



We help ideas meet the real world

Designguide for bestemmelse af "russervinduers" lydisolation



Rapport udarbejdet af
Lars S. Søndergaard
Henrik S. Olesen
DELTA

DELTA
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Danmark

Tlf. +45 72 19 40 00
Fax +45 72 19 40 01
www.delta.dk
CVR nr. 12275110

Denne designguide er baseret på resultater fra et projekt vedrørende lydmæssig optimering af "russervinduer" gennemført af DELTA i samarbejde med H. S. Hansens Fabrikker A/S. Projektet er medfinansieret af Miljøstyrelsen.

Indholdsfortegnelse

1. Formål	3
2. Baggrund.....	3
3. Russervinduets opbygning.....	4
4. Designparametre	5
5. Princip for anvendelse af designguiden.....	7
6. Designmetoden – trin for trin.....	9
7. Designeksempel	17
8. Lukkede opluk.....	18
9. Litteraturliste.....	19



1. Formål

Formålet med designguiden er at angive en enkel metode til at estimere og optimere lyd-isolationen for et russervindue i åben tilstand. Guiden tager udgangspunkt i et antal designparametre, som er afgørende for den opnåelige lyd-isolation. Betegnelsen "russervindue" er almindelig benyttet i Danmark for denne vinduestype, der er baseret på et tilsvarende princip anvendt i Vinterpaladset i Skt. Petersborg opført i 1762.

2. Baggrund

Denne designguide er baseret på resultater fra et projekt vedrørende lydmæssig optimering af "russervinduer" gennemført af DELTA i samarbejde med H. S. Hansens Fabrikker A/S. Projektet er medfinansieret af Miljøstyrelsen under udviklingsprogrammet "Miljøeffektiv Teknologi 2008". Projektets laboratoriedel, som danner baggrund for designguiden, er afsluttet i marts 2011. Der er under projektet udført et stort antal laboratoriemålinger, som er beskrevet i den samlede tekniske rapport - Lydmæssig optimering af "Russervinduer" - ref. [1].

Projektet har udgangspunkt i en revision af planloven, som giver mulighed for at etablere f.eks. nye boliger i områder med højt støjniveau (f.eks. i forbindelse med huludfyldning i stærkt trafikerede byområder). En forudsætning er, at det sker i eksisterende byområder eller områder for blandede byfunktioner, og der stilles desuden særlige krav til lyd-isolationen af de nye boliger.

Dette er nærmere beskrevet i de tre vejledninger: Miljøstyrelsens Vejledning 4/2007 "Støj fra veje", Miljøstyrelsens "Tillæg til vejledning nr. 5/1984: Ekstern støj fra virksomheder" fra juli 2007 og Miljøstyrelsens "Tillæg til vejledning nr. 1/1997: Støj og vibrationer fra jernbaner" fra juli 2007 (ref. [2] - [4]). I hvert af dem er der et krav til indendørs støjniveau med åbne vinduer. For eksempel er kravet vedrørende vejtrafikstøj på maksimalt 46 dB for boliger og i kontorer 51 dB med åbentstående vinduer med et åbningsareal på 0,35 m² (se note 1 på side 6). Dette krav gælder for hvert enkelt vindue og kan som regel ikke opfyldes med en almindelig vindueskonstruktion, hvis det udendørs støjniveau er højere end de vejledende støjgrænser. Her kommer russervinduet ind som en løsningsmulighed.

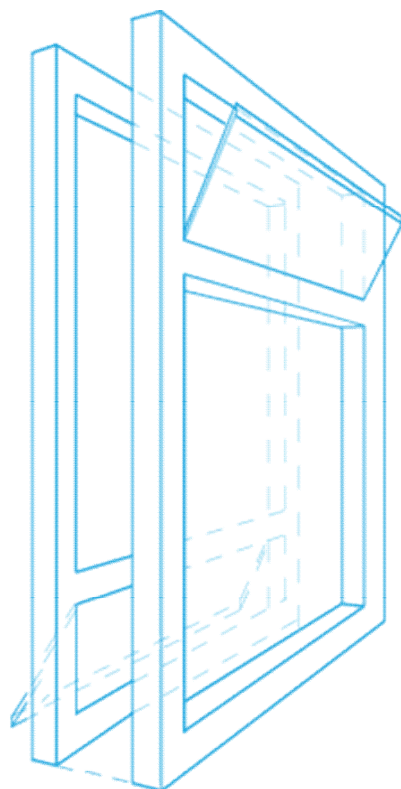
Designguiden omhandler udelukkende lydmæssige egenskaber og således ikke ventilationsegenskaber, varmeisolation mv.

Resultater tilvejebragt ved brug af designguiden skal betragtes som orienterende og bør ikke sidestilles med resultater opnået ved en laboratorie- eller feltmåling. Præcis dokumentation af de lydmæssige egenskaber kan kun fastlægges ved en laboratoriemåling i henhold til DS/EN ISO 10140 (ref. [5] - [8]) eller eventuelt en feltmåling i henhold til DS/EN ISO 140-5 (ref. [9]) og SBI-anvisning 217 (ref. [10]).



3. Russervinduets opbygning

Russervinduet er en dobbelt vindueskonstruktion bestående af en udvendig del og en indvendig del. Vinduet er forsynet med minimum to rammer, som kan åbnes. I den udvendige del er der placeret en tophængt ramme forneden og i den indvendige del en bundhængt ramme foroven (se figur 1 - 3). I det følgende benævnes de to rammer ”opluk”. Oplukkenes åbne-/lukkefunktion vil som regel være motorstyret. Vinduet er oprindeligt konstrueret med henblik på opnåelse af gode ventilations- og varmemæssige egenskaber.



Figur 1
Principskitse af typisk udformning af russervinduet.

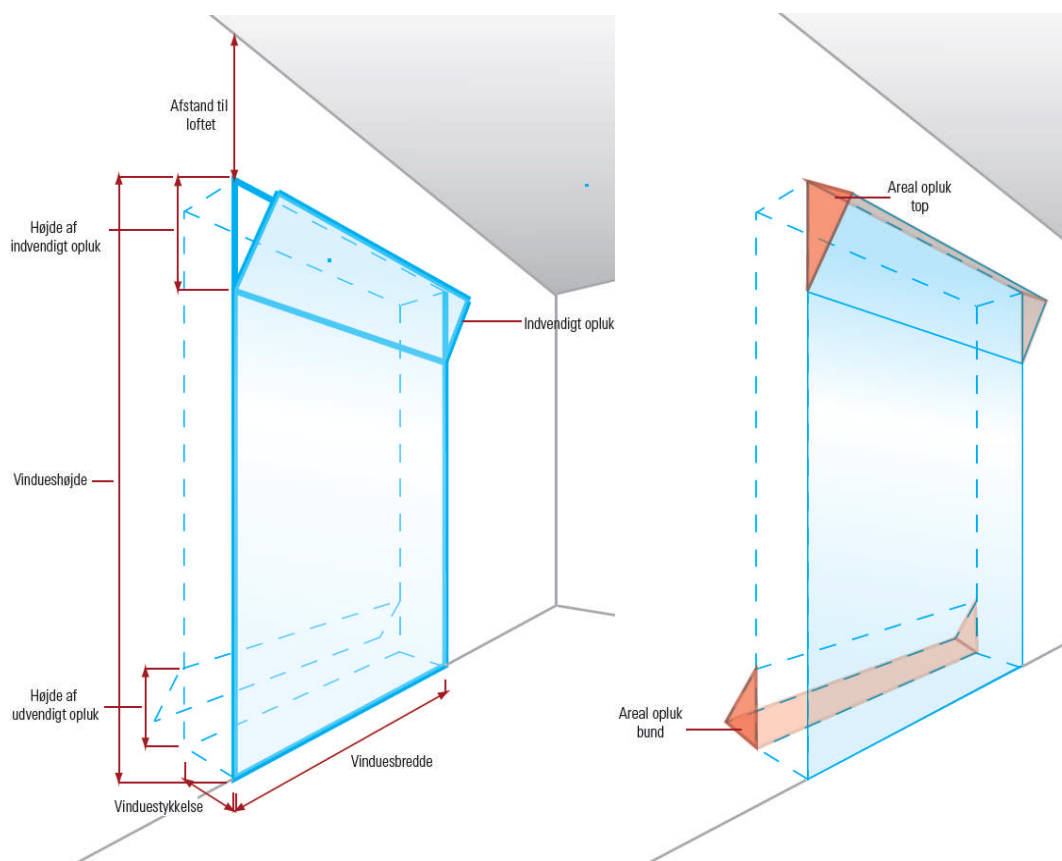
Konstruktionen har imidlertid også gode lydmæssige egenskaber, idet støjen skal passere en lodret ”kanal”, som udgøres af hulrummet mellem de to vinduesdele. Der sker herved en dæmpning af støjen ud over det, som kan opnås med et almindeligt åbentstående vindue. Lydisolationen kan endvidere forbedres ved placering af lydabsorberende materiale i hulrummet.

Russervinduet har yderligere den fordel, at med begge opluk i lukket position har vinduet en meget høj lydisolation, idet det fungerer som en effektiv dobbeltkonstruktion pga. den store hulrumsdybde. Med åbne opluk er den opnåelige lydisolation stort set uafhængig af de anvendte ruder. (Den indvendige rude - som sædvanligvis vil være en termorude - bør dog som minimum have en samlet glastykkelse på 8 mm).



4. Designparametre

Bestemmelse af russervinduet's lydæssige egenskaber tager udgangspunkt i et antal designparametre, som er afgørende for den opnåelige lydisolations.



Figur 2

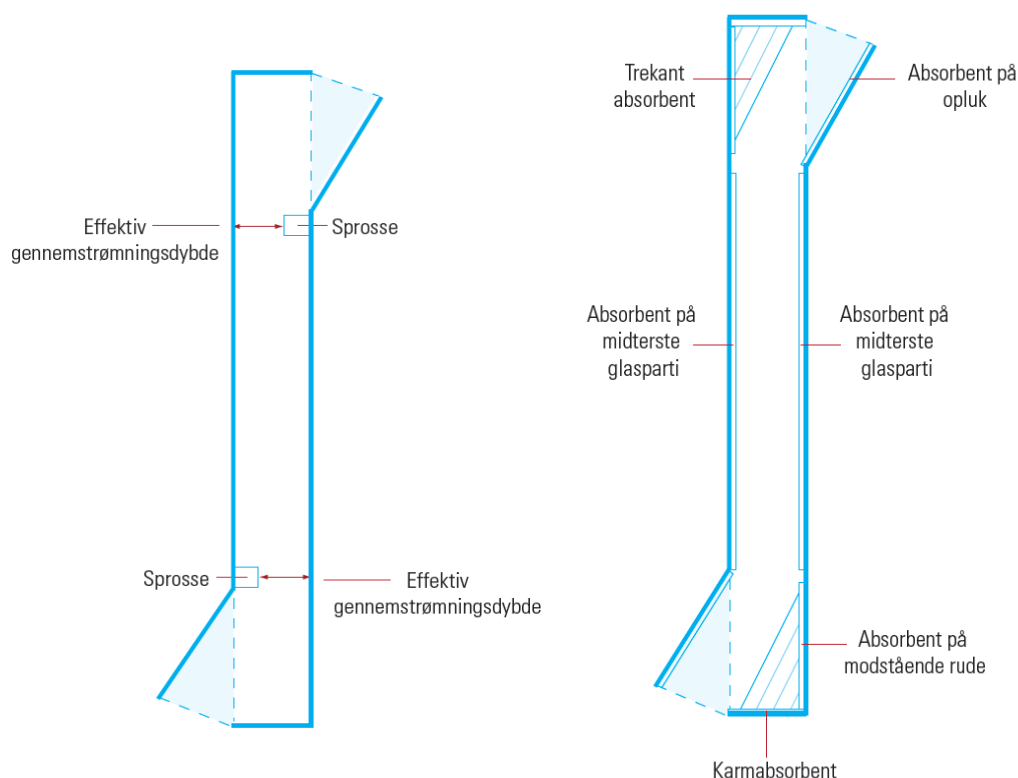
Venstre: Skitse af russervinduet med angivelse af forskellige parametre. Højre: Definition af åbningsareal for opluk i top og bund (summen af trekanterne i siderne og rektanglerne over/under oplukket).

Følgende parametre indgår i bestemmelse af lydisolationsen:

- Vindueshøjden - den indvendige afstand mellem bundkarm og topkarm (se figur 2 venstre).
- Vinduestykkelsen - den indvendige afstand mellem udvendig og indvendig rude (se figur 2 venstre).
- Vinduesbredden - den indvendige afstand mellem sidekarmene (se figur 2 venstre).
- Vinduet's effektive gennemstrømningsareal - den mindste effektive gennemstrømningsdybde x vinduesbredden (se figur 3 venstre og note 1 på side 6).



- Højde af hvert opluk (se figur 2 venstre). Højden er ikke nødvendigvis ens for de to opluk.
- Absorptionsmateriale i hulrummet (se figur 3 højre).
- Afstanden mellem vinduets øvre afgrænsning og loftet (se figur 2 venstre).
- Loftets lydabsorberende egenskaber.
- Åbningsarealer for opluk (se figur 2 højre).
- Emner placeret inde i vinduet (persienner/gardiner/lameller/folier).



Figur 3

Venstre: Den effektive gennemstrømningsdybde er defineret som den mindste vandrette afstand, der forekommer i hulrummet – vil normalt være afstanden mellem den bredeste sprosse og modstående rude. Højre: Forskellige placeringer af lydabsorberende materiale i hulrummet. Den viste karmabsorbent vil normalt dække hele det indvendige areal mellem ruderne ved alle 4 karme (Top-, bund- og sidekarme).

Note 1: Som nævnt i afsnit 2 "Baggrund" forudsættes kravene til indendørs støjniveau opfyldt med åbentstående vinduer med et åbningsareal på $0,35 \text{ m}^2$. På grund af russervinduets særlige konstruktion kan det accepteres, at det effektive gennemstrømningsareal reduceres i forhold til de $0,35 \text{ m}^2$, men ikke til mindre end $0,2 \text{ m}^2$. Dette forudsætter, at oplukkenes åbningsareal begge er mindst $0,35 \text{ m}^2$, samt at der er aftræk fra rummet, f.eks. gennem kanal over tag. Denne mulighed for reduktion af vinduets tykkelse er baseret på vurderinger vedrørende luftskifte foretaget af COWI A/S og H. S. Hansens Fabrikker A/S. Vurderingen er nærmere beskrevet i den samlede tekniske rapport (ref. [1]).



5. Princip for anvendelse af designguiden

Designguiden er baseret på en række kurver, hvor der ud fra højden alene på det aktuelle vindue aflæses en startværdi for lydisolationen. Ved hjælp af de efterfølgende kurver korrigeres denne startværdi for vinduets bredde og tykkelse, højde af opluk, evt. lydabsorberende materiale i hulrummet, afstand til loft og loftets lydabsorberende egenskaber.

Nogle af de fremkomne korrektioner er relativt små, men er medtaget, fordi det giver et godt indtryk af forholdet mellem effekten af de forskellige parametres betydning for lydisolationen. Generelt gælder det, at åbningsarealet af oplukkene og vindueshøjden er de afgørende parametre, hvor mindre åbningsareal og højere vindue forbedrer lydisolationen for vinduet. Åbningsarealet er ikke medtaget som designparameter, da det i det følgende er en forudsætning at åbningsarealet er på $0,35 \text{ m}^2$.

Indsættelse af lydabsorberende materiale i hulrummet i vinduet forbedrer lydisolationen betydeligt. Derudover forbedrer øget afstand til loftet og et lydabsorberende loft også lydisolationen af vinduet. Vinduestykkelse og vinduesbredde har mindre betydning for lydisoleringen af vinduet, men forbedres generelt med et tyndere og/eller smallere vindue.

Ud over de nævnte parametre er der også foretaget undersøgelser af betydning af placering af emner i hulrummet (persiener, lameller, folier, gardiner m.m.). Placering af emner i hulrummet har kun minimal betydning, hvis disse ikke er lydabsorberende. Hvis emnerne er lydabsorberende kan trin 6 i afsnit 6 anvendes. Det effektive gennemstrømningsareal er kun behandlet indirekte, idet dette bestemmes af den effektive gennemstrømningsdybde (vinduestykkelsen) og vinduesbredden.

Ved den beskrevne designmetode bestemmes den forventede lydisolering angivet som de tre enkelttalsværdier R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} . Resultaterne er relateret til et areal svarende til hulmålet for det aktuelle vindue.

Det skal bemærkes, at et resultat fremkommet ved denne metode udelukkende er gældende for et vindue med de aktuelle dimensioner.

Det forudsættes i det følgende, som nævnt ovenfor, at udvendigt og indvendigt opluk begge har åbningsarealet $0,35 \text{ m}^2$.

Det forudsættes endvidere at det effektive gennemstrømningsareal er beliggende i intervallet $0,20 \text{ m}^2$ til $0,40 \text{ m}^2$.

For resultater med emner i hulrummet og ved andre åbningsarealer af oplukkene end $0,35 \text{ m}^2$ henvises til den samlede tekniske rapport (ref. [1]).

Nedenstående tabel opsummerer overslagsmæssigt betydningen af de forskellige parametre, først vindueshøjden udtrykt som enkelttalsværdien R_w+C_{tr} (startværdien). Indflydelsen fra de øvrige parametre er udtrykt som korrektioner til denne startværdi. Yderligere beskrivelser og detaljer, startværdi og korrektioner for de øvrige parametre udtrykt i form af kurver samt værdier for R_w og R_w+C findes i afsnit 6. De anførte trin 1 - 7 refererer til afsnit 6.



Vindueshøjde - Trin 1	1500 mm	2000 mm	2500 mm
R_w+C_{tr} [dB] (Startværdi)	13	15	17
Vinduestykkelse - Trin 2			
	150 mm	250 mm	350 mm
Korrektion [dB]	-1,0	0	0
Vinduesbredde - Trin 3			
	750 mm	1000 mm	1250 mm
Korrektion [dB]	+1,0	+0,5	0
Højde af opluk - Trin 4			
	300 mm	500 mm	700 mm
Udvendig Korrektion [dB]	+0,2	0	-0,2
Indvendig Korrektion [dB]	+0,2	0	-0,2
Tykkelse af karmabsorbent - Trin 5			
	20 mm	30 mm	40 mm
Korrektion [dB]	+2,5	+3,0	+3,5
Samlet volumen af absorption i hulrummet ud over karmabsorbenten - Trin 6			
	0,05 m ³	0,09 m ³	0,11 m ³
Korrektion [dB]	+1,5	+3,0	+5,0
Afstand til loft - Trin 7			
	200 mm	400 mm	600 mm
Lydreflekterende loft, $\alpha_w \sim 0,05$ Korrektion [dB]	0	+1	+2
Moderat lydabsorberende loft, $\alpha_w \sim 0,60$ Korrektion [dB]	+1,5	+2	+3
Kraftigt lydabsorberende loft, $\alpha_w \sim 0,95$ Korrektion [dB]	+2,5	+3	+3,5

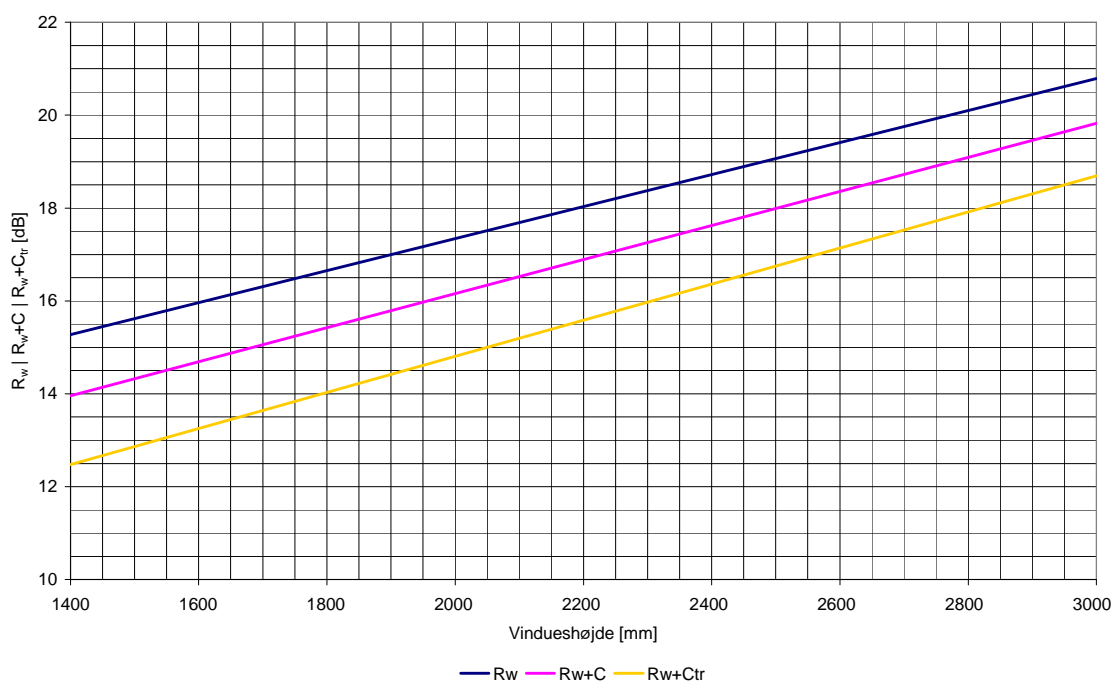


6. Designmetoden – trin for trin

(Et eksempel på benyttelse af designguiden er vist i afsnit 7).

Trin 1: Vindueshøjden

Gå ind på x-aksen i figur 4 med højden af det aktuelle vindue (som defineret i figur 1). Af-læs på y-aksen ud fra de tre kurver startværdien for vinduets lydisolation for hhv. R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} .



Figur 4

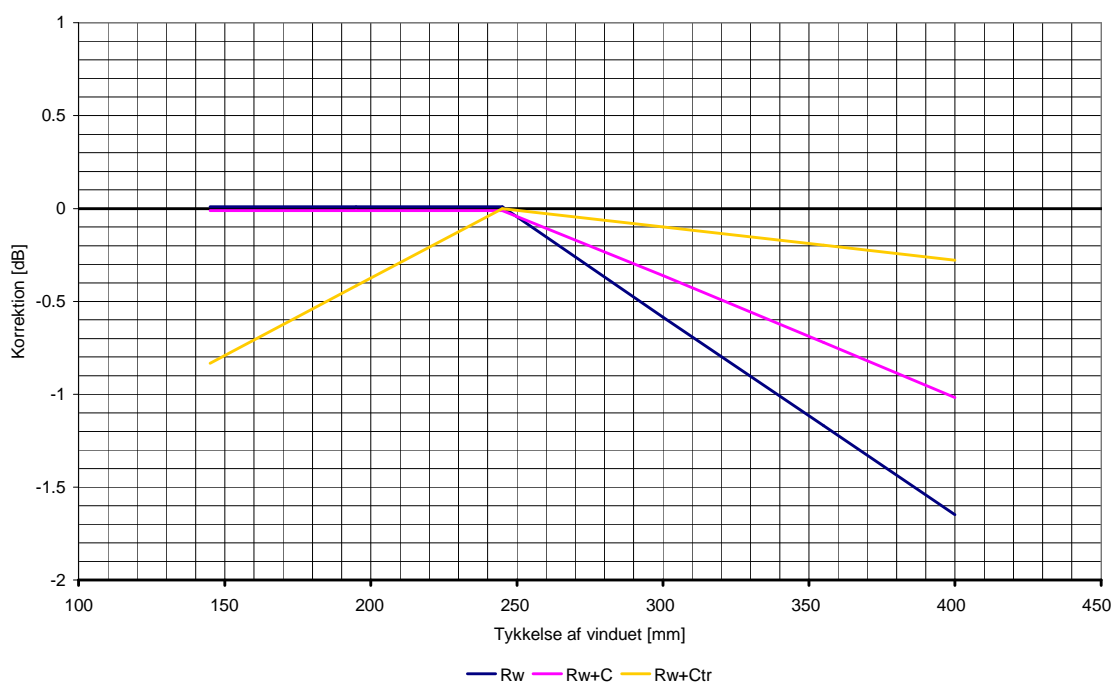
Startværdi for vinduets lydisolation som funktion af vindueshøjden.

Bemærkninger: En af de mest betydende parametre er vindueshøjden. Jo højere vindue, jo bedre lydisolation. For hver 0,5 meter vindueshøjden øges, kan det som hovedregel forventes, at lydisolationen forbedres med ca. 2 dB (gælder for R_w , R_w+C og R_w+C_{tr}). Denne hovedregel gælder kun med udgangspunkt i vinduer med en højde på mindst ca. 1500 mm.



Trin 2: Vinduestykkelsen

Gå ind på x-aksen i figur 5 med tykkelsen af det aktuelle vindue (afstanden mellem udvendig og indvendig rude, som defineret i figur 1). Aflæs på y-aksen ud fra de tre kurver korrektionsværdier for hhv. R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} . Adder disse korrektionsværdier til de tre tilsvarende startværdier for R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} bestemt under trin 1. (Aflæses en negativ værdi, fratrækkes denne resultatet i trin 1).



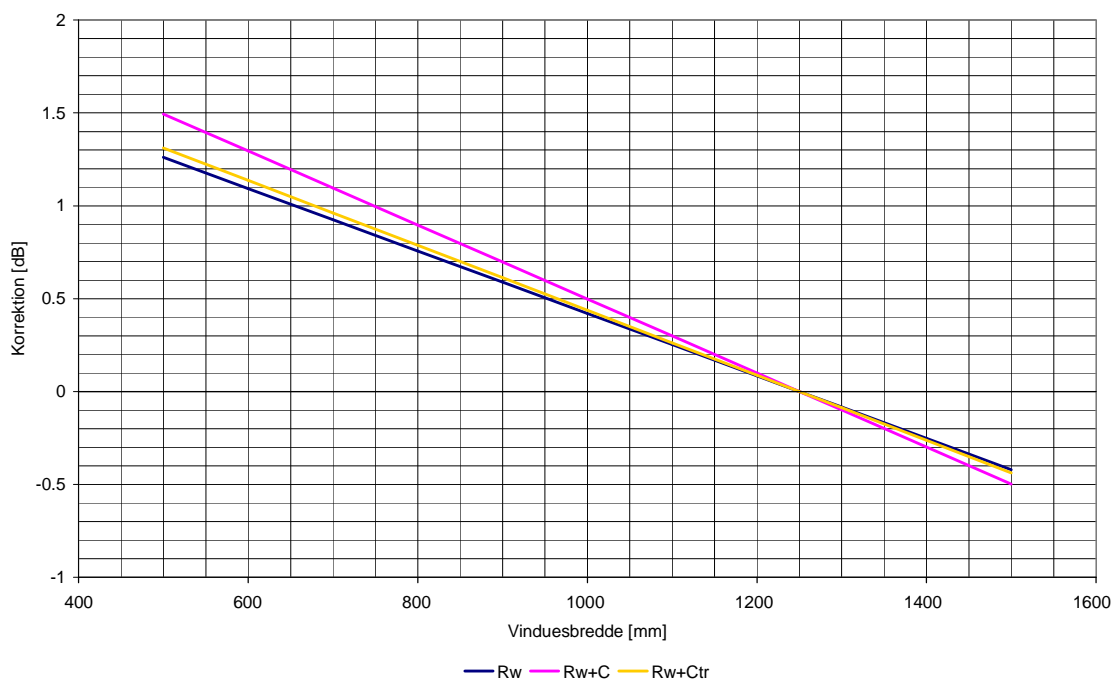
Figur 5
Korrektionsværdier for vinduestykkelsen.

Bemærkninger: Som det ses af kurverne, har vinduets tykkelse kun begrænset indflydelse på lydisolationen. Det er vurderet, at der kan ses bort fra sprossernes indflydelse, såfremt disse ikke er dybere end ca. 80 mm, og såfremt vinduets tykkelse er mindst 250 mm. Dvs. at der i trin 2 blot benyttes vinduestykkelsen som den indvendige afstand mellem udvendig og indvendig rude. (Det forudsættes at sprosser i udvendig og indvendig del af vinduet ikke er placeret over for hinanden i hulrummet). Vær opmærksom på, at ved ændringer af vinduestykkelse må vinduesbredden dimensioneres således, at kravet til det effektive gennemstrømningsareal opfyldes.



Trin 3: Vinduesbredden.

Gå ind på x-aksen i figur 6 med vinduets bredde (som defineret i figur 1). Aflæs på y-aksen ud fra de tre kurver korrektionsværdier for hhv. R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} . Adder disse korrektionsværdier til de tre akkumulerede værdier for R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} bestemt under trin 2. (Aflæses en negativ værdi, fratrækkes denne resultatet i trin 2).



Figur 6
Korrektionsværdier for vinduesbredden.

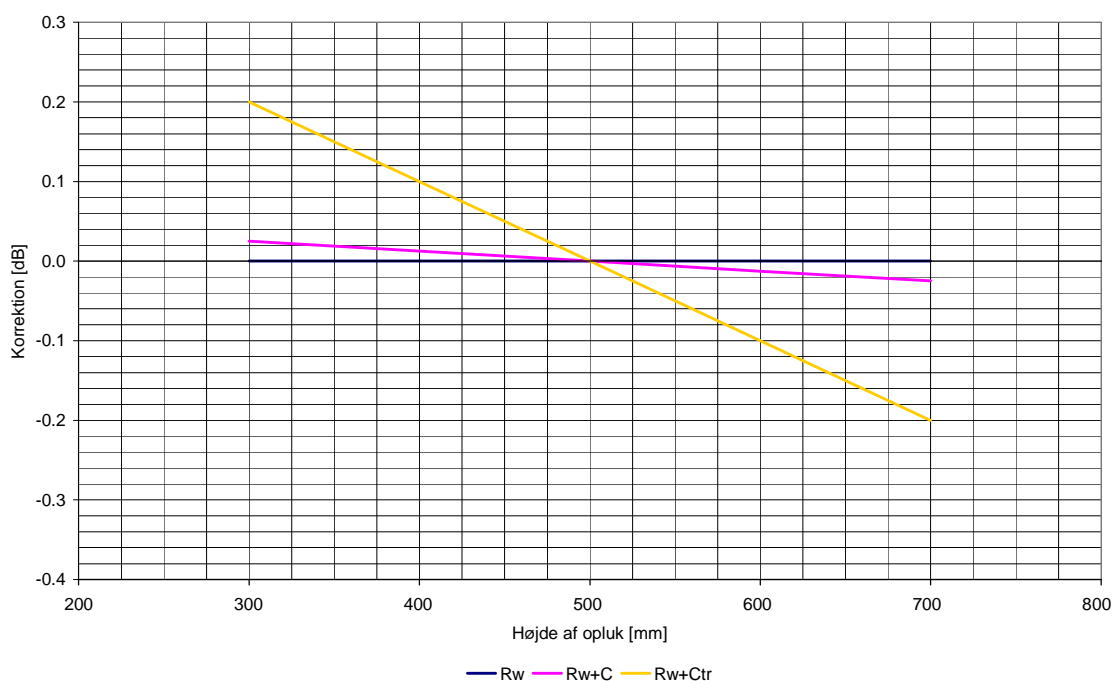
Bemærkninger: Vær opmærksom på, at ved ændringer af vinduesbredden må vinduesykkelsen dimensioneres således, at kravet til det effektive gennemstrømningsareal opfyldes.



Trin 4: Højde af opluk

Gå ind på x-aksen i figur 7 med højden af oplukkene (som defineret i figur 1). Aflæs på y-aksen ud fra de tre kurver korrektionsværdier for hhv. R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} for både udvendigt og indvendigt opluk. Adder summen af de to korrektionsværdier til de tre akkumulerede værdier for R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} bestemt under trin 3. (Bestemmes en negativ værdi, fratrækkes denne resultatet i trin 3).

Figur 7 skal således anvendes både til udvendigt og indvendigt opluk. (For eksempel giver et udvendigt opluk på 400 mm og et indvendigt opluk på 300 mm en korrektion på hhv. +0,1 dB og +0,2 dB - i alt +0,3 dB, som adderes til resultatet fra trin 3).



Figur 7
Korrektionsværdier for højde af opluk.

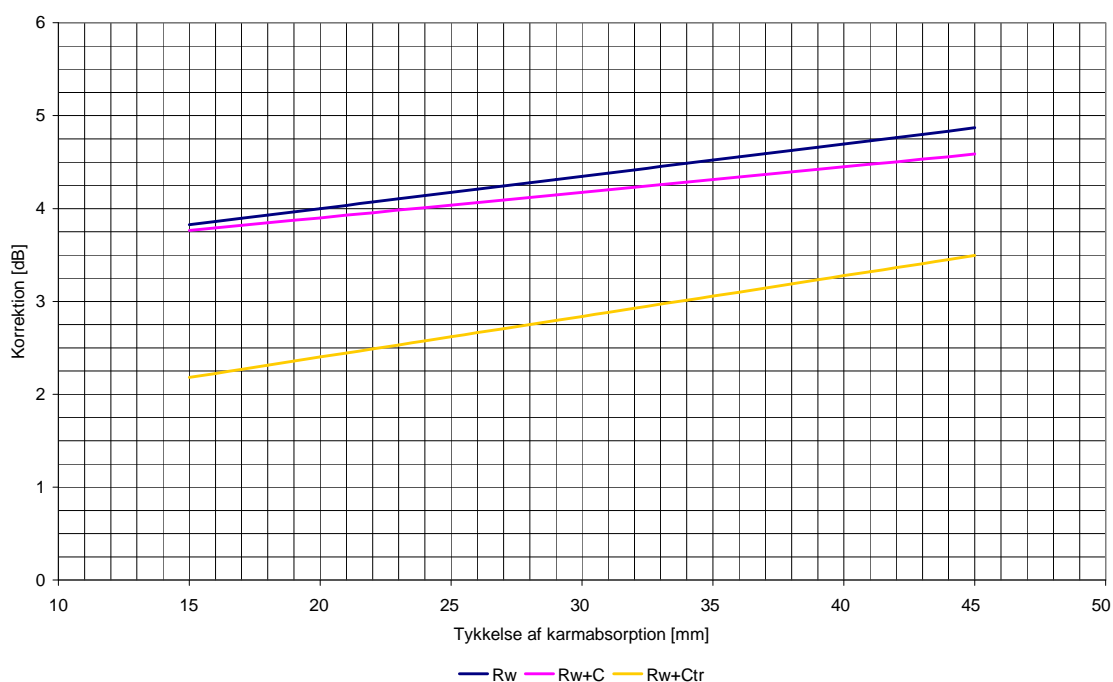
Bemærkninger: Det forudsættes, at begge opluk har et åbningsareal på 0,35 m². Figur 7 kan anvendes for vinduer med en højde over 2000 mm og opluk med en maksimal højde på 700 mm.



Trin 5: Karmabsorbent i hulrummet

Benyttes der ikke absorbent i hulrummet, springes trin 5 og 6 over.

Gå ind på x -aksen i figur 8 med tykkelsen af den benyttede karmabsorbent (placering af karmabsorbent vist i figur 3). Aflæs på y -aksen ud fra de tre kurver korrektionsværdier for hhv. R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} . Adder disse korrektionsværdier til de tre akkumulerede værdier for R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} bestemt under trin 4.



Figur 8

Korrektionsværdier for effekt af karmabsorbent.

Bemærkninger: En karmabsorbent i hulrummet vil være en enkel og effektiv måde at forbedre lydisoleringen på. Det forudsættes, at karmabsorbenten dækker hele det indvendige areal mellem ruderne ved alle 4 karme (top-, bund- og sidekarme). Det forudsættes endvidere, at karmabsorbenten har en lydabsorption som en typisk porøs absorbent (fx et mineralulds- eller tekstilprodukt) dvs. med en vægtet absorptionskoefficient (i henhold til DS/EN ISO 11654) på omkring 0,55 for en tykkelse på 20 mm og omkring 0,75 for en tykkelse på 40 mm.

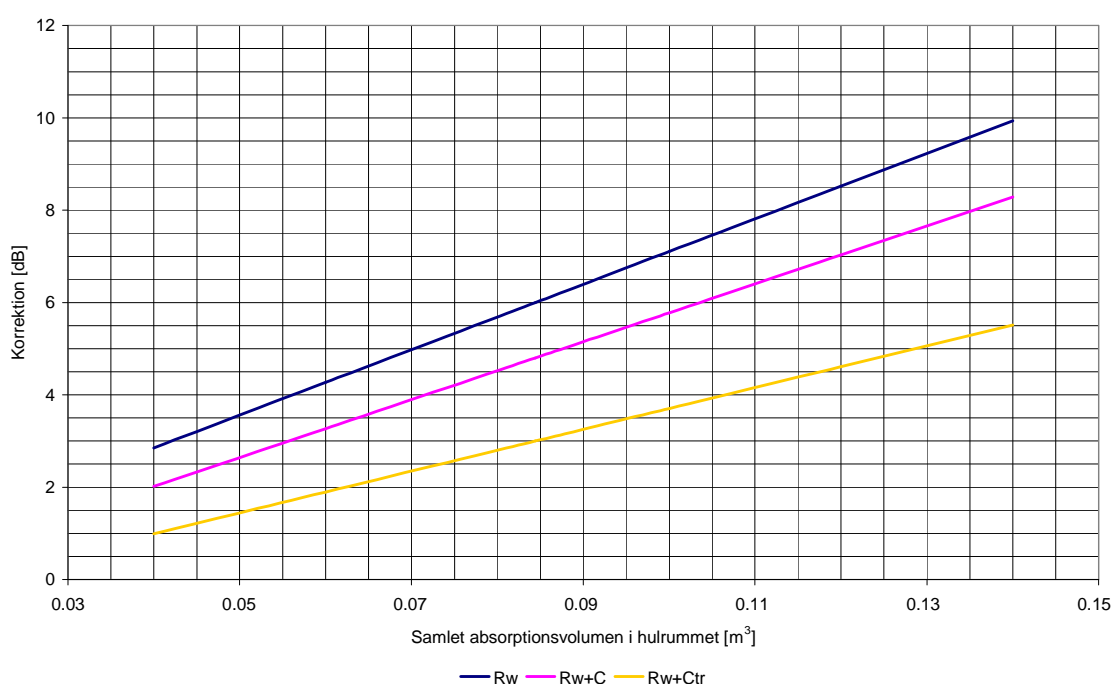
Ved meget smalle vinduer (lille bredde) og ved meget tykke vinduer kan man forvente en større forbedring af lydisolering end angivet i figur 8.



Trin 6: Yderligere absorptionsmateriale i hulrummet som supplement til karmabsorbent

Benyttes der ikke yderligere absorptionsmateriale i hulrummet, springes trin 6 over.

Gå ind på x -aksen i figur 9 med det samlede volumen af absorptionsmateriale i hulrummet ud over karmabsorbenten. Aflæs på y -aksen ud fra de tre kurver korrektionsværdier for hhv. R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} . Adder disse korrektionsværdier til de tre akkumulerede værdier for R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} bestemt under trin 5.



Figur 9

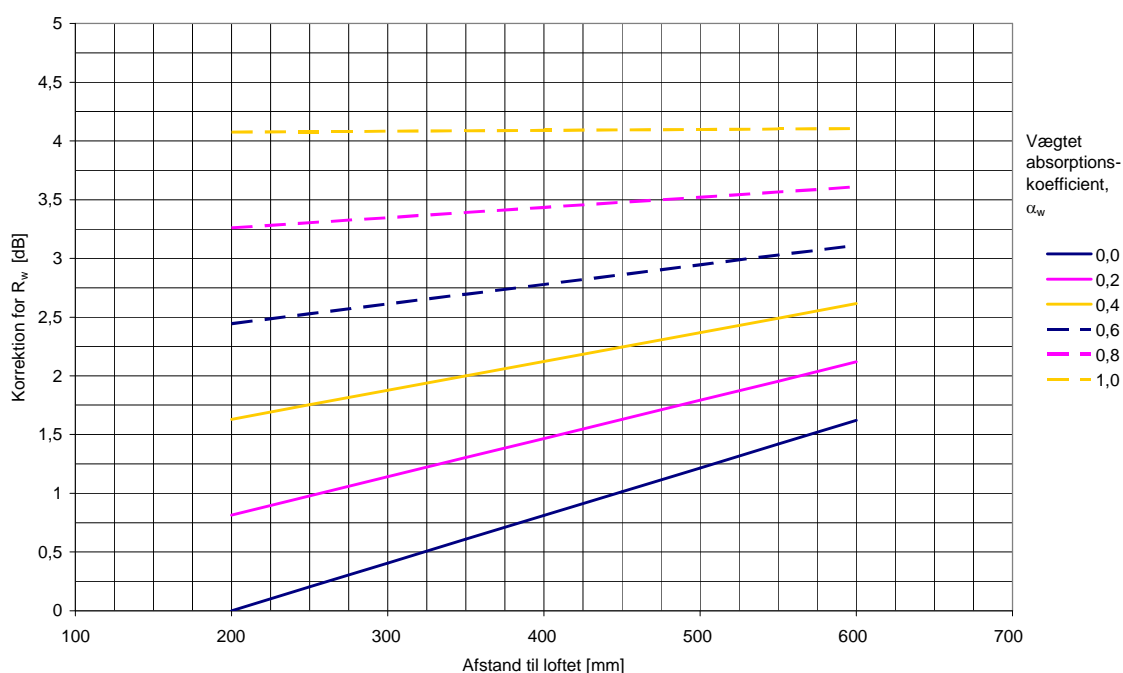
Korrektionsværdier for det samlede volumen af supplerende absorptionsmateriale i hulrummet ud over karmabsorbenten.

Bemærkninger: Ud over den effekt en karmabsorbent giver, kan der suppleres med andre former for absorbenter i hulrummet for en yderligere forbedring af lydisoleringen. Eksempler på sådanne er vist i figur 3 (f.eks. absorberende materiale på indvendig side af oplukkene og/eller på modstående rude + eventuelt trekant-absorbenter i hjørnet modsat oplukkene). Ulempen ved disse løsninger er, at der vil være et område øverst og nederst i vinduet, som er ugennemsigtigt. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at dette i visse byggerier med fordel vil kunne indgå i facadedesignet. Tilsvarende kan det midterste glasparti afdækkes med en lydabsorbent. Det er forudsat, at yderligere lydabsorberende materiale i hulrummet kun er relevant som supplement til en karmabsorbent. Såfremt der ikke benyttes karmabsorbent - og dermed heller ikke yderligere absorberende materiale - overspringes trin 5 og 6.



Trin 7: Afstand til loftet samt lydabsorberende materiale på loftet

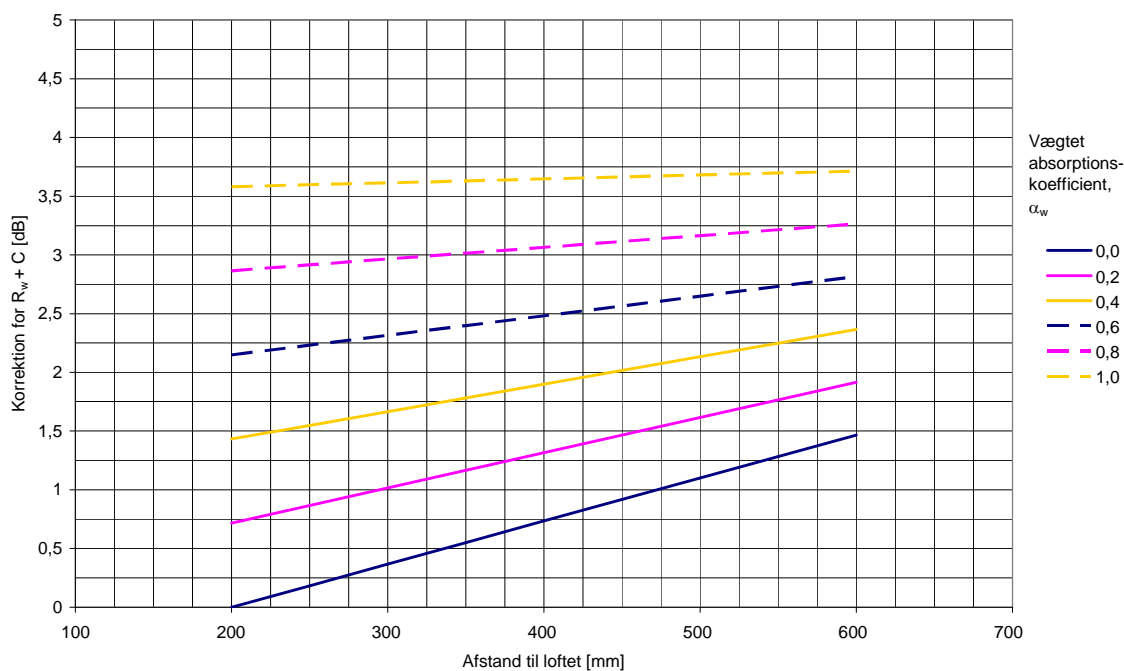
Gå ind på x-aksen i figur 10, 11 og 12 med afstanden til loftet (som defineret i figur 1). Aflæs på y-aksen ud fra kurverne korrektionsværdier for forskellige grader af lydabsorption for loftet. Adder de fundne korrektionsværdier til de tre akkumulerede værdier for R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} bestemt under trin 4, 5 eller 6 (trin 4, hvis der ikke er benyttet absorptionsmateriel i hulrummet, trin 5, hvis der er benyttet karmabsorbent, og trin 6, hvis der er benyttet karmabsorbent plus supplerende absorptionsmateriale).



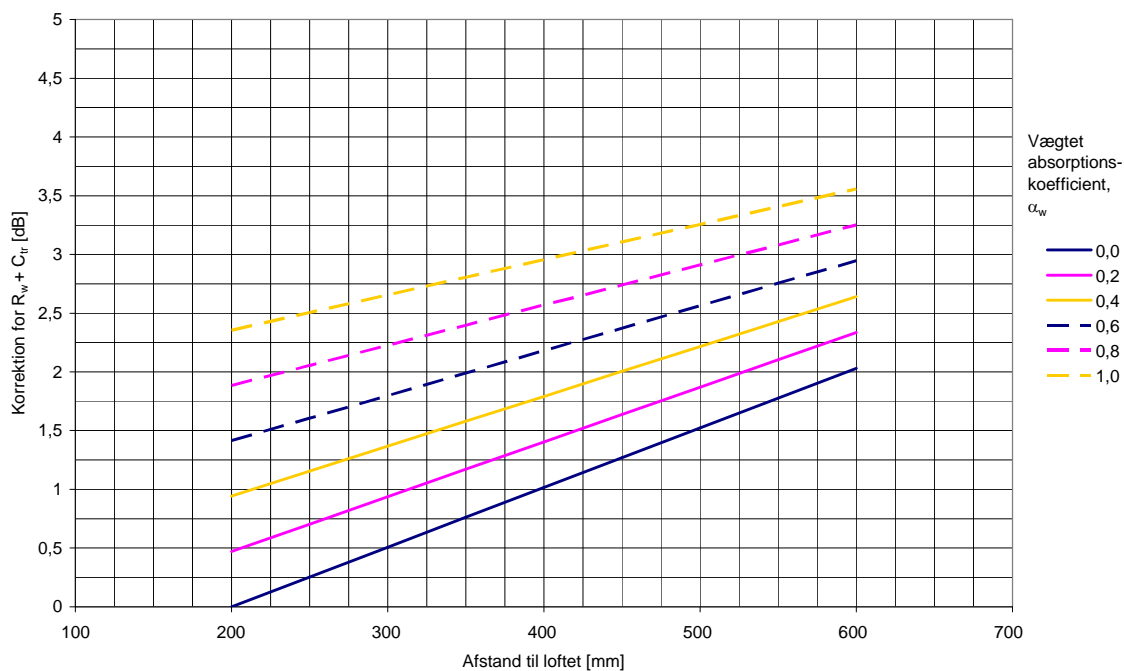
Figur 10

Korrektionsværdier for R_w for afstand til loft samt loftets vægtede absorptionskoefficient.





Figur 11
Korrektionsværdier for $R_w + C$ for afstand til loft samt loftets vægtede absorptionskoefficient.



Figur 12
Korrektionsværdier for $R_w + C_{ir}$ for afstand til loft samt loftets vægtede absorptionskoefficient.



Bemærkninger: De benyttede absorptionsdata, som indgår i figur 10 - 12, er den vægtede absorptionskoefficient i henhold til DS/EN ISO 11654.

Såfremt loftet ikke er udført som et lydabsorberende loft, kan der opnås en effekt svarende til resultatet af trin 7, såfremt der på et passende areal over det indvendige opluk på loftet placeres et felt med lydabsorberende materiale.

Trin 8: Slutresultat og usikkerhed

De fremkomne værdier af R_w , R_w+C og R_w+C_{tr} efter gennemførelse af trin 7 er det endelige resultat. Resultaterne afrundes til hele tal efter almindelige afrundingsregler (værdier fra xx,0 og til og med xx,4 rundes ned og værdier fra xx,5 og til og med xx,9 rundes op).

Metoden i denne designguide er baseret på en række laboratorieforsøg. Der er udført et feltforsøg med henblik på sammenligning med laboratorieresultaterne. Der kunne her konstateres god overensstemmelse. Generelt vurderes usikkerheden på denne designmetode at være $\pm 1 - 2$ dB. Ved brug af designguiden bør resultatet reduceres med 1 - 2 dB for at svare til den forventede lydisolations for vinduet monteret i en bygning.

7. Designeksempel

I det følgende er vist et eksempel på anvendelse af designmetoden:

Lydisolationen ønskes estimeret for et vindue med nedenstående data.

Vindueshøjde: 2170 mm

Vinduestykkelse: 313 mm

Vinduesbredde: 1500 mm

Højde af opluk:

Udvendigt opluk: 600 mm

Indvendigt opluk: 340 mm

Afstand til loft: 300 mm

Loftmateriale: Loftet har en vægtet absorptionskoefficient på 0,5

Karmabsorption: 20 mm

I nedenstående skema er anført den aflæste startværdi samt de forskellige korrektionsværdier, som fremkommer ved gennemførelse af trin 1 - 7.



	Korrektionsværdier aflæst ved gennemførelse af trin 2 - 7			Akkumulerede enkelttalsværdier		
	R _w [dB]	R _w +C [dB]	R _w +C _{tr} [dB]	R _w [dB]	R _w +C [dB]	R _w +C _{tr} [dB]
Trin 1 - Vindueshøjde	-	-	-	17,9	16,8	15,5
Trin 2 - Vinduestykkelse	-0,7	-0,4	-0,1	17,2	16,4	15,4
Trin 3 - Vinduesbredde	-0,4	-0,4	-0,5	16,8	16,0	14,9
Trin 4 - Højde:						
Udvendigt opluk	0	~ 0	-0,1	16,8	16,0	14,8
Indvendigt opluk	0	~ 0	+0,2	16,8	16,0	15,0
Trin 5 - Karmabsorption	+4,0	+3,9	+2,4	20,8	19,9	17,4
Trin 6 - Absorption i hulrum	0	0	0	20,8	19,9	17,4
Trin 7 - Afstand til loft + loftabsorption	+2,2	+2,0	+1,6	23,0	21,9	19,0
Resultat				23	22	19

8. Lukkede opluk

Til orientering er også udført målinger med lukkede opluk. Målingerne anses ikke som fuldt dækkende for, hvad der kan opnås med lukkede opluk, men angiver hvad der er opnået med de rudetyper og karm/ramme-konstruktioner, der blev anvendt i det aktuelle projekt. Ved målinger med sammenkoblet udvendig og indvendig karm er opnået værdier i følgende intervaller:

$$R_w: 51 - 55 \text{ dB} \quad R_w+C: 49 - 53 \text{ dB} \quad R_w+C_{tr}: 44 - 48 \text{ dB}$$

Ved målinger med adskilte karme er opnået værdier i følgende intervaller:

$$R_w: 56 - 63 \text{ dB} \quad R_w+C: 54 - 60 \text{ dB} \quad R_w+C_{tr}: 49 - 55 \text{ dB}$$



9. Litteraturliste

- [1] Lydmæssig optimering af ”Russervinduer”, Miljøprojekt nr. 1417, 2012
- [2] ”Støj fra veje”, Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4 2007
- [3] ”Tillæg til vejledning nr. 5/1984: Ekstern støj fra virksomheder”, juli 2007, Miljøstyrelsen
- [4] ”Tillæg til vejledning nr. 1/1997: Støj og vibrationer fra jernbaner”, juli 2007, Miljøstyrelsen
- [5] DS/EN ISO 10140-1:2010: Akustik – Laboratiemåling af bygningselementers lyd-isolation – Del 1: Produktspecifikke prøvningsprocedurer
- [6] DS/EN ISO 10140-2:2010: Akustik – Laboratiemåling af bygningselementers lyd-isolation – Del 2: Måling af luftlydisolation
- [7] DS/EN ISO 10140-4:2010: Akustik – Laboratiemåling af bygningselementers lyd-isolation – Del 4: Måleprocedurer og krav
- [8] DS/EN ISO 10140-5:2010: Akustik – Laboratiemåling af bygningselementers lyd-isolation – Del 5: Krav til prøvningsfaciliteter og - udstyr
- [9] DS/EN ISO 140-5: 1998: Akustik – Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer – Del 5: Måling af facadeelementers luftlydisolation i bygninger
- [10] SBI-anvisning 217, 1. udgave 2008: Udførelse af bygningsakustiske målinger

