af Københavns Kommune: "Evaluering af støjprojekt i Folehaven", december 2011.
- [19] Rapport fra Socialministeriet, 2005: "Grøn Støj - Bygningsrenovering i støjbelastede boliger".
- [20] SBI-anvisning 196, 2. udgave, 2000: "Indeklimahåndbogen".
- [21] DS/EN ISO 10140, del 1-5: "Akustik. Laboratoriemåling af bygningselementers lydisolation".
- [22] Orientering fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger Nr. 3/1985: "Indendørs måling af virksomhedsstøj".
- [23] Nordtest Method, NT ACOU 093 (1995-01):
"Building elements, small: Sound insulation, intensity scanning under laboratory conditions".

Bilag 1 - Eksempler på vinduesløsninger konstrueret med henblik på god lyd-isolation i åben tilstand

B1.1 Russervindue

Russervinduet består af en udvendig del med et opluk forneden og en indvendig del med et opluk foroven. Lyden skal således passere gennem hulrummet mellem de to dele og dæmpes herved. Vinduets lydisolation kan forbedres ved f.eks. at placere en karmabsorbent i hulrummet. Se Figur 1 og 2. Figur 3 viser russervinduet anvendt i praksis i kollektivhuset, Hans Knudsens Plads, København.

Lydmålinger på bl.a. de viste russervinduer i Figur 1 og 2 fremgår af rapport fra Miljøstyrelsen "Lydmæssig optimering af "russervinduer"", Miljøprojekt nr. 1417, 2012 [16]. Rapporten findes på Miljøstyrelsens hjemmeside:

<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2012/04/978-87-92903-01-3.pdf>

Der er endvidere udarbejdet en guideline: "Designguide for bestemmelse af "russervinduers" lydisolation", DELTA rapport TC-100192, juli 2012 [10]. Guiden findes på Miljøstyrelsens hjemmeside:

http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/0F38C73F-EA1C-4A81-9AD3-9775A1126078/0/designguide_russervinduer_2012.pdf



Figur 1

Et traditionelt tophængt vindue og et russervindue begge med dimensionerne 1,25 m x 1,50 m og begge med et åbningsareal på 0,35 m² (åbningsarealet for russervinduet dog 0,20 m² ud for tværsprosse ved øverste klap).



Figur 2

Russervindue med dimensionerne 1,25 m x 2,40 m. Åbningsareal 0,35 m², bortset fra ved tværsprossen (ses på foto th.) hvor åbningsarealet er 0,20 m². På foto th. ses en karmabsorbent med en tykkelse på 20 mm placeret mellem vinduets udvendige og indvendige del.



Figur 3
Russervindue benyttet i Kollektivhuset beliggende Hans Knudsens Plads, København.

B1.2 Vindue med drejelig lydskodde

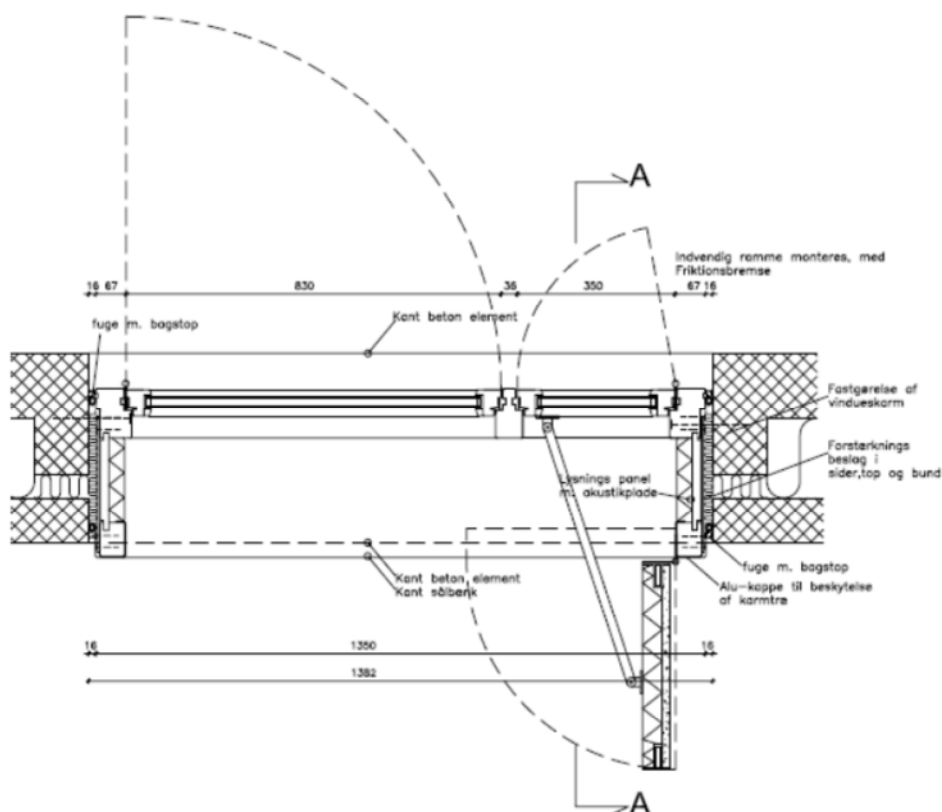
Den viste løsning er i form af en prototype afprøvet i et etagebyggeri på Margretheholm i København.

I Figur 4 er vist et vandret snit i konstruktionen, som består af en smal, drejelig, udadgående lydskodde koblet til en indadgående vinduesramme, således at skodden lukkes til og står parallel med vinduet, når den indvendige ramme åbnes. Der er placeret lydabsorberende materiale på bagsiden af skodden og rundt langs murhullets afgrænsning.

Lydmålinger på vinduet er rapporteret i Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 5, 2011: "Lydskodder til afskærmning mod støj fra virksomheder" [17].

Rapporten findes på Miljøstyrelsens hjemmeside:

<http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2011/08/978-87-92779-27-4.pdf>



Figur 4

Vandret snit i konstruktionen. Indvendig ramme lukket. Lydskodden åbenstående vinkelret på vinduet.



Figur 5

Vinduet i fuld åben tilstand set indefra. Lydskodden parallel med vinduesplanet.

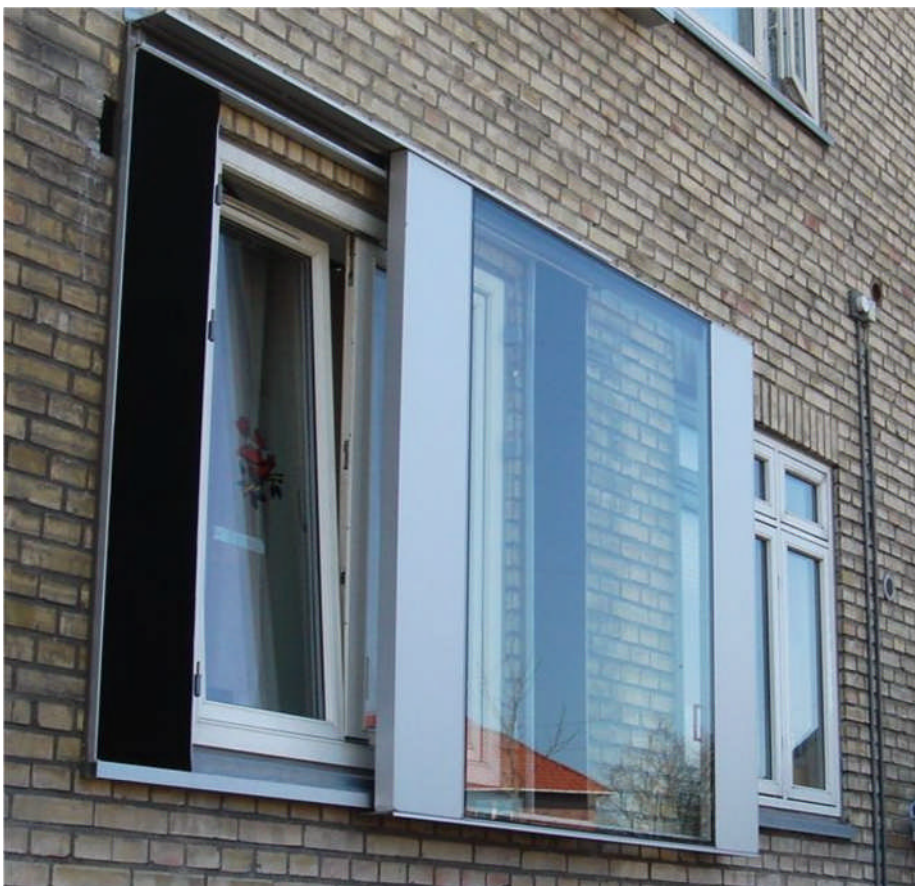
B1.3 Vindue med forskydelig lydskodde

Den viste løsning er benyttet i etagebebyggelsen Folehaven i København.

Lydskodden består af glas monteret på et skinnesystem, så den kan skydes til side som vist på Figur 6. De to lodrette sider af konstruktionen er udformet således, at der opstår en lydsluse mellem udvendig og indvendig del, når skodden er trukket hen foran vinduet. I den viste udformning er der en spalte på 30 mm i siderne mellem udvendig og indvendig del, når skodden er trukket for.

Resultater fra lydmålinger på konstruktionen findes i rapport udarbejdet af Københavns Kommune: "Evaluerings af støjprojekt i Folehaven", december 2011 [18]. Rapporten kan findes på Københavns Kommunes hjemmeside:

http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_publicationer/pdf/812_SSeeqa0tJj.pdf



Figur 6

Lydskodden er kørt til siden og det eksisterende side-bundhængte, indadgående vindue åbnet i ventilationsstilling.

B1.4 Facade delvist afdækket med glasskakt

Denne løsning er benyttet i etagebebyggelse beliggende Fredensgade i København.

Der er tale om en støjafskærmning i form af en glasskakt. Udeluft fra bygningens gårdside ledes i rør under bygningen til glasskaktens bund og en stabil tilførsel af luft sker med en ventilator. Luftindtag til boligerne sker enten gennem lyddæmpet udeluftventiler eller ved at åbne vinduerne ud mod glasskakten.

Dette projekt er beskrevet i rapporten: "Grøn Støj - Bygningsrenovering i støjbelastede boliger", Socialministeriet, 2005 [19]. Rapporten kan bl.a. findes på Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter's hjemmeside:

http://mbbl.dk/sites/mbbl.omega.oitudv.dk/files/dokumenter/publikationer/groen_stoej.pdf



Figur 7

Glasskakt med tilførsel af udeluft fra bygningens bagside.

Bilag 2 - Lydisolationsdata - reduktionstal og spektrale korrektionsled

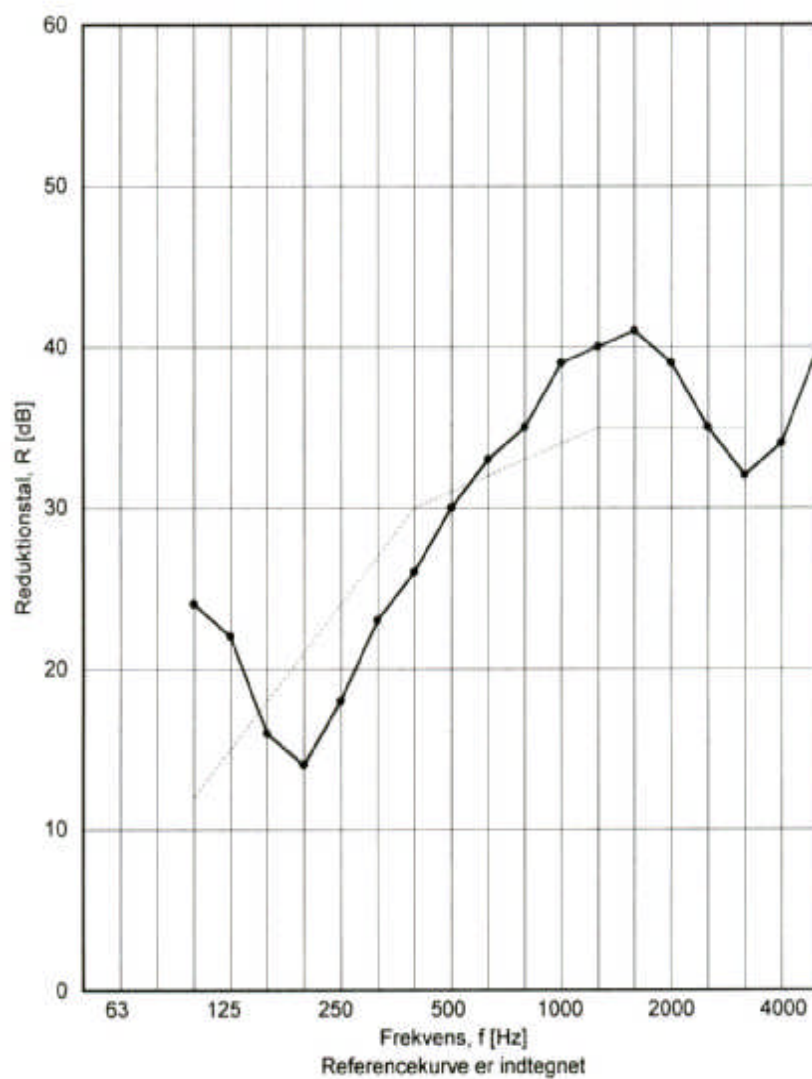
Luftlydisolationen for en bygningsdel - f.eks. et vindue - angives normalt som det laboratoriemålte reduktionstal, R pr. 1/3-oktav i frekvensområdet 100-5000 Hz. Resultatet af en laboratoriemåling består således af 18 1/3-oktavværdier - reduktionstalskurven - som angiver vinduets lydisolation afhængig af lydens frekvens. Frekvensområdet kan udvides til 50-5000 Hz, således at også de lavere frekvenser kommer med. I Figur 8 er vist en typisk reduktionstalskurve for et vindue i frekvensområdet 100-5000 Hz.

Det kan være hensigtsmæssigt, at lydisolationen også kan udtrykkes ved et enkelt tal, f.eks. hvis man ønsker direkte at sammenligne de lydmæssige egenskaber for forskellige produkter på en nem måde. Man beregner derfor på basis af reduktionstalskurven et enkelt tal, R_w -værdien.

R_w betegnes det vægtede reduktionstal og er en form for gennemsnitlig lydisolation for hele frekvensområdet. R_w -værdien har vist sig at være en lidt for upræcis størrelse til at være dækkende for mange former for støj med forskellige frekvensspektre. Man har derfor tilføjet to spektrale korrektionsled, C og C_{tr} . Disse korrektionsled adderes til R_w -værdien, så den mere præcist tilpasses forskellige former for støj. Når denne tilpasning er vigtig, skyldes det, at det ofte er enkelttalsværdierne, der benyttes ved projektering.

I Figur 9 er angivet, hvilke støjtyper som relaterer til henholdsvis C og C_{tr} .

Laboratoriemålinger udføres efter DS/EN ISO 10140 serien [21] og enkelttalsværdierne beregnes efter DS/EN ISO 717-1 [11].



$$R_w(C;C_{tr}) = 30 \text{ (-1; -5) dB}$$

Figur 8

Eksempel på reduktionstalskurve med tilhørende enkelttalsværdier.

Støjkilde	Spektralt tilpasningsled
Aktiviteter i boliger mv. (tale, musik, TV mv.) Børns leg Jernbanetrafik ved middel/høj hastighed Vejtrafik (> 80 km/t) Jetfly, kort afstand Virksomheder (middel/højfrekvent støj)	C
Bytrafik Jernbanetrafik ved lav hastighed Propelfly Jetfly, stor afstand Diskomusik Virksomheder (medium/lavfrekvent støj)	C _{tr}

Figur 9

Støjtyper som relaterer til de to spektrale tilpasningsled, C og C_{tr}.