

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
256

UDK 699.844.001.33

Byggeindustrien nr. 1, 1975

Jørgen Kristensen og A. E. Wiuff:
Klassifikation af lydforhold

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1975



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

01185P

-5. MAJ 1975

2x 1

klassifikation af lydforhold

Det er gennem talrige undersøgelser af lydforholdene i indflytningsfærdigt byggeri påvist, at bygningsreglementets krav hyppigt overtrædes. I artiklen stilles forslag om et klassifikationssystem, som dels kan anspore til bedre opfyldelse af reglementets krav, dels kan føre til lydteknisk bedre boliger end reglementet foreskriver.

civilingeniør Jørgen Kristensen,
Statens Byggeforskningsinstitut
A. E. Wiuff,
rådgivende civilingeniør

Danmark har siden 1961 haft bestemmelser om boligers indbyrdes lydisolations. Bestemmelserne har for etageboligers vedkommende stadig gyldighed, idet der ikke siden har fundet skærpedelser sted, for så vidt angår kravene til luft- og trinlydisolation. I tidens løb er der udført en række undersøgelser af lydisolations i boligbyggeri. Resultaterne viser, at der endnu 13 år efter indførelse af bygningsreglementets afsnit om lydforhold opføres mange bygninger, hvori lydisolations mellem boliger ikke opfylder lovens krav. Når der trods dette ikke fremkommer væsentlige klager over lydforholdene, kan det skyldes, enten at beboere i etageboliger er tilfredse med lydforholdene, eller at klager over lydforholdene ikke registreres.

Erfaringer fra udlandet viser, at der hyppigt ønskes bedre lydforhold end de gennem lovgivningen sikrede minimumskrav. I Vesttyskland er de gældende mindstekrav for lydisolations angivet i DIN 4109. I forbindelse med disse gives vejledende kravniveauer, som betegnes forhøjede. I Frankrig forsøges ud over de lovbestemte regler for lydforhold gennemført et klassifikations-system med tre kvalitetsniveauer: Når en bygning opfylder kravene svarende til et højere kvalitetsniveau end mindsteniveauet, tænkes dette belønnet med bedre belåningsforhold. I Skandinavien forlanges større lydisolations mellem boliger i rækkehuse end mellem boliger i etagehuse. En lydteknisk begrundelse herfor kan næppe gives, og mange har da også givet udtryk for, at kravene til rækkehuse også bør gælde for etageboliger.

Undersøgelser af, hvorledes beboerne i etageboliger bedømmer lydisolations, er foretaget i mindre omfang. For-

fatterne er ikke bekendt med, at der i Danmark er foretaget sideordnede fysiske og sociologiske undersøgelser af lydforholdene i etageboliger. Fra udlandet kendes resultater af en enkelt undersøgelse, som indicerer, at middelluftlydisolationen i byområder skal være omkring 56-58 dB, for at 90% af beboerne føler sig tilfredse med lydisolations. Det er imidlertid en lidt forenklet opfattelse af lydisolationsproblemet alene at betragte den nødvendige lydisolations, fordi denne er en funktion af både støj- og baggrundsstøjniveau.

Støjniveauet i en bolig

Det er endnu ikke muligt nøjagtigt at angive, hvilket støjniveau der bør tilrådes i områder, som tjener til ophold for mennesker. Det synes imidlertid godt gjort, at uforstyrret søvn kræver niveauer under 35 dB (A), og at støjniveauet selv i korte perioder ikke må overstige det stationære niveau med mere end 10-15 dB (A). I hvilken grad en støj er hørlig afhænger af baggrundsstøjniveauet. Hvis støjen, signalet, ligger ca. 10 dB (A) under baggrundsstøjniveauet målt i dB (A), vil den normalt ikke kunne høres. Ligger det 5 dB (A) under, kan det i nogle tilfælde høres, i andre tilfælde ikke. Er signalet 5 dB (A) højere end baggrundsstøjniveauet, kan det tydelig høres. Det fremgår heraf, at der er ret snævre grænser for, hvor stort niveauet

fra en informationsgivende støj, f.eks. tale eller musikudøvelse i et rum, må være for ikke at kunne høres uden for rummet.

Støjniveauet fra højrestet samtale frembringer forholdsvis konstante niveauer fra ca. 65 til 85 dB (A). Musikfremførelse giver derimod anledning til niveauvariationer op mod 50 dB (A). Da også svage passager i musikken skal kunne høres, fører variationerne til, at maksimalniveauet meget ofte bliver 90 dB (A) til 95 dB (A). De højeste niveauer forekommer ved stereomusik, hvor de lave niveauer tillige skal være klart adskilt fra rummets baggrundsstøjniveau for, at lytteren kan udnytte stereovirkningen. På grundlag af de anførte niveauer kan der foretages overslagsberegninger af, hvilken lydisolations der i en given situation er nødvendig.

Overslagsberegning af luftlydisolation

Ifølge litt. (1) kan det i ISO/R 717 definerede isolationsindeks for luftlyd I_a udtrykkes tilnærmet ved:

$$I_a \approx L_s - L_M + \log \frac{S}{A_M} + 2 \text{ dB}, \quad (1)$$

hvor L_s og L_M er niveauerne i dB (A) i henholdsvis senderum og modtagerum. Støjniveauet i senderummet forudsættes at have samme niveau pr. 1/3 oktav i frekvensområdet 100-3150 Hz.

I et rum bestemmes støjniveauet L_s

Differensen i modtagerum mellem signalniveau og baggrundsstøjniveau:

	Bedømmelse	
- 10 dB	Tale uhorlig	Ikke forstyrrende
- 5 dB	Tale knap hørbar	Ikke forstyrrende
0 dB	Tale hørlig, men ikke forståelig	Noget forstyrrende
5 dB	Tale hørlig og forståelig	Forstyrrende
10 dB	Tale tydelig hørlig og let forståelig	Meget forstyrrende

Skema 1 viser betydningen af baggrundsstøjniveauets størrelse i modtagerummet i forhold til størrelsen af signalniveauet fra senderummet.

af det udsendte lydeffektniveau L_p og lydabsorptionen A_s af følgende udtryk: $L_s = L_p + 6 + 10 \log A_s$ dB. (2) Forudsættes absorptionen nogenlunde konstant i det betragtede frekvensområde vil udtrykket med god tilnærmelse også gælde for frekvensområdet 100-3150 Hz ved måling af støjniveauet i dB (A).

Af (1) og (2) fås: (3)

$$I_a \approx L_p + I_M + 10 \log \frac{A_s A_M}{S} + 8 \text{ dB,}$$

hvor I udtrykker luftlydisolationen som funktion af effektniveauet i senderummet, det ønskede niveau i modtagerummet, et korrektionsled og en konstant. Da efterklangstiden i beboede rum med stor tilnærmelse er konstant, ca. 0,5 sekunder, vil korrektionsledet i praksis variere mellem 6 dB og 20 dB. Værdier mellem 12 dB og 15 dB er de hyppigst forekommende. Den mindste værdi — 6 dB — fremkommer, hvor der er tale om to rum med gulvarealer på 7 m². Da et krav skal gælde for alle rum, vil man derfor normalt vælge at dimensionere ud fra det værste tilfælde, som er rum med gulvarealer på 7 m². Herved ændres (3) til:

$$I_a \approx L + L + 2 \text{ dB.} \quad (4)$$

Luftlydisolationen bestemmes således af støjildens effekt og støjniveauet i modtagerrummet. Støjniveauet må som tidligere omtalt fastlægges i forhold til baggrundsstøjniveauet. Når støjniveauet i modtagerummet ligger 5 dB under baggrundsstøjniveauet vil tale knap være hørbar og ikke forståelig. Betydningen af (4) illustreres i det følgende med nogle praktiske eksempler.

Eksempel 1.

I et byområde nær gader med tæt trafik vil det indendørs støjniveau L_M mange steder være ca. 35 dB (A).

Lydkilde	Lydeffekt L_p i dB(A)
Samtale intimit	55
Omgangskonversation	65
Høj tale f. eks. diskussion og telefon med dårlige forbindelser	75
Skriken og høj råben, enkelt person	95
Skrivemaskine	75

Skema 2 angiver omtrentlige værdier for lydeffekten i dB(A) for forskellige aktiviteter.

Hvis skillevæggene mellem de enkelte lejligheder netop opfylder BR's krav, svarende til $I_a \approx 52$ dB (A) ses af (4), at L_p skal være større end ca. 80 dB (A), før der er risiko for lyd-mæssige gener mellem naboledigheder. I praksis vil dette ifølge skema 2 normalt betyde, at kun de mest støjende aktiviteter er hørlige i naboledigheden.

Eksempel 2.

I stille områder i udkanten af byer vil støjniveauet i boliger ofte være ca. 25 dB (A).

Med skillevægge netop svarende til kravet i BR kan en støjildens styrke ikke være større end ca. 70 dB (A), uden der er risiko for, at støjilden bliver generende.

I praksis vil dette normalt betyde, at højrestet samtale tydeligt kan høres og i nogle tilfælde også forstås i naboledigheden.

Eksempel 3.

Hvilken luftlydisolation er nødvendig i et stille område for, at naboen kan spille musik uden at genere?

Antages $L_p \approx 95$ dB (A) og baggrundsstøjniveauet ≈ 25 dB (A), bliver den nødvendige luftlydisolation $I_a \approx 77$ dB, hvilket i praksis ikke er opnåeligt. Af eksemplerne fremgår følgende: Det er i øjeblikket ikke muligt at bygge etageboliger, der under vilkårlige brugsbetingelser har en tilstrækkelig luftlydisolation. Kravene i bygningsreglementet sikrer ikke i alle tilfælde beboerne i etageboliger mod nabostøj.

En tilstrækkelig lydisolation mellem boliger kan kun opnås, når BR's krav suppleres med begrænsninger af støjildernes styrke, d.v.s. at beboernes individuelle frihed til frembringelse af støj begrænses.

Lydteknisk klassifikation

En boligs lydtekniske kvalitet vurderes i almindelighed ud fra bygningsreglementets krav. Vurderingen angiver normalt kun, om reglementets krav er opfyldt eller ej, og er derfor ganske grov. En mere differentieret vurdering — en egentlig lydteknisk klassifikation — vil i mange tilfælde være ønskelig. Et klassifikationssystem vil være en hjælp for en køber eller lejer, der søger en bolig med en bestemt lydteknisk standard, og for en bygherre, der ønsker at opnå en lydteknisk kvalitet i byggeriet ud over det i bygningsreglementet fastlagte krav. Der kan imidlertid næppe fra boligministeriet ventes fremsat andre klassifikationskrav end de mindstekrav, der er angivet i bygningsreglementet, dog må det forventes, at reglementets bestemmelser kan blive udvidet til også at omfatte facaders lydisolation.

For at imødegå eventuelle ønsker om at kunne vurdere boligers lydtekniske kvalitet har forfatterne i skema 3 opstillet et treklasset vurderingssystem. Udover de i bygningsreglemen-

tet kendte krav til isolation mod luft- og trinlyd, samt støj fra installationer, indeholder forslaget også maksimale niveauer for støj fra trafik og industri. Det vil utvivlsomt forekomme indlysende, at der stilles krav til støjniveauet indendørs hidrørende fra trafik og industri. Når forslaget også angiver maksimale værdier for de udendørs niveauer, skyldes det, at brugsværdien af boligers udearealer aftager med stigende støjniveau. Det er således ikke muligt at klassificere en bygning, selv om både lydisolationen og indendørsniveauerne er tilfredsstillende, når udendørsniveauet er større end 45 dB (A)_{eq}.

En vurdering af luftlydisolationen er som allerede vist mulig ved hjælp af skema 1, 2 og 3 samt udtrykket (3) eller (4). En tilsvarende bedømmelse af de foreslåede værdier for isolation mod trinlyd er ikke mulig. De foreslåede niveauer er stort set valgt på basis af oplysninger i litt. (2). Vedrørende størrelsen af støjniveauet fra installationer er skærpselsen i forhold til de i BR gældende krav tilsyneladende kun 5 dB (A), men da de målte niveauer ikke skal korrigeres, bliver forskellen mellem kravet i BR og klasse III fra 8 dB (A) til 12 dB (A).

Hvilken betydning vil klassifikationen kunne få for byggeriet

Anvendelse af den foreslåede klassificering får ikke blot betydning for bygningsdele og deres indbyrdes samlinger, men også for planlægningen og placeringen af byggeriet, fordi støjniveauet i det fri indgår i vurderingen. På grund af lave udendørsstøjniveauer bliver facader med meget stor lydisolation ikke nødvendige i det klassificerede byggeri. Det må forventes, at kravene i BR med tiden bliver suppleret med en bestemmelse om maksimalt tilladeligt støjniveau inde i boligen hidrørende fra trafikstøj og industristøj. For bygninger nær lufthavne, flyvepladser, hovedgader og veje, jernbaner og måske vandveje vil facader med stor lydisolation være nødløsninger i både nye og gamle bygninger. Klassificerede bygninger må nødvendigvis ligge i behørig afstand fra de nævnte trafikveje. Inde i bygningen vil klassifikationen medføre væsentlige ændringer i forhold til de lyd-mæssige foranstaltninger i den boligmasse, som opføres i dag. For støjniveauet fra installationer vil forslaget kun i mindre grad betyde afvigelser fra de bedste af de i dag anvendte løsninger, hvoraf

måske enkelte opfylder betingelserne i klasse III.

Klasse I.

I denne klasse vil kunne anvendes traditionelle konstruktioner, f.eks. svarende til de i BR-72 angivne, dog med modifikationer. Skillevæggene skal være mindst 18 til 20 cm beton eller 30 til 35 cm tegl. Dækpladerne skal veje mindst 360 kg/m² og udføres med svømmende gulve af træ, asfalt eller beton. Flankerende bygningsdele skal yde en isolation mod flanketransmission, der mindst svarer til lydisolationen for skillevægge og dæk. Det medfører, at sandwichvægges bagstøbnings skal være mindst 15-18 cm, og at tynde betonvægge og letbetonvægge skal sluttes elastisk til skillevægge og underside af dæk. Vægge, der afgrænser soverum, kan iøvrigt udføres af letbeton, beton eller som pladebeklædt skeletvæg. Det er en nødvendig forudsætning, både i denne og de andre klasser, at alle samlinger mellem bygningsdele er tætte. Væggene i boligen kan ikke, hverken i denne eller de andre klasser, opstilles på gennemgående svømmende gulve.

Klasse II.

I denne klasse vil kunne anvendes traditionelle konstruktioner f.eks. de i BR-72 angivne skillevægge og etageadskillelser, såfremt disse bygningsdele og ligeledes visse ydervægge forsynes med egnede lydisolerende beklædninger. Af hensyn til flanketransmission kan tynde pladevægge af letbeton eller beton ikke anvendes uden lydisolerende forsatsbeklædning. Derimod er pladebeklædte skeletvægge acceptable.

Klasse III.

I denne klasse vil kun bygningssystemer, der anvender dobbeltkonstruktioner, forventes at kunne give tilstrækkelig lydisolation. Interne vægge kan udføres som pladebeklædte skeletvægge eller vægge med tilsvarende flanketransmissionsegenskaber.

Dansk byggeri bedømt i relation til klassifikationen

Vurderingen af byggeriets stade i relation til klassifikationssystemet beror på et groft, men ikke urealistisk skøn.

Etagebyggeri

For etagebyggeriets vedkommende opfyldes samtlige krav i bygningsreglementet kun i få tilfælde. Ses der bort

fra en af kravgrupperne, luftlydisolation, trinlydisolationen eller støj fra tekniske installationer, vil formodentlig ca. 50% af alle relevante etageboligbebyggelser opfylde BR's krav. Vurderes samme etagebyggeri i forhold til klasserne I, II og III vil næppe nogen bebyggelse kunne opfylde samtlige krav, end ikke i klasse I. Betragtes derimod hver enkelt af de syv kravgrupper i klassifikationssystemet, vil resultatet være:

Luftlydisolation mellem boliger.

Kun enkelte byggerier kan placeres i klasse I. Principielt skulle mange flere af de undersøgte boliger ligge i denne klasse — eller for enkeltes vedkommende endda i klasse II — fordi de benyttede bygningsdeles maksimale lydisolation svarer hertil. Et byggesystem med Conbox ligger overvejende i klasse II, men det burde ligge i klasse III.

Luftlydisolation mellem boligens opholdsrum og soverum.

De undersøgte boliger, som kan klassificeres, fordeler sig på alle tre klasser, dog således, at de fleste måleresultater placerer sig i klasse I.

Trinlydisolation.

Adskillelige byggerier opfylder klasse I, enkelte klasse II, medens ingen af hidtil undersøgte bygninger har placeret sig i klasse III. Byggerier med trinlydisolation, som kan klassificeres, er alle udført med badekabiner.

Støj fra installationer.

Adskillige byggerier kan placeres i klasse I og II, måske opfylder et enkelt også kravet i klasse III.

Støj fra industri og trafik.

Etagebyggeri har naturligt en meget varierende beliggenhed i forhold til ydre støjild. Der findes derfor adskillige eksempler på etagebyggeri i alle tre klasser, men der findes desværre også talrige bebyggelser, der ikke opfylder noget klassekrav.

Rækkehusbyggeri

For rækkehuses vedkommende vil omkring 35% opfylde samtlige lydkrav i bygningsreglementet. Ses der også her bort fra en enkelt kravgruppe, vil skønsmæssigt 80% af de relevante rækkehusbebyggelser opfylde BR's krav. Vurderes rækkehuse i forhold til klasserne I, II og III, vil der være eksempler på byggerier i alle klasser, dog naturligvis færrest i klasse III. Enkelte såkaldte kassetehuse kan opfylde betingelserne i klasse III. Målinger på huse med dobbeltvægge af beton viser sig

	BR-1972 etagebolig-byggeri	BR-1972 rækkehuse	Kl. I	Kl. II	Kl. III	Måleenheder
Luftlydisolation ml. boliger	$I_a \approx 52$	$I_a \approx 55$	$I_a \geq 55$	$I_a \geq 58$	$I_a \geq 64$	dB
Luftlydisolation ml. boligens opholds- og soverum	-	-	$I_a \geq 40$	$I_a \geq 45$	≥ 45	dB
Trinlydisolation	$I_i \approx 62$	$I_i \approx 62$	$I_i \leq 60$	$I_i \leq 55$	$I_i \leq 45$	dB
Støj fra installationer	30 korr.	30 korr.	≤ 33 ukorr.	≤ 30 ukorr.	≤ 25 ukorr.	dB(A)
Støj fra trafik og industri indendørs	-	-	≤ 31	≤ 28	≤ 25	dB(A)eq
Støj fra industri udendørs	-	-	≤ 45	≤ 45	≤ 40	dB(A)eq
Støj fra trafik udendørs	-	-	≤ 45	≤ 45	≤ 40	dB(A)eq

Skema 3 angiver forslag til lydklasserne I, II og III samt de omtrentlige krav i BR. Det bemærkes, at støjniveauet fra installationer ifølge BR korrigeres i relation til efterklangstiden.

hyppigt at opfylde klasse II, men burde i mange tilfælde kunne opfylde klasse III. I dagens rækkehuse er det ofte trinlydisolationen og støjen fra de tekniske installationer, der er bestemmede for klasstrinet.

Parcelhusbyggeri

For parcelhusbyggeriets vedkommende er det diskutabelt om bygningsreglementet 1972 overhovedet stiller krav. I givet fald kan det kun dreje sig om støj fra installationer. Fra et købersynspunkt kan der ikke være tvivl om, at BR burde omfatte også denne form for boligbyggeri. Antages det, at kravene i BR burde opfyldes, vil der skønsmæssigt være problemer i ca. 50% eller mere af de opførte parcelhuse. Vurderes parcelhusbyggeriet i relation til klasserne I til III vil en meget stor del af

byggeriet kunne opfylde beliggenhedsbetingelserne, ligesom hele byggeriet opfylder kravene til trinlydisolation og luftlydisolation mellem boliger. Det store problem i parcelhusbyggeri er, bortset fra beliggenhedsbetingelserne, støjniveauet fra installationerne og den i almindelighed meget dårlige lydisolation inden for boligen. Kun meget få huse vil af denne grund kunne placeres i klasserne II og III.

Konklusion

Bygningsreglementet indeholder et godkendelsesgrundlag, men herudover savner dansk byggeri et vurderingsgrundlag til bedømmelse af bygningens lyd-mæssige kvalitet. Det foreliggende forslag indeholder de væsentlige elementer, som bør udgøre grundlaget i en

vurdering, men i den praktiske anvendelse, bør der nok tages stilling til endnu flere lydtekniske detailforhold i byggeriet. Ud fra praktisk erfaring skønnes, at der findes god grund til at tro på, at et klassifikationssystem kan medvirke til, at alle aspekterne i lydforholdene vurderes mere ligeligt.

Litteraturhenvisninger:

1. K. Gösele: Bestimmung der Luftschalldämmung von Bauteilen nach einem Kurzverfahren. Berichte aus der Bauforschung, Heft 68, seite 87.
2. DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, Blatt 2.
3. Chemillier: Le Label confort Acoustique dans la politique generale du logement. Revue d'acoustique, 1973.
4. J. Desmadryl: Le Label confort Acoustique ou'est ce que c'est. Revue d'acoustique, 1973.

Summary

The Classification of Acoustical Conditions

In the article there is a discussion of the stipulations concerning acoustical conditions which are set down in the National Building Code. It is shown that the requirements now in effect do not assure that residents can be undisturbed at all times by noise in their dwellings. Examples are shown to demonstrate that it would be exceedingly difficult to build dwellings which would permit every kind of activity

without disturbance to neighbors. These results indicate the necessity of formulating proposals for minimum standards for acoustical insulation, which can provide the users of the dwellings and those who use the Code with a means of evaluating the acoustical quality of the dwellings. The author believes that this goal can be assured through a classification system comprising several categories, including sound insulation between dwelling units, insulation between separate rooms within the dwelling unit, insulation against footsteps, against noise from household equipment, as well as insulation against

both indoor and outdoor noise from traffic and industry. Such a system of classification will lead to types of construction different from those hitherto used. An investigation is made of the ability of existing building to fulfil the classification system, and there is a discussion of the types of construction which are required in order to fulfil the increased demands for acoustical insulation contained in the proposal. The proposal here presented contains the essential elements which should constitute the basis of a system of evaluation of the acoustical quality of a dwelling.