



**Social- og
Boligstyrelsen**

Guide

til genbrug af bærende
konstruktioner

Spar CO₂ og byggeomkostninger med genbrug af bærende konstruktioner, når du renoverer.

Udarbejdet af Teknologisk Institut i samarbejde med ABC Rådgivende Ingeniører.

Viden til gavn



Pubikationen er udgivet af

Social- og Boligstyrelsen

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut

ABC Rådgivende Ingeniører

ISBN: 978-87-94445-04-7

Forord

Denne guide har til formål at understøtte genbrug af bærende konstruktioner ved renovering og ombygning.

Som en del af 'National strategi for bæredygtigt byggeri' (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021) har Social- og Boligstyrelsen igangsat et initiativ, der skal fremme genbrug og genanvendelse af de bærende konstruktioner ved renovering og ombygninger af eksisterende bygninger. Initiativet er et blandt flere, der skal medvirke til at reducere byggeriets klimabelastning.

Denne guide har til formål at understøtte genbrug af bærende konstruktioner ved renovering og ombygning.

Guiden henvender sig til bygnings- ejere og rådgivere og gennemgår de forhold, man bør være opmærksom på, når man ønsker at gen-

bruge de bærende konstruktioner.

Guiden er udformet af Teknologisk Institut og ABC Rådgivende Ingeniører og er udgivet af Social- og Boligstyrelsen som en del af projektet 'Fremme af genbrug af bærende konstruktioner'.

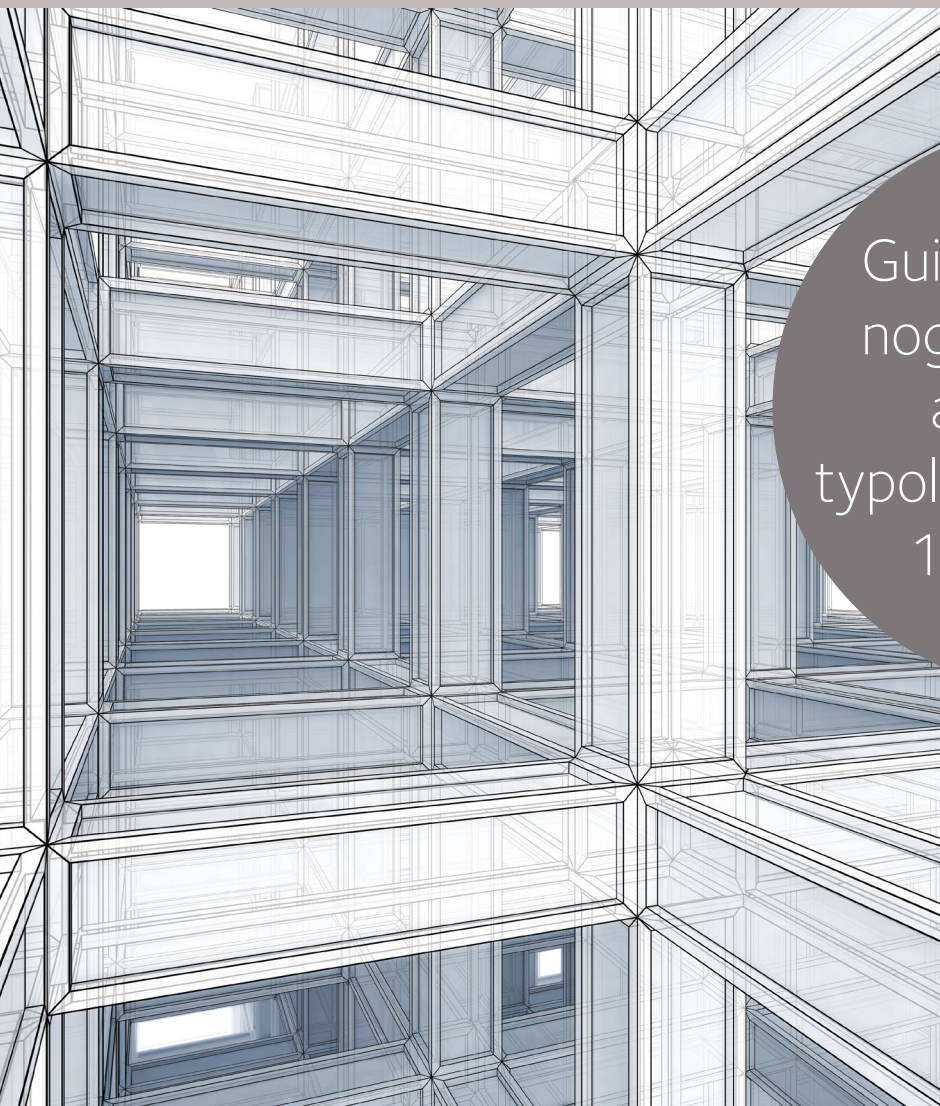
Som en del af projektet har ABC Rådgivende og Teknologisk Institut også udformet en casesamling med eksempler på renoveringsprojekter med genbrug af bærende konstruktioner, hvoraf nogle er medtaget i denne guide.

Alle cases kan ses i casesamlingen 'Cases - Eksempler på genbrug af bærende konstruktioner' (Social- og Boligstyrelsen, 2023).

Projektgruppen takker følgende virksomheder, som har bidraget med cases og kommentarer til guiden under udarbejdelsen:

- AK83 Arkitekter
- Bolig Syd Vest
- C.W. Obel Ejendomme
- Domea Lunderskov-Kolding
- Gefion
- Grønne & Jessen Arkitekter
- INGENIØR'NE
- Krook & Tjäder/Kullegaard
- Luplau Poulsen Arkitekter
- m4 Arkitekter
- Mangor & Nagel
- Over Byen Arkitekter
- Panum og Kappel
- Park Street Nordicom
- Røvsinggade 68
- Strawberry Properties

Social- og Boligstyrelsen, 2023



Guiden beskriver
nogle af de mest
almindelige
typologier i perioden
1930-1995

Indhold

Forord.....	02
Indledning.....	05
Sådan bruger du guiden.....	07
Renovering versus nedrivning og nybyg.....	09
Den gode proces.....	16
Tjekliste.....	17
Før renoveringen går i gang.....	22
Hvad består bygningen af?.....	23
Er dokumentations- og tegningsgrundlaget tilstrækkeligt?.....	24
Er der indhold af skadelige stoffer?.....	25
Skal bygningens anvendelse eller indretning ændres?.....	29
Er der behov for ny statisk dokumentation?.....	31
Hvordan er konstruktionernes tilstand og restlevetid?.....	33
Skal bygningen energirenoveres?.....	35
Bygningstypologier 1930-1995.....	40
Etageboliger.....	41
Tæt-lav-bebyggelse.....	55
Kontor- og administrationsbygninger.....	67
Produktions- og lagerhaller.....	77
For dig, der vil vide mere.....	84
Litteraturliste.....	88

Indledning

Bærende konstruktioner er ofte lavet af materialer, såsom beton, stål og træ, som har potentiale for kunne holde i mange år.

Når eksisterende bygninger skal bygges om, transformeres eller renoveres, er der stort potentiale for besparelse af CO₂, hvis de bærende konstruktioner kan genbruges frem for at blive revet ned og erstattet med nybyggeri (Birgisdóttir & Rasmussen, 2015; Sørensen & Mattson, 2020; Eberhardt et al., 2022).

Bærende konstruktioner er ofte lavet af materialer, såsom beton, stål og træ, som har potentiale for kunne holde i mange år. Ved at vælge renovering med genbrug af disse materialer, mindskes behovet for at udvinde nye råstoffer og producere nye materialer, mens reduceret byggeaffald og dermed mindre behov for bortskaffelse.

Der kan også være potentiale for at spare på byggeomkostninger, når de bærende konstruktioner genbruges (Sørensen & Mattson, 2020).

Definition: Genbrug af bærende konstruktioner

I guiden anvendes begrebet 'genbrug' af bærende konstruktioner.

En renovering med genbrug af bærende konstruktioner defineres i guiden som en dybdegående renovering, hvor mindst de bærende konstruktioner (råhuset) bliver stående og genbruges direkte, hvor de oprindeligt er placeret, imens f.eks. tagbeklædning, ikke bærende ydervægge og installationer kan blive udskiftet.

Guiden omfatter således ikke genbrug af bærende konstruktioner, hvor konstruktionerne demonteres og anvendes et andet sted, end hvor det oprindeligt var placeret.

Fem gode grunde til bevarelse af bærende konstruktioner



1. Der kan spares på klodens ressourcer og byggeriets CO₂-aftryk.
2. Der kan spares på totaløkonomien.
3. Byggeriet kan bevare sin historie og kulturarv.
4. Renoveringer kan skabe en beriget arkitektonisk kvalitet, som ikke nødvendigvis kan genskabes ved nybyggeri.
5. Det oprindelige byggeri kan være opført med fordelagtige forhold for anvendelse, geometri og arealudnyttelse af byggeriet, som ikke ville være godkendt ved nybyggeri (det oprindelige regelsæt fastholdes normalt ved renoveringer).

Sådan bruger du guiden

Denne guide giver viden om potentialerne ved genbrug af bærende konstruktioner og et overblik over, hvad du bør være særligt opmærksom på ved renoveringsprojekter med genbrug af bærende konstruktioner.

Med guiden får du:

- Viden om klimabelastning og indikationer til totaløkonomi ved renovering med genbrug af bærende konstruktioner sammenlignet med nybyggeri.
- Et overblik over den gode proces ved renovering med genbrug af bærende konstruktioner.
- En uddybet gennemgang af, hvilke tekniske forhold du bør være opmærksom, før renoveringen med genbrug af bærende konstruktioner går i gang, herunder vurdering af indhold af skadelige stoffer, bæreevne m.m.
- En gennemgang af de mest almindelige bygningstypologier opført i perioden 1930-1995, og hvad du, i forhold til genbrug af bærende konstruktioner, bør være særligt opmærksom ved renovering af hver typologi
- Inspirerende cases, der viser eksempler på renoveringer med genbrug af bærende konstruktioner.

Kapitlerne *Den gode proces* og *Før renoveringen går i gang* vil være relevant at gennemgå for de fleste byggeprojekter.

Kapitlet *Bygningstypologier 1930-1995* kan anvendes som et opslagsværk, hvor du kan gå til den type af byggeri, der er relevant for dig, og læse mere om konstruktion, materialer, og hvad du bør være opmærksom, når de bærende konstruktioner skal genbruges.

Fokus på bygninger fra perioden 1930-1995

Guiden har fokus på bygninger fra perioden 1930-1995.

Denne periode er valgt, fordi den væsentligste del af den eksisterende bygningsmasse i Danmark er opført i denne periode.

Guiden har desuden fokus på typer af bygninger, der vurderes at have størst potentiale for at reducere klimabelastningen ved genbrug af bærende konstruktioner, nemlig etageboliger, kontor- og administrationsbygninger, produktions- og lagerhaller samt tæt-lav bebyggelse (enfamiliehuse).

Sommerhuse, udhuse, carporte, landbrugsejendomme, renseanlæg, specielbygninger og lignende er ikke medtaget i denne guide, da disse bygningstyper generelt vurderes at have lav eller omstændig bevarelsesværdi. Nogle af disse bygninger kan dog sammenlignes med emner, som er medtaget i denne guide, f.eks. kan velbyggede sommerhuse vurderes som enfamiliehuse.

Renovering versus nedrivning og nybyg

Undersøgelser viser, at der er potentiale for at reducere klimabelastningen markant ved renovering med genbrug af bærende konstruktioner sammenlignet med nybyggeri.

De senere år er der udført flere undersøgelser (Birgisdóttir & Rasmussen, 2015; Sørensen & Mattson, 2020; Eberhardt et al., 2022), der ved anvendelse af livscyklusvurdering (LCA) viser, at klimabelastningen ved renovering af eksisterende bygninger typisk er lavere sammenlignet med nedrivning og nybyggeri.

Nybyg er ofte knyttet til en højere energieffektivitet i driftsfasen og dermed en lavere klimabelastning ifm. energiforsyning i driftsfasen sammenlignet med renovering. Til gengæld har nybyg en højere klima-

belastning i form af indlejret CO₂, dvs. den CO₂, der er forbundet med at producere og håndtere materialerne gennem hele deres livscyklus. Forskellen mellem de to dele gør, at renovering af eksisterende bygninger typisk er mere klimavenligt end nedrivning og opførelse af en ny lavenergibygning. En vigtig årsag hertil er, at den danske energiforsyning forventes at blive grønnere, hvilket betyder, at klimabelastningen forbundet med drift af bygningen over årene reduceres.

Dette betyder også, at materialevalg kan have en relativ stor indflydelse på resultaterne for både nybyggeri og renovering, da forskellige byggematerialer kan have forskellige niveauer af indlejret CO₂.

Hvorvidt en renovering altid er en klimamæssig bedre løsning sammenlignet med nedrivning og nybyg, ser blandt andet ud til at afhænge af bygningens opvarmningsform, men også andre faktorer kan være udslagsgivende.

Ser man på totaløkonomien er der potentiale for at reducere omkostninger ved at vælge renovering med genbrug af bærende konstruktioner (Sørensen & Mattson, 2020). Dog afhænger totaløkonomien af mange forskellige parametre ved det enkelte projekt, såsom hvor stort behovet for kompletterende byggekomponenter er, og hvilke materialer der vælges.



Undersøgelse: Klimapotentialt ved renovering kontra nedrivning med nybyg

I en undersøgelse fra Aalborg Universitet fra 2022 (Eberhardt et al., 2022) sammenlignes en omfattende renovering med nedrivning/nybyg med udgangspunkt i tre forskellige bygningstyper: enfamiliehus, kontorbyggeri og etagebyggeri (Tabel 1). Undersøgelsen viser, at over en 50-årig periode, som er den betragtningsperiode, der oftest anvendes i LCA-sammenhæng, er det for kontorbyggeri og etagebyggeri entydigt klart, at renovering klimamæssigt er at foretrække frem for nedrivning/nybyg.

For enfamiliehuset er renovering frem for nedrivning/nybyg over en 50-årig periode en klimamæssig fordel, hvis huset opvarmes med en varmepumpe. Undersøgelsen viser, at det modsatte er tilfældet, hvis bygningen opvarmes ved hjælp af fjernvarme*, som var den anden opvarmningsform, der indgik i undersøgelsen. Se Tabel 1.

Årsagen hertil er to-delt:

1) Driftsenergien i Eberhardt et al. (2022) er modelleret med udgangspunkt i Energistyrelsens fremskrivningsmodel for emissionsfaktorer for el og fjernvarme fra 2020. I denne fremskrivning er der indlagt en forventning om, at vores el efter 2030 er grønnere end vores fjernvarme. Da varmepumper er baseret på el, har en opvarmningsform baseret på varmepumper en lavere klimapåvirkning end fjernvarme.

2) I renoveringsscenarierne i Eberhardt et al. (2022) bidrager driftsenergien relativt meget til klimapåvirkningen. For nybyg udgør driftsenergien en mindre del af klimapåvirkningen.

	Klima		
	Renovering	Nedrivning/nybyg	
Enfamiliehus (fjernvarme)	14,3 *	12,8	kg CO ₂ -ækv/m ² · år
Enfamiliehus (varmepumpe)	8,5	12,5	kg CO ₂ -ækv/m ² · år
Etageboliger	8,2	10,6	kg CO ₂ -ækv/m ² · år
Kontorbyggeri	4,4	9,6	kg CO ₂ -ækv/m ² · år

Tabel 1 - Opsummering af klimapåvirkningen af hhv. renovering og nedrivning/nybyg for tre bygningstyper (Eberhardt et al., 2022).

***Nye emissionsfaktorer:** I en nyere rapport udarbejdet af Artelia A/S og udgivet af Social- og Boligstyrelsen (Nilsson et al., 2023) præsenteres opdaterede emissionsfaktorer for el og fjernvarme, hvor den fremskrevne klimapåvirkning for både el og varme er væsentligt lavere end de nuværende emissionsfaktorer. Særligt klimapåvirkningen fra fjernvarme bliver reduceret markant, så fjernvarme i fremtiden får en lavere klimapåvirkning end el. Det vil få en stor betydning, når disse emissionsfaktorer anvendes i forbindelse med livscyklusvurderinger. F.eks. må man forvente, at en opdatering af Eberhardt et al. (2022) vil resultere i, at renoveringer i alle tilfælde vil præstere bedre end nedrivning/nybyg.



Undersøgelse: Klimaeffekt og totaløkonomi ved renovering og nybyg

En undersøgelse udarbejdet af Rambøll i 2020 sammenligner klimaeffekt og totaløkonomi for 16 case-byggerier bestående af enfamiliehuse, etageboliger, offentlige bygninger og erhvervsbygninger, som repræsenterer forskellige bygningstyper, materialevalg og lokationer (Sørensen & Mattson 2020). Casebyggerierne repræsenterer både nybyggeri opført i 2017-2022 samt renoveringsprojekter omfattende bygninger opført i perioden 1750-1992, og renoveret i 2015-2022.

I undersøgelsen sammenlignes bygningernes klimaeffekt og totaløkonomi i forskellige renoveringsscenarier og et nybygscenarie (nedrivning af den eksisterende bygning er ikke inkluderet). Renoveringsscenarierne omfatter tre særskilte scenarier af stigende kompleksitet og omfang:

- en tagrenovering
- en renovering af klimaskærmen (dvs. tag og ydervægge inkl. vinduer)
- en renovering af hele klimaskærmen samt tekniske installationer.

De beregnede klimapåvirkninger baserer sig på livscyklusvurderinger, som omfatter produktion af byggevarer (inkl. evt. udskiftninger), energiforbrug i driftsfasen, samt affaldsbehandling og bortskaffelse ved nedrivning.

De økonomiske beregninger er baseret på den samlede totaløkonomi angivet som en nutidsværdi, som dækker over bygningernes samlede omkostninger til opførelse, drift og vedligehold, (inkl. evt. udskiftning af bygningsdele samt energiforsyning i driftsfasen). Begge analyser er baseret på en betragtningsperiode på 50 år. De eksisterende konstruktioner er betragtet som "gratis" i renoveringsscenarierne.

Analysen viser, at renovering har både lavere klimaeffekt og totaløkonomiske omkostninger sammenlignet med nybyg (jf. Tabel 2).

Værdier for "renovering" i Tabel 2 repræsenterer resultaterne for det mest omfattende renoveringsscenarie, hvor både tag, klimaskærm og installationer udskiftes. Dette renoveringsscenarie vurderes som det mest repræsentative for genbrug og bevaring af de bærende konstruktioner. Dette er typisk det scenarie, som har de laveste klimapåvirkninger af de tre renoveringsscenarier, fordi bygningen bliver mere energieffektiv jo mere omfattende, renoveringen er.

	Klima			Økonomi		
	Renovering	Nybyg		Renovering	Nybyg	
Enfamiliehuse og Rækkehuse	7,3	9,6	kg CO ₂ -ækv/m ² ·år	172	284	DKK/m ² ·år
Etageboliger	4,7	8,7	kg CO ₂ -ækv/m ² ·år	125	245	DKK/m ² ·år
Offentligt byggeri	6,0	8,8	kg CO ₂ -ækv/m ² ·år	415	607	DKK/m ² ·år
Erhvervsbyggeri	5,6	8,3	kg CO ₂ -ækv/m ² ·år	273	486	DKK/m ² ·år

Tabel 2 - Opsummering af resultater fra Sørensen & Mattson (2020). Værdier for "renovering" repræsenterer resultaterne for det mest omfattende renoveringsscenarie, hvor både tag, klimaskærm og installationer udskiftes.

Cases

I forbindelse med arbejdet til denne guide har ABC Rådgivende Ingeniører gennemgået 12 cases, der repræsenterede eksempler på renovering af forskellige bygningstyper.

Af disse blev der udarbejdet en sammenligning for LCA mellem renoveringen, der blev udført, og det nybyggeri, man alternativt ville have udført, hvis man havde valgt at rive eksisterende bygning ned og bygge nyt. Denne sammenligning vises i Tabel 3.

LCA-beregningen for de 12 cases indeholder genbrug af de bærende konstruktioner, hvilket inkluderer fremtidig nedrivning samt eventuelle tilføjelser til den bærende konstruk-

tion. Nybygscenariet indeholder LCA-beregningen for opførelsen af samme bærende konstruktion fra ny af.

Ved endt levetid er udledningen den samme for begge scenarier, da det er samme mængde materiale, der skal nedrives og affaldsbehandles. Forskellen på det to scenarier er blot, at det ved nybyg antages, at nedrivningen sker med det samme (når der bygges nyt), hvor det ved transformeringen først sker om 100 år.

Tabellens resultater viser markante CO₂-besparelser ved renovering med bærende konstruktioner sammenlignet med nedrivning og nybyggeri. Baseret på de 12 cases er der

således et incitament til at bevare de bærende konstruktioner frem for at bygge nyt fra bunden, hvis man ønsker at spare på CO₂-udledningen.

Der skal dog gøres opmærksom på, at LCA-sammenligningen her kun inkluderer konstruktionerne for de 12 cases. Den lave CO₂-udledning, som ses for renovering i tabellen, må derfor ikke tages som andet end en potentiel besparelse ved den bærende konstruktion. Ønskes et mere fyldestgørende billede for byggeriet, bør der udarbejdes en LCA for hele renoveringen af byggeriet, dvs. såvel de primære som sekundære (kompletterende) bygningsdele og sammenligne den med nybyg.

INDLEDNING

Der er ikke totaløkonomiske beregninger tilgængelige for de 12 cases. Men interview med rådgiver virksomhederne bag de 12 cases peger på nogle punkter, som har påvirket totaløkonomien for deres projekter.

Det blev bl.a. erfaret, at ingeniøren bør inkluderes tidligt i projektet, f.eks. ved at samarbejde med arkitekten og bygherre om skitse-/konceptforslagene, da man på den måde kan optimere anvendelsen af de eksisterende konstruktioner bedst muligt og undgå større kompromiser længere fremme i processen.

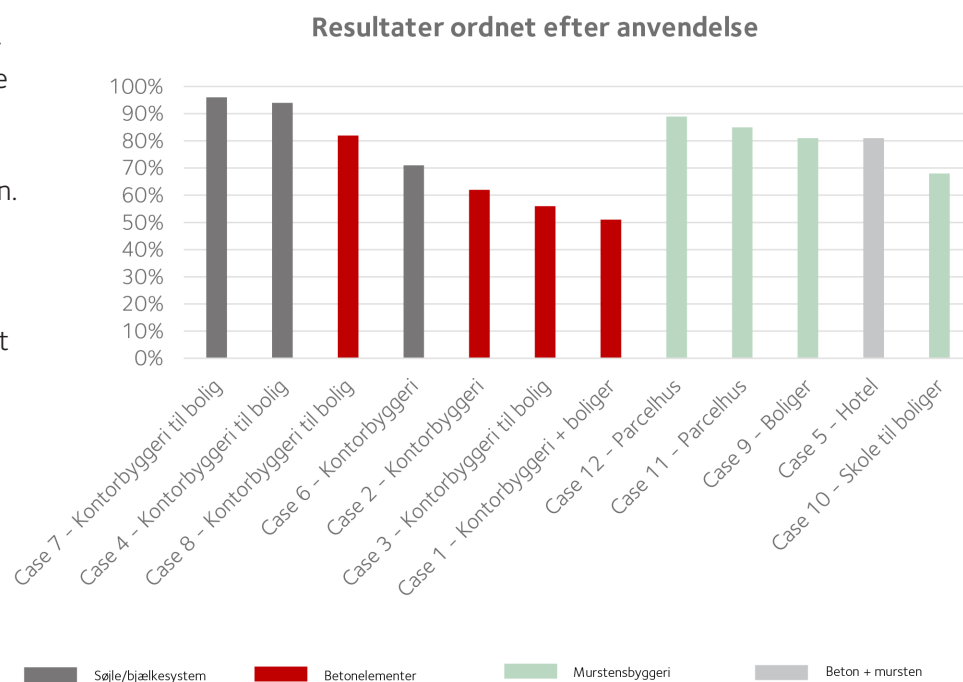
Desuden var det erfaringen i nogle af de udvalgte cases, at man- gel på tidlige undersøgelser, f.eks.

	Anvendelse	Renovering	Opførelse af nybyg	CO ₂ -besparelse
Case		kg CO ₂ -ækv/m ² /år	kg CO ₂ -ækv/m ² /år	
#01	Erhverv til kulturhus	1,24	3,26	62%
#02	Erhverv til kontor/boliger	1,83	3,7	51%
#03	Lager til kontor	1,11	3,81	71%
#04	Erhverv til Hotel	1,49	7,86	81%
#05	Kontor til boliger	1,96	4,48	56%
#06	Politistation til butik/boliger	0,63	3,54	82%
#07	Erhverv til studieboliger	0,19	3,1	94%
#08	Ungdomsboliger til almene boliger	0,96	5,16	81%
#09	Kontor til studieboliger	0,13	3,6	96%
#10	Skole til almene boliger	1,56	4,91	68%
#11	Enfamiliehus	0,47	4,14	89%
#12	Enfamiliehus	0,5	3,23	85%

Tabel 3 – Opsummering af resultater fra 12 cases for renovering af forskellige typer byggerier og anvendelse. Værdierne for LCA sammenligner genbrug af de bærende konstruktioner vs. opbygning af nyt bærende system.

af miljøskadelige stoffer, geotekniske egenskaber og af den bærende konstruktion kan, give udfordringer senere i processen og gøre et væsentligt indhug i totaløkonomien.

Det kan derfor oftest betale sig at gennemføre disse undersøgelser og inddrage alle parter tidligt for at minimere uforudsete udgifter.



Figur 1 - Besparelse på CO₂-udledning ved sammenligning af renovering med nybyg.



Den gode proces

I den gode byggeproces – og dermed også ved en renovering – er det en god ide at lave et grundigt forarbejde.

For ethvert renoveringsprojekt gælder – ligesom for alle byggeprojekter – at det er en fordel at lave et grundigt forarbejde og få afklaret så mange spørgsmål så tidligt som muligt i processen.


Det kan afdække ellers uforudsete udfordringer og dermed spare tid og udgifter senere i processen.

Når det gælder et renoveringsprojekt med genbrug af bærende konstruktioner, er der en række specifikke forhold, du bør være opmærksom på.

Undersøgelser og tests af miljøskadelige stoffer, geotekniske egenskaber og af den bærende konstruktion er væsentlige post-

er, som kan gøre en stor forskel på projektet og økonomien.

Det kan derfor oftest betale sig at foretage sådanne undersøgelser tidligt i projektet.



Forundersøgelser
kan spare tid og
penge senere i
processen!

Tjekliste

Her får du en tjekliste over, hvad du bør være opmærksom på ved renovering med genbrug af bærende konstruktioner og et bud på den gode proces. Tjeklisten skal hjælpe til at komme omkring væsentlige spørgsmål, som kan være gavnlig for din planlægning.

Tjeklisten er ikke nødvendigvis en udtømmende liste for alle renoveringsprojekter, og samtidig er ikke alle punkter nødvendigvis for relevante for alle projekter.

Tjeklisten skal ikke opfattes som en lineær gennemgang af punkterne, da planlægningen af et renoveringsprojekt ofte sker som en iterativ proces. F.eks. vil der i den indledende fase være en iterativ proces i forhold til skitseforslag og forundersøgelser,



idet visse undersøgelser kan være nødvendige for f.eks. at kunne lave en totaløkonomi, men totaløkonomien bør samtidig ligge tidligt, da denne i visse tilfælde dikterer et renoveringsprojekts afvikling.

Tjeklisten består af følgende punkter:

- Indledende research
- Skitseforslag
- Forundersøgelser
- Projektering
- Udførelse



Indledende research

- Gennemgå lokalplanen for eventuelle specifikke krav til din bygning og din grund, afstandsforhold, bebyggelsesprocent, kloakeringsforhold mv. Det kan være, at bygningen er bevaringsværdig, fredet, eller at der er krav til fastholdelse af et arkitektonisk udtryk.
- Afdæk bygningsreglementets krav for renoveringsprojektet. Bygningsreglementet er primært udarbejdet for at beskytte den almindelige borger, dels ved at anføre krav til brandsikkerhed (hindre brandspredning og sikre personsikkerhed), indeklime (rumhøjder og -størrelser, afgangninger og akustiske forhold) og tilgængelighed.
- Undersøg, hvornår din bygning er opført, og hvilke materialer den består af. Dette gør det simple at få en forståelse for byggemetoden og muligheden for genbrug af de bærende konstruktioner. Se *Bygnings-typologier 1930-1995*.
- Skab dialog med myndigheder, f.eks. kommunen vedr. byggetilladelse, fredningsmyndighed, lokalplaner og eventuelle dispensationer. En tidlig og løbende dialog med kommunen kan åbne op for flere mulige løsninger. Det kan samtidig fremme processen for myndighedsgodkendelsen, hvis kommunen allerede har fået afklaret spørgsmål undervejs.
- Sammenlign informationer i Bygnings- og Boligregisteret (BBR) og byggesagsarkiv. Her kan ændringer, der historisk er lavet på byggeriet, fremgå af beskrivelser og tegninger. Hvis dette er tilfældet, kan det reducere risici, da det kan afdække eventuelle afvigelser fra oprindelige tegninger og beskrivelser. En byggesagkyndig (arkitekt eller ingeniør) kan hjælpe med dette.
- Få klarlagt, hvad der er bærende og/eller stabiliserende.

Skitseforslag

- Skitser/koncepttegninger anbefales udført i et samarbejde imellem bygherre, arkitekt og ingeniør, idet krav og muligheder i bygningsreglementet i forhold til det aktuelle byggeri afdækkes. Samarbejder parterne i forbindelse med skitsefasen, kan ingeniøren nå at finde den bedste løsning til bevarelse af konstruktioner. Det kan spare tid og økonomi senere i processen.
- Udarbejd et totaløkonomisk estimat for projektet. Totaløkonomi omfatter de samlede udgifter til opførelse og drift i bygningens levetid/beregningsperioden.



Forundersøgelser

- Ressourcekortlægning af bygningen: Gennemgang af Bygnings- og Boligregistret (BBR), eksisterende tegningsmateriale, fysisk gennemgang mv. for at fastslå, hvilke materialer og mængder, der er i byggeriet. Denne kortlægning vil give et overblik over, hvilke materialer, der vil kunne bevares i det nye byggeri, og hvilke der kan være kritiske ift. nedtagning og deponi (miljøscreening).
- Opmåling er væsentligt at få udført (evt. ved 3D-scanning), da eksisterende tegninger sjældent stemmer overens med det faktiske byggeri. Dette kan gøre processen for arkitekten nemmere, idet de derved har de korrekte dimensioner fra start og ikke senere skal tilpasse designet.
- Geotekniske undersøgelser kan være relevante, hvis belastninger ændres markant, eller der er visuelle sætninger. En geoteknisk undersøgelse kan f.eks. være udgravning for undersøgelse af fundamentets dimension. Se på husets tilstand ift. sætninger mv., og find evt. supplerende oplysninger fra geodætiske kort.

Projektering

- Afklar, hvilken brandklasse og konstruktionsklasse byggeriet kan henholdes under. Brandrådgiver og statiker kan herefter udføre nødvendig dokumentation. Det kan i nogle tilfælde give mening at foretage prøvninger af nogle af bygningens konstruktionsdele tidligt i processen for derved at kunne få en mere optimal udnyttelse af de bevarede materialer. Dette giver mest mening for etagebyggerier, og mindre udtalt i småt byggeri, hvis der er tvivl om konstruktionernes bæreevne.
- Lav evt. LCA-vurdering for byggeriet. P.t. er LCA for renovering ikke lovkrav, men det kan fungere som en rettesnor for konstruktionsbevarelsen og materialvalg. Jo tidligere denne beregning kan foreligge, des bedre effekt kan opnås i forhold til LCA.
- Ombygninger og renoveringer, som kræver myndighedsgodkendelse, bør fremsendes til myndighederne tidligst muligt i processen, da myndighedsbehandling kan tage tid.



Udførelse

- De tidligere registrerede miljøkritiske stoffer skal håndteres lovmæssigt.
- Evt. opmåling af byggeriet (f.eks. ved 3D-scanning) efter fjernelse af overflader, f.eks. vægbeklædning, lofter mv., for at fastlægge konstruktioners placering og eventuelle skævheder.



Hvad er ressourcekortlægning?

En ressourcekortlægning er en detaljeret bygningsgennemgang med henblik på at kortlægge tilgængelige ressourcer inden nedrivning eller renovering. Kortlægningen giver et detaljeret overblik over indholdet af materialer egnet til genbrug, genanvendelse og materialenyttiggørelse. (Kilde: Videncenter for Cirkulær Økonomi).



Før renoveringen går i gang

Hvad skal du være opmærksom på i netop dit renoveringsprojekt?

I dette kapitel gennemgås en række tekniske spørgsmål, der kan hjælpe til at afklare, hvad du skal være opmærksom for netop dit renoveringsprojekt med fokus på genbrug af bærende konstruktioner, herunder:

- Hvad består bygningen af?
- Er dokumentations- og tegningsgrundlaget tilstrækkeligt til at kunne planlægge en renovering eller transformation af byggeriet?
- Indeholder bygningen og konstruktionerne skadelige stoffer, og hvis de gør, kan det så fjernes i det nødvendige omfang?
- Er der behov for at tilpasse bygningen til nye anvendelser?
- Øges lasten med 5% eller mere? I så fald kan der være krav om, at der iht. certificeringsregler skal foretages ny statisk dokumentation iht. nutidige normer samt revurdere bygningsdelenes brandtekniske egenskaber.
- Er tilstanden og restlevetid af konstruktionerne acceptabel? Typisk skal man kunne se 50 år frem. Hvis ikke, kan de så repareres og levetiden forlænges?
- Skal der energirenoveres?

Alle renoveringsprojekter er forskellige. Find ud af hvad der er vigtigt i dit projekt!

Hvad består bygningen af?

Viden om bygningstype, opførelsesår, byggeskik ved opførelsestidspunktet og primære materialer i bygningen er væsentligt at have kendskab til.

Dette kan nemlig fortælle meget om, hvor fleksibelt byggeriet er, og det gøres nemmere at kortlægge eventuelle udfordringer ved bevarelse af bærende konstruktioner.

Hvis f.eks. et etagebyggeri er opført i 1950'erne i betonkonstruktioner, kan det forventes, at betondækkene typisk er udført med slap armering, som ikke spænder så langt som de dæk, der anvendes i dag, hvilket kan begrænse friheden til at lave større rum.

Derudover er det forventeligt, at der er en vis nedbøjning, som normalt ikke er ved forspændte betondæk.

Ved denne periode er det sandsynligt, at indervæggene er de bærende, og dermed giver det stor fleksibilitet iht. facaderne. Se også afsnittet *Etageboliger i beton-elementer*.

Der kan i andre typer byggeri være en del miljøskadelige stoffer, der skal tages hånd om. Dette kunne være PCB i fugerne eller asbest ved tagbelægning eller i isoleringen om installationerne.

Se også afsnittet *Er der indhold af skadelige stoffer?*

Er dokumentations- og tegningsgrundlaget tilstrækkeligt?

Et eksisterende byggeris dokumentation (tegningsmateriale og andre dokumenter) kan være utilstrækkelige eller misvisende til at fastslå væsentlige emner forud for en renovering.

Se case på side 81, hvor det netop var et problem, at søjlers placering ikke stemte overens med tegningerne.

Det er derfor som regel nødvendigt at foretage nye opmålinger for derfor at kunne få et retvisende grundlag, som arkitekten kan arbejde videre med til det nye koncept.

Det kan evt. anbefales at få foretaget en 3D-scanning af

byggeriet for at få det mest detaljerede billede af bygningen og dermed minimere risikoen for at støde på uforudsete hændelser.

I enkelte tilfælde er dokumentationen heller ikke fyldestgørende, og det vil være nødvendigt at lave ny dokumentation for byggeriet. Dette kan f.eks. være den statiske dokumentation, som ved ændret anvendelse alligevel skal udarbejdes på ny.

God dokumentation for det eksisterende byggeri vil gøre denne proces nemmere. Hvis der opstår tvivl, kan det blive nødvendigt at foretage prøver af eksisterende konstruktioner for at fastslå deres styrke.

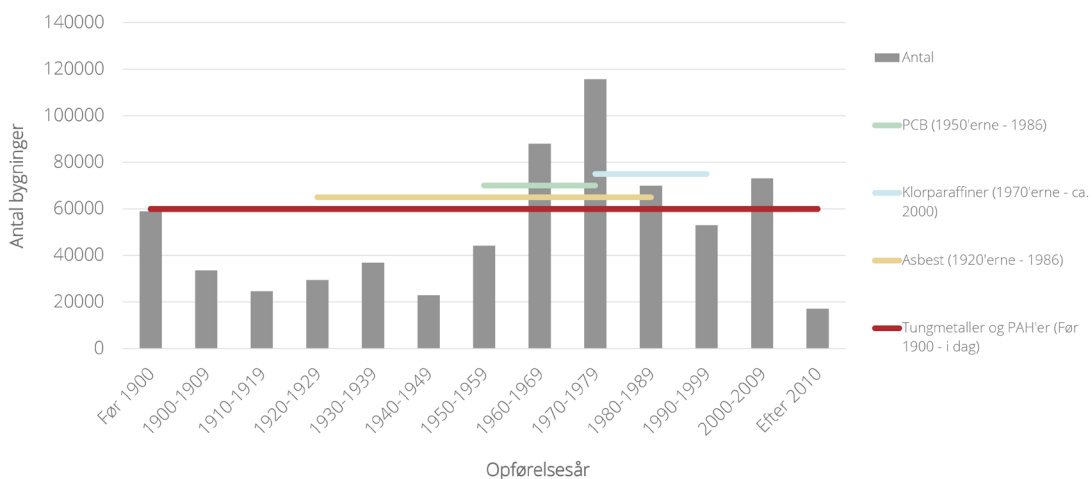
Er der indhold af skadelige stoffer?

I den eksisterende bygningssmasse kan der forekomme skadelige stoffer, som skal håndteres, hvis bygningernes bærende konstruktioner skal bevares. Skadelige stoffer kan afdækkes ved en miljøscreening og en miljøkortlægning.

Tidspunktet for en bygnings opførelse eller renovering kan indikere, hvilke skadelige stoffer der kan forefindes (se Figur 2). Her skal der være fokus specielt på PCB, tjærestoffer og asbest, da disse stoffer er problematiske for indeklimaet. Asbest påvirker dog ikke indeklimaet, hvis det optræder i fast form, og det ikke forarbejdes. De øvrige stoffer er problema-

tiske for arbejdsmiljøet ved håndtering og ved affaldshåndteringen. I det følgende kan du læse nærmere om nogle af de mest almindelige former for skadelige stoffer, der

er brugt i bygninger (PCB, asbest, tungmetaller, klorparaffiner, PAH'er (tjærestoffer) og PFAS), og hvad man bør være opmærksom på ved genbrug af bærende konstruktioner.



Figur 2 – Fire forskellige grupper af miljøfarlige stoffers tid på markedet, sammenholdt med den opførte bygningsmasse. (Teknologisk Institut, 2018).



Hvad er miljøscreening og miljøkortlægning?

Miljøscreening er en indledende vurdering af, hvilke problematiske stoffer, der kan forventes at være i en bygning. Ofte vil screening være baseret på historiske oplysninger og en visuel gennemgang af bygningen. En miljøkortlægning er en registrering af miljøskadelige stoffer og materialer i byggeriet, som er på listen over farligt affald, kan give anledning til miljøskadelige emissioner til omgivelserne og/eller kan udgøre et arbejdsmiljøproblem for de folk, som arbejder på byggepladsen. Miljøkortlægningen bør udføres tidligt i planlægningsforløbet, så informationerne kan indarbejdes i projekt materialet.

Miljøfarlige stoffer

PCB

PCB er et miljøfarligt giftstof, der kan skade mennesker og miljø. PCB er kategoriseret som et POP-stof.

PCB blev anvendt i perioden fra 1950 og frem til 1977 i byggematerialer, typisk som blødgørere f.eks. i fugemasser, maling m.m. Det var lovligt at anvende PCB i elektriske installationer ind til 1986. PCB blev ofte brugt i skoler, etagebyggerier, industribyggerier og erhvervsbyggerier.

PCB-forureningen kan sidde i både overfladebehandlingen og de bagvedliggende bærende konstruktioner og kan afgasse til indeklimaet.

Skal de bærende konstruktioner bevares, kan der foretages en afrensning og/eller en termisk rensning eller en forsegling af PCB-forureningen. En anden mulighed er at fjerne en del af konstruktionen. Ved fjernelse af dele af konstruktionen kan denne svækkes, så konstruktionen ikke længere kan opfylde dens bæreevnekrav.

Inden en bygning renoveres eller rives ned, skal det undersøges, om den indeholder PCB. Resultatet skal anmeldes til kommunen.

Klorparaffiner

Kortkædede klorparaffiner (SCCP) er i lighed med PCB kategoriseret som et POP-stof, der kan skade mennesker og miljø.

Klorparaffiner er blevet anvendt til de samme byggematerialer som PCB, dvs. som blødgørere i f.eks. fugemasser, maling m.v.

Klorparaffiner anvendes fortsat i dag i mindre koncentrationer end tidligere.

Klorparaffiner har ikke den samme tendens til at afgasse til indeklimaet eller til at diffundere ind i tilstødende materialer, hvorfor f.eks. bærende konstruktioner, hvorpå der er anvendt materialer indeholdende klorparaffiner, normalt anvendes efter afrensning.

Asbest

Asbest blev i stor stil brugt i tag- og facadeplader og til visse indvendige beklædningsplader (f.eks. på institutioner) i perioden 1950-1986.

Asbest er flere forskellige typer af mineraler, der spaltes i fibre, der ikke kan ses med det blotte øje. Asbest er farlig, hvis fibre fragmenteres og bliver luftbårne som asbeststøv, hvor de kan forårsage alvorlige sygdomme. Asbest påvirker ikke indeklimaet, hvis det optræder i fast form og det ikke forarbejdes.

Asbest er sjældent brugt i bærende konstruktioner, men kan dog i visse tilfælde være brugt som additiv i beton. Umiddelbart vil dette ikke give anledning til problemer, da fibre er bundet til betonen, men det skal være et opmærksomhedspunkt, hvis betonen bearbejdes (der bores huller eller lign.).

Ved tagkonstruktioner kan der være sket en kontaminering (støv) af den underliggende bærende trækonstruktion, hvis tagpladerne f.eks. tidligere er blevet afrenset ved højtryksrensning eller mekanisk påvirkning. For at kunne bevare disse konstruktionsdele, skal der foretages en grundig kontrol af træværket efter en asbestrensning.

Tungmetaller

Tungmetaller er anvendt som pigmenter i malinger, linoleumsbelægninger, vinylbelægninger og fliser.

Tungmetallerne er ikke problematiske for indeklimaet og er derfor heller ikke et problem, så længe de sidder på eller i byggematerialerne. Det er kun ved håndtering som slibning, sandblæsning, opvarmning m.m., at de giver et problem for personer og miljøet.

Ved en kortlægning af de skadelige stoffer i et byggeri undersøges der for følgende tungmetaller: bly, cadmium, kobber, krom, nikkel, zink, kviksølv, arsen.

Kviksølv kan trænge ind i de bagvedliggende materialer. Det er specielt set i industribygninger, såsom fødevarer virksomheder. I disse tilfælde skal der foretages en vurdering af, om de bærende konstruktioner kan bevares efter en sanering.

PFAS

PFAS er en gruppe af stoffer, som vi i Danmark er blevet opmærksomme på indenfor de senere år, og som også er anvendt i byggematerialer. Stofferne er produceret fra 1949. I denne stofgruppe indgår der POP-stoffer, som er uønskede i miljøet.

Miljøstyrelsen har i 2016 udgivet et materiale om kortlægning af brancher, der anvender PFAS. I denne kortlægning fremgår det, at der i bygge- og anlægsbranchen er anvendt PFAS. Stofferne er fundet i malinger, beton, linoleumsbelægninger m.m.

Der er endnu ikke lavet retningslinjer for, hvordan disse stoffer skal håndteres, og hvordan man kategoriserer dem i forhold til affald og indeklima

Tjærestoffer, kulbrinter og creosot

Disse stoffer kan være anvendt som fugtspærre eller imprægneringsmidler. Stofferne kan give indeklimagener. Bærende konstruktioner, hvorpå disse stoffer er anvendt, skal afrenses og muligvis forsegles, inden konstruktionerne kan bevares.



Hvad er POP-stoffer?

POP-stoffer (Persistent Organic Pollutants, på dansk: persistente organiske miljøgifte) er karakteriseret ved deres giftige egenskaber, og at de nedbrydes meget langsomt i naturen. En række POP-stoffer er omfattet af den globale Stockholmkonvention om persistente organiske miljøgifte og af den såkaldte POP-forordning, som er EU's implementering af konventionen. (Kilde: Miljøstyrelsen, 2023).

Skal bygningens anvendelse eller indretning ændres?

Når en bygning ønskes bevaret, men der er brug for at ændre anvendelse eller indretning, kan relevante overvejelser være:

- Har bygningen bærende indvendige vægge eller andre konstruktioner, som begrænser muligheden for fleksibilitet?
- Er bygningsvolumen (rumhøjden mm.) tilstrækkelig til nye anvendelser ift. krav til f.eks. føring af installationer, flugtvej m.m.?
- Øges belastningen på konstruktionerne ved en ændret anvendelse (nytte- og naturlaster) eller ved øget egenvægt?
- Bliver det nødvendigt at

energirenovere og i så fald, hvor tilgængeligt er dette, f.eks. kan facader, terrændæk og tag efterisoleres?

- Skal der laves større ændringer på installationerne i byggeriet? Og hvilke konsekvenser vil dette have?

Generelt kan det være lettere at tilpasse f.eks. kontorbyggeri til boliger end omvendt, da kontorbyggerierne ofte har en typologi, som sikrer store åbne rum, med høj fleksibilitet for indretningen. Samtidig blev nyttelasten for boliger nedsat i 1959, og det betyder, at etagedækkene i kontorbyggerier efter de nye krav blev tykkere end etagedækkene for boliger.

Særligt etagebyggeri i betonelementer fra perioden 1950-1970'erne kan være udfordrende ift. at lave større ændringer i indretningen, da mange af de indvendige vægge er bærende, samtidig med at spændende for huldækkene kun ligger på omkring 3-6 meter.

Derfor er netop denne boligtype meget låst i sin anvendelse. Til gengæld er facaden ofte ikke bærende og kan derfor lettere efterisoleres eller udskiftes.

Konverteres kontorbyggeri til boliger kan der dog være en opgave i forhold til tekniske installationer, så som kloak, vandforsyning m.m., da koncentrationen af sådanne installationer er væsentligt større.



Når konstruktionens belastning og funktion ikke ændres

I dansk byggeri gælder, med enkelte undtagelser, at hvis en konstruktions belastning og funktion ikke ændres, så fastholder konstruktionen formelt de kvaliteter, som var anerkendt på opførelsestidspunktet, uanset om samme konstruktion principielt ikke kunne oppebære samme kvalitet ved nutidig vurdering, dvs. man revurderer ikke med tilbagevirkende kraft.

Dette er principielt god fornuft, da man ellers kunne risikere af ulovliggøre meget byggeri, som oprindeligt var opført lovligt. F.eks. vil et brandkrav til en konstruktion godkendt i 1977 stadig blive betragtet som godkendt, selvom ny viden modsiger dette.



Er der behov for ny statistisk dokumentation?

Hvis statistisk dokumentation og tegningsmateriale er utilstrækkeligt, og det bliver nødvendigt at foretage ny dokumentation, kan materialekvaliteter, armeringsføringer, dæklag, geometrier m.m. være nødvendigt at undersøge, hvilket ofte kan kræve destruktive undersøgelser (f.eks. frihugning af armering o. lign.).

Udviklingen inden for dimensionering af konstruktioner har udviklet sig, og på mange områder er krav og metoder skærpet, f.eks. er krav til forskydningsarmering i betonkonstruktioner skærpet.

Ved betonkonstruktioner er armeringens beskyttelse væsentlig, såvel i brudgrænsetilstand (normal

anvendelse) som i brandtilfælde. Normalt sikrer dæklaget mod korrosion af armeringen, men dæklaget kan også beskytte armeringen mod opvarmning i tilfælde af brand. Korrosion har lav prioritet ved indendørs konstruktioner, men ikke i forhold til brand. Der har tidligere ikke været fokus på dæklagets betydning, men begrænset dæklag kan i brandtilfælde betyde svigt tidligere end oprindeligt forventet.

Dette gælder f.eks. også i forhold til betonhuldæk. Betonhuldæk havde oprindeligt en MK-godkendelse (Dansk Godkendelsesordningen for Materialer og Konstruktioner) for BS60 (Brandsikker i 60 minutter (ubrandbart materiale)), som primært var baseret på, at betonhuldæk er ubrandbare.

I forbindelse med CE-mærkningens indførelse i 1998 blev betonelementernes egenskaber udfordret. Ved initiale brandtests viste det sig, at betonhuldækkene svigtede ved forskydningsbrud ved vederlagene. Ved ændring af fugearmeringens forankring kunne R60 (BS60) opnås. Herefter blev generel vejledning for fugearmering ændret markant.

Dæk, som er armeret efter regler ved oprindelig MK-godkendelse, beholder deres brandklassifikation, så længe anvendelse og belastning er uændret, men ved ændring af anvendelse og/eller belastning vil der kunne kræves, at brandmodstandsevnen dokumenteres. I sådanne tilfælde kan dokumentationen muligvis ikke tilvejebringes, og det kan med-



Før renoveringen går i gang

føre supplerende brandsikringstiltag. Den nævnte ændrede fugearmering øgede desuden robustheden: Dette kan være sværere at dokumentere ved ældre konstruktioner, der er udført efter andre, måske lempeligere, principper.

Der er i skrivende stund en ny standard på vej, DS 11990 Bæreevnevurdering af eksisterende konstruktioner, som bl.a. kommer til at beskrive, hvordan man kan vurdere bæreevnen, og hvordan prøver skal udtages og testes, samt hvordan databehandlingen skal foregå. Dermed er der hjælp på vej.

For betonkonstruktioner er man på nuværende tidspunkt også i gang med udarbejdelsen af en ny

version af Eurocode 2 (EN1992). I den nye version vil der være et annekset vedrørende vurdering af eksisterende konstruktioner, herunder også statisk vurdering. Annekset vil dog være informativt, og der kan komme nationale krav til annekset. De nationale krav vil først blive udarbejdet, når det europæiske fællesdokument er godkendt, og derfor er tidshorisonten lidt længere end for DS 11990. Derudover vil der også blive introduceret nogle nye og mere varierende krav til minimumsarmering af betonkonstruktioner generelt, hvor der f.eks. skelnes mellem lodretbærende og stabiliserende vægge.

For betonkonstruktioner findes der også en lang række lærebøger, som

beskriver, hvordan man har beregnet statikken tidligere. Viser det sig, at en betonkonstruktion ikke har tilstrækkelig bæreevne, er der forskellige muligheder for forstærkning, f.eks. ved brug af kulfiberbånd.



Hvordan er konstruktionernes tilstand og restlevetid?

Genbruges bærende konstruktioner, er tilstanden og dermed også restlevetiden en essentiel parameter.

Tilstand og restlevetid vil typisk afhænge af de oprindelige materialeparametre, konfiguration, udførelsen og eksponeringen.

I tilfælde af, at tilstanden viser sig at være uacceptabel, kritisk eller på anden måde nedsat, kan der i nogen tilfælde udføres forlængelse af levetiden ved reparation mv.

I andre tilfælde vil tilstanden være så dårlig eller nedbrydningsmekanismen af sådan en art, at der ikke kan gøres noget.

Før renoveringen går i gang



Skal bygningen energirenoveres?

Energirenovering kan påvirke konstruktionerne, både direkte og indirekte.

Oftentimes er en planlagt renovering eller ombygning initialt drevet af et behov eller et ønske om at etablere energibesparende foranstaltninger for derved at nedsætte driftsomkostninger.

Primært sker dette ved at forbedre bygningsdelenes isoleringsevne (reducere varmetabet), ved at reducere omfanget af kuldebroer og ved at tætte bygningen. Dette gælder såvel terrændæk, fundamenter, facader, som tag. Der skal derfor være en opmærksomhed på, hvad og hvordan energirenoveringen sker, idet visse dele af renoveringer

kan ske uden videre overvejelser, mens andre tiltag kræver omtanke.

En energirenovering kan direkte påvirke konstruktionerne, da en efterisolering kan tillægsbelaste (egenvægt) den oprindelige konstruktion. Ved ændring af bygningsdeles isoleringsevne kan konstruktioner påvirkes indirekte, f.eks. hvis der isoleres enten ude eller inde i forhold til oprindelig konstruktion, kan man ændre på bygningsfysikken (varme og fugttransport gennem konstruktionen).

Eksempler på energirenovering

Indvendig efterisolering

Som et eksempel på ændring af bygningsfysikken kan tages murværk: Hvis der efterisoleres på indersiden af murværket, vil murværket generelt blive koldere, da det i langt mindre grad opvarmes indefra.

Dette betyder, at det bør tjekkes, om murværket kan tåle disse ændrede forhold (fugtigere og koldere). Yderligere kan der være forhold omkring f.eks. etageadskillelser og skillevægge mod facader, der fortsat har forbindelse med oprindeligt murværk og derved virker som kuldebro i et muligt ændret klima (måske mere kritisk) ift. oprindeligt.

Udvendig efterisolering

Hvis der isoleres på ydersiden af murværket, vil både murværk og etageadskillelse komme ind på den lune side, samtidig med at kuldebroen ved etageadskillelser, vinduesfals og skillevægge er fjernet.

Dilemmaet ved denne sidste løsning er, at murværket dækkes af isolering og ny klimaskærm, hvilket ændrer bygningens visuelle udtryk. Derfor skal der søges den bedst egnede bygningsfysiske løsning for den aktuelle energirenovering, også ud fra et æstetisk perspektiv.

Udskiftning af vinduer

En tætning af bygningen, f.eks. udskiftning af vinduer, kan kræve fokus, da en tætning begrænser en tidligere ukontrolleret naturlig ventilation, som så skal etableres på anden vis, så der ikke sker fugtophobning fra personbelastning, madlavning, bad m.m.



Byggeriets udvikling – lovgivnings- og normændringer

Lovgivning

Den styrende lovgivning i byggeriet er bygningsreglementet. Historisk har bygningsreglementet til formål at sikre såvel samfundsmæssige som den enkelte borgers interesser, idet der defineres minimumskrav til placering, geometri, indretning, materialekrav, funktionalitet, energiforbrug m.m. Siden bygningsreglementet blev introduceret er kravene til praktisk talt alle parametre skærpet, f.eks. kravene til brand, akustik, isoleringsevne, tilgængelighed og meget andet.

Et eksempel på markante ændringer i bygningsreglementet, der var drevet af samfundsinteresser, er ændringen af kravene til bygningsdeles isoleringsevner i forlængelse af oliekrisen i 1973, idet visse krav blev ca. blev fordoblet i BR77 i forhold til tidligere reglementer, ligesom andre krav blev indført som nye krav. Dette betød at visse konstruktions typer ikke længere kunne lade sig gøre, f.eks. massivt murværk af blokke.

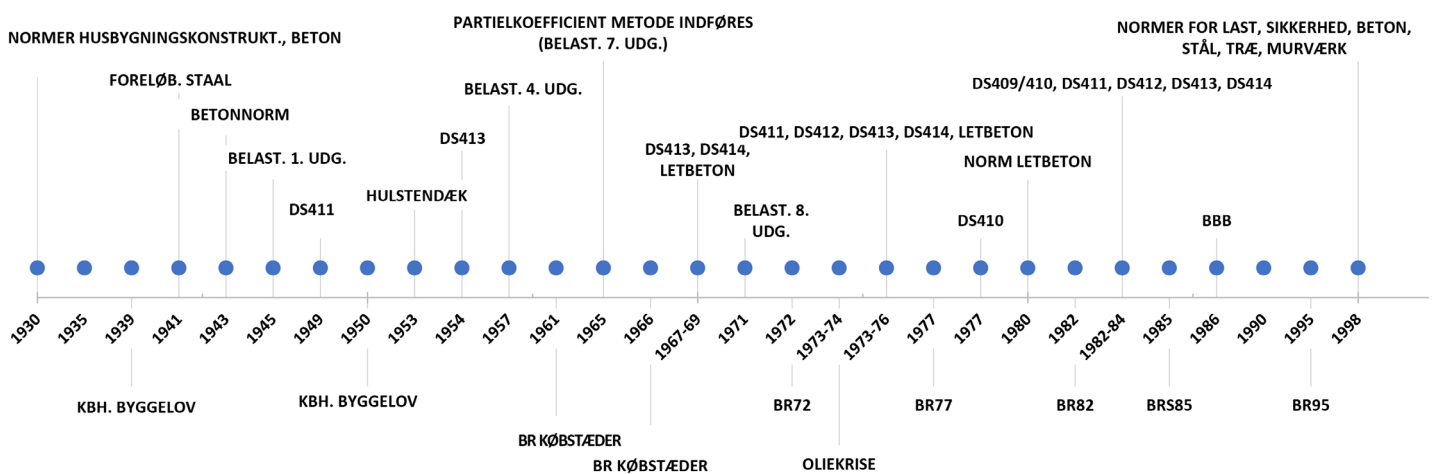
I den omtalte periode (1935–1995) har bygningsreglementet været meget detaljebeskrivende, hvor f.eks. præcise opbygninger af 'gamle' bygningsdele er beskrevet minutøst i forhold til brandmodstandsevne, akustiske krav mm. Disse beskrivelser er siden

starten af 2000'erne fjernet fra bygningsreglementet (lovgivning) og derfor henvises til vejledninger. Kendskab til forventninger til oprindelige konstruktionsopbygninger i ældre byggerier kan derfor hentes i det historiske arkiv af bygningsreglementer.

Normer og vejledninger

Bygningsreglementet er byggeriets lovgivning, mens der over tid har været normer og anden vejledning, som understøtter reglementet i dets forskellige versioner.

Normer er typisk konstruktionsnormer, som angiver metoder og værdier til at beregne og angive belastninger og metoder til eftervisning af bæreevnen af konstruktionerne med den sikkerhed, som samfundet har ønsket. Normer for last, sikkerhed, beton, stål, træ, murværk og geoteknik er med jævne mellemrum blevet revideret; typisk med nogenlunde samme syntaks som revisionerne af bygningsreglementet, idet normerne typisk er udgivet i perioden mellem bygningsreglementets revisioner. Den væsentlige ændring i tilgangen til konstruktionsberegninger skete omkring 1965, hvor beregningsmetoden skiftede til partielkoefficientmetoden, som i stor udstrækning anvendes også i dag, dog med justeringer. Dette betyder, at beregningssammenligninger før og efter 1965 kan være svær.



Figur 3 – Periodemæssig skildring af revisioner af bygningsreglementer, sammenholdt med konstruktionsnormers revisioner og enkelte nedslag, der har været vigtig for byggeriet i forhold til væsentlige ændringer i beregning af byggeriet og opbygning af konstruktionerne.



Bygningstypologier 1930-95

Hvilken bygning står du overfor? Det har betydning for, hvordan du skal gribe en renovering an.

Hvordan en eksisterende konstruktion kan genbruges, og hvad man eventuelt bør være opmærksom på, afhænger blandt andet af den pågældende typologi, som er anvendt.

I denne del af guiden beskrives nogle af de mest almindelige typologier i perioden 1930-1995 for etageboliger, kontor- og administrationsbygninger, lager- og produktionshaller samt enfamiliehuse, dvs. de bygningstyper, hvor der vurderes at være et højere potentiale for genbrug af de bærende konstruktioner.

Sammen med beskrivelsen af bygningstypologierne får du forskellige gode eksempler på renoveringer

og ombygninger med bevaring af de bærende konstruktioner.

Vi anbefaler desuden at du også finder inspiration i den casesamling, som er udgivet som et appendix til denne guide.

Få yderligere inspiration til de forskellige bygningstyper, i casesamling.

Etageboliger

Fuldmuret etagebyggeri (1930'erne-1950'erne)

Etageejendomme i denne periode er almindeligvis fuldmuret, dvs. med alle lodrette bygningsdele udført i murværk i forskellige varianter.

Denne type af ejendomme finder anvendelse til såvel bolig som lettere erhverv, dog primært boligbyggeriet. Med afsæt i periodens byggelove og tilhørende konstruktive bestemmelser følger de fuldmurede etageejendomme fra denne periode en let genkendelig og ensartet typologi. I byggelovgivningen findes endog meget specifikke retningslinjer mht. vægtykkelser, omfang af muråbninger samt valg af stentype og mørtel. Den statiske dokumentation

har således ligget implicit i efterlevelsen af disse retningslinjer.

Facade- og bagmure er udført som enten massive eller med hulmur, afhængigt af murværkets placering i det konkrete byggeri, omfanget af åbninger etc. Med udgangspunkt i ønsket om forbedret isolering og samtidig vejrbestandighed har der ofte været anvendt forskellige sten til for- og bagmur, idet formuren skulle være mere vejrligssikker. Grundet datidens beskedne krav mht. varmeisolering har mange af de eksisterende bygninger fra denne periode formentligt allerede gennemgået energirenoveringer i varierende omfang. Murværket er typisk opført med kalkmørtel ("sædvanligt murværk") og/eller kalk-

cementmørtel ("bastardmørtel") med et beskedent indhold af cement. Hulmure blev udført med enten faste bindere (mursten) eller trådbindere. I denne sammehæng bør det bemærkes, at der i starten blev anvendt trådbindere uden tilstrækkelig korrosionsfasthed, hvilket har været et udbredt problem, da disse rustede over og gav anledning til svigt. Indvendige bærende vægge blev ligeledes udført i murværk, mens ikke bærende skillevægge ofte blev udført med bræddeforskalling, med påsømmet strå og kalkpuds.

I den første del af perioden er etageadskillelserne typisk blevet opført med bjælkelag af enten træ eller stål. Typisk spænder bjælkelaget fra facaden til en langsgående (parallel med

facaderne) indvendig bærende væg. Ofte har der dog været tale om kombinationer, f.eks. i forbindelse med karnapper, altaner o.lign., hvor der almindeligvis er blevet anvendt stålbjælker og senere også ved vådrum.

En typisk etageadskillelse af træ eller kombineret træ/stål havde en opbygning bestående af bjælkelaget, hvorunder der var tæt forskalling med påsømmet strå og kalkpuds. Bjælkerne blev desuden forsynet med indskudsbrædder og ca. 7-8 cm lerjord. Ovenpå bjælkelaget blev gulvbrædder fastgjort til bjælkelaget. Lerindskudet (indskudsbrædder og ler) skulle bidrage til at brand-sikre og for akustisk dæmpning. I slutningen af 1920'erne blev anvendelsen af in-situ støbt beton



Figur 4 – Eksempel på etageejendom opført af fuldmurede facader.

i Danmark for alvor effektiviseret, i forbindelse med at den første fabriksfor fabriksblandet beton blev opført i 1926, og rotor bilen blev opfundet i

1927. Opfindelsen gjorde det lettere at bygge større betonkonstruktioner, og samtidig begyndte arkitekterne at interessere sig for beton i

Etageboliger, fortsat

1930'erne. Brugen af armeret beton gav nogle nye muligheder ift. spænd, og det blev efterfølgende almindeligt at anvende in-situ støbte betondæk i denne bygningstype.

Betonen havde den fordel, at det var et ubrændbart materiale, hvilket i øvrigt havde været et ønske at få indført generelt i etagebyggeriet siden Københavnerbrandene. Den begrænsede adgang til jern (til såvel profiler som armering) i tiden under 2. verdenskrig og årene umiddelbart efter resulterede dog i en udbredt anvendelse af hulstensdæk.

Hulstensdæk består af hulblokke af brændt lersten, letbeton eller beton, som enten på fabrik (f.eks.

Romadæk, Mammutdæk, Baumadæk, LM-dæk mf.) eller på byggepladsen blev lagt ud, hvorefter der

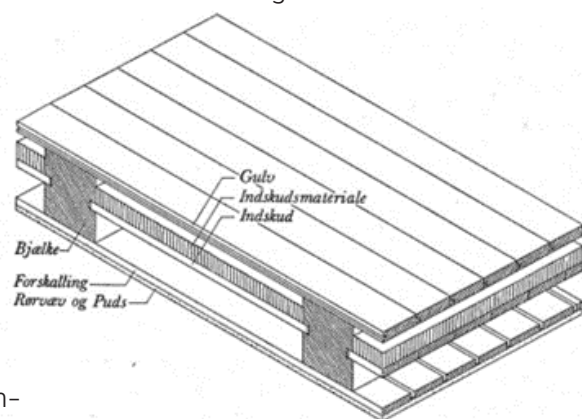
blev lagt armering ned i hulstenenes kanaler, og der blev udstøbt med cementmørtel.

Dæktyperne udmærkede sig ved at være relativt lette, dvs. materialebesparende, samtidig med at de var ubrændbare. Der fandtes et righoldigt udbud af alskens varianter i denne type dæk, der på mange måder kan ses som en eksperimenterende indledning til det velkendte præfabrikerede huldæk, der fandt på markedet mod slutningen af 1950'erne.

Yderligere oplysninger om ovennævnte dæktyper kan findes på DanskByggeskik.dk

Tagkonstruktionen var typisk hanebåndsspærfag af træ (fuldtømmer) med taghældning på 40-50°

og med lertagsten eller skiffer. I Københavnsområdet kunne man dog støde på lidt alternative tagopbygninger (Københavnertag), som var specielt designet til at tilgodese både kommunens lokalplan om maksimal facadehøjde mod gaden og muligheden for at skabe mest volumen under tag.



Figur 5 – Skitse af traditionelt bjælkelag med lerindskud. (illustration: Dansk Byggeskik).



Vær opmærksom på!

Ved fuldmuret etagebyggeri (1930'erne-1950'erne) kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke overstiges. Dette forudsætter selvfølgelig, at oprindelige egenskaber i forhold til stivhed, akustik m.m. bevares.

Uanset om **etageadskillelserne** er af træbjælkelag, eller af andre lette tegl-, letbeton- eller betonopbygninger (som beskrevet ovenfor), vil forholdene ikke svare til nutidige ønsker til akustisk dæmpning eller konstruktionen kan være slappere end forventet i nyt byggeri.

En opgradering til **nutidige akustiske krav** kan betyde øget last på dækkene, som overskrider grænsen på 5 %, hvilket kan udløse krav til statisk dokumentation iht. nutidige standarder. Dette kan være en opgave, hvis f.eks. der er tale om dæktyper, hvor produktionen er ophørt for mere end 50 år siden. Nogle af disse dæktyper dimensionering var alene baseret på tabelværker fra leverandøren, og disse kan ovenikøbet være svært tilgængelige i dag.

Tagkonstruktionerne kan normalt også bevares uden omfattende tiltag. Opmærksomheden skal dog igen være på en eventuel ekstra last, f.eks. hvis der ønskes etableret fast undertag, idet dette giver en væsentlig øget egenvægt i forhold til oprindeligt.

Undertaget kan alternativt etableres med banevarer, hvis egenvægt er yderst begrænset. Hvis tagkonstruktionen skal efterisoleres, kan man med fordel medregne de påforinger, som enten sættes på sider, over eller under eksisterende spær som forstærkning af tagkonstruktionen.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.

Etageboliger, fortsat

Etageboliger i betonelementer (1950'erne-1970'erne)

De første eksempler på brug af betonelementer i Danmark ses i slutningen af 1940'erne, hvor der bl.a. opføres prøvebyggerier for Bellahøjhusene.

Men det er først i starten af 1950'erne, at man for alvor bygger de første rigtige betonelementbygninger i Danmark.

Betonelementerne får særligt sit gennembrud i boligbyggeriet, hvor der på daværende tidspunkt var stor boligmangel. Brugen af betonelementer hjælpes desuden på vej af, at der i 1953 indføres en begrænsning på murerarbejdskraft. Derudover kunne det konstateres, at

byggetiden på pladsen blev markant reduceret og prisen fulgte med ned. Ofte ses denne bygningstype opført med 3-5 etager, men der findes også eksempler på elementbyggeri i denne periode med langt flere etager, f.eks. Grønlandshuset i Aalborg.

Generelt opføres betonelement etageboligerne i perioden 1950'erne til 1970'erne med betonhuldæk som etageadskillelse, der bæres af indvendige (ofte uarmerede/randarmerede) betonelementvægge. Huldækkene var typisk slapt armeret og har derfor en lavere maksimal spændvidde end dem, vi ser for betonhuldæk i dag. De bærende indervægge står typisk vinkelret på facaderne, hvorved dækkene spænder på langs af bygningen.

Det giver bygningerne nogle smalle, dybe rum, som denne bygningstype også er karakteriseret af. Øvrige indvendige vægge er typisk lette skillevægge.

I Figur 6 ses et eksempel på opførelsen af byggesystemet med bærende indvendige vægge.

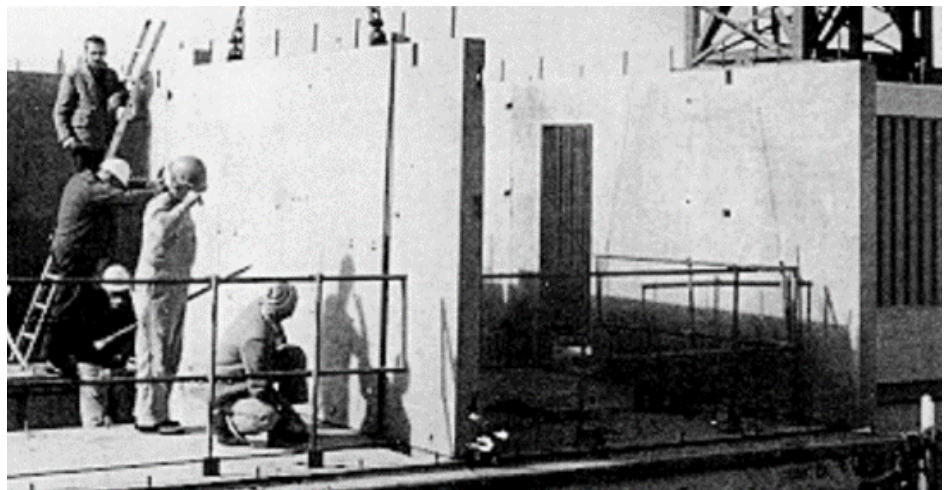
De bærende indvendige vægge giver en fleksibilitet i facaden, som bl.a. muliggør brug af lette facader med lange lysbånd, da facaden typisk ikke indgår i det statiske system.

Klimaskærmen kan både være opført i tegl, beton eller en anden facadebeklædning. Der findes dog også eksempler på, at facaden udføres i etagehøje elementer, som bærer tagkonstruktionen. Gavlen er typisk

stabiliserende. Eventuelle kældre kan være udført i enten in-situ støbt beton eller i betonelementer.

Tagkonstruktionen ved disse typer ejendomme blev i stor udstrækning udført som gitterspær af halv-tømmer med taghældninger på 20-35°. Tagbelægningen kunne være lertegl, cementtagsten, bølgeeternitplader, skiffer eller tagpap. Derudover vandt flade, næsten vandrette tage også frem i denne periode. De flade tage kunne være opbygget med en trækonstruktion direkte på betonelementer eller ved brug af isoleringsmateriale.

På Figur 7 ses et eksempel på betonelementbygninger med tagkonstruktion i gitterspær og en ikke



Figur 6 – Eksempel på byggesystem (Larsen og Nielsen A/S byggesystem (billede fra 1962)) med bærende vægge vinkelret på facaden og dæk, der spænder parallelt med facaderne (foto: Dansk Byggeskik).

bærende facade.

I 1960'erne begyndte man i højere grad at arbejde med standardiserede mål i elementbyggeriet, både som

en konsekvens af rationaliseringen (hvor man forsøgte at få mest valuta for pengene), og som konsekvens af et krav om modulprojektering, som

Etageboliger, fortsat

blev indført i 1964 i bygningsreglementet gældende for købstæderne og landet, og som dermed medførte krav til en række faste mål. Mange af etagebyggerierne i denne periode har en samlet etagehøjde (fra overside dæk til overside dæk) på 2600 mm. Bygningerne er derfor også karakteriseret ved en relativ lav loftshøjde sammenlignet med tidligere typologi-er/etageboliger.

Et eksempel på rationelt betonelementbyggeri er Larsen og Nielsen A/S, der byggede med standard dimensioner på vægge og dæk, uanset hvor i bygningen man var, dvs. tykkelse af en bærende væg var den samme i stueplan, som på fjerde sal, ligesom dækelementerne var ens armeret, uanset hvor i bygningen de

blev placeret, idet tagelementet var magen til øvrige, hårdere belastede dækelementer. Systemet var optimeret ud fra et produktionsflow, hvor en reduceret mængde af elementvarianter var mere væsentlig end optimering i forhold til bæreevner. Dette har bevirket at disse ejendomme i dag er ideelle til fortætningsprojekter, dvs. at man ved en tagrenovering sætter en ny top på, hvor etageadskillelsen allerede er klar.

Det store fokus på optimering af arbejdsprocesser, pris, samt høje tempo i 1960'erne og 1970'erne viste sig efterfølgende at give udfordringer med kvalitet, herunder også betonkonstruktionernes holdbarhed, som blev negativt påvirket.

Der opføres i perioden stadig etageboliger i in-situ-støbt beton, men markedet er i perioden domineret af betonelementer. Som eksempel se Figur 8, hvor der både er byggerier udført kun i in-situ-støbt beton og byggerier med en kombination af huldæk (betonelementer) og bærende vægge i tegl.

Ønskes konstruktionerne bevaret i de klassiske betonelementbyggerier fra denne periode, skal det overordnet vurderes, om den meget fastlåste indvendige rumopdeling kan accepteres. Det betyder også, at det kan være udfordrende at transformere boligbyggeri til kontorbyggeri, da man ofte her ønsker mere åbne arealer og fleksibilitet i indretningen.

Samtidig anvendes der forskellige nyttelast for boligbyggeri og kontorbyggeri, hvilke medfører at etageadskillelserne typisk er tyndere i boligbyggeriet.

Modsat gør det konstruktive system det også lettere at energirenovere og/eller udskifte facaderne, som ofte ikke er bærende. Er der anvendt beton som klimaskærm, bør man også være opmærksom på restlevetiden heraf.



Figur 7 - Eksempel på et etagebyggeri opført i betonelementer i perioden 1970-1973, hvor systemet med bærende indvendige betonavægge er anvendt.



Figur 8 - Bygningen på venstre billede er opført med bærende murværk og huldæk og bygningen til højre er opført med konstruktioner i in-situ støbt beton



Vær opmærksom på!

Ved etageboliger i betonelementer (1950'erne-1970'erne) kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke overstiges mere end 5 %.

I modsætning til den tidligere byggeperiode (1930-50) er de initiale akustiske forhold generelt væsentlig bedre ved denne periodes byggerier og tættere ved nutidige ønsker, hvorfor forbedringer kun vil være begrænsede tiltag, som forventes at kunne være indenfor rammerne af de nævnte 5%. Det kan selvfølgelig også forudsættes at oprindelige egenskaber i forhold til stivhed, akustik mm. bevares.

Tagkonstruktionerne kan normalt også bevares uden omfattende tiltag. Opmærksomheden skal dog være på en eventuel ekstra last, hvis f.eks. eksisterende tagbelægning skiftes til en tungere tagbeklædning, f.eks. hvis eternittag (som er let tag) udskiftes til tegltag (som betegnes tungt tag).

Hvis tagkonstruktionen skal **efterisoleres** langs undersiden af taget, kan man med fordel medregne de påforinger, som enten sættes på sider, over eller under eksisterende spær som forstærkning af tagkonstruktionen.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.



Etageboliger, fortsat

Etageboliger i beton og letbetonelementer (1970'erne-1990'erne)

I 1970'erne begynder en ændring i udformningen af boligområderne og selve betonelementboligerne efter kritik af de store boligbyggerier af betonelementer. Boligerne blev i stedet ofte udført som lavere (1-3 etager), tætte bebyggelser med en mere varieret arkitektur.

Betonelementbyggeriet

I 1970'erne startede desuden produktionen af forspændte huldæk med længere spændvidde. I starten anvendtes de særligt i erhvervsbyggeri, men blev gradvist også introduceret i boligbyggeriet. Der skete en overgang fra de bærende tværskillevægge, som i høj grad fastlåste

bolig- og rumstørrelser, til andre systemer, f.eks. en kombination af bærende vægge og søjle/drager-systemer. Spændretningen for dækene kunne blandt andet vendes, så facaderne blev bærende. Bygningsbredden blev typisk 8-9 m, men kunne, hvis der blev introduceret en langsgående bærende skillevæg, få bygningsbredder på op til ca. 16 m.

I 1980'erne blev sandwich-facadeelementer udviklet, som i løbet af årtiet bliver mere udbredt, bl.a. grundet øvet krav til isoleringsevne. Sandwichelementer er elementer, som består af en bærende betonbagmur og en klimaskærm af typisk 6-7 cm forplade af beton, som kan være ornamentisk (mønstreet) dekoreret på forskellig vis. Mellem for og bagplade er der

isolering og forpladen er ophængt i bagpladen via indstøbt armering (armeringsbøjler). Fordelen ved sandwichelementer er, at opførelse af klimaskærm sker sammen med den bærende bagmur (i samme løft). Ved de mest optimerede byggerier var vinduer sat i elementet fra fabrik. Herved undgik man dyrt stillads og besværlige arbejdsgange, når der særligt skulle bygges i højden. Sandwichelementerne ses bl.a. med betonelementer med frilagt stenoverflade (sten bliver synlige ved at overfladen behandles med syre for at fjerne cementpastaen/mørtlen omkring stenene). Andre producenter udviklede en facade af murskaller, så murværk efterlignes. Karakteristisk for denne type elementer er, at der er en markant fuge rundt om elementet, såvel

lodret som vandret, som for mange opleves at give et 'billigt' udtryk.

Generelt sker der i gennem tiden ændringer til særligt elementernes dimensioner, armeringsgrad og samplingsdetaljer, men grundformen for elementbyggeriet forbliver overordnet uforandret. Med introduktionen af de forspændte betonhuldæk og overgangen væk fra de bærende indvendige vægge opnås en højere fleksibilitet i indretningen. Denne typologi er også den nyeste for etageejendomme i perioden 1930-1995, og derfor vil mange af boligerne potentielt allerede opfylde en del af de behov, som befolkningen har i dag til boliger. For de boliger, som opføres i slutning af perioden, vil facadens isoleringsegenskaber også være tættere på de krav, som

stilles i dag. Er der anvendt beton som klimaskærm, bør man også være opmærksom på restlevetiden heraf.

Letbetonelementbyggeriet

For boligbyggeriet blev der fra midten af 1980'erne også udviklet byggesystemer af let konstruktionsbeton (helvægselementer og dækelementer), som var velegnet til det lavere boligetagebyggeri. Væggelementerne var typisk tørstøbt med en rumvægt på 1200-1850 kg/m³, mens dækelementerne var massive letbetondæk med en densitet på ca. 1750-2000 kg/m³ (lyddæk). Produktionsformen (tørstøbt) var billigere end ved vådstøbt betonelementer og bæreevnen tilstrækkelig til de lavere etagebyggerier. Letbetondækkene var slapt armeret,

hvorfor spændevinden var mindre end de forspændte betonhuldæk. Typisk blev flere vægge gjort bærende ved denne type byggeri end ved lignende betonbyggeri, da spændene var kortere. Ved de fleste boliger var dette ikke noget problem, fordi spænd på 5-6 m var tilstrækkeligt. Byggesystemet anvendes stadig i nutidens byggeri.



Figur 9 - Betonelementbyggeri med bærende betonskillevægge.



Vær opmærksom på!

Ved etageboliger i beton og letbetonelementer kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke overstiges mere end 5 %.

I modsætning til den tidligere byggeperioder er de initiale **akustiske forhold** generelt næsten på niveau med nutidige ønsker, hvorfor forbedringer kun vil være begrænsede tiltag, som forventes at kunne være indenfor rammerne af de nævnte 5 %. Det kan selvfølgelig også forudsættes at oprindelige egenskaber i forhold til stivhed, akustik mm. bevares.

Tagkonstruktionerne kan normalt også bevares uden omfattende tiltag.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.



Tæt-lav-bebyggelse

Enfamiliehuse

Enfamiliehuse, såvel enkeltstående som rækkehuse, udgør en meget stor mængde af den danske bygningsmasse for boliger. Langt den største bygningsmasse blev opført i 1960'erne og 1970'erne, hvor typehuse (parcelhuse) i stor udstrækning prægede markedet. Byggeriet af enfamiliehuse kan i grove træk opdeles i tre hovedgrupper:

1. 1½ plans-huse med eller uden kælder
2. 1 og 2 plans-huse med eller uden kælder med gitterspær
3. 1 og 2 plans-huse med eller uden kælder med fladt tag eller pulttag

Der findes selvfølgelig enkelte undtagelser, men langt hovedparten er beskrevet ved ovenstående. For hustype 1 og 3 kan siges, at de har eksisteret så længe, der er bygget enfamiliehuse, hvadend det har været på landet eller i by. Type 2 (gitterspær) er af relativt nyere dato (slut 1950'erne, start 1960'erne). Bærende facader og indvendige bærende vægge var fra 1930'erne og noget tid frem generelt opført af mursten, indtil andre materialer indtog markedet. Bagmur af tegl blev over tid erstattet af mere isolerende og billigere produkter, som f.eks. moler blokke og letklinke/Lecablokke, da disse indtog markedet omkring 2. Verdenskrigs slutning. Lette ikke-bærende skillevægge kunne være udført af bræddevægge med påsømmet strå og kalkpuds, eller af

vægge udført af slaggebeton (vægge opført af blokke udstøbt med slaggeaffald fra kulkraftværker).

Da den store bølge af typehuse indtog Danmark i 1960'erne og 1970'erne kom en stor iderigdom i opbygninger af facader og andre vægge, da pris og byggehastighed blev en væsentlig parameter. Generelt har skalmur været den foretrukne klimaskærm.

Byggesystemer

Som byggesystemer kan nævnes:

1. Massivt blokmurværk af 19-23 cm af porebeton blokke eller letklinkerblokke. Pudset eller malet. Hustype, som kunne opføre frem til BR77 trådte i kraft, hvorefter denne type byggerier forsvandt. Indvendige vægge af samme

- materiale som bagmur.
2. Bagmur af porebeton blokke, eller etagehøje (60 cm breddede) elementer og skalmur af mursten. Indvendige vægge af samme type som bagmur.
 3. Bagmur og indervægge af letklinkerblokke og skalmur.
 4. Helvægselementer af letbeton som indervægge og bagmur og teglsten som skalmur.
 5. Større rækkehusprojekter blev også opført i helvægs betonelementer med tag af betonelementer.
 6. Typehuse, som f.eks. OC-Huset, excellerede i typehuse udført af helvægs sandwichelementer, med bagmuren af elementet af letbeton med rumvægt på ca. 1600-1800 kg/m².
 7. Helvægselementer af isoleret



Figur 10 - Den store bølge af typehuse indtog Danmark i 1960'erne og 1970'erne

- træskelet med indvendig spånplade, udvendig vindspærre og skalmuring og indvendige vægge af træskelet og spånplader.
8. Skeletopbygning af træ som bagmur og indvendige vægge beklædt med spånplader eller gips.

Der kan også være andre kombinationer og klimaskærme, men ovenstående er meget sigende for byggesystemerne i perioden fra 1930-1995. Tages de største typehusproducenter i dag, så udføres disse næsten alle som 2.

Tæt-lav-bebyggelse, fortsat

1 ½ plans-huse

1 ½ plans-huse har en meget stor tradition, der strækker sig til langt før 1930'erne, da den oprindelige tagbelægning var stråtag, som krævede en relativ stejl taghældning, for at den kunne fungere. Senere blev tagbelægning afløst af lertegl, som også krævede stejle taghældninger. I byområder bliver disse 1 ½ plans-bygninger opført i stor stil bygget frem til 1940'erne og kaldes murer mestervillaer, mens man på landet så en del husmandssteder opført med statslån efter standardiserede tegninger og beskrivelser.

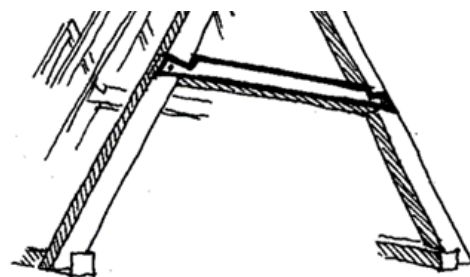
I forhold til konstruktionerne er det fælles for disse 1 ½ plans-huse, at de består af et træbjælkelag mellem stueplan og tagetage, som

mellemunderstøttes af en langsgående væg nogenlunde midt i bygningen. Taget etableres af A-spær, oftest med hanebånd, som understøttes af facaderne. Denne byggemetode anvendes principielt den dag i dag.

Tidligere var det normalt med halvvalme i gavlene. Frem til slutningen af 1960'erne blev etageadskillelse og spær normalt opført i fuldtømmer (kvadratisk træ på 5x5", 6x6" eller lign.), hvor spærene oftest stod med et sadelhak på langsgående remme, der kunne være kammet ned over bjælkelaget. Dette frigjorde muligheden for at have forskellige indbyrdes afstande for bjælkelag og for spær.

Denne løsning blev udfordret ved en storm i 1967, hvor der skete

markante skader ved tagkonstruktionernes tagfod, da spærene blev revet ned af remmen. Efterfølgende ændredes alle samlingsdetaljer for denne tagkonstruktion, men når denne bygningstype genbruges, skal opmærksomheden være på netop denne samling, som skal forstærkes.



Figur 11 - A-hanebåndsspærfag med spærfod, som blev anvendt frem til slutningen af 1960'erne. (Illustration: Dansk Byggeskik)



Tæt-lav-bebyggelse, fortsat

Senere blev dimensionerne ændret til $\frac{1}{2}$ tømmer dimensioner af optimeringshensyn for såvel spær som bjælkelag, f.eks. 3x6" (75x150 mm), 4x8" (100x200 mm) osv., men overordnet var det konstruktive system uændret, blot med mere fokus på fastholdelse ved samlingsdetalje, affødt af nævnte storm.

Senere, ved fabriksspærenes fremmarch i slutningen af 1970'erne, blev konstruktionen opbygget af spærtræ, som vi kender i dag (bredde på 45-50 mm), men stadig efter samme principper. Tagkonstruktioner og bjælkelag blev i meget stor udstrækning udført iht. tabeller fra fagskolerne indtil Træinformation i slutningen af 1950'erne begyndte at udgive pjecer og vejledninger om emnet.

Hvis der var kælder under bygningen, blev denne som oftest etableret med træbjælkelag, for senere op i 1960'erne og 1970'erne at kunne være udført som letklinkerdæk (Leca sandwichdæk) eller som pladsstøbt betondæk.



Vær opmærksom på!

Ved 1½ plans-huse kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke, eller kun begrænset, overstiges. Dette forudsætter selvfølgelig at oprindelige egenskaber i videst muligt omfang bevares.

Der er normalt ikke krav til etageadskillelsernes **akustiske egenskaber**. Dæk mellem stue og 1'et sal ændrer sjældent egenvægt, hvorfor dette relativt nemt kan bevares. Opmærksomheden skal dog henledes på, at bjælkelaget normalt er mellemunderstøttet, enten ved en langsgående væg eller bjælker. Denne funktion skal bibeholdes, uanset, hvordan en ændret indretning i stueplan sker.

Tagkonstruktionerne kan normalt også bevares uden omfattende tiltag. Opmærksomheden skal dog være på en eventuel ekstra last (egenvægt), hvis f.eks. der ønskes etableret fast undertag under et tegltag, eller hvis let tag (Eternit/tagpap eller lign.) udskiftes med tungt tag (tegl m.m.).

Undertag kan alternativt etableres med banevarer, som har en yderst begrænset egenvægt. Hvis tagkonstruktionen skal efterisoleres, kan man med fordel medregne de påforinger, som enten sættes på sider, over eller under eksisterende spær som forstærkning af tagkonstruktionen.

Samling ved tagfod skal sikres mod udskridning, idet samlingen ofte skal forstærkes.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.

CASE

Transformation af parcelhus i 1½-plan fra 1940'erne

FØR



EFTER



FAKTA

- Opført i 1945
- Oprindelig anvendelse: Bolig
- Bærende konstruktion: Hulmur med både for- og bagmur i teglsten, kælder er udført i en blanding af tegl og beton
- Ny anvendelse: Bolig

Villaen var oprindeligt opført med en stueetage på 99 m² i grundplan og en disponibel kælder under, hvilket var blevet for trangt.

Samtidig betød den lille grundstørrelse, at der ikke var plads til en

tilbygning, som kunne løse behovet for mere plads.

Arkitektens løsning var at tilføje et rum mere, en bedre forbindelse til udearealerne og en førstesal.

Det eksisterende tag var for lavt til at blive udnyttet til beboelse, hvorfor man forhøjede gavlene og skiftede taget for at skabe rum til to nye børneværelser forbundet af en repos hen over et dobbelthøjt rum. En anden af boligens udfordringer var utilstrækkeligt dagslys, hvilket blev løst med loft til kip, dobbelthøje arealer, tagvinduer og en ny kvist for at skabe en bolig med mere lys og luft.

Efter renoveringen har en ejendomsmægler vurderet huset og er nået

frem til, at markedsværdien efter boligrenoveringen er steget med mere end omkostningerne til selve renoveringen.

Bemærkning

Disposition måtte søges hos kommunen, da den eksisterende førstesal ikke var høj nok til at blive udnyttet til beboelse.

Læs mere om projektet



CASE

Transformation af parcelhus fra 1960'erne

FØR



EFTER



FAKTA

- Opført i 1960'erne
- Oprindelig anvendelse: Bolig
- Eksisterende bærende konstruktion: For- og bagmur i tegl
- Ny anvendelse: Bolig

Børnefamilien i dette vinkelhus på 121 m² fra 1960erne havde behov for mere plads, men ønskede ikke at gøre deres have mindre med en tilbygning. Arkitektens løsning var her at tilføje en førstesal på dele af huset og eta-

blere loft til kip med ovenlysvinduer i den anden del af huset. Husets to eksisterende små kamre blev slået sammen til et nyt kontor og alrummet udvidet. Vinduer, døre og tag er skiftet, gulstensmuren pudset op og hele huset moderniseret. Renoveringen gav 70 ekstra kvadratmeter og skabte nogle lyse og åbne fællesarealer.

Den bærende konstruktion

Den oprindelige bygning er et gult murstenshus fra 1964 med en for- og bagmur i tegl. Den oprindelige stue havde et stort glasparti båret af stolper. Ved ombygningen har man lagt et bjælkelag ind over hovedparten af den eksisterende bygning i limtræsbjælker og etableret en førstesal under et nyt skråtag med

afstivede gavle. Over den vinklede stue er der etableret loft til kip ved at indlægge stålrammer og en kipdrager i limtræ.

Bemærkning

Den eksisterende bygning kunne sagtens bære en ekstra etage, men hvor loftet blev løftet til kip, var der behov for ny forstærkning for at skabe det åbne rum. Udnyttet til beboelse.

Læs mere om projektet



Tæt-lav-bebyggelse, fortsat

Huse med gitterspær

Huse med gitterspær har en tradition, der først starter i slutningen af 1950'erne, da tagbelægninger, såsom bølgeeternit, paptag og stålplader tillader lavere taghældninger.

I forhold til konstruktionerne er det fælles for disse huse med gitterspær, at de består af spær, der spænder fra facade til facade, og at der ikke var nogen mellemunderstøtning inde i huset.

De første generelle anvisninger for bygning af gitterspær blev udgivet af Træinformation i 1958 (Træ 3), hvor dimensioner af spærhoved, spærfod og tænger var angivet og hvordan det skulle samles.

Gitterspær var en optimering af trædimensionerne, da såvel spærhoved (underlag for tagbeklædning), som spærfod (underlag for loft) bliver mellemunderstøttet i gitterspærets statiske system. Træinformation har gennem årene opdateret vejledningerne. Spærene har altid været designet til den aktuelle tagbelægning, idet der skelnes mellem let og tungt tag.

Let tag er typisk stålplader, paptag og bølgeeternit, mens tungt tag typisk er cementtagsten og lertegl, dvs. spærene er optimeret, så man grundlæggende ikke kan lægge tungt tag på en spærkonstruktion for let tag. Spærtypens gitre gør det praktisk talt umuligt at udnytte tagrummet til anden end oplag.

Gitterspær har siden implementeringen i slutningen af 1950'erne været en fast bestanddel af byggeriet og principperne bruges den dag i dag, dog anvendes, som ved hanebåndsspærfag, spærtræ (45 mm bredde) og altovervejende som præfab.



Figur 12 - Hus med gitterspær.



Vær opmærksom på!

Ved huse med gitterspær kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke, eller kun begrænset, overstiges. Dette forudsætter selvfølgelig at oprindelige egenskaber i videst muligt omfang bevares.

Tagkonstruktionerne kan normalt bevares uden omfattende tiltag. Opmærksomheden skal dog være på en eventuel ekstra last (egenvægt), hvis f.eks. der ønskes etableret fast undertag under et tegltag, eller hvis let tag (Eternit/tagpap eller lign.) udskiftes med tungt tag (tegl mm.).

Undertag kan alternativt etableres med banevarer, som har en yderst begrænset egenvægt.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet Den gode proces.

Tæt-lav-bebyggelse, fortsat

Huse med flade tage og pulttage

I slutningen af 1970'erne og i 1980'erne blev det moderne med flade tage med tagpap.

Denne løsning var designmæssigt populær og havde en simpel tagopbygning, som var prismæssigt konkurrencedygtig.

Design var tydeligt inspireret af Sydeuropa og amerikanske stater som Californien og Florida. I begyndelsen forventede man, at tagfladen kunne bygges helt vandret, og at tagpappen ville have tilstrækkelig robusthed og tæthed.

Det viste sig imidlertid, at Sydeuropa ikke har samme klima som Danmark, hvor vi over året har

uendelige mange tø/frost overgange, som slider på samlinger og overflader af tagpappen.

Dertil kom at afløb fra tagfladen typisk blev placeret praktisk ved en søjle eller lignende, som desværre også var det sted, som deformede mindst, hvorved det var mere reglen end undtagelsen, at dette punkt blev det højeste punkt, og derved stod der ofte vand på taget lang tid efter nedbør. Dette udfordrede tagbelægningen ved tø-/frostovergangene.

Mange tage er efterfølgende blevet ændret, så der er fald på taget. I forbindelse med normsættet omkring 1984 og de tilhørende bygningsreglementer blev det fastslået, at 'alle vandrette overflader skal

udføres med fald'. Minimumsfald blev ved den lejlighed fastlagt at skulle være mindst 1:40, dvs. 2,5 cm/m og fald ved skotrendeopbygning 1:100, dvs. 1 cm/m. Disse regler er gældende den dag i dag.

Tagbelæggninger

Eternitplader (asbestplader) blev udrullet i stor volumen i samme takt som det store boom af enfamiliehuse i 60'erne og 70'erne. I samme periode kom betontagsten også frem som alternativ til ler tagsten.

Tagpap tog med de flade tage også deres del af markedet.



Vær opmærksom på!

Ved huse med flade tage og pulttage kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke, eller kun begrænset, overstiges. Dette forudsætter selvfølgelig at oprindelige egenskaber i videst muligt omfang bevares.

Tagkonstruktionerne kan normalt bevares uden omfattende tiltag. Opmærksomheden skal dog være på en eventuel ekstra last (egenvægt), hvis f.eks. der udlægges ekstra tagpap eller laves tagterrasser.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.



Vær opmærksom på!

Tagbelæggninger:

Tagsten af ler eller beton kan normalt udskiftes og bortskaffes uden yderligere tiltag.

Naturskiffer kan overordnet behandles som tagsten. **Eternittage af asbestholdigt materiale** skal demonteres og deponeres efter strenge forskrifter, som skal følges, uanset om det gøres som privatmand eller som håndværker.

Tagpap, særligt ældre typer, kan indeholde tjærestoffer, som skal bortskaffes med lempe.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.

Kontor- og administrationsbygninger

Kontor- og administrationsbygninger (1930-1950)

Traditionelt blev kontorer og administrationer opbygget med cellekontorer med en lang gennemgående gang nogenlunde i midten af bygningen eller lidt forskudt fra midten.

Den traditionelle murede løsning, som blev anført ved bolig etageejendomme, dvs. murede facader og langsgående bærende midterskillevæg, hvor bjælkelag blev mellemunderstøttet, blev i 1930'erne brugt i kontorbyggeriet.

I starten af 1930'erne blev armeret beton mere kendt, hvorfor man så småt begyndte at bygge in-situ (støbt på stedet) med armeret beton. Kontorbyggerier var ofte

dybere end boliger, hvorfor der kunne bygges søjle/paddehattedæk og søjle/bjælke/betondæk løsninger, der introducerede en større fleksibilitet af indretningen. Alle dæk var slapt armerede, og spændet var typisk 3-6 m afhængig af pladetykkelsen.

Byggemetoden fortsatte med at vinde indpas, da der var et ønske om at anvende ikke brandbare materialer i etageadskillelserne.

Parallelt med den in-situ-støbte løsning blev også tegldæk/hulstensdæk introduceret efter anden verdenskrig, som beskrevet for husbyggeriet.

Det in-situ-støbte byggeri fortsatte sin udbredelse, indtil betonelement-

byggeriet tog over, dog med en periode, hvor man i nogle år gik tilbage til at anvende træbjælkelag, da armering og cement var mangelfulde.



Vær opmærksom på!

Ved kontor- og administrationsbygninger (1930-1950) kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke overstiges. Dette forudsætter selvfølgelig at oprindelige egenskaber i forhold til stivhed, akustik m.m. bevares.

Uanset om **etageadskillelserne** er af træbjælkelag, eller af andre lette tegl-, letbeton- eller betonopbygninger (som beskrevet ovenfor), vil forholdene ikke svare til nutidige ønsker til akustisk dæmpning eller konstruktionen kan være slappere end forventet i nyt byggeri. En opgradering til nutidige akustiske krav kan betyde øget last på dækkene, som overskrider grænsen på 5 %, hvilket kan udløse krav til statisk dokumentation iht. nutidige standarder. Dette kan være en opgave, hvis f.eks. der er tale om dæktyper, hvor produktionen er ophørt for mere end 50 år siden: Nogle af disse dæktyper dimensionering var alene baseret på tabelværker fra leverandøren og disse kan ovenikøbet være svært tilgængelige i dag.

Tagkonstruktionerne kan normalt også bevares uden omfattende tiltag. Opmærksomheden skal dog igen være på en eventuel ekstra last, hvis f.eks. der ønskes etableret fast undertag, idet dette giver en væsentlig øget egenvægt i forhold til oprindeligt.

Undertaget kan alternativt etableres med banevarer, hvis egenvægt er yderst begrænset. Hvis tagkonstruktionen skal efterisoleres, kan man med fordel medregne de påføringer, som enten sættes på sider, over eller under eksisterende spær som forstærkning af tagkonstruktionen.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.

CASE

Byggeri fra 1912 med betonelementer og massive teglfacader

FØR



Foto: Skråfoto.dk

EFTER



Fotograf Felix Gerlach

FAKTA

- Opført i 1900-1912
- Oprindelig anvendelse: Centralpostbygning
- Eksisterende bærende konstruktion: Søjle-/bjælkesystem i beton med facader i massive tegl.
- Ny anvendelse: Hotel

Transformering frem for nybyg er valgt både med klima- og miljøbelastning i mente, fordi bygningen havde historie, sjæl eller kulturarv, men også fordi bygningen var fredet.

Den bærende konstruktion

Den eksisterende bygning fra 1912

var opført med betonsøjler og -dæk. Facaderne er opført i massive tegl, der dengang var almen praksis.

Transformationen til hotel i 2020 har ikke medført større ændringer i det statiske system, men der er lagt ny fundering, etableret nye elevatortårne og enkelte steder lokalt indlagt forstærkning.

Derudover er betonoverdækningen af den store indre gård blevet erstattet af et dæk i limtræ.

I forhold til den statiske dokumentation var det eksisterende materiale meget fyldestgørende og sværhedsgraden for udfærdigelse af den nye dokumentation var det samme som ved nybyg.

Bemærkning:

De største udfordringer var asbest og normer for at eftervise, at den eksisterende konstruktion stadig kunne bruges. Største risici var lang myndighedsgodkendelse.

Læs mere om projektet



Kontor- og administrationsbygninger

Kontor- og administrationsbygninger i betonelementer (1950'erne-)

Byggeriet til kontor- og administration samt industri har på mange måder været innovativt ift. udvikling af betonelementer.

Der blev således allerede anvendt forspændte betonelementer til kontor- og administrationsbyggeri i Danmark fra elementbyggeriets begyndelse.

Overordnet anvendes der tre strukturelle systemer til kontor- og administrationsbygninger udført i betonelementer, herunder skivesystemer, søjle/bjælkesystemer eller en kombination af de to. Fælles for alle tre er, at det typisk giver nogle

store, åbne arealer og dermed en fleksibilitet i indretningen.

Dæktyperne kan enten være forspændte betonhuldæk (som man begyndte at producere til kontorbyggeri i 1970'erne) eller ribbeplader. De indvendige vægge er typisk lette skillevægge, som let kan flyttes efter behov.

Skivebygningen er karakteriseret af et statisk system bestående af skiver/plader, herunder dæk i betonelementer som spænder fra facade til facade.

Facaden er typisk både bærende og afstivende og kan enten være et sandwichelement eller et bagvægselement, der skalmures eller forsynes med anden beklædning.

I søjle/bjælkebygningen ligger dækelementerne af på bjælker i facaden og midt i bygningen, hvilket giver store, åbne gulvarealer, som kun er afbrudt af søjlerne. Spændvidden af dækelementerne afhænger af typen, hvor ribbeelementerne kan spænde længst.

Hvis bygningen er i flere end to etager, vil trappe- og elevatorskakte typisk være stabiliserende. Denne bygningstype giver mulighed for et meget fleksibelt facadedesign, da facaden ikke indgår i det statiske system.

Det sidste system, kombinationsbygningen, kombinerer de to andre systemer, hvor gavlfacade fungerer som skiveløsninger med en eller flere bærelinjer med søjler og

Kontor- og administrationsbygninger

bjælker inde i selve bygningen.

Generelt er der stor fleksibilitet ift. anvendelse og indretning af alle tre typer af kontor- og administrationsbyggeri og hvis byggeriet kan opfylde evt. nye krav til f.eks. statik.



Figur 13 - Eksempel på en kontorbygning med betonelementer opført med søjle/bjælkesystem og ribbeelementer som etageadskillelse.



Vær opmærksom på!

Ved kontor- og administrationsbygninger i betonelementer (1950'erne-) kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke overstiges mere end 5 %.

I modsætning til den tidligere byggeperiode (1930-50) er de initiale **akustiske forhold** generelt væsentlig bedre ved denne periodes byggerier og tættere ved nutidige ønsker, hvorfor forbedringer kun vil være begrænsede tiltag, som forventes at kunne være indenfor rammerne af de nævnte 5 %. Det kan selvfølgelig også forudsættes at oprindelige egenskaber i forhold til stivhed, akustik mm. bevares.

Tagkonstruktionerne kan normalt også bevares uden omfattende tiltag. I denne periode blev der i højere grad end tidligere udført bygninger med flade tage: Ved en renovering skal disse tage ofte efterisoleres med hård isolering ovenpå, hvilket kan udfordre kravet om maksimalt 5 % lastforøgelse. Opmærksomheden skal også være fra en eventuel ekstra last, hvis f.eks. eksisterende tagbelægning skiftes til en tungere tagbeklædning, f.eks. hvis eternittag (som er let tag) udskiftes til tegltag (som betegnes tungt tag).

Hvis **tagkonstruktionen** skal efterisoleres langs undersiden af taget, kan man med fordel medregne de påføringer, som enten sættes på sider, over eller under eksisterende spær som forstærkning af tagkonstruktionen.

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.

CASE

Kontorbyggeri i betonelementer – Lygten

FØR



EFTER



FAKTA

- Opført i 1985
- Oprindelig anvendelse: Erhvervsjendom
- Eksisterende bærende konstruktion: Betonelementsbyggeri med facader og dæk i beton og betonsøjler i midterbærelinjen.
- Ny anvendelse: kontor, butikslokaler og studieboliger

På hjørnet mellem Lygten og Rentemestervej i Københavns Nordvest kvarter, lå en eksisterende bygning opført for KONE Elevator i 1985 og har siden hen huset KEA – Københavns Erhvervsakademi.

Den eksisterende bygning består af to længer i beton af tre etager

plus kælder. Ved transformationen opføres der tre nye etager over den ene eksisterende længe i en selvstændig stålkonstruktion, der hviler af på søjler der går ned og gennembryder den eksisterende konstruktion. Den eksisterende bygning genindrettes som kontor- og butikslokaler, og den nye overbygning som studieboliger.

Den bærende konstruktion

Den eksisterende bygning er et betonelementsbyggeri med facader og dæk i beton og nogle centralt placerede betonsøjler inde langs midten af begge de to længer. For at undgå merbelastning af de eksisterende konstruktioner samt af hensyn til brandkrav er overbygningen etableret som en selvstændig bygning hen over den ene af de eksisterende længer. Overbygningen er opført i et stålskelet og hviler af på nogle søjler, der går ned gennem

den eksisterende konstruktion. Rent statisk er der derfor tale om to adskilte konstruktioner. En gammel konstruktion i det eksisterende betonelementer og en ny stålbygning.

Bemærkning:

I forhold til statisk dokumentation, var det eksisterende materiale kun med enkelte mangler. Det var dog sværere at udarbejde den nye dokumentation end ved tilsvarende nybyg.

Læs mere om
projektet



CASE

Kontorbyggeri i betonelementer – Kanalgade 3

FØR



EFTER



FAKTA

- Opført i 1986
- Oprindelig anvendelse: Kontor
- Eksisterende bærende konstruktion: Betonelementer
- Ny anvendelse: Boliger

Den eksisterende bygning er en kontorbygning opført som et betonelementbyggeri fra 1986.

Det eksisterende bærende system kunne ikke merbelastes, hvorfor det eksisterende først skulle forstærkes, før der kunne bygges ovenpå med nye betonelementer og trækassetter.

Det statiske system blev ændret fra bærende ydervægge til

nye tværgående bærende vægge, hvorpå fire nye etager blev bygget oven på det eksisterende byggeri.

I samme forbindelse blev der udstykket nye fundamenter til de nye bærende vægge, hvilket bevirkede at store dele af et eksisterende terrændæk skulle brydes op og etableres på ny.

De eksisterende næsten uarmerede vægge blev forstærket med stål for stabilisering af bygningen. De eksisterende facadeplader blev erstattet med facadeisolering og puds.

Den bærende konstruktion

I forhold til statisk dokumentation, var det eksisterende materiale meget mangelfuld. Der manglede blandt andet oplysninger på styrke og armering for de eksisterende betonkonstruktioner, hvilket først skulle kortlægges.

Bemærkning

Tolerancer mellem eksisterende bygning og ny overbygning viste sig at være et vigtigt emne i forhold til projektering af svalegange, altaner, tagterrasser og adgang til boliger i forhold til overholdelse af adgange. Herunder krav om niveaufri adgang samt øvrige adgangsforhold.

Læs mere om projektet



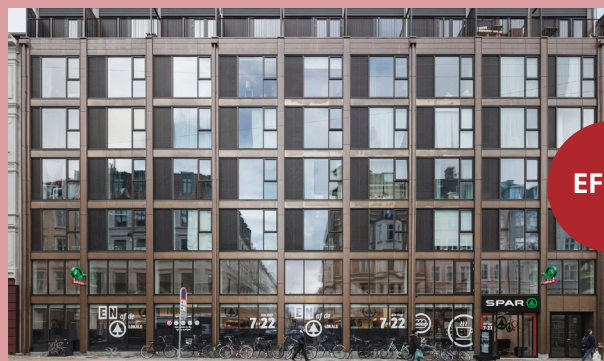
CASE

Kontorbyggeri i betonelementer – Store Kongensgade 100

FØR



EFTER



FAKTA

- Opført i 1968
- Oprindelig anvendelse: Politistation
- Eksisterende bærende konstruktion: Betonkonstruktioner
- Ny anvendelse: Dagligvarebutik og 72 boliger

På Store Kongensgade 100 lå der en nedlagt politistation fra 1968, som i dag er konverteret til 72 boliger og med en dagligvarebutik i gadeplan. Den tillukkede betonkonstruktion var i nedrivningskategorien, men gemte på en bagvedliggende struktur, der skabte en unik mulighed for etablering af studios i det gamle rokokokvarter i København. Ved at udvide bagtil blev der skabt et rekreativt uderum og ved at inddrage nabo-

ejendommene og fjerne et etagedæk skabte man plads til et supermarked i de historiske bygninger.

Den bærende konstruktion

Den eksisterende bygning var en betonkonstruktion fra 1968. Det originale statiske system er i hovedtræk bevaret, og der er udvidet med karnapper og ekstra etagemeter i de nedre etager i et stålskelet på bygningens bagside. Derudover har man revet store dele af en etage ned for at få en dobbelthøj etage til indretning af dagligvarebutik, hvilket er blevet understøttet med stål.

Statisk består bygningen i dag af en eksisterende del i betonelementer og en ny del opbygget i stål, der i de nederste etager mødes i et kombineret statisk system.

I forhold til den statiske dokumentation af det eksisterende var det

fint fyldestgørende. Der lå et konstruktionsprojekt fra opførelsen af det eksisterende på sagsarkivet.

Bemærkning:

Bygningens placering gør, at man sikkert ikke havde fået lov til at gennemføre projektet som nybyg. Ungdomsboliger i Frederiksstaden havde været svært at forestille sig uden transformation.

Læs mere om projektet





Produktions- og lagerhaller

Produktions- og lagerhaller er normalt skabt til at danne en skal omkring den proces eller funktion, der foregår under skallen.

Bygningerne var normalt designet og opført efter de konkrete behov til funktion.

Der ses f.eks. mange ældre industribygninger i in-situ-støbt beton, som er designet specifikt til den pågældende anvendelse, f.eks. Nordkraft i Aalborg eller siloerne på Nordhavn i København, eller f.eks. en traditionel remise til vedligehold af lokomotiver, som er en meget speciel bygning, der geometrisk er skabt lige netop til formålet. In-situ støbt beton har været oplagt til mange konstruktioner, som blev belastet af tunge materialer, f.eks.

maskiner, siloer, ovne mv. I dag ses der flere eksempler på, at industribygninger i beton med en central placeret lokation bliver transformeret til nye anvendelser.

Andre produktioner kan udføres i vilkårlige lokaler, blot frirummet er tilstrækkeligt (lofthøjde, m.m.). Lagerbygninger er mere generelle i deres funktionalitet, da en lagerbygning normalt kan bruges til flere typer oplag (undtagen frostrum).

For både produktions- og lagerbygninger gælder, at der ønskes mest muligt frirum uden forstyrrende konstruktioner, såsom søjler, lavt siddende bjælker m.m.

Produktionshaller og lagre blev i 1930'erne ofte udført som trækon-

struktioner af dragerværker af forskellig art, med tag af tagpap på brædder, skiffer eller lertegl, in-situ betonkonstruktioner med tagpap eller stålkonstruktioner med tagpap på brædder eller stålplader, så som pandeplader. Det overordnede system var søjle/bjælker eller for beton paddehattesystem.

I 1950'erne og frem kom der mere organiserede og rationelle konstruktioner, som den dag i dag anvendes.

Disse kan overordnet kategoriseres som:

1. Søjlebjælkesystemer af beton, typisk med søjler indspændt i fundament.
2. 3 charnier rammer af limtræ
3. 3 charnier rammer af stålprofiler

Type 2 og 3 er typisk med let tagopbygning, hvor afstanden mellem rammerne ofte var 5-7 m afhængig af, hvilke åsesystemer, der blev valgt.



Figur 14 - Eksempel på produktions- og lagerhal med TTS ribbedæk i tagkonstruktionen, indspændte søjle/bjælkesystem og sekundære konstruktioner til kraner.

Produktions- og lagerhaller, fortsat

Produktions- og lagerhaller i betonelementer (1950'erne-)

Overordnet er det de samme byggesystemer, som anvendes for kontor- og administrationsbygninger i betonelementer, som anvendes for produktions- og lagerhaller, dog adskiller produktions- og lagerhallerne sig markant ved den større volumen, som typisk etableres ved større spænd og højere loftshøjde.

Skandinavisk Spændbeton (nu Spæncom), Danske Fabrikshaller (Bøje Nielsen), Larsen & Nielsen A/S, Betonelement og flere store spillere udrullede fra midten af 1950'erne og frem utroligt rationelle byggesystemer, som bestod af præfabrikerede søjler, bjælker, vægge, tag og dækelementer.

Byggesystemerne anvendes den dag i dag.

Der var forskellige byggesystemer: Normalt var søjler indspændt i fundamenter, som også kunne være præfab (A-fundamenter, eller i folkemunde 'Elefantfødder'). På disse søjler kunne lægges forspændte betonbjælker, enten lige konsol-, I- eller rektangulære bjælker, hvorpå TTS (ribbedæk med fald 1:40) kunne monteres (se Figur 14).

Alternativt kunne bjælkerne være med fald, f.eks. SIB-bjælker, så der blot blev lagt almindelige plane betonhuldæk eller Leca sandwichdæk. Ved brug af TTS tagelementer kunne spændvidden være op til mellem 15-25 m mellem søjle/bjælkerækkerne, mens man ved

betonhuldæk var nede omkring 7-8 m og ved sandwichdæk nede på max 6 m. Facaderne havde principielt ingen statisk funktion, da stabiliteten var sikret ved de indspændte søjler, men elementerne har i stor udstrækning været udført som sandwich-elementer, så bygningen hurtigt kunne lukkes.

De store spænd kan som nævnt opnås ved at anvende ribbedæk.

Anvendes de i taget, kan de suppleres med vaffelplader imellem. Hallerne kan bestå af et primært byggesystem og et sekundært byggesystem inde i hallerne til de specifikke behov, der måtte være, f.eks. indskudte dæk.



Vær opmærksom på!

Ved produktions- og lagerhaller i betonelementer (1950'erne-) kan de primære konstruktioner normalt bevares uden forstærkninger, så længe de oprindelige belastninger ikke overstiges mere end 5 %.

I modsætning til den tidligere byggeperiode (1930-50) er de initiale **akustiske forhold** generelt væsentlig bedre ved denne periodes byggerier og tættere ved nutidige ønsker, hvorfor forbedringer kun vil være begrænsede tiltag, som forventes at kunne være indenfor rammerne af de nævnte 5 %. Det kan selvfølgelig også forudsættes at oprindelige egenskaber i forhold til stivhed, akustik mm. bevares. Hvis industri og lagerbygninger ændrer anvendelse til f.eks. boligbyggeri, vil der være en reduktion af nyttelasten, som gør det lettere at genbruge uden dæk uden at skulle foretage yderligere dokumentation.

Tagkonstruktionerne kan normalt også bevares uden omfattende tiltag. I denne periode blev der i højere grad end tidligere udført bygninger med flade tage: Ved en renovering skal disse tage ofte efterisoleres med hård isolering ovenpå, hvilket kan udfordre kravet om maksimalt 5 % lastforøgelse. Opmærksomheden skal også være fra en eventuel ekstra last, hvis f.eks. eksisterende tagbelægning skiftes til en tungere tagbeklædning, f.eks. hvis eternittag (som er let tag) udskiftes til tegltag (som betegnes tungt tag).

Se i øvrigt tjekliste i afsnittet *Den gode proces*.

CASE

Kontorbyggeri i betonelementer – Rovsinggade 68

FØR



EFTER



FAKTA

- Opført i 1963
- Oprindelig anvendelse: Lagerbygning
- Eksisterende bærende konstruktion: Søjle-/bjælkesystem i beton med stabiliserende teglmure.
- Ny anvendelse: Kontorbyggeri

På Røvsinggade 68, Nørrebro i København, lå en 7200 m² forladt lagerbygning, der i 2022 blev konverteret til kontorer.

Den oprindelige konstruktion fra 1963 er blevet blottet og dermed bevaret, hvorimod facadeudtrykket har ændret sig markant. Vigtigheden af bevarelsen af de bærende konstruktioner lå både i det

udtryksmæssige, samt det eksisterende store åbne rum indvendigt.

Den bærende konstruktion

Det statiske system på lagerbygningen fra 1963 er et søjle-/bjælkesystem i beton med nogle stabiliserende teglmure.

Det bærende system er som udgangspunkt bevaret fra den oprindelige bygning, hvor man enkelte steder har indlagt afstivning i stål, blandt andet hvor man har skåret nye huller i etagedækket.

Der er også blevet indlagt vindkryds for yderligere at stabilisere konstruktionen.

I forhold til det statiske er det også værd at bide mærke i, at bygningen går fra at være bygget som lager til at være en kontorbygning og derved får en lavere nyttelast.

I forhold til statisk dokumentation, var der kun enkelte mangler i det eksisterende materiale. Det blev også vurderet som lettere at udarbejde den nye dokumentation end ved tilsvarende nybyg.

Bemærkning:

Unøjagtigheder mellem model og faktisk placering af søjler skabte udfordringer ved placering af nye søjler.

Læs mere om projektet





BATH
PLE

PREMIUM
NEMT
www.dagsinsgademarkedet.dk




For dig, der vil vide mere

Ønsker du at blive endnu klogere på genbrug af bærende konstruktioner?

Nedenfor har vi samlet en række relevante hjemmesider, vejledninger, eksempler med videre, som kan være relevante at læse, hvis du ønsker at vide mere om genbrug af bærende konstruktioner.

På sidste side finder du desuden litteraturlisten, hvor du også kan dykke mere ned i dokumentationen for denne guide, hvis du ønsker at vide mere.

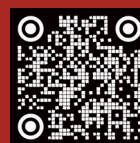
Vi håber, du kan bruge både guiden og den udarbejdede samling af yderligere information, så vi sammen kan lykkes med at genbruge endnu flere bærende konstruktioner, end vi gør i dag.



Få endnu mere viden om genbrug af bærende konstruktioner!

Byggemetoder & materialevalg

Sundere almene boliger



Dansk byggeskik
– Etagebyggeriet gennem 150 år



SBI-anvisning 251 Vurdering af
eksisterende konstruktioners bæreevne



SBI 2017:17 Energirenovering af
etageboliger



Kend dit etagehus – 13 udbredte
ældre etagehustyper



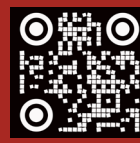
Dansk Byggeskik



Danske Bygningsmodeller



Byggeguide for fredede og
bevaringsværdige bygninger



Videncenter for Cirkulær Økonomi



Undersøgelser & beregninger

Helhedsvurdering ved reovering



BUILD levetidstabel



Klimapotentialet ved reovering kontra nedrivning med nybyg



Miljøfarlige stoffer

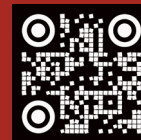
Affaldsbekendtgørelsen



Vejledning om PCB-holdigt affald i byggeriet



PCB-guiden



Kortlægning af brancher, der anvender PFAS



Renover sikkert



Inspiration & cases

Kulturarv – Eksempler på bæredygtige renoveringer, restaureringer og transformationer med økonomisk, social og miljømæssig merværdi



Arkitektur med merværdi



Ressourceblokken – Upcycling af 60'erne og 70'ernes almene byggeri



Litteraturliste

Astrup, T.F., Butera, S., Draborg, S. & Hvenegaard, C. (2021): Energiefektivisering – Vurdering af konsekvenser for energi, økonomi og miljø i et livscyklusperspektiv. Udarbejdet af Teknologisk Institut for Forenet Kredit

Birgisdóttir, H. & Rasmussen, F.N. (2015): Livscyklusvurdering af større bygningsrenoveringer. Miljømæssige konsekvenser belyst via case-studier. SBI 2015:29

Eberhardt, L., Garnow, A., Birgisdóttir, H., Rose, J. & Kragh, J. (2022): Klimapotentialet ved renovering kontra nedrivning med nybyg. BUILD Rapport 2022:37

Indenrigs- og Boligministeriet (2021): National strategi for bæredygtigt byggeri. Lokaliseret på: <https://im.dk/Media/637787884257325807/National%20strategi%20for%20b%C3%A6redygtigt%20byggeri-a.pdf>

Københavns Kommune (2015): Vejledning om PCB-holdigt affald i byggeriet. Lokaliseret på: <https://shorturl.at/jEGY0>

Nilsson, M.S., Høiby, L. & Maagaard, S. (2023): Emissionsfaktorer – El, fjernvarme og ledningsgas 2025-2075. Udarbejdet af Artelia A/S for Social- og Boligstyrelsen.

Social- og Boligstyrelsen (2023): 'Cases – Eksempler på genbrug af bærende konstruktioner' (Social- og Boligstyrelsen, 2023). Udarbejdet af ABC Rådgivende Ingeniører.

Strateginetværk for Bæredygtigt Byggeri (2023): Roadmap for udvikling af metode til beregning af bygningers klimabelastning

Sørensen, L. & Mattson, M. (2020): Analyse af CO₂-udledning og totaløkonomi i renovering og nybyg. Renovering på dagsordenen. Udarbejdet af Rambøll for branchepartnerskabet Renovering på Dagsordenen

Tozan, B., Brisson Jørgensen, E. & Birgisdóttir, H. (2021): Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske EPD'er. BUILD Rapport 2021:13

Om Guide

til genbrug af bærende konstruktioner

Denne guide giver et overblik over den gode proces, og hvad man skal forholde sig til, når man planlægger en renovering eller ombygning med bevarelse af de bærende konstruktioner.

Guiden beskriver bl.a. bygningstypologierne samt giver forskellige gode eksempler på renoveringer og ombygninger med bevaring af de bærende konstruktioner.

Guiden er målrettet byggeriets professionelle aktører.

Guiden er udformet af Teknologisk Institut og ABC RådgivendeIngeniører og udgivet af Social- og Boligstyrelsen.