

Ajourføring af kravniveauet for lydforhold i etageboligbyggeri

*Rapport udarbejdet af
Dan Hoffmeyer
DELTA Akustik & Vibration*

Rekvirent: By- og Boligministeriet

September 1999

Forord

I forbindelse med den generelle indsats med henblik på frembringelse af næste generation lydbestemmelser i bygningsreglementerne har By- og Boligministeriet ønsket en vurdering af konsekvenserne af at skærpe kravniveauet for lydforhold i etageboliger, så det svarer til kravniveauet for rækkehuse og dobbelthuse.

Vurderingen skal - som en del af beslutningsgrundlaget for denne ajourføring af kravniveauet for etageboliger - samlet forsøge at belyse en række positive og negative konsekvenser med hensyn til økonomi, byggesystemer og total kvalitet.

Den del, der omhandler analysen af de teknisk-økonomiske konsekvenser, er gennemført i samarbejde med Acoustica - Carl Bro as. De af Acoustica - Carl Bro as i denne forbindelse udarbejdede økonomivurderinger og -beregninger er gengivet i deres helhed i Bilag 1.

Rapporten er udarbejdet af DELTA Akustik & Vibration.

By- og Boligministeriet har ikke medvirket ved udformningen af rapporten og deler derfor ikke nødvendigvis forfatterens synspunkter.

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	4
1. Baggrund	5
2. Formål, fremgangsmåde og afgrænsning	7
3. Forslag til kravniveau	8
3.1 Udviklingen i vore nabolande.....	8
4. Vurdering af de teknisk-økonomiske konsekvenser.....	11
4.1 Valg af bygningstyper.....	11
4.2 Forbedrede konstruktioner.....	13
4.3 Beregning af byggeomkostninger.....	14
4.4 Hovedresultater.....	16
5. Vurdering af betalingsvillighed.....	23
6. Vurdering med hensyn til byggesystemer	24
6.1 Ressourcer og miljø.....	25
6.2 Eksportmuligheder.....	27
7. Vurdering med hensyn til bygningens total kvalitet	28
7.1 Bygningens lyd kvalitet	28
7.2 Den af beboerne forventede og oplevede lyd kvalitet	28
7.3 Lydforholdenes indflydelse på beboernes livskvalitet.....	29
8. Konklusion.....	30
9. Referencer	32
BILAG 1 Økonomivurderinger – Beregningskemaer	33

Resumé

Rapporten omhandler en vurdering af konsekvenserne af at ajourføre bygningsreglementets kravniveau for lydforhold i etageboliger, så det svarer til kravniveauet for rækkehuse.

Rapporten indeholder et begrundet forslag til kravniveau, en teknisk-økonomisk konsekvensanalyse samt vurderinger med hensyn til betalingsvillighed, byggesystemer og bygningens total kvalitet.

Sammenfattende viser konsekvensvurderingerne, at skærpelsen af lydkravene vil kunne gennemføres for merudgifter på op mod 2-3% af den samlede håndværkerudgift, typisk svarende til en huslejestigning på under 1%. Der forventes at være en ikke ubetydelig betalingsvillighed hos kommende beboere, for hvem den oplevede lyd kvalitet, f.eks. angivet som den procentdel af beboerne, der finder lyd kvaliteten god, vurderes at ville ændre sig markant.

Selv om skærpelsen kan udføres stort set alene ved forøgelse af råhuskonstruktionens masse, vil den initiere en nødvendig produktudvikling, primært af nye gulvsystemer, men også af andre delkomponenter og hele byggesystemer; produkter, der må forventes at kunne afsættes også i vore nabolande, der stiller tilsvarende krav til etageboligers lyd isolation.

1. *Baggrund*

Bygningsreglementernes lydbestemmelser fastlægger i dag forskellige kravniveauer for boliger i etageejendomme og for rækkehuse mv. Denne historisk/byggeteknisk betingede opdeling, hvor der stilles krav om bedre lydisolations mellem rækkehuse mv. end mellem etageboliger, synes ikke længere velbegrunder.

Nabostøjproblemer har i flere år præget den hjemlige debat, og behovet for ajourføring af bygningsreglementernes lydbestemmelser er påpeget fra flere sider. En ligestilling mellem beboere i rækkehuse og etagehuse med hensyn til lydisolations mellem boliger vil kunne opnås gennem en enkel skærpelse af lydbestemmelserne for etageejendomme. Herved vil der i et vist omfang kunne rettes op på forholdet mellem dagens nabostøjniveau og de eksisterende lydbestemmelser for etageboliger.

Dette er f.eks. foreslået i den af Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser (NKB) i 1994 udarbejdede rapport om lydbestemmelser i de nordiske lande [1], hvor der netop anbefales en mindre skærpelse af lydkravene, således at kravene til lydisolations i etageboliger bringes op til samme niveau, som gælder for rækkehuse mv. i dag. Dette er allerede gennemført i Norge og Finland.

Også i den for By- og Boligministeriet tidligere udarbejdede rapport "Lydforhold i boliger - State of the art", september 1994 [2], anbefales det - som kortsigtet målsætning - at indføre de i [1] anførte hovedkrav til lydisolations svarende til, at kravene til etageboliger skærpes, således at de svarer til lydkravene til rækkehuse. Denne ændring vil føre til bedre, mere acceptable lydforhold i etageboliger, men ikke til en lyd kvalitet, der på længere sigt er tilfredsstillende. Rapportens [2] forslag til langsigtet målsætning indeholder derimod en væsentlig, generel skærpelse af kravniveauet for at opnå tilfredsstillende lydforhold i boliger.

Kravniveauet for etageboligers lydisolations, jf. BR-95 [3], Kap. 9.2.1 og 9.2.2, har været stort set uændret siden det første landsdækkende bygningsreglement BR-61 [4]. Kravniveauet, der i princippet tager udgangspunkt i lydisolations af en 1/1-stens mur, har været formuleret gennem mange forskellige begreber, men har ikke været genstand for konkrete skærpselser med henblik på forbedring af lydisolationsforholdene.

For dobbelthuse, rækkehuse, kædehuse, gruppehuse og lignende med kun lodrette lejlighedsskel er der dog indført skærpede bestemmelser til lydisolations i BR-66 [5]. Også dette kravniveau er fastholdt frem til det nugældende småhusreglement BR-S 98 [6].

Skærpelsen af kravene til lydisolations mellem rækkehuse mv., der hovedsageligt skete på baggrund af svenske erfaringer, var motiveret dels i ønsket om fælles nordiske bestem-

meler, dels i byggeformens mulighed for at yde en større lydisolation, jf. SBI Rapport 64 fra 1970 [7].

I en artikel i Byggeindustrien i 1967 [8] anføres som begrundelse for at indføre strengere krav til lydisolationen to andre årsager:

”Købere eller lejere af rækkehuse o.l. forventer i de fleste tilfælde, at denne boligtype til- sikrer samme grad af akustisk integritet som det fritliggende parcelhus. Endvidere er det for udlejningsrækkehusenes vedkommende en erfaring, at det er vanskeligere at håndhæ- ve bestemmelser i husordenen, der omhandler støjende adfærd.”

De fleste af disse argumenter synes ikke at holde i dag, hvor det fælles nordiske kravfor- slag er ens for rækkehuse og etageejendomme, hvor det må antages, at både beboere i ny- byggede rækkehuse og nybyggede etageejendomme forventer en lydisolation, der sikrer mulighed for en stort set uforstyrret dagligdag uden væsentlige begrænsninger med hen- syn til udfoldelse, og hvor husordenssager synes lige vanskelige at løse uanset hustype.

2. Formål, fremgangsmåde og afgrænsning

Som en del af beslutningsgrundlaget for en skærpelse af kravniveauet for lydisolations mellem etageboliger har By- og Boligministeriet ønsket en vurdering af konsekvenserne af konkrete ændringer af bygningsreglementets kravniveau for etageejendomme.

Der er taget udgangspunkt i den af NKB i [1] gennemførte teknisk-økonomiske konsekvensanalyse, der viste, at forbedringen af etagebyggeriet kan opnås med relativt begrænsede midler.

Den gennemførte lidt bredere vurdering omfatter grundlæggende tilsvarende bygningstyper som i NKB's analyse, men medtager i højere grad byggesystemer til tæt-lav bebyggelser i to-tre etager med anvendelse af letbetonelementer.

Vurderingen indeholder et begrundet forslag til kravniveau, en egentlig teknisk-økonomisk konsekvensanalyse samt vurderinger med hensyn til betalingsvillighed, byggesystemer og bygningens total kvalitet.

Vurderingen af justeringen af kravniveauet er begrænset til kun at omfatte de lydisolationsmæssige hovedkrav, dvs. kravene til luftlyd- og trinlydisolation mellem beboelsesrum.

Herudover må også kravene til trinlyd fra badeværelser, altaner, altangange og trapper forventes at skulle justeres til rækkehusniveau, men dette er ikke medtaget i den teknisk-økonomiske analyse.

3. *Forslag til kravniveau*

Som det fremgår af projekttitlen, omfatter vurderingen alene en ajourføring af kravniveauet for lydisolations mellem boliger i etageejendomme og ikke en generel, gennemgribende skærpelse af bygningsreglementernes lydkrav.

I princippet ligger det ajourførte kravniveau fast, idet udgangspunktet er, at det skal svare til kravniveauet i BR-S 98 for sammenbyggede enfamiliehuse, $R'_{w} \geq 55$ dB og $L'_{n,w} \leq 53$ dB.

Der findes en række begrundelser for, at dette valg må anses for rigtigt på nuværende tidspunkt:

- Som tidligere anført svarer det danske rækkehuskrav til de af NKB i [1] anbefalede værdier for alle boligtyper.
- Ændringen vurderes at være markant for beboerne uden at være uoverkommelig at gennemføre for byggeriets parter.
- Flere af vore nabolande, jf. nedenfor, har nu indført dette kravniveau.

Frem for alt kunne der måske også være et ønske om ikke at skelne mellem kvalitetsmålene for de to boligformer, men derimod stille nogle fælles minimumskrav. Det at vælge en ny etagebolig frem for et række- eller dobbelthus bør ikke, ud over at der kan være naboer både over og under ens lejlighed, også betyde, at myndighedskravene til lydisolations er lavere.

Fælles minimumskrav vil også betyde en forenkling af lydbestemmelserne og administrationen af disse. Samtidigt vil det være enklere at anvende eventuelle lydklasser, hvor det ikke er boligformen, men den projekterede og markedsførte akustiske kvalitet, der danner udgangspunkt for beboernes boligvalg.

3.1 *Udviklingen i vore nabolande*

I vore nabolande har man inden for de seneste år gennemført fornyelser af bygningsreglementernes lydkrav. For blandt andre Sverige, Norge og Finlands vedkommende skelnes der ikke mere mellem etage- og rækkehuse.

I Sverige og Norge er der indført en henvisning til en lydklassestandard, hvor en bestemt klassebetegnelse svarer til byggemyndighedernes minimumskrav, men hvor der også er mulighed for at bygge efter højere, frivillige lydkrav. Til forskel fra den hidtidige opdeling, hvor rækkehusbeboere var bedre stillede med hensyn til lydforhold end etagehusbeboere, er det nu i højere grad op til markedskræfterne og efterspørgslen efter velisolerede boliger, om der bygges efter forhøjede lydkrav.

I Finland er kravene fortsat - mere traditionelt - en del af bygningsreglementet.

Sverige

Den seneste ændring i Boverkets Byggregler, BFS 1998:38 [9], er gældende fra 1999. Der stilles nu ikke konkrete lydisolationskrav i form af talværdier i byggreglerne, men der henvises til Svensk Standard for lydklassers Klasse C [10]. I denne er kravene til lydisolation uanset boligtype $R'_w \geq 52$ dB og $L'_{n,w} \# 58$ dB, idet der dog anbefales - og i byggreglerne kræves - anvendelse af de spektrale korrektionsled $C_{50-3150}$ og $C_{1,50-2500}$ for gener ved lave frekvenser ned til 50 Hz (for uddybende forklaring af disse størrelser henvises til den i 1997 for By- og Boligministeriet udarbejdede rapport om lette konstruktioner [11]). De angivne krav vil for "svenske" tunge bygningstyper være ca. 2 dB strengere for luftlydisolation (svarende til $R'_w \geq$ ca. 54 dB), men ca. 0-3 dB lempeligere for trinlydniveau (svarende til $L'_{n,w} \# 58-61$ dB), end talværdien direkte indikerer, se [12] og [13]. I Sverige har man således valgt at fastholde et lempeligt trinlydkravniveau for tunge bygningskonstruktioner.

Reelt synes der dog at være en udvikling i gang i Sverige, hvor der i stadig stigende grad bygges etageejendomme med udgangspunkt i lydklassestandardens klasse B ($R'_w \geq 56$ dB og $L'_{n,w} \# 54$ dB plus anvendelse af de spektrale korrektionsled) for at tilfredsstille beboernes ønske om bedre lyd kvalitet. Dette betyder også udvikling og ændring af byggesystemer i forhold til de hidtil anvendte.

Norge

De norske byggebestemmelser i Teknisk forskrift [14] fra 1997 giver kun de overordnede krav vedrørende lydforhold, mens de konkrete bestemmelser, der anses tilstrækkelige til opfyldelse af forskriften, er givet i den norske standard for lydklassers Klasse C [15]. Kravene til lydisolation er uanset boligtype $R'_w \geq 55$ dB og $L'_{n,w} \# 53$ dB. Det anbefales herudover - uden at det er et krav - at anvende spektrale korrektionsled ned til 50 Hz, jf. ovenfor vedrørende Sverige. Anvendes denne, skal luftlydkravet lempes 2 dB, mens trinlydkravet er uforandret.

Finland

De nye finske bygningsbestemmelser fra 1998 foreskriver krav til lydisolation uanset boligtype som $R'_w \geq 55$ dB og $L'_{n,w} \# 53$ dB og følger således direkte det nordiske forslag [1].

Desuden er minimumsetagehøjden øget fra 2,8 m til 3,0 m, blandt andet for at give plads til tykkere, lydteknisk forbedrede etageadskillelser.

Tyskland

De tyske bestemmelser er ikke nye, men findes i DIN 4109 fra 1989 [16] og opretholder en forskel mellem hustyperne etagehuse og rækkehuse. Kravene er dog generelt strengere end de danske. For etageejendomme er kravniveauet for lydisolation $R'_w \geq 53-54$ dB og $L'_{n,w} \leq 53$ dB, for rækkehuse $R'_w \geq 57$ dB og $L'_{n,w} \leq 48$ dB.

4. *Vurdering af de teknisk-økonomiske konsekvenser*

De teknisk-økonomiske konsekvenser ved at skærpe lydkravene for etageejendomme til niveauet for rækkehuse er vurderet ved - for en række valgte bygningstyper - at fastlægge eksempler på lydteknisk nødvendige forbedringer af dæk og vægge og på dette grundlag beregne priser og meromkostninger.

Den teknisk-økonomiske konsekvensanalyse er gennemført i samarbejde med Acoustica - Carl Bro as. De af Acoustica - Carl Bro as i denne forbindelse udarbejdede økonomivurderinger og -beregninger er gengivet i deres helhed i Bilag 1.

4.1 *Valg af bygningstyper*

Der er udvalgt syv forskellige traditionelle, tunge bygningstyper til de gennemførte økonomiberegninger. Alle typerne anses for at være mulige eksempler på dansk etagehusbyggeri opført i henhold til gældende bygningsreglements krav. Hver type er en kombination af forskellige almindeligt anvendte bygningskonstruktioner for vandrette og lodrette lejlighedsskel samt facadebagmure. De syv undersøgte bygningstyper fremgår med hensyn til de anvendte bygningskonstruktioner af Tabel 1 og Tabel 2.

Bygnings- type nr.	Kombination af skillevæg og facadebagmur	
1	Standard	Lejlighedsskel, 150 mm pladsstøbt beton Facadebagmur, 120 mm pladsstøbt beton
	Forbedret	Lejlighedsskel, 180 mm pladsstøbt beton Facadebagmur, 120 mm pladsstøbt beton
2	Standard	Lejlighedsskel, 150 mm betonelementer Facadebagmur, 120 mm betonelementer
	Forbedret	Lejlighedsskel, 180 mm betonelementer Facadebagmur, 120 mm betonelementer
3	Standard	Lejlighedsskel, 150 mm betonelementer Facadebagmur, 120 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³
	Forbedret	Lejlighedsskel, 180 mm betonelementer Facadebagmur, 150 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³
4	Standard	Lejlighedsskel, 1/1-stens (230 mm) teglvæg Facadebagmur, 1/2-stens (110 mm) teglvæg
	Forbedret	Lejlighedsskel, 1½-stens (350 mm) teglvæg Facadebagmur, bredstens (168 mm) teglvæg
5	Standard	Lejlighedsskel, 200 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³ Facadebagmur, 100 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³
	Forbedret	Lejlighedsskel, 250 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³ Facadebagmur, 150 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³
6	Standard	Lejlighedsskel, 200 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³ Facadebagmur, 100 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³
	Forbedret	Lejlighedsskel, 2 × 100 mm porebetonelementer, 75 mm mineraluld Facadebagmur, 100 mm porebetonelementer
7	Standard	Lejlighedsskel, 2 × 100 mm letklinkerbetonelementer, 1200 kg/m ³ , 75 mm mineraluld Facadebagmur, 100 mm letklinkerbetonelementer, 1200 kg/m ³
	Forbedret	Lejlighedsskel, 2 × 100 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³ , 75 mm mineraluld Facadebagmur, 100 mm letklinkerbetonelementer, 1800 kg/m ³

Tabel 1

Bygningstyper med angivelse af konstruktioner for skillevægge og facadebagmur.

Bygningstype nr. 1 svarer til et in situ støbt betonbyggeri, mens de øvrige bygningstyper er udført med standard huldækelement af beton og kombinationer af væg- og bagmurelementer af beton eller letbeton. Bygningstype nr. 4 har dog murede vægge.

Bygningstyperne nr. 5, 6 og 7 må primært forventes anvendt i lavt byggeri, f.eks. i 2-etages boligblokke, mens de øvrige bygningstyper kan anvendes både i højt og lavt boligbyggeri.

4.2 Forbedrede konstruktioner

De fastlagte eksempler på lydteknisk forbedrede konstruktioner fremgår af Tabel 1 og Tabel 2. Konstruktionerne skal i princippet yde en merisolation på 2-3 dB for luftlydisolationen og 5 dB for trinlydniveauet. Generelt kan det anføres, at det er opfyldelsen af trinlydkravet, der sætter niveauet for de foreslåede tekniske løsninger for etageadskillelserne.

Etagedækkonstruktioner					
Bygnings- type nr. 1	Bygnings- type nr. 1 A	Bygnings- type nr. 2-7	Bygnings- type nr. 2-7 A	Bygningstype nr. 2, 6 og 7 B	Bygningstype nr. 2 og 7 C
Standard	Forbedret	Standard	Forbedret	Forbedret	Forbedret
150 mm pladsstøbt beton + strøgulv	185 mm pladsstøbt beton + strøgulv	185 mm beton huldæk- element + strøgulv	185 mm massivt beton dækelement + strøgulv	185 mm beton huldæk- element + strøgulv + lydloft	185 mm beton huldæk- element + bøjleparket + lydloft

Tabel 2

*Etagedækkonstruktioner anvendt som standard og forbedrede vandrette lejligheds-
skel i de forskellige bygningstyper.*

Det er tilstræbt at vælge løsninger på den sikre side; i enkelte tilfælde - jf. nedenfor - dog lidt tættere på grænsen end i de øvrige. Dette er primært en følge af, at det udelukkende er valgt at arbejde med de traditionelle, kendte gulv- og loftkonstruktioner samt forøgelse af de tunge konstruktioners masse. Det synes dog klart, jf. også afsnit 6, at der ligger muligheder i udvikling af nye trinlydreducerende byggekomponenter, der måske vil kunne betyde forbedringer som de ønskede uden forøgelse af råhuskonstruktionens masse.

For vægge og bagmure er der primært tale om forøgede tykkelser af de samme konstruktionsmaterialer; for bygningstype nr. 6 er der dog tale om at ændre en enkeltvæg til en dobbeltvæg.

In situ støbt betondæk med strøgulv forbedres ved at forøge betontykkelsen, mens beton huldækelementet med strøgulv tænkes forbedret gennem anvendelse af et massivt beton dækelement med samme tykkelse (dækkonstruktion A). Et sådant dækelement er ikke almindeligt markedsført i dag, men forventes hurtigt at kunne vinde indpas med en passende efterspørgsel. Vægtforøgelsen kan selvfølgelig også opnås med et huldækelement med større tykkelse, men det massive dæk er valgt blandt andet, fordi det ikke forøger bygningens etagehøjde. Den øgede masse for dækkonstruktionen svarer beregningsmæssigt kun til en reduktion af trinlydniveauet med 4 dB, så konstruktionen trækker lidt på den margin, der normalt er på kombinationen huldæk med strøgulv med hensyn til opfyldelse af trinlydkravet for etageboliger. Konstruktionen er dog på denne måde følsom over for projektering- og udførelsesfejl og vil eventuelt kræve en bedre kontrol end i dag for at sikre ensartede trinlydforhold.

Som alternativ til denne løsning er der for bygningstyperne nr. 2, 6 og 7 valgt en løsning, hvor betonhuldækket med strøgulv bevares, men suppleres med et underloft (dækkonstruktion B). For denne konstruktion, der ikke helt i sig selv kan forventes at medføre en 5 dB reduktion af trinlydniveauet, gælder tilsvarende bemærkninger om strøgulvet som ovenfor.

For at begrænse forøgelsen af etagehøjden er der som et yderligere alternativ for bygningstyperne nr. 2 og 7 foreslået en løsning, hvor strøgulvet erstattes af et parketgulv på et tyndt trinlyddæmpende underlag og kombineres med et elastisk ophængt lydisolerende loft (dækkonstruktion C). Gulvtypen er allerede udbredt i boligbyggeri i Sverige, men udelukker f.eks. muligheden for rørføringer under trægulvet.

4.3 *Beregning af byggeomkostninger*

For hver bygningstype er der beregnet priser dels for konstruktionerne svarende til det nuværende kravniveau $R'_w \exists 52-53$ dB og $L'_{n,w} \# 58$ dB, dels for de forbedrede konstruktioner, som forventes at kunne opfylde kravniveauet for rækkehuse $R'_w \exists 55$ dB og $L'_{n,w} \# 53$ dB. Differencen mellem priserne udgør merudgiften ved den forøgede lyd kvalitet.

Der er udført beregninger af håndværkerudgifter (arbejds løn plus materialer, excl. moms) til råhusdelen vedrørende lejlighedsskel (skillevæg), facadebagmur og etagedæk samt særlige ekstraudgifter til større vægarealer som følge af eventuelt forøget etagehøjde eller bygningslængde. Hertil kommer udgifter til eventuelt lydisolerende loft. De nævnte særlige ekstraudgifter, der følger af den forøgede tykkelse af skillevægge eller etagedæk, har

dog vist sig at være mindre væsentlige for undersøgelsens konklusioner og er således ikke medtaget i de - i Afsnit 4.4 - viste figurer og kommentater, men vurderet separat.

Der er anvendt enhedspriser fra V&S-prisbøger fra 1997 og 1998 reguleret til prisbasis 1. oktober 1998 og svarende til reguleringsindeks for boligbyggeri på 152 pr. denne dato. Beregninger efter V&S-prisbøgerne giver som hovedregel lidt højere priser, end der opnås ved en licitation. Til gengæld er der ikke medregnet rådgivnings- eller finansieringsudgifter.

Etagemeterprisen (pris pr. m² etageareal) har som forudsætning, at der for hver kvadratmeter lejlighedsskel (skillevæg) skal bruges 2 m² facade og 3,5 m² etageadskillelse, jf. de i Tabel 3 anførte dimensioner for den til beregningen valgte "normallejlighed". Denne fordeling gælder for lange og høje ejendomme, hvor der for hver lejlighed kan regnes at være et tilhørende vandret lejlighedsskel, men f.eks. ikke for byggeri i to etager, hvor der for hver kvadratmeter lejlighedsskel kun skal bruges 1,75 m² etageadskillelse svarende til, at to lejligheder deler et vandret lejlighedsskel.

Lejlighedsareal, vandret lejlighedsskel	$9,9 \text{ m} \times 9,9 \text{ m} = 98 \text{ m}^2$
Skillevæg, lodret lejlighedsskel	$9,9 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} = 28 \text{ m}^2$
Facader, to sider	$2 \times 9,9 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} = 55 \text{ m}^2$
Bruttoetageareal pr. lejlighed	$9,9 \text{ m} \times (9,9 \text{ m} + 0,6 \text{ m}) = 104 \text{ m}^2$

Tabel 3

Dimensioner for den ved økonomiberegningen valgte "normallejlighed".

For det massive betonelementdæk (dækkonstruktion A), der i dag ville være et forholdsvis dyrt specialelement, er der regnet med en pris svarende til en normal efterspørgsels- og konkurrencesituation.

Til beregningerne af de procentmæssige forøgelser af byggeomkostningerne er der forudsat en anslået samlet håndværkerudgift for et færdigt hus (excl. grund-, byggemodnings- og finansieringsudgifter) på kr. 6.000 excl. moms pr. m² etageareal.

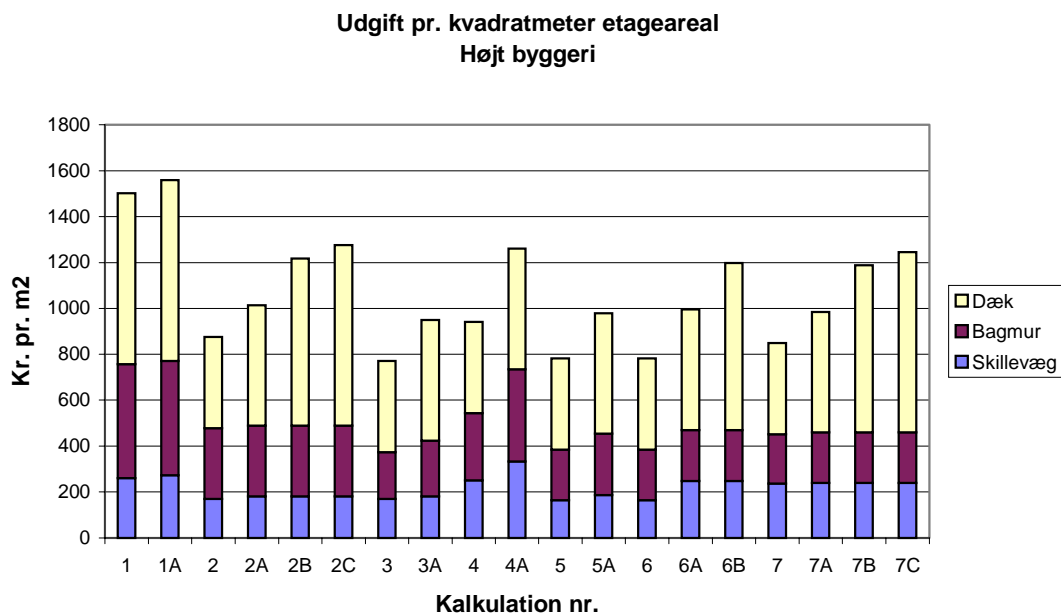
Ved vurderingen af betydningen for huslejepriserne er der taget udgangspunkt i, at huslejen excl. driftsudgifter fastsættes som en fast procentdel, p.t. 3,6%, af den samlede anskaffelsespris. Den årlige huslejestigning pr. m² boligareal ved en given forbedring af lyd- og

liteten er på denne baggrund sat til 3,6% af merudgiften pr. m² etageareal. Til beregning af huslejestigninger i procent er der forudsat et anslået huslejeniveau for nybyggeri på ca. kr. 800 pr. m² pr. år.

4.4 Hovedresultater

Resultaterne af økonomivurderingen med hensyn til håndværkerudgifterne for højt boligbyggeri med det nuværende kravniveau (standard) og med hensyntagen til gennemførelse af de fastlagte lydteknisk forbedrede konstruktioner til opfyldelse af rækkehuskravene er for de syv udvalgte bygningstyper gengivet i skemaform i Bilag 1.

I det følgende trækkes hovedresultaterne af disse og en række supplerende beregninger op gennem nogle enkle, sammenlignende figurer. Søjlerne med kalkulationsnumrene fra 1 til 7 uden tilknyttet bogstav svarer til bygningstyperne nr. 1 til 7 med bygningskonstruktioner svarende til de nuværende BR-krav (standard). Numrene med efterstillet bogstav A, B eller C gælder for bygningstyperne nr. 1 til 7 med forbedrede konstruktioner svarende til opfyldelse af rækkehuskravene, herunder med etagedækkonstruktioner A, B eller C som anført i Tabel 2.

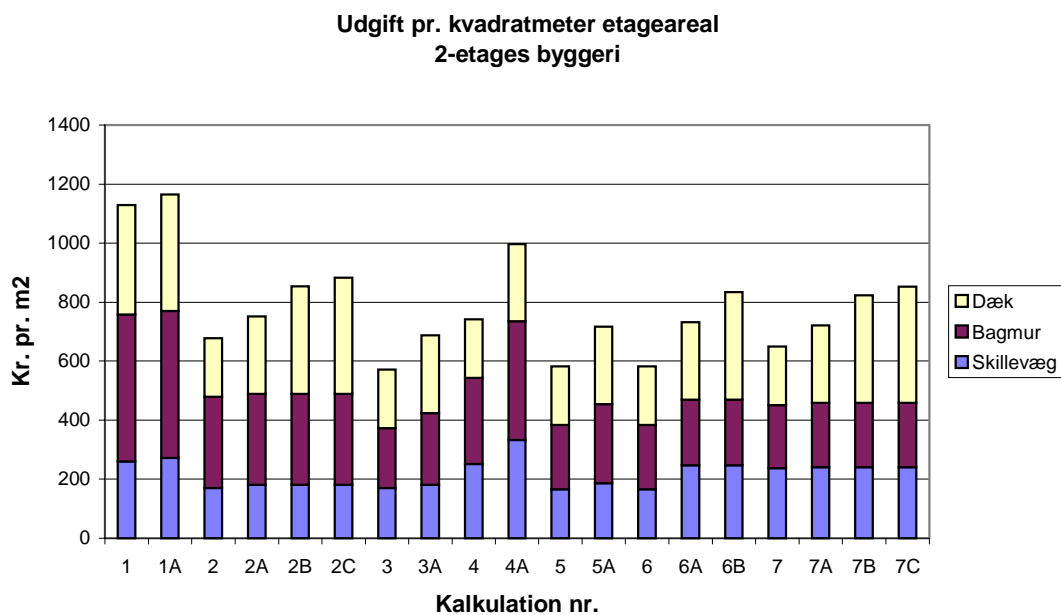


Figur 1

Udgift (etagemeterprisen) for forskellige bygningstyper for henholdsvis skillevæg, bagmur og dæk for et højt byggeri.

Figur 1 viser bidraget til etagemeterprisen fra henholdsvis skillevæg (lodret lejligheds-skel), facadebagmur og etageadskillelse for et højt byggeri. Figuren viser, at:

- byggeri med pladsstøbt beton (bygningstype nr. 1) er dyrest.
- etageadskillelserne bidrager med højere omkostninger end henholdsvis lejlighedsskel og bagmure.
- etageadskillelser med lydisolerede lofter (etagedækkonstruktioner B og C) er dyrere end etageadskillelser med massive dæk.
- den samlede udgift for bygningstyperne nr. 2A, 3A, 5A, 6A og 7A med forbedrede konstruktioner er ca. 1000 kr. pr. etagemeter, hvilket kun er lidt mere end for teglstensbyggeri i henhold til nugældende kravniveau (bygningstype nr. 4, ca. kr. 940).

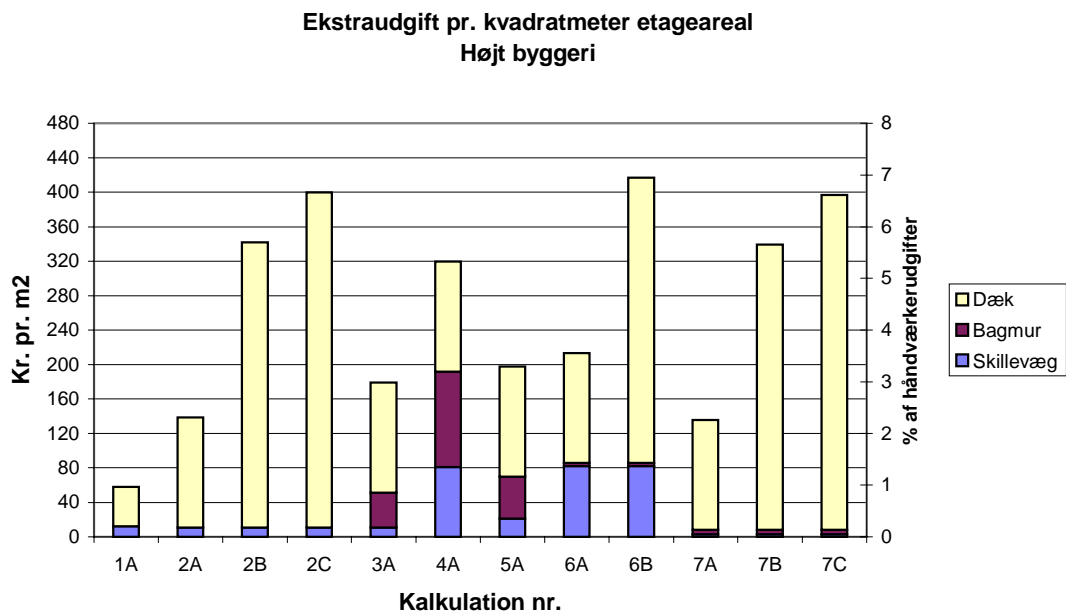


Figur 2

Udgift (etagemeterprisen) for forskellige bygningstyper for henholdsvis skillevæg, bagmur og dæk for et 2-etages byggeri.

Figur 2 viser tilsvarende bidragene til etagemeterprisen for et 2-etages byggeri. Bidragene til etageadskillelser er her halveret i forhold til Figur 1, mens de andre bidrag er uændrede. I flere tilfælde bliver etageadskillelsens omkostninger således ikke det største bidrag.

Generelt bliver prisforskellene mellem standard og forbedrede bygningstyper mindre for det 2-etages byggeri. Etageadskillelser med lydisolerende lofter (etagedækkonstruktioner B og C) er dog også for lavt byggeri dyrere end etageadskillelser med massive dæk.

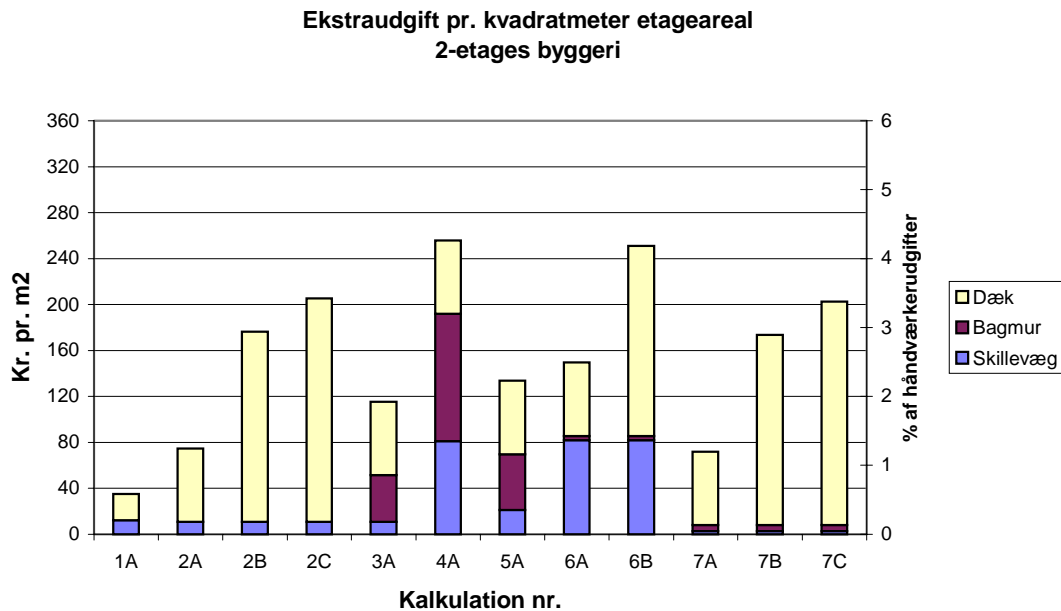


Figur 3

Merudgift ved forøget lyd kvalitet i højt byggeri. Merudgiften er tillige vist i % af den anslåede samlede håndværkerudgift.

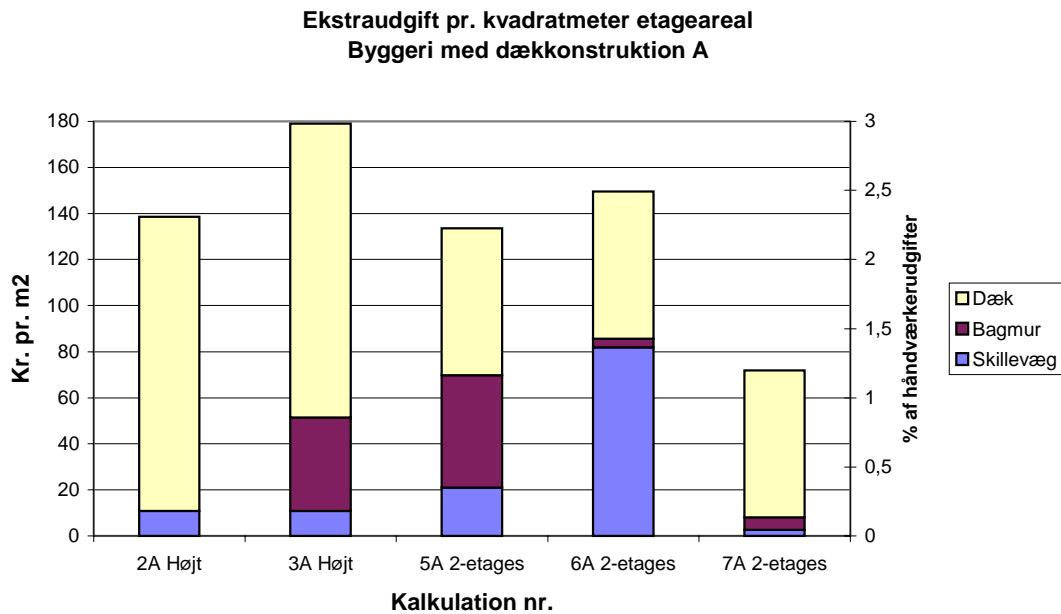
Figur 3 viser ekstraudgiften pr. etagemeter ved overgang fra nuværende standard til forbedrede konstruktioner. Det fremgår, at:

- ekstraudgiften for pladsstøbt beton er den laveste af alle bygningstyper.
- ekstraudgiften domineres af omkostningerne til forbedring af etagedækket.
- ekstraudgiften vedrørende skillevægge og bagmur dog er væsentlig for teglstensbyggeri (bygningstype nr. 4).
- ekstraudgiften fra etagedækket ved anvendelse af massive dækelementer er ca. kr. 130 pr. etagemeter svarende til 2,2% af den samlede anslåede håndværkerudgift på kr. 6.000 pr. m² (dækkonstruktion A).

**Figur 4**

Merudgift ved forøget lyd kvalitet i 2-etages byggeri. Merudgiften er tillige vist i % af den anslåede samlede håndværkerudgift.

Figur 4 viser samme kalkulationer som Figur 3, men for byggeri i to etager, hvor der kun er én etageadskillelse. Den samlede ekstraudgift er ca. kr. 70-150 pr. etagemeter ved forbedret byggeri med massive dækelementer, dvs. 1,2-2,5% af ovennævnte anslåede samlede håndværkerudgift. Ekstraudgiften er dog højere for teglstensbyggeri. Også i 2-etages byggeri viser lyd isolerende lofter sig at være en fordyrende faktor.

**Figur 5**

Merudgift ved forøget lyd kvalitet for udvalgte bygningstyper ved anvendelse af massivt etagedækelement. Merudgiften er tillige vist i % af den anslåede samlede håndværkerudgift.

Figur 5 samler hovedresultaterne for fem udvalgte bygningstyper alle med etagedækkonstruktion A svarende til et massivt dækelement med strøgulv. Figuren viser ekstraudgiften for højt byggeri for de to almindelige bygningstyper nr. 2 og 3 samt for 2-etages byggeri med de primært ved lavt byggeri anvendte bygningstyper nr. 5, 6 og 7. Begrundelsen for fravalget af bygningstype nr. 1 og 4 er anført senere i dette afsnit. Ud fra figuren kan det konkluderes, at:

- den samlede ekstraudgift ved højt byggeri ved forbedring af lydforholdene gennem anvendelse af et massivt dækelement i stedet for et huldæk i gennemsnit er beregnet til at være kr. 160 pr. etagemeter. Denne merudgift svarer til en forøgelse af den anslåede samlede håndværkerudgift på kr. 6.000 pr. etagemeter med 2,7%.
- for 2-etages byggeri er spredningen med hensyn til ekstraudgiften noget større, idet bygningstypen, der som standard er udført med dobbeltvægge af letbeton, har den absolut mindste merudgift på kr. 70, mens der for de andre bygningstyper i gennemsnit er beregnet en meromkostning på kr. 140 pr. etagemeter ved brug af et massivt dækelement. De tilhørende procenttal er henholdsvis 1,2% og 2,3%.

Omregnes disse ekstraudgifter til huslejestigninger fås følgende resultater:

- For højt byggeri kan den gennemsnitlige merudgift til forbedring af lydforholdene omregnes til en huslejestigning på kr. 50 pr. måned for den ved beregningerne benyttede "normallejlighed" på 104 m². Med en anslået samlet husleje på knap kr. 7.000 for en sådan lejlighed udgør merudgiften en huslejestigning på 0,7%.
- For 2-etages byggeri ligger den beregnede huslejestigning på kr. 22 til kr. 44 for den samme størrelse lejlighed, og merudgiften i procent af den samlede husleje svarer til 0,3% til 0,6%.

Fravalget af bygningstyperne nr. 1 og 4 samt etagedækløsningerne B og C i Figur 5 og de dertil knyttede konklusioner kan begrundes i, at:

- selv om huse med in situ støbte dæk og vægge udviser de mindste beregnede merudgifter ved ajourføring af lydkravene, synes det ikke rimeligt at lade disse indgå i en gennemsnitsberegning med de andre byggemetoder på grund af de samlede særligt høje etagemeterudgifter for denne byggeform.
- beregningerne for teglstensbyggeri med enkeltvægge viser de største merudgifter pr. etagemeter (bortset fra løsninger med lydlofter) med op til kr. 330 pr. etagemeter eller 5,5% af de skønnede håndværkerudgifter som følge af, at ændringerne af opmuringsform og stenstørrelser for skillevægge og bagmure er omkostningstunge. Det kan således ikke udelukkes, at denne type byggeri ved krav om lydforhold som i rækkehuse også i fremtiden kun vil blive valgt i de tilfælde, hvor der specifikt, f.eks. af arkitektoniske årsager, ønskes teglstensvægge og bagmur. Bygningstypen er derfor fravalgt til gennemsnitsberegningen med de øvrige typer både for højt og lavt byggeri.
- løsninger med lydisolerede lofter i alle tilfælde synes at være en fordyrende foranstaltning i forhold til forøgelsen af massen, jf. også nedenstående bemærkninger om særlige ekstraudgifter i forbindelse med forøgelse af etageadskillelsens tykkelse.

Som anført tidligere er de særlige ekstraomkostninger som følge af forøget etagehøjde eller bygningsslængde - det at bygningen bliver større, når etageadskillelsen og væggene bliver tykkere - medtaget i beregningerne, men ikke i de ovenfor viste figurer og tilhørende vurderinger.

Ekstraomkostninger til ydervægge, som skyldes øget etagehøjde og/eller længere bygninger er under kr. 10 pr. etagemeter (dækkonstruktion A). Ekstraomkostninger til ydervægge og indvendige skillevægge er dog op til kr. 45 pr. etagemeter, hvis trægulv på strøer kombineres med et lydloft (dækkonstruktion B). I 2-etages bygninger er disse særlige ekstraomkostninger dog lavere.

De særlige ekstraomkostninger har således kun marginal betydning undtagen for etageadskillelser, hvor der benyttes nedhængt loft i den forbedrede konstruktion. Den ovenfor anførte konklusion omkring lydisolerende lofter underbygges således yderligere, når der tages højde for ekstraomkostninger til ydervægge og indvendige skillevægge ved forøget etagehøjde. Lydisolerende underlofter synes således med hensyn til meromkostninger generelt at være en mindre attraktiv konstruktion.

Det er i denne analyse forsøgt at vælge en række repræsentative bygningstyper med vægt også på letbetonbyggerierne. En sammenligning med den tidligere analyse refereret i NKB Rapport 1994:01 [1], hvor der var større vægt på almindelig beton og løsninger med påstøbt afretningslag, viser dog nogenlunde de samme tendenser, idet der konkluderes, at fordyrelsen på totalprisen (den samlede anskaffelsespris) er 1-2%. Dette svarer nogenlunde til en forøgelse af byggeomkostningerne på 2-3% i overensstemmelse med nærværende analyses resultat, jf. Figur 5.

5. *Vurdering af betalingsvillighed*

Den seneste kendte undersøgelse af beboeres villighed til at betale ekstra husleje for at få en bolig med bedre lydisolations er gennemført i Sverige og rapporteret i 1997 [17].

Rapporten bygger på en landsdækkende spørgeskemaundersøgelse med ca. 2600 besvarelser. En tredjedel af de adspurgte, der primært bor i lejligheder eller rækkehuse, er alvorligt generede af mindst én form for støj. Ca. 15% af de adspurgte er alvorligt generede af nabostøj.

Ud over spørgsmål om betalingsvillighed for forbedring af nuværende boligs lydforhold indeholder undersøgelsen også spørgsmål om betalingsvillighed ved eventuel flytning til en nybygget lejlighed. Ca. 60% ville foretrække en "støjfri" lejlighed frem for en normalt isoleret lejlighed, selv om merudgiften ville være SEK 200 pr. måned, og ca. 40% ville acceptere en øget husleje på SEK 400 pr. måned. Betalingsvilligheden er størst blandt de yngre generationer og hos dem med de største indkomster. Blandt dem, der er villige til at betale, er de fleste parate til at betale 10% højere husleje mod garanti for en "støjfri" lejlighed.

Den gennemsnitlige betalingsvillighed for en lejlighed uden støjproblemer er beregnet til ca. 6,5% af huslejen.

Det anføres på denne baggrund, at undersøgelsen, under antagelse af at "tyst hus", se [17], medfører en forøgelse af de totale byggeomkostninger med ca. 5%, indikerer, at der eksisterer en betydelig efterspørgsel på velisolerede lejligheder, at høj lydisolations er et godt salgsargument, og at opførelse af "tyst hus" vil være samfundsøkonomisk lønsomt.

I den refererede rapport er der ikke en talmæssig definition på lydisolationsniveauet i en "støjfri" lejlighed, der over for de adspurgte er beskrevet som: "praktisk taget fri for generende lyd fra naboer, trafik osv." Resultaterne kan derfor ikke direkte overføres til den aktuelle vurdering af en mindre justering af lydisolationsniveauet for etageboliger i Danmark, men synes dog at indikere en så markant betalingsvillighed, at det må forventes, at der også selv ved en mindre, men dog tydeligt mærkbar, forbedring af lydforholdene som det at skærpe etageboligkravene til rækkehusniveau vil være en ikke ubetydelig betalingsvillighed til stede.

De ovenfor i Afsnit 4.4 beregnede gennemsnitlige merudgifter til forbedring af højt etagebyggeri på ca. kr. 140 pr. etagemeter kan omregnes til en forventet huslejeforøgelse på kr. 50 pr. måned for en ca. 100 m² lejlighed eller knap 1% af den samlede husleje. Denne forøgelse er således markant lavere end de beløb og procentstørrelser, som et stort flertal ifølge den svenske undersøgelse ville acceptere for at undgå nabostøj mv.

6. *Vurdering med hensyn til byggesystemer*

Den gennemførte teknisk-økonomiske konsekvensanalyse omfatter som tidligere anført udelukkende tungt etagebyggeri med etagedækelementer af beton. Det er fortsat denne bygningsform, der er foretrukket ved etageboligbyggeri i Danmark.

De udvalgte forbedrede konstruktioner er i høj grad baseret på en yderligere vægtforøgelse af vægge og dæk. Dette er valgt som den sikre, kendte metode til at opnå forbedrede lydforhold, samtidigt med at det har været muligt at sætte tal på meromkostningerne i modsætning til den åbentlyst vanskelige opgave at skulle sætte priser på byggesystemer og komponenter, der enten kun i begrænset omfang er anvendt til etageboliger, eller som ikke endnu er færdigudviklet eller markedsført.

Dette skal dog ikke fjerne fokus fra, at produkt- og systemudvikling vil være den mest oplagte mulighed for med færrest mulige økonomiske, materiale- og miljømæssige ressourcer at kunne leve op til rækkehuskravniveauet i etagebyggeri.

Den økonomiske vurdering viser blandt andet, at både teglstensbyggeri og anvendelse af nedhængte lofter synes at være dyre løsninger, men eksempelvis udvikling af specielle teglsten til skillevægge eller nye industrielt producerede underlofts-systemer kan måske alligevel gøre disse løsninger mere konkurrencedygtige.

Den økonomisk foretrukne forbedrede konstruktion, hvor huldækelementet erstattes af et massivt betonelement forsynet med et traditionelt trægulv på strøer, er en enkel løsning baseret på effekten af forøget vægt med hensyn til lydisolationen. Denne masseforøgelse kan selvfølgelig, jf. Afsnit 4.2, også opnås ved fortsat anvendelse af huldækelementer, bare med større tykkelse. Udvikling af nye gulvkonstruktioner og -systemer, der giver en væsentligt højere trinlyddæmpning, vil dog kunne gøre vægtforøgelsen af dækelementet mere eller mindre overflødig.

Produktudvikling af gulve, måske frembringelsen af et helt nyt gulvkoncept, må forventes at medføre billiggørelse af sådanne løsninger, men brug af særlige gulvkonstruktioner kan næppe undgå at medføre en mindre merudgift i forhold til ”masseløsningen”.

Der findes uden tvivl mange eksempler på helt eller delvist traditionelt etagebyggeri, som allerede opfylder et kravniveau svarende til rækkehuse, men der foreligger ikke undersøgelser eller erfaring, der med sikkerhed kan fastslå, under hvilke omstændigheder den høje lydisolation kan opnås, f.eks. med standard huldækelementer og en almindelig strøgulvopbygning. Derimod er der sandsynligvis også mange eksempler på det modsatte, nemlig at bygningsreglementets minimumskrav til etagehuse kun lige er opfyldt. Såfremt det gennem forskning, udvikling og opfølgning i byggefasen er muligt at isolere de to typer af re-

sultater fra hinanden, således at det kan forudses, hvornår de skærpede krav med sikkerhed er opfyldt, kan meromkostningerne til opfyldelse af trinlydkravene reduceres.

I nogle i begrænset omfang anvendte bygningstyper (f.eks. søjle/pladebyggeri med lette skillevægge og tæt-lavt byggeri med dobbeltvægge af letbeton og huldæk af beton) kan lydisoleringen forventes at være næsten som rækkehuskravene, idet dog trinlydniveauet kan være et par dB ringere. Med disse byggesystemer må de nødvendige tekniske forbedringer og dermed merudgiften for at overholde de skærpede lydkrav forventes at være væsentligt mindre end for eksemplerne i Afsnit 4.

Som anført i Afsnit 2 er der ikke i den teknisk-økonomiske vurdering medtaget forhold omkring de specielle krav til trinlyd fra badeværelser, altaner, altangange og trapper. Som udgangspunkt må også disse krav skærpes til rækkehusniveau, og der forventes ikke væsentlige problemer med kravenes opfyldelse i det omfang, der benyttes masseforøgelse af råhuskonstruktionerne for at opfylde kravene mellem beboelsesrum. Derimod vil der også her være behov for produkt- og systemudvikling for disse gulve/trapper, hvis der ikke benyttes en ”masseløsning”, men derimod udvikles nye systemer for gulve i beboelsesrum. Teknisk vil det stille skærpede krav til etablering og udførelse af elastiske mellemlag for gulve i baderum og oplægning af trapper mv.

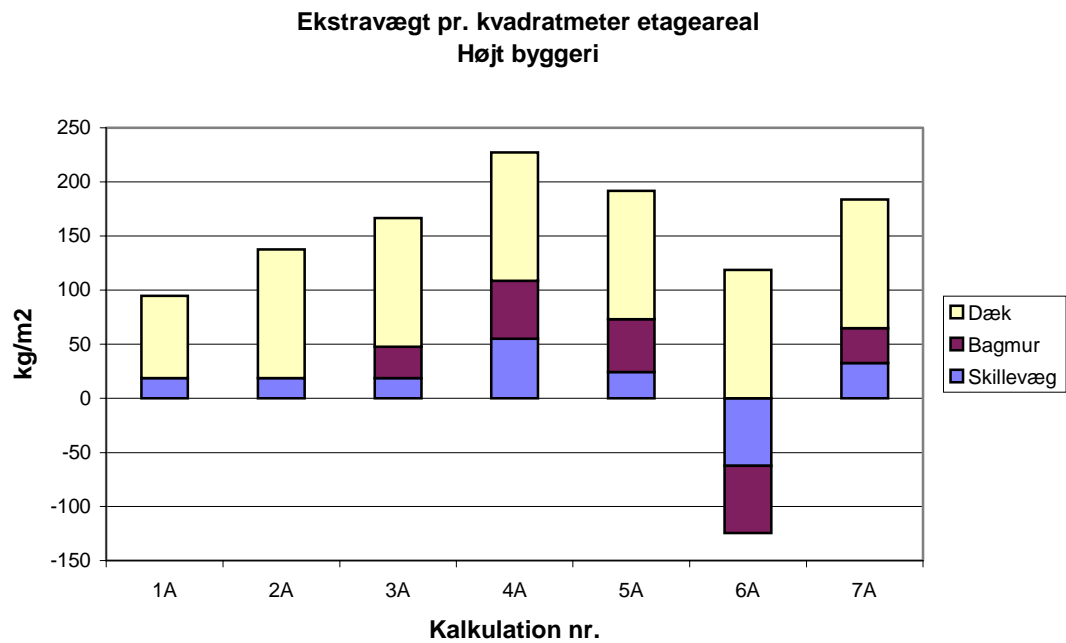
6.1 *Ressourcer og miljø*

Det har ikke inden for projektets ramme været muligt at gennemføre en egentlig kvantitativ miljøvurdering af konsekvenserne med hensyn til ressourceforbrug og belastning af det ydre miljø ved skærpelsen af kravniveauet til lydisolering i etageboliger.

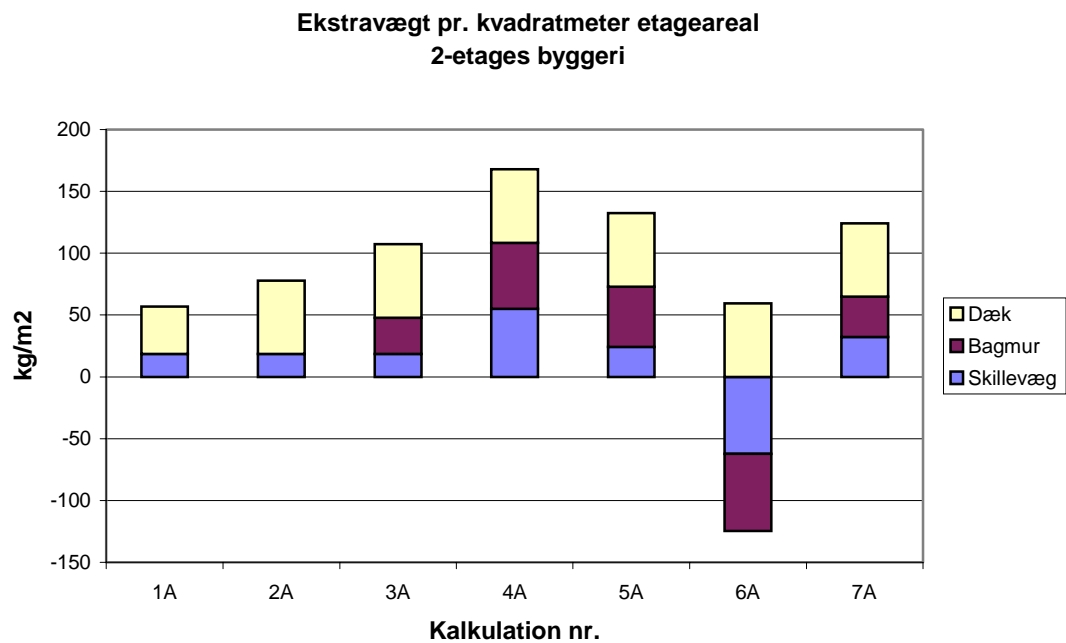
De valgte løsninger ved den teknisk-økonomiske konsekvensvurdering peger for de flestes vedkommende i retning af en væsentligt forøget vægt af råhuskonstruktionen og således blandt andet et øget materiale- og energiresourceforbrug ved fremstilling, transport, bortskaffelse og deponering.

Figur 6 og Figur 7 viser for henholdsvis højt byggeri og 2-etages byggeri den forøgede vægt pr. m² etageareal ved lydteknisk forbedring af vandrette og lodrette lejlighedsskel samt facadebagmure for syv udvalgte bygningstyper med dækkonstruktion A, jf. Afsnit 4, Tabel 1 og Tabel 2. Der er kun medregnet vægten af de beskrevne bygningsdele.

Vægtforøgelsen ses for højt byggeri at ligge i størrelsesordenen 100-200 kg pr. m² etageareal, for 2-etages byggeri 50-130 kg pr. m² etageareal, når der ses bort fra teglstensbyggeri (bygningstype nr. 4A), hvor forøgelsen af teglstenenes antal og format giver et særligt stort bidrag. Tilsvarende er der set bort fra letbetonbyggeriet (bygningstype nr. 6A), hvor overgangen fra enkeltvæg og bagmur af letklinkerbeton til dobbeltvæg og bagmur af porebeton medfører en betydelig vægtreduktion, så den samlede vægtforøgelse bliver negativ, henholdsvis ca. -5 kg for højt byggeri og ca. -65 kg for 2-etages byggeri.



Figur 6
Ekstravægt ved forøget lyd kvalitet i højt byggeri.



Figur 7
Ekstravægt ved forøget lyd kvalitet i 2-etages byggeri.

Det er på denne baggrund - selv om den teknisk-økonomiske analyse viser, at skærpelsen kan udføres for forholdsvis små merudgifter ved forøgelse af råhuskonstruktionens masse - mere tvivlsomt, om de ressourcemæssige omkostninger er acceptable.

Som nævnt tidligere kan masseforøgelsen i vid udstrækning forventes reduceret ved produktudvikling og indpasning af nye trinlyddæmpende gulvsystemer eller underloftsystemer.

Herudover vil byggesystemer med tunge dæk og lette skillevægge (både interne og lejlighedsskel) måske betyde, at ændringen af vægssystemerne med hensyn til miljøbelastning kan opveje den nødvendige vægtforøgelse af dækket.

Generelt vil nyudviklede, lette byggesystemer, der kan opfylde de skærpede lydkrav, og hvor en helhedsorienteret miljøvurdering vil falde positivt ud, derfor kunne få en præference frem for en yderligere vægtforøgelse af de tunge byggesystemer.

Vedrørende lette konstruktioner og lydkrav henvises i øvrigt til [11] og [18].

6.2 Eksportmuligheder

Mulighederne for eksport af bygningskomponenter eller entreprenøropgaver inden for etageboligbyggeri har ikke kvantitativt kunne indgå i konsekvensanalysen. Som det f.eks. har kunnet opleves med de seneste problemer med de tyske myndigheders særskat på udenlandske leverancer, afhænger eksportmulighederne af en mængde mere eller mindre vanskeligt forudsigelige parametre.

Det synes dog oplagt, at en byggebranche, der på hjemmemarkedet møder det samme kravniveau med hensyn til lydisolation som på flere af de betydende eksportmarkeder, vil være bedre rustet til mulige eksportfremstød. Samtidigt må det forventes, at der i højere grad vil finde en produktudvikling af de danske etagehusløsninger sted, hvilket måske kan overføres til andre og større markeder.

Det må således fremhæves, at det ikke umiddelbart er løsninger baseret på betonelementer med forøget vægt, der kan forventes at bidrage til eksporten, men derimod f.eks. nye gulvsystemer eller andre nye byggesystemer.

7. *Vurdering med hensyn til bygningens total kvalitet*

I tider, hvor By- og Boligministeriets Projekt Hus [19] taler for ”dobbelt værdi til halv pris”, må der forventes at være fokus på bygningens total kvalitet, kvaliteten af fremtidens byggeri i videste forstand. I [19] nævnes begreber som ”højere værdi set med slutbrugers øjne”, ”imødekomme efterspørgsel og behov”, ”tilpasset brugerens ønsker” og ”smukke, fleksible, individuelle, miljørigtige og gedigne huse”, der alle kan overføres til også at omfatte bygningers akustiske kvalitet.

I vurderingen med hensyn til total kvaliteten indgår bygningens kvalitet, herunder lyd kvalitet og nabostøjforhold, beboernes bedømmelse heraf samt lydforholdenes indflydelse på beboernes livskvalitet.

7.1 *Bygningens lyd kvalitet*

Bygningens kvalitet kan omfatte f.eks. arkitektonisk kvalitet, byggeteknisk kvalitet, omfanget af skader, fejl og mangler, miljøkvalitet og økonomi. Herunder hører også bygningens lyd kvalitet og nabostøjforhold.

Lyd kvaliteten kan vurderes ud fra, om de ved projekteringen stillede krav til lydforhold er opfyldt, f.eks. bygningsreglementernes minimumskrav, samt ud fra det opnåede kvalitetsniveau, f.eks. hvor effektiv er lyd isolationen mod nabostøj.

En skærpelse af kravniveauet for etagehuse kan i starten betyde en større risiko for, at bygningen ikke lever op til de stillede lyd krav. Dette må dog forventes at aftage, samtidigt med at nye byggeformer bliver indarbejdet.

Det opnåede tekniske kvalitetsniveau bliver højere, dvs. det må forventes, at støjniveauet fra naboens aktiviteter reduceres i forhold til det nugældende kravniveau.

7.2 *Den af beboerne forventede og oplevede lyd kvalitet*

Det vurderes, at beboere, der flytter ind i et nybyggeri, forventer, at lydforholdene er væsentligt bedre end det, der svarer til bygningsreglementets nuværende kravniveau for etageboliger. Både nye leje- og ejerboliger har et sådant prisniveau, at man også med rette kan forvente, at man ikke generes af nabostøj mv. Samtidigt er der en større andel af moderne beboere, der flytter ind i nye etageboliger efter en længere periode i parcelhus eller lignende, hvor der ikke har været indendørs nabostøjproblemer.

Selv om det blandt andet fra [2] er kendt, at den mindre justering af kravniveauet for lejligheds lyd isolation, der her vurderes, ikke er tilstrækkelig for at opnå fuldt tilfredsstillende lydforhold i etagebyggeri, giver de følgende betragtninger alligevel en vurdering af den mulige kvalitetseffekt, der må forventes som en positiv konsekvens af skærpelsen af kravene til lyd isolation.

I en artikel fra 1999 redegør Rindel [13] for sammenhængen mellem akustisk kvalitet og lydisolations mellem lejligheder. Artiklen bygger på data fra en række store internationale feltundersøgelser, tidligere også refereret i [2], samt laboratorieforsøg for at finde sammenhængen mellem lydisolations mellem lejligheder og den subjektive geneopfattelse. Artiklen viser, at hældningen af dose-response kurver (sammenhængen mellem lydisolations i dB og procenten af beboere, der finder lyd-kvaliteten enten tilfredsstillende eller utilfredsstillende) for f.eks. nabostøj (luftlyd og trinlyd) er ca. 4% pr. dB.

Det fremgår desuden, at en luftlydisolation på ca. 56 dB svarer til, at 20% af beboerne vil finde lyd-kvaliteten dårlig, og 50% vil finde den god. Dette kan karakteriseres som acceptable, men ikke som tilfredsstillende forhold.

Den aktuelle ajourføring for etageboliger havner næsten på dette niveau for luftlydisolationen (55 dB). Det kan dog også udledes af [13], at selv den forholdsvis beskedne skærpelse på 2-3 dB i forhold til de nuværende krav til luftlydisolation vil svare til, at procentdelen af beboere, der finder lydforholdene dårlige, vil gå ned med ca. 10, ligesom procentdelen af beboere, der finder lydforholdene gode, vil gå op med ca. 10.

For trinlydniveauet kan det tilsvarende forventes, at justeringen svarende til en 5 dB skærpelse af kravniveauet vil betyde, at procentdelen af beboere, der finder lydforholdene dårlige, vil gå ca. 20 ned, og følgelig at procentdelen af beboere, der finder lydforholdene gode, vil gå ca. 20 op.

Der findes ifølge [13] ikke tilstrækkeligt datagrundlag til at fastlægge et tilfredsstillende trinlydniveau med samme sikkerhed som for luftlydisolation. Lydforholdene med et trinlydniveau på 53 dB kan dog beregnes at svare til, at over 60% af beboerne vil finde lyd-kvaliteten god.

7.3 *Lydforholdenes indflydelse på beboernes livskvalitet*

Nabostøjproblemer påvirker beboernes livskvalitet på flere måder. Dels giver det anledning til gene og irritation at blive forstyrret af støj fra naboens aktiviteter, dels kan det medføre, at beboerne i høj grad lægger bånd på deres egne udfoldelser med deraf følgende mulige frustrationer.

Enhver forbedring af lydisolations må derfor antages at kunne medvirke til en forbedring af beboernes livskvalitet. Der er dog ikke fundet analyser, der direkte beskriver, hvilke ændringer, der - ved små justeringer af lydisolations - kan opnås i livskvaliteten, der for mange naturligt nok vil være helt domineret af andre forhold.

Levevilkårsundersøgelserne, som f.eks. er refereret i [2], giver dog et fingerpeg om den opmærksomhed, som lyd- og nabostøjforholdene tillægges.

8. Konklusion

Den gennemførte samlede konsekvensvurdering af at skærpe kravniveauet for lydforhold i etageboliger, så det svarer til kravniveauet for rækkehuse, har omfattet en egentlig teknisk-økonomisk konsekvensanalyse samt vurderinger med hensyn til betalingsvillighed, byggesystemer og bygningens total kvalitet.

Sammenfattende viser vurderingerne følgende konsekvenser:

Økonomi

Analysen tager udgangspunkt i en række traditionelle bygningstyper for etageejendomme og eksempler på lydteknisk forbedrede konstruktioner, der primært bygger på en forøgelse af råhuskonstruktionens masse.

Beregningerne viser, at merudgiften for forbedringen af lydforholdene i de fleste former for etagebyggeri vil ligge på op mod 2-3% af den samlede håndværkerudgift pr. m² etageareal. Denne merudgift svarer typisk til en huslejestigning på under 1%.

Betalingsvillighed

Vurderingen indikerer, at der vil være en ikke ubetydelig betalingsvillighed og dermed forventeligt accept af den reelle huslejestigning som følge af en forbedring af lydforholdene.

Byggesystemer

Skærpelse af kravniveauet for etagehuse vil initiere en nødvendig produktudvikling, primært af nye gulvsystemer, men også af andre delkomponenter og hele byggesystemer.

Selv om den teknisk-økonomiske analyse viser, at skærpelsen kan udføres for forholdsvis små merudgifter ved forøgelse af råhuskonstruktionens masse, er det mere tvivlsomt, om de ressourcemæssige omkostninger er acceptable. Nye byggesystemer, herunder lette bygningstyper, kan dermed forventes at få en præference.

Nye systemer og industrielt fremstillede byggevareprodukter må forventes at kunne afsættes også i vore nabolande, der stiller tilsvarende krav til etageboligers lydisolations.

Bygningens total kvalitet

Vurderingen omfatter bygningens kvalitet, beboernes opfattelse heraf og lydforholdenes indflydelse på beboernes livskvalitet.

Bygningens lyd kvalitet stiger ved forøget lyd isolation mod nabostøj. I en overgangsperiode kan der dog være en risiko for problemer med at opfylde lydkravene.

Beboernes forventninger til lyd kvalitet overstiger ofte det nuværende kravniveau. Med hensyn til den oplevede lyd kvalitet vurderes det, selv med den forholdsvis beskedne skærpelse af kravniveauet, at procentdelen af beboere, der finder lydforholdene dårlige, og tilsvarende procentdelen, der finder lyd kvaliteten god, vil ændre sig markant.

Færre nabostøjgener og færre begrænsninger af ens egne udfoldelsesmuligheder vurderes at kunne medvirke til forbedring af beboernes livskvalitet.

Som en del af beslutningsgrundlaget kan følgende positive og negative konsekvenser - fundet ved den samlede vurdering af at ajourføre kravniveauet for etageboliger - fremhæves i stikordsform.

Positive:

- Bedre total kvalitet
- Flere tilfredse beboere
- Betalingsvillighed til stede
- Begrænset merudgift
- Produktudviklingsgevinst
- Svarer til flere nabolandes krav

Negative:

- Forøgede bygge- og huslejeomkostninger
- Ressourcemæssige omkostninger
- Nødvendigt med ændringer af de gængse byggeformer

9. Referencer

- [1] “Lydbestemmelser i de nordiske lande”, Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser, NKB Utskotts- och arbetsrapporter 1994:01. Udarbejdet af Akustik-arbejdsgruppen.
- [2] “Lydforhold i boliger - State of the art”, Bygge- og Boligstyrelsen, Rapport september 1994. Udarbejdet af Birgit Rasmussen og Jens Holger Rindel, Laboratoriet for Akustik, Danmarks Tekniske Universitet.
- [3] Bygningsreglement 1995, Bygge- og Boligstyrelsen, 1995 (BR-95).
- [4] Bygningsreglement for Købstæderne og Landet, Boligministeriet, 1961 (BR-61).
- [5] Bygningsreglement for Købstæderne og Landet, Boligministeriet, 1966 (BR-66).
- [6] Bygningsreglement for småhuse, Bolig- og Byministeriet, 1998 (BR-S 98).
- [7] “Undersøgelse af lydisolering mellem boliger i rækkehuse og lignende bebyggelser”, Jørgen Kristensen, SBI-Rapport 64, 1970.
- [8] “Lydisolering mellem rækkehuse”, Jørgen Petersen, Byggeindustrien 23, 1967.
- [9] Byggregler, Boverket, BBR 94, BFS 1993:57/BFS 1998:38, Sverige 1993/1998.
- [10] “Byggakustik - Ljudklassning av utrymmen i byggnader - Bostäder”, Svensk Standard SS 02 52 67, Sverige 1998.
- [11] “Lydforhold i bygninger- Lette konstruktioner”, Boligministeriet, December 1997. Udarbejdet af Dan Brøsted Pedersen, DELTA Akustik & Vibration.
- [12] “Nya BBR - Ljudkonsekvenser”, Leif Åkerlöf og Klas Hagberg, Bygg & teknik 3, 1999.
- [13] “Acoustic Quality and Sound Insulation between Dwellings”, Jens Holger Rindel, Buildings Acoustics, Volume 5, No. 4, 1999, p.291-300 (udkommer ultimo 1999).
- [14] “Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven”, Kommunal- og arbeidsdepartementet og Miljøverndepartementet, nr. 33, Norge 1997.
- [15] “Lydforhold i bygninger, Lydklassifisering av ulike bygningstyper”, Norsk Standard, NS 8175, Norge 1997.
- [16] “Schallschutz im Hochbau”, DIN 4109, Tyskland 1989.
- [17] “Efterfrågan på tyst boende”, Sören Wibe, Anslagsrapport A4:1997, Byggeforskningsrådet, Sverige 1997.
- [18] ”Lydkrav for lette konstruktioner”, By- og Boligministeriet, 1999. Udarbejdet af Dan Brøsted Pedersen, DELTA Akustik & Vibration.
- [19] “Projekt Hus. Dobbelt værdi til halv pris”, Bolig- og Byministeriet, april 1998.

BILAG 1
Økonomivurderinger – Beregningskemaer