

# OpBevar

*Teknisk opslagsværk for  
vertikal tilbygning*



Støttet af  
**Bevar  
mere.**



**OpBevar**

Juni 2026

1. Udgave

**Udarbejdet af**

Holst Engineering ApS

**Støttet af**

*Projektet er støttet af Bevar Mere - en indsats som Grundejernes Investeringsfond, Landsbyggefonden, Dreyers Fond og Realdania står bag.*

*Projektet er en del af i alt 17 projekter, der udvikler viden og værktøjer til at skabe fremtidens boliger i nutidens bygninger.*

*Resultater fra de 17 projekter offentliggøres i 2026.*

*Læs mere på [www.bevar-mere.dk](http://www.bevar-mere.dk)*

Støttet af

**Bevar  
mere.**





## Holst Engineering

Holst Engineering arbejder med konstruktionsdesign med fokus på bæredygtighed, kreativitet og digitale værktøjer. Vi specialiserer os i statik og optimering af konstruktioner – fra de første skitser til den endelige udførelse.

Vi er bevidste om det ansvar, der følger med rådgivning i byggebranchen, og vi bestræber os derfor altid på at pege projekter i den grønnest mulige retning. Gennem materialevalg, konstruktive løsninger og innovative arbejdsmetoder arbejder vi målrettet for at skabe byggeri med lavere klimaaftryk og høj faglig kvalitet.

Holst Engineering har en bred og varieret portefølje af projekter. Vi arbejder med nybyggeri i både større og mindre skala – primært med træ som konstruktionsmateriale – hvor vi kombinerer æstetik, funktionalitet og teknisk præcision. Derudover arbejder vi med transformations- og

renoveringsprojekter, hvor eksisterende konstruktioner analyseres, vurderes og videreudvikles med respekt for bygningens oprindelige kvaliteter og ressourcer.

Vi engagerer os også i udviklingsprojekter med ambitionen om at bidrage til forandringer i byggebranchen. Her udfordrer vi etablerede metoder og undersøger nye løsninger på klimakrisens udfordringer gennem innovation, vidensdeling og tværfagligt samarbejde.

Vi er stolte af at kunne tilføje OpBevar til vores palette af projekter. Med udgivelsen håber vi at have skabt et referenceværktøj, der kan inspirere og formidle viden om vertikale tilbygninger og de konstruktive parametre, der knytter sig til denne type byggeri.

Scan QR-koden og læs mere om **OpBevar**

### Holst Engineering ApS

Raffinaderivej 10, G

2300 København S

[holstengineering.com/](http://holstengineering.com/)



# Forord

**Bevar Mere** er en filantropisk indsats og et partnerskab, der arbejder for at fremme renovering, ombygning og transformation af eksisterende bygninger frem for at bygge nyt. Formålet er at reducere klimaaftrykket fra byggebranchen og skabe mere varierede og bæredygtige boliger ved at bruge de bygninger, der allerede findes.

Indsatsen er søsat i sommeren 2024 af en partnerskabskreds bestående af *Realdania*, *Grundejernes Investeringsfond*, *Landsbyggefonden* og *Dreyers Fond*.

Indsatsen arbejder med at udvikle ny viden, praktiske værktøjer og støtte konkrete eksempelbyggerier, der viser, hvordan gamle bygninger kan transformeres til fremtidens boliger.

I den forbindelse gives støtte til 17 vidensprojekter, grupperet som vist nedenunder.

Herunder falder projekterne *Analyse af bæredygtig etablering af tagboliger: Fra potentiale til implementering*, *Mod Nye Højder* og *OpBevar* i samme gruppe under temaet: Fortætning i højden.

Hvert af disse projekter tilgår temaet med forskellige indgangsvinkler og retter sig til forskellige målgrupper. Tilsammen afdækker de tre projekter de bæredygtige samfundsøkonomiske, forretningsmæssige, arkitektoniske og tekniske potentialer for vertikal fortætning.

Tilsammen peger projekterne på, hvordan vertikal fortætning kan realiseres i praksis som et bæredygtigt alternativ til nybyggeri.



**OpBevar** er et referenceværktøj, der gør det hurtigere og mere kvalificeret at vurdere potentialet for lodrette tilbygninger og etagetilføjelser. Formålet er at hjælpe ingeniører og arkitekter med at afdække deres muligheder, når de designer og projekterer lodrette tilbygninger. Emnet indeles i typologier, som leder til belysningen af konkrete erfaringer, der kan implementeres projektvist, og understøtter et klart beslutningsgrundlag for lodrette tilbygninger.

Referenceværktøjet tager form som en booklet, der med stærk fokus på visuel- og diagrammatisk formidling giver målgruppen et intuitivt og inspirerende overblik over muligheder, begrænsninger og typiske scenarier for lodrette tilbygninger.

Fokus er samtidig rettet mod de konstruktionsmæssige forudsætninger; altså hvad kan lade sig gøre, når man betragter bygningens bæreevne og stabilitet. Samtidig inddrages de mange parametre udenfor den konstruktionsmæssige faglighed i form af overvejelser om adgangsforhold, bygbarhed, bæredygtighed, og bevaringsværdi.

Overordnet set opdeles emnet i fire hovedemner: Bygningstypologi, Konstruktionstypologi, Tilbygnings typologi, og Metode.

Afsættet går på Dansk Byggeskilks fem bygningsmodeller, hvormed den danske bygningsmasse vurderes på de nøglefaktorer, som aktiverer projekter med lodret tilbygning. Disse er: restbæreevne, tilgængelighed af designinformation, mulighed for forstærkning, forholdene på grunden, lodret bevægelse, værdi udover kvadratmeter, og indflydelse på byrummet.

Gennem konstruktionstypologier inkorporeres særligt overvejelser om bæreevne. Ved at fremhæve overvejelser, der forbindes med forskellige statiske systemer, materialer og opbygninger, peges både på realistiske etagetilføjelser og hvilke tilbygningstyper og -strategier der er mest relevante for hver af konstruktionstyperne.

Afslutningsvis præsenteres et casestudie, der demonstrerer, hvordan typologierne kan omsættes direkte til beslutningsstøtte i konkrete projekter, og hvordan forskellige strategier kan aktivere det lodrette potentiale i eksisterende bygninger.



# Indhold

## 00 Introduktion

s. 8



## 01 Bygningstypologi

s. 14



## 02 Konstruktionstypologi

s. 26



## 03 Tilbygningstypologi

s. 38



## 04 Metode

s. 50



## 05 Case study

s. 60





oo

**Introduktion**

# Problemstilling

Emnet omkring lodrette udvidelser er komplekst. Det rummer en stor tværfaglig udfordring, og problemer med interessenthåndtering er ofte tæt forbundet med helt konkrete tekniske spørgsmål.

Listen til højre fremhæver de faktorer, som i undersøgelsen er afgørende for at skabe de ideelle betingelser for sådanne lodrette tilbygninger.

Hvor restbæreevne refererer til den bæreevne der findes i den eksisterende konstruktion, og hvor meget merlast der kan påføres.

Information refererer til tilgængeligheden og kvaliteten af den eksisterende dokumentation og de data der findes for bygningen, samt hvor nemt/svært det vil være at udføre undersøgelser til indsamling af data, eksempelvis boreprøver, jordprøver, osv.

Med forstærkning menes der hvor nemt det vil være at udføre forstærkninger (mht. adgangsveje, plads i rum, standardløsninger, osv.), men også hvor nemt det vil være at lave løsninger der kan genbruges på tværs af bygningen. Det er altså fordelagtig at

Tilgængelighed og Kontekst og byrum omhandler bygningens placering, hvor tilgængelighed omfatter hvor nemt det vil være at få på byggepladsen altså tilgængeligheden med udstyr, hvorvidt der skal der etableres nye adgangsveje (fx. ved at lave hul i facader), osv. Kontekst og byrum refererer nærmere til det byrum som bygningen indgår mht. til skygger, lokalplaner og lovgivning.

Adgangsforhold refererer til, hvorvidt bygningskerner og flugtveje har kapaciteten til en forøgelse af brugere, og hvorvidt der er kapacitet i stigebøjler, osv. til nye installationer.

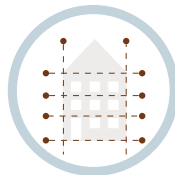
Værdi og bæredygtighed handler om den tilførte værdi ud over kvadratmeter, altså hvorvidt etage tilføjeles også gør den eksisterende bygning bedre fx. med nye facader eller tilføjeles af elevator, eller om byen og nærområdet får gavn af projektet.



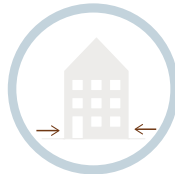
**Restbæreevne**



**Information**



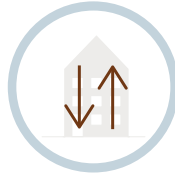
**Forstærkning**



**Tilgængelighed**



**Kontekst og byrum**



**Adgangsforhold**



**Værdi og bæredygtighed**

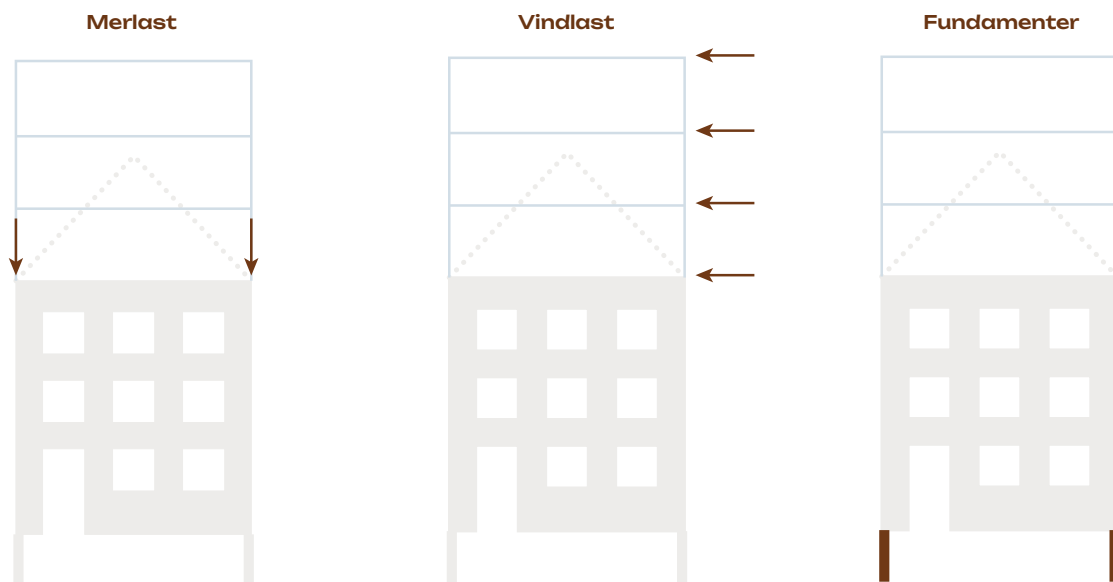
I forbindelse med lodrette tilbygninger peger de fleste kilder på, at den eksisterende bygnings evne til at bære nye laster er den absolut vigtigste faktor for, om denne type projekt overhovedet kan realiseres.

Mange parametre spiller ind: dimensioner, samlinger, materialer, tilstand, stabilitet, jordbevægelser osv. Men der opstår også nogle helt specifikke konstruktionsmæssige udfordringer, når det handler om at bygge opad.

Overordnet set er de tre største bekymringer om øget lodret belastning, vindlast og genanvendelse af fundamentene. Forøgede belastninger dækker både over nye laster og ændrede laster som følge af ny funktionalitet. Det, at der tilføres ny vægt betyder, at ingeniøren skal forstå og regne på lastveje gennem hele den eksisterende bygning. Det kan ske via direkte eller indirekte belastning, hvor indirekte belastning handler

om at ændre spændretninger, så laster ledes mere hensigtsmæssigt gennem bærende konstruktioner. Den næste bekymring handler om øgede vindlaste. Når bygningen bliver højere, bliver den også mere vindfølsom. Samtidig er mange eksisterende bygninger ikke designet med stabilitet i én eller begge retninger i mente, fordi kravene tidligere var langt mindre. Derfor kræver stabilitetsanalyser særlig omhu, da man ellers kan komme til at påvirke afgørende lastveje uhensigtsmæssigt.

Den sidste store udfordring er fundamentene. De kan give betydelige problemer, igen fordi kravene ved opførelsen ofte var meget lave. Fundamenter er tit dimensioneret helt minimalt og lever sjældent op til nutidens standarder. Samtidig er fundamentet tit svære at tilgå og ekstremt omstændige at forstærke.

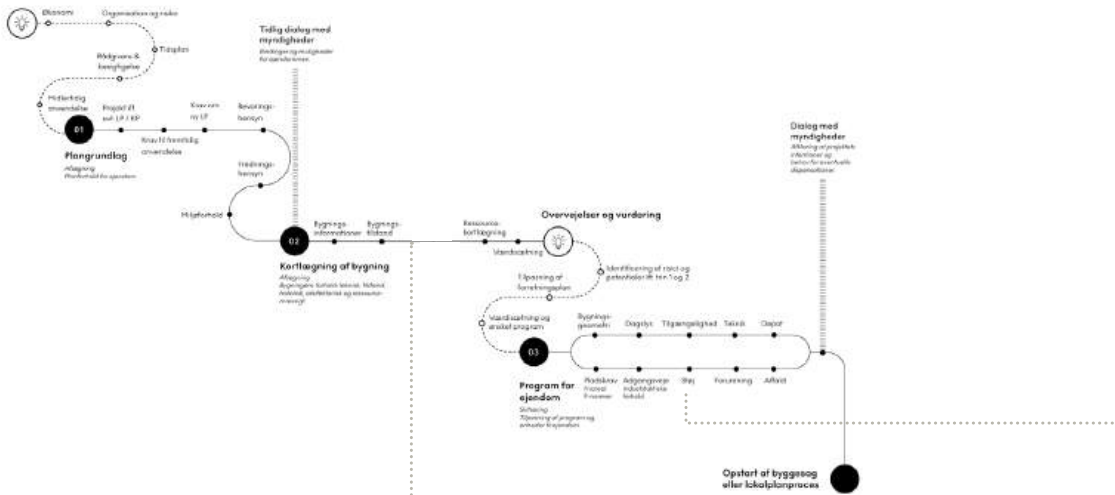


# Proces

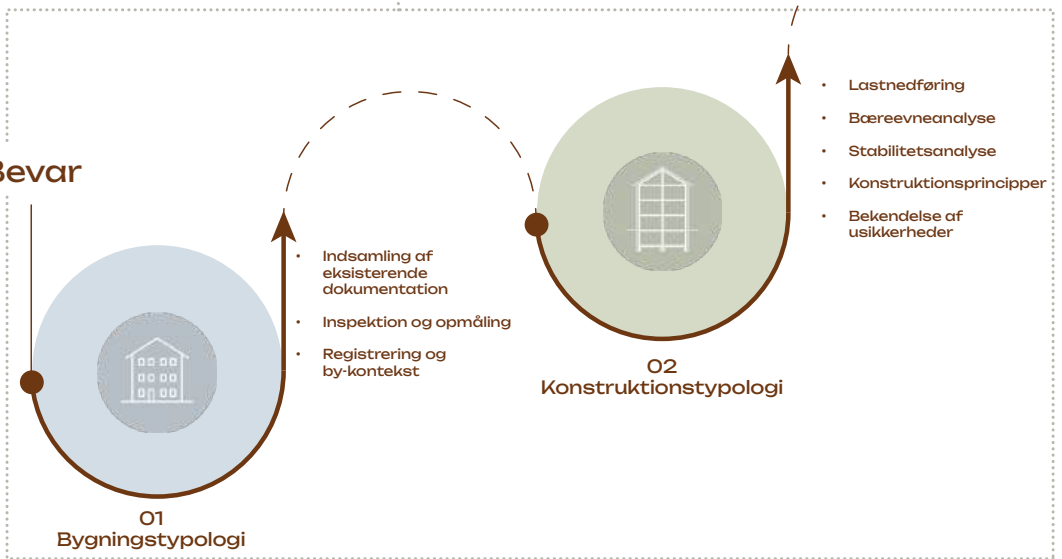
OpBevar præsenterer en tilgang, der leder designere og ingeniører fra indledende kortlægning af bygningen til valg af konstruktions- og forstærkningsprincipper, der muliggør en lodret udvidelse. Tilgangen fokuserer på de byggetekniske og strategiske afklaringer, der er afgørende for at kunne arbejde videre med bygningens lodrette potentiale.

Som en del af en større transformationsproces, eksempelvis som beskrevet af *Bevar Mere* og *Over Byen Arkitekters Trin for trin-guide*, placerer OpBevar sig i spændet mellem den indledende registrering og den konkrete projektering. OpBevar søger at fungere som et bindeled, der omsætter viden om det eksisterende til retning for det mulige.

Oversigtsdiagram fra *Over Byen Arkitekters Trin for trin-guide*:



## OpBevar





### O5 Case study

- Materialeprøver
- Tilgængelighed & bygbarhed
- Bestemmelse af forstærkningsstrategi
- Specifikationer og justering

### O4 Metode

- Bestemmelse af merlast
- Ruminddeling, Føringsveje & Adgangsforhold
- Konstruktionslayout
- Optioner

### O3 Tilbygningstypologi

OpBevar inddeler arbejdet i fire sammenhængende dele: O1 Bygningstypologi, O2 Konstruktionstypologi, O3 Tilbygningstypologi og O4 Metode. Gennem disse forsyner OpBevar brugeren med konkrete erfaringer fra sammenlignelige bygninger, konstruktioner og udvidelser. Disse erfaringer gør det muligt at spejle den eksisterende bygning i kendte mønstre og derved aflæse dens potentiale.

På dette grundlag formuleres et udvidelsesgreb, som konkretiseres gennem valg af metoder, materialer og principper.

Itakt med, at OpBevar anvendes og bygningens potentiale afdækkes, bevæger man sig – som i diagrammet – opad: fra det eksisterende til det mulige. At OpBevare bliver den måde at bevare det eksisterende ved at føre det videre op.





**01**

**Bygningstypologi**

# Oversigt

Udviklingen af danske etageejendomme afspejler både tekniske fremskridt og samfundets forandringer. Fra 1800-tallets murede bygninger til 1900-tallets beton- og elementbyggeri ændres materialer, konstruktioner og udtryk markant. Her gennemgås hovedtrækkene i denne udvikling fra 1850 til 2000 i henhold til [danskebygningsmodeller.dk](http://danskebygningsmodeller.dk).

## BYG1

Denne type etageejendom er en direkte fortsættelse af den bygningstype, som udviklede sig i de tætbyggede byer fra og med 1700-tallet. Bygningstypen er så godt som enerådende i tiden frem til slutningen af 1800-tallet.

Bygningen er opført med grundmurede, massive ydervægge og fundamenter i tegl - evt. med brug af natursten i sidstnævnte afhængig af lokale forhold. Det nederste af gadefacaden bliver efterhånden pudset med fx kvaderpuds for at give bygningen mere karakter. Taget er i reglen vinkeltag/sadeltag, der er dækket med tegl eller skifer. Ved såkaldt 'Københavnertag' anvendes dog zinkdækning på den flade del.

Indervægge i normaletager er altovervejende af udmuret bindingsværk og i nederste etage (kælder) af grundmur. Enkelte indervægge i normaletagerne kan være udført som dobbelte bræddevægge. Etageadskillelser er træbjælkelag, og trapper er af træ.

## BYG2

Denne type etageejendom er almindelig fra slutningen af 1800-tallet og frem til 1920'erne.

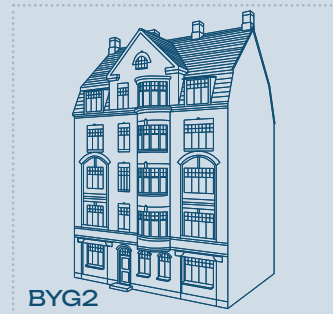
Bygningstypen har fortsat massivt murede ydervægge, mens fundamenter - evt. også kælderydervægge - nu støbes på stedet i beton. Tagdækningsmaterialer og -konstruktion er som i Type 1, men mansardtag bliver almindelige. Typen adskiller sig desuden fra type 1 ved at have hovedskillevæg og vægge omkring trapper udført som massivt murede. Øvrige indvendige vægge er altovervejende dobbelte bræddevægge.

Etageadskillelser er træbjælkelag, men med anvendelse af jernbjælker, hvor det er konstruktionsmæssigt påkrævet - fx ved bæring af karnapper eller (undtagelsesvis) med udstøbning af beton ved ønske om vandtæthed fx i baderum. Egentlige jernbjælkelag (kappedæk) er ofte brugt som fugt- eller brand sikring - fx over kældre.

1850



1890

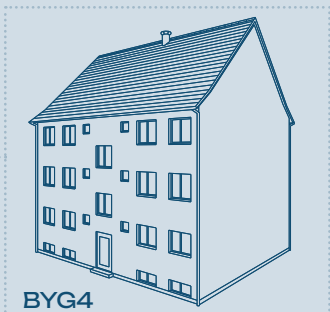


1920



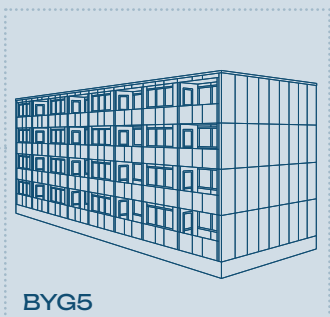
BYG3

1940



BYG4

1960



BYG5

2000

### BYG3

Denne type etageejendom er udbredt i 1930'erne, men bliver frem til 1950 gradvis erstattet af Type 4, - bl.a. på grund af krigstidens materialemangel (jern).

Som Type 1, og Type 2, har denne massivt murede ydervægge, mens fundamenter og kældervægge er af beton støbt på stedet. Vinduerne er større end tidligere, og er nu også placeret i og omkring hjørner. Det medfører jernkonstruktioner i ydervægge. Karmapper og altaner er almindeligt forekommende, sidstnævnte som betingelse for kun én trappe. Som tagdækning anvendes stadig tegl, men nyt er cementbaserede plader og tagpap på de fladere tage.

Indervægge består af murværk/dobbelte bræddevægge, omkring baderum dog typisk cementbaseret plademateriale. Etageadskillelser er bjælkelag med høj grad af jernbjælker på grund af karm- og altankonstruktioner samt baderum. Trapper er udført af præfabrikerede trin og pladstøbte reposer af beton.

### BYG4

Denne type etageejendom vinder indpas gennem 1940'erne og bliver derefter den almindeligt forekommende i 1950'ernes byggeri.

Byggeteknisk er denne type i høj grad som Type 3, men de massivt murede ydervægge erstattes efterhånden af hule mure med faste bindere (især i gavle). Vinduerne beholder størrelsen i denne periode, men de frithængende hjørnepartier forsvinder. Tagkonstruktion og -dækning videreføres fra type 3, men de fladere taghældninger udgår.

Indervægge som i type 3 forekommer stadig, men murede skillevægge bliver mere almindelige. Etageadskillelser er nu udført i beton - enten som egentlige jernbetonplader støbt på stedet eller som hulstensdæk i én af mange varianter. Samtidigt vinder indeliggende altaner indpas. Entrapper af beton med præfabrikerede løb og reposer begynder at forekomme i slutningen af 1940'erne.

### BYG5

Etageejendomme fra 1960'erne og frem adskiller sig ved, at den bærende konstruktion udelukkende består af beton - præfabrikerede elementer over jord og støbte kældervægge og fundamenter - monteret med kran på byggepladsen.

Den viste type blev den dominerende: Dækelementer spænder mellem bærende og afstivende tværvægge med enkelte langsgående vægge til stabilitet. Facader er ikke-bærende og udføres som lette, tunge eller kombinerede konstruktioner, mens bærende gavle typisk er sandwichelementer eller skalmurede. Indervægge er af letbeton. Vinduer har først kobledede rammer med tolagsglas, senere termoruder. Tagene er som regel flade, men rejste tage bliver gennem tiden igen almindelige.

### BYG6

En sjette bygningstypologi er de industrielle byggerier, som er oplagte til vertikale tilbygninger.



# Historiske murstensbygninger

## BYG1 & BYG2

Lodrette tilbygninger på historiske murstensbygninger tager ofte form som udnyttelse af det eksisterende loftsrum. Etablering af tagboliger er en velkendt praksis, særligt, i Københavnsområdet, men er ikke behandlet videre her.

### Adgangsforhold

Den typiske bygning har både for- og bagtrappe, som oftest er udført i træ og uden elevator. At trapper er udført i træ har betydning for bygningens brandmæssige forhold, da der stilles særlige krav til brandmodstanden i materialer som indgår i flugtveje. Ifølge BR18 skal bygninger med mere end tre etager som udgangspunkt have elevator, men i København gives der i mange tilfælde dispensation til at undlade etableringen.

### Bygbarhed og kontekst

Snævre gader og tætte karréstrukturer gør det vanskeligt at få kraner frem, hvilket især komplicerer modulbyggeri. Samtidig er bygningerne typisk placeret i områder med høje krav til dagslys, hvilket sætter begrænsninger for tilbygningens højde.

### Bygningens historik og tilstand

Den ældre bygning betyder, at mange bygningsdele er udskiftet eller ændret gennem årene. Der er ofte foretaget konstruktionsændringer, for eksempel ved gennembrydninger i bærende vægge. Dette betyder at størstedelen af den dokumenterede viden omkring bygning findes i forbindelse med ombygnings- og vedligeholdsprojekter, hvilket kan dette fører til usikkerhed om de faktiske forhold.

### Værdifulde opgraderinger

Installation af elevator er en af de forbedringer med størst bruger- og ejendomsværdi. Etagedækkene er typisk udført med lerinskud og har derfor dårlig luftlydisolering; opgradering af disse konstruktioner har stor betydning for komforten. Facaderne er ofte fredede, hvilket gør efterisolering udfordrende. Udskiftning af vinduer er også ofte relevant.

### Byggeteknisk udgangspunkt

Bygningen er opført efter datidens erfaringsbaserede metoder og før moderne byggeslovgivning blev fuldt udviklet, hvilket præger både materialevalg, konstruktioner og dokumentation.



Fotokilde: historiskehuse.dk



# Efterkrigsfunktionalisme

## BYG3 & BYG4

Bygninger fra 1930–1950 blev i høj grad opført efter datidens erfaringsbaserede byggeprincipper, ofte med udgangspunkt i anvisninger fra murer-, tømmer- og håndværkerhåndbøger.

### Adgangsforhold

Disse bygninger er typisk udstyret med betontrapper, som giver væsentligt bedre brandsikkerhed. Trapperummene er dog ofte smalle og stejle, hvilket kan udfordre nutidige krav til tilgængelighed. Elevatorer var sjældent en del af det oprindelige byggeri, men der er i mange tilfælde gode muligheder for eftermontering — særligt hvor trapperummet eller gårdarealet giver plads til det.

### Facader og stålkonstruktioner

Facadens udtryk er ofte præget af relativt store vinduespartier, hvor det bærende murværk fremstår som lodrette bånd herimellem. Indlagt stål bruges for at muliggøre de store åbninger. Disse stålprofiler kan være korrosionsudsatte og kræver derfor opmærksomhed ved renovering.

### Mørtel

Perioden markerer samtidig indtoget af bastardmørtel, dvs. mørteltyper med en stigende andel cement ift. traditionelle kalkmørtler. Bastardmørtlen blev ikke indført universelt, men primært i kældervægge, særligt belastede murpiller, og specielt ved dragervederlag. Bastardmørtlen gav højere trykstyrker og mere ensartede fuger, men også øget stivhed og dermed risiko for revnedannelser ved sætninger.

### Renoveringsbehov og potentialer

Bygningerne er ofte dårligt isoleret i ydervægge. Det kan derfor ofte være fordelagtigt at udføre efterisolering. Der er generelt god konstruktive muligheder for altanmontage, som både øger boligkvalitet og værdi. I den forbindelse er der behov for en nøje undersøgelse af facadernes stålindlæg og murværkets styrke.



Fotokilde: historiskehuse.dk



# Moderne etageejendomme

## BYG5 & BYG6

Betonbyggeriet i perioden 1960–1980 er stærkt præget af samtidens funktionalistiske produktionslogik, hvor rationel udførelse, standardisering og økonomi vægtede højere end arkitektonisk differentiering. Dette medførte facader med høj grad af repetition og begrænset dagslysindfald. Det træffes at indeklimaet er utilstrækkeligt som følge af omfattende kuldebroer, ringe isoleringsniveauer og lave luftskifterater uden mulighed for finregulering.

### Tilgængelighed og adgangsforhold

Tilgængeligheden er generelt bedre end i tidligere bygningstyper. Trapperummene er bredere, og nogle bygninger ses opført med elevator. Selv hvor elevator ikke er til stede, kan eftermontering typisk være mulig, da de lige og brede trappeforløb giver plads til indgreb.

### Tagkonstruktioner

Flade tage blev standard i denne periode og blev i overvejende grad udført som præfabrikerede betonelementdæk med tagpap. Den plane geometri gør tilbygninger oven på konstruktionen oplagte, dog medregnes at gennembrydninger til nye installationer kan give uhensigtsmæssige svækkelser i dæk.

### Bevaringsværdi og kontekst

Bygningerne er sjældent forbundet med høj bevaringsværdi, hvilket giver stor frihedsgrad ved transformationer. Samtidig er mange af disse bebyggelser placeret i relativt åbne byområder, hvilket teknisk set muliggør udvidelser og facadeopgraderinger uden væsentlige indgreb i kulturmiljøet.

### Udviklingen efter 1980

Det moderne betonbyggeri til bolig- og kontorformål udvikler sig til typisk at basere sig på mere komplekse ingeniørprojekter, hvor både bærende konstruktioner og tekniske installationer dimensioneres med fokus på minimerede restkapaciteter. De projekteres ofte med højt udnyttelsesniveau af materialer, hvilket kræver præcis projektering og et detaljeret kontrolgrundlag ved fremtidige ombygninger. Samtidig findes der i denne periode omfattende tegnings- og konstruktionsmateriale, hvilket gør vurdering og indgreb mere forudsigelige.



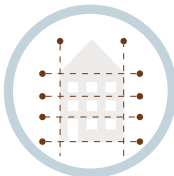


Fotokilde: historiskehuse.dk

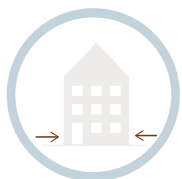


# Oversigt

Tabellen her sammenstiller de forskellige tidsperioders bygningstypologier med de syv væsentlige faktorer, der blev præsenteret i det tidligere afsnit - se side 9.

		<b>Restbæreevne</b>	<b>Information</b>	<b>Modularitet</b>
<b>1880-1920</b> BYG1, BYG2	Historiske murstensbygninger. 4-6 etagers bærende murstensvæg med trædæk			
		Høj trykstyrke, svage dæk, og underdimensionerede murværks- og kampstensfundamenter	Tegninger eksisterer ikke altid, og kræver ofte undersøgelser  Ofte mange tegninger fra følgende indgreb	Irregulære spænd og dårlig modularitet
<b>1920-1960</b> BYG3, BYG4	Efterkrigsfunktionalisme. Bærende mursten og beton fundamenter og trapper	Erfaringsmæssige dimensioner, sandsynligvis restkapacitet	Mange tegninger overlever, men undersøgelser kræves	I høj grad modulær og repetitiv, ideel for præfab træ-/stål-elementer
<b>1960-1980</b> BYG5	Industrialiserede betonskiver. Præfabrikerede elementer, flade tage, standard-blokke	Erfaringsmæssige dimensioner, sandsynligvis restkapacitet	Tegninger og beregninger i mindre omfang, ofte jf. leverandør	I høj grad modulær og repetitiv, ideel for præfab træ-/stålelementer
<b>1980-2020</b> BYG6	Moderne armeret beton. Moderne standard, ofte med elevator og fladt tag	Ingeniørmæssigt dimensioneret, lavere restbæreevne og moderne standarder	Designinformation tilgængelig og vel-dokumenteret med tilhørende beregninger og detaljetegninger	Regulære moduler

## Tilgængelighed



Snævre gårdhaver og byrum

Findes ofte i den tætte by

Stadig urbane men mere åbne grunde og byrum

Åbne gårdhaver og byrum, findes ofte i forstæderne

Mindre generisk placering

## Adgang



Små trappeopgange, bagtrapper af træ

Mere spredt forsyning og små stigebøgler

Snævre trappeopgange, ingen elevator

Flade tage og rørføringsskakte gør opgradering tilgængelig

Trappekerne med elevator

Udbygget forsyningstilførsel

## Byrum



Skygge og parkeringsforhold vanskeliggør udvidelsen

Strengt regulerede byrum og skyline

Områder med fokus på byudvikling

Områder med fokus på byudvikling

Byfortætning stadig ganvlig, men mindre presserende

Omdannelse fra kontor til bolig

Ofte med parkeringskældre

## Værdi



Høj kulturel værdi og ofte fredet

Genanvendte tørlofter og renovering

Kan udløse værdi ved efterisolering og etablering af altaner

Energirenoveringer og elevatoropførelse

Ogradering af indeklima

Mindre behov for renovering i nyere bygninger





02

# **Konstruktions- typologi**

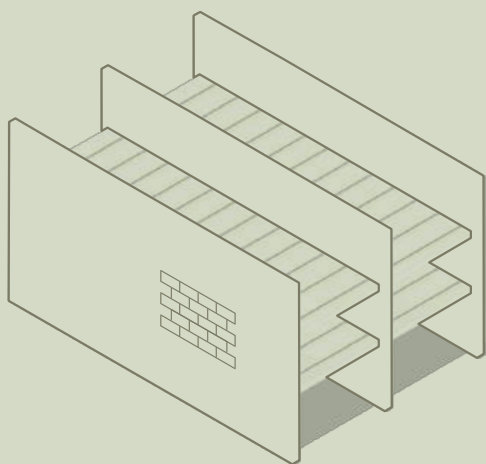
# Oversigt

I takt med bygningernes udvikling gennem tiden ændres både materialer og konstruktionsprincipper. På den baggrund kan bygninger generelt inddeles i forskellige konstruktionstyper. Disse typer adskiller sig fra hinanden ved deres statiske systemer, hvor lastnedføringen og samspillet mellem de bærende konstruktioner er forskellige.

## KON1

Fra 1850-1960 blev etageejendomme bygget af murværk. Grundet det store tidsspænd er ejendommene af denne type meget forskellige i deres udtryk og form. Ejendomme opført i 1850-1920 opføres med massivt murede ydervægge. Taget bæres på facader. Etagedæk bæres på facade og, for det meste, på en midterskillevæg, sommetider opført i bindingsværk. Tidlige bygninger opstilles på fundamenter af mursten eller kampesten.

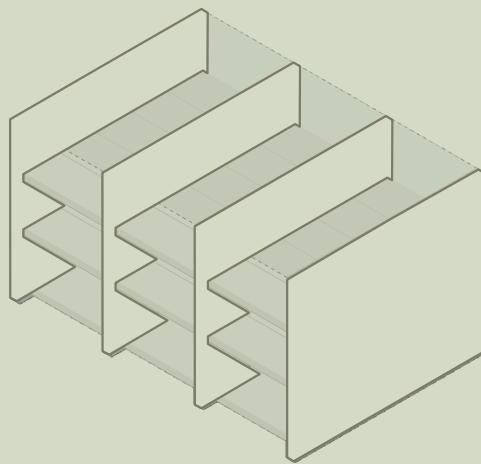
I tiden fra 1920-1960 indføres jern oftere i facader i takt med, at vinduer bliver større og karnapper og altaner forekommer oftere. Fundamenter støbes in-situ i beton. Bygninger i perioden adskiller sig desuden fra tidligere ved at have massivt murede vægge omkring trapper.



## KON2

Den standardiserede elementbygge metode vinder sit indtog i perioden 1950-1970. Bygninger i denne periode betegnes nogle gange som "Kransporsbyggeri", da byggeriet blev udført ved at "stable", ofte uarmerede eller randarmerede, bærende beton væg- og dækelementer, løftet på plads med en kran, der kunne køre i et spor langs bygningen.

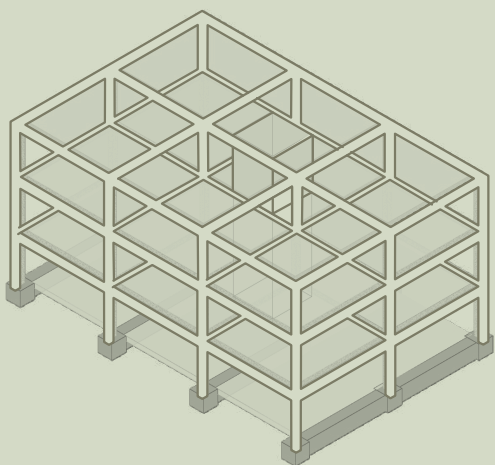
Altså bæres dæk af tværgående vægge, for at tillade større åbninger i facader. Dette betyder også, at langsgående stabilitetssystemer ofte er manglende. Kældre og fundamenter støbes stadig in-situ.



### KON3

I perioden fra 1970-1990 indføres forspændte huldæk og sandwichelementer i byggeriet. De forspændte huldæk medfører, at dæk igen kan spænde mellem facader, og derved åbne etageplanen op. Samtidig blandes vægge med bjælke-søjle-systemer, for at give endnu mere frihed i etageplanen.

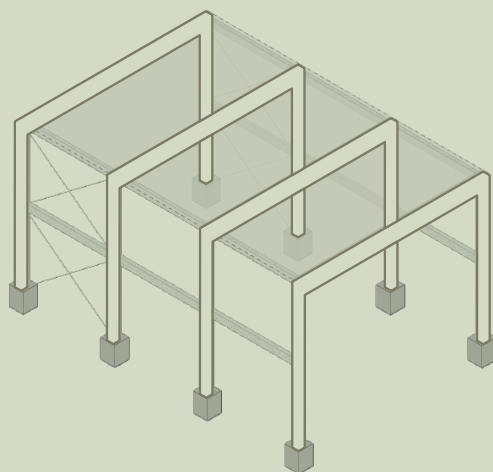
Sandwichelementer gør byggeprocesserne mere effektive ved at tillade opførelsen af den bærende bagmur og klimaskærm i samme løft. Denne slags bygning findes både med bolig- og kontorfunktion.



### KON4

Halkonstruktionen knytter sig ikke til en bestemt periode, men anvendes gennem flere årtier i industri- og erhvervsbyggeri. Konstruktionstypen er karakteriseret ved store spænd, ofte op til 30 m.

Bæresystemet udføres typisk som rammer eller gitterkonstruktioner i stål, beton eller træ. Tagkonstruktionen stabiliseres fx med tagåse, og den overordnede stabilitet i bygningen sikres med vindkryds i facader og gavle. Konstruktionstypen anvendes især til haller, lagerbygninger og andre bygninger med behov for store åbne arealer.



# Det klassiske murstenshus

## KONT

### Oversigt

Karakteriseret ved at have bærende murværksfacader, og en bærende hovedskillevæg af enten murværk eller udmuret bindingsværk. Konstruktionerne er generelt opført før bygningsreglementer og standarder blev styrende for byggeriet. Konstruktioner i denne periode er i stedet baseret på den samtidige byggeskik, hvor dimensioner, opbygninger, og statiske systemer ikke fremkom af beregninger og analyser, men i stedet af tommelfingerregler og erfaringer.

### Materiale

Murværk som et konstruktivt materiale er generelt bedst egnet til fordelte trykkræfter. I tilfælde med koncentrerede laster, fx fra en søjlefod, er knusning af sten og mørtel en bekymring. Koncentrerede træk- og forskydnings laster kan føre til at sten trækkes eller skubbes ud af væggen.

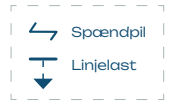
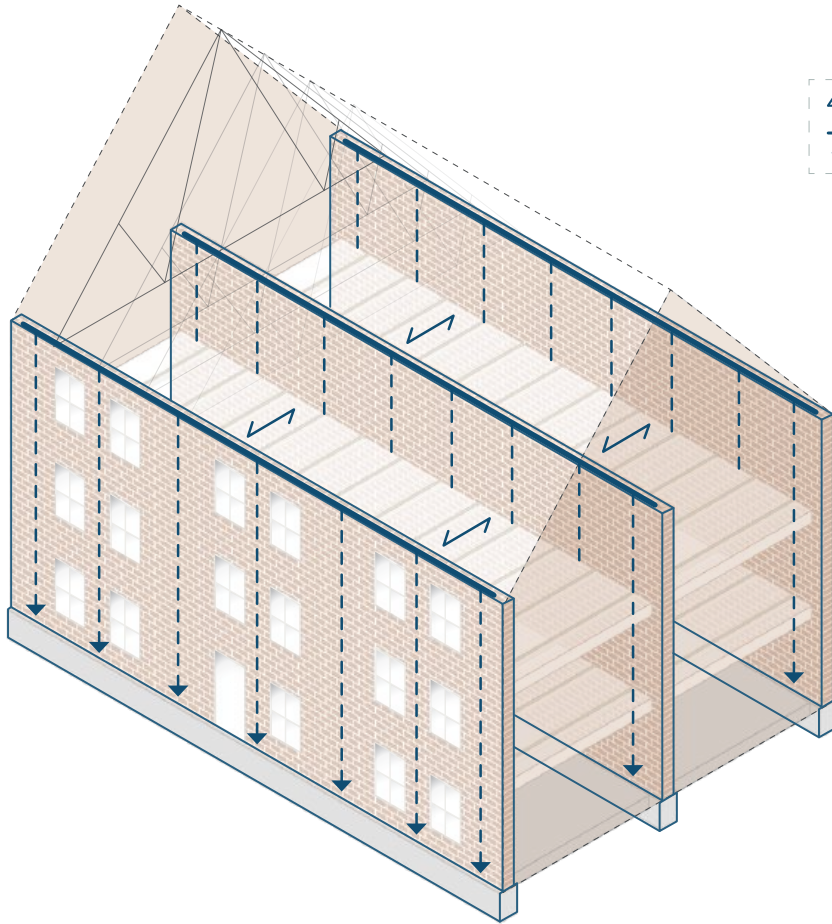
Mursten er et tungt materiale, hvilket kommer til dets fordel i tilfælde hvor murværk indgår i bygningens stabiliserende system. Som del af det stabiliserende system, vil der opstå forskydnings- og trækkræfter i murværket. Murværkets bæreevne mod disse kræfter er de fleste tilfælde begrænset af mørtlens egenskaber og tykkelsen af væggen.

### Særlige problemstillinger

Fundamentterne er ofte udført som murværk på syldesten. Bæreevnen er lav og kan sjældent påvises, mens sætninger forekommer hyppigt, særligt hvor belastningen ændres ved ombygninger. Fundamenternes kapacitet er derfor en væsentlig usikkerhed ved enhver lastforøgelse

Ældre murværk tåler dårligt påvirkning fra punktlaster. Nye søjler, nye åbninger, nye etagedæk eller punktvis understøtninger kræver ofte trykfordelende stålelementer eller etablering af nye understøtninger. Forstærkning af gamle murværkskonstruktioner er teknisk komplekst, da materialet har uensartede egenskaber, kan være fugtskadedt, ofte indeholder ustabile eller svage fuger, og ikke er kompatibelt med moderne systemer der pga. stivhedsdifferencer, der kan forårsage sprækkeudvikling.

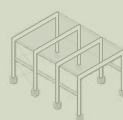
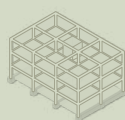
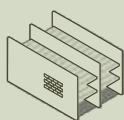




\* Regnes udelukkende med lodrette laster.  
 \*\* Antaget murværk med kalkmørtel ifølgende kbh altannotat.  
 \*\*\*Antaget lerinskud og mansard tag, og 2,8m etagehøjde.  
 \*\*\*\* Regnes med excentriske laster

### Antal etager, eksisterende bygning

	2 etager	3 etager	4 etager	5 etager
Stuen	1½-sten	1½-sten	2-sten	2½-sten
1. sal	Hulmur med faste bindere	1½-sten	2-sten	2-sten
2. sal		Hulmur med faste bindere	1½-sten	2-sten
3.sal			1½-sten	1½-sten
4. sal				1½-sten
Restbæreevne	8kN/m	8kN/m	25kN/m	25kN/m
<b>Antal påførte etager</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>



# Tidlig industrialiseret beton

## KON2

### Oversigt

Særligt ved bygninger af denne type er, at de bærende vægge løber på tværs af bygningen. Konstruktionstypen er karakteriseret ved det særlige fokus på bygbarhed og præfabrikation. Disse tidlige elementbyggerier med off-site produktioner, har nemlig fokus på arbejdsmetoder frem lastnedføring, hvilket ofte kommer til udtryk ved manglen på stabilitet i bygningens langsgående retning.

### Materiale

Konstruktionerne er udført med uarmeret (eller randarmeret) beton, velegnet til at optage trykkræfter. Armering benyttes generelt til at optage de træk- og forskydningskræfter der opstår i betonelementer, hvorfor fraværet af armering kan blive kritisk for elementer der indgår i det stabiliserende system.

Manglen på armering medfører også en reduceret duktilitet i elementerne. Fraværet af armering betyder, at der i tilfælde af svigt ikke er nogen varsel. Altså virker uarmeret beton strengt taget kun elastisk og beregnes ligeledes.

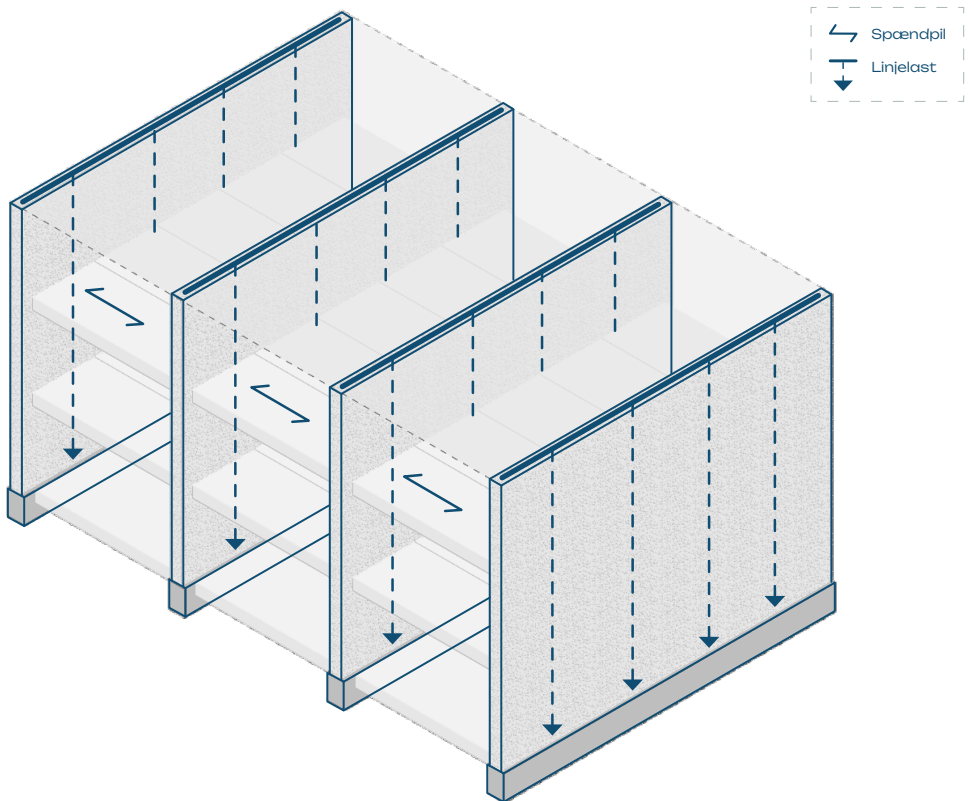
### Særlige problemstillinger

Periodens fundamenter er ofte udført med mindst mulige dimensioner og uden supplerende afstivning. Kombineret med svære adgangsforhold (fordi fundamenterne er placeret "inde" i bygningen), kan dette give væsentlige udfordringer i tilfælde af behov for forstærkning.

Konstruktionerne er optimeret til masseproduktion, ikke til at håndtere excentriske laster, dynamiske påvirkninger, kombinerede brudmekanismer, og store sekundære deformationer. Det betyder, at systemerne kan være overraskende "ufleksible", når de udsættes for nye lasttilstande.

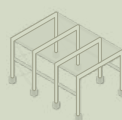
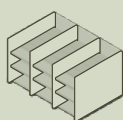
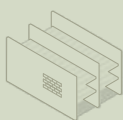
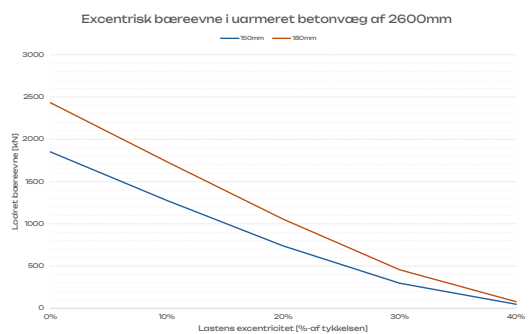
Gennembrydningen af etagedæk og uarmerede vægge, i forbindelse med nye rørføringer, er ofte problematisk, da manglen på duktilitet gør indgreb særligt vanskelige.





Førhen henførtes tykkelsen af vægge og dæk oftest til DS/R-blade (Dansk Standard Rekommendation). DS/R-1038 anførte tykkelsen af huldæk til basismålet 185mm, mens DS/R1039 anførte tykkelsen for de bærende og typisk uarmerede vægelementer til 150 eller 180mm.

Figuren til højre viser den uarmerede betons følsomhed over for selv beskedne excentriciteter. Ved excentriske, kombinerede eller ujævnt fordelte laster — som typisk optræder ved lodret udvidelse, sætninger, gennembrydninger og sekundære vindkræfter — reduceres bæreevnen hurtigt.



# Moderne betonbyggeri

## KON3

### Oversigt

Konstruktioner i det moderne betonbyggeri er optimerede og formålsdesignede. Bygningerne dimensioneres præcist til de specificerede lasttilfælde, hvilket betyder, at restbæreevnen ofte er begrænset. Det giver mindre fleksibilitet ved ændret anvendelse, men til gengæld er dokumentationsniveauet højt. Tegninger, statiske beregninger og beskrivende materialer er typisk let tilgængelige.

Klimaskærm og arkitektoniske komponenter er i stigende grad adskilt fra de bærende systemer, hvilket skaber en isoleret og tydeligt defineret primær konstruktion. Dæk er enkelt- eller dobbeltspændte, samtidig med at bygværket stabiliseres af trappekerne.

### Materiale

Armeret beton udnyttes målrettet som et kombineret tryk- og trækberende materiale. I moderne byggeri er tværsnit og armering optimeret til den forventede lastafvikling, hvilket giver en effektiv og specifikt designet konstruktion.

Denne optimering betyder, at tværsnit sjældent har store restbæreevner, i og med de nye funktioner kan ændrer lastforhold og dermed overstiges den oprindelige projektering. Lokale indspændinger eller nye lodrette elementer kan skabe kritiske spændingskoncentrationer i områder, hvor tværsnittet ikke er dimensioneret til det.

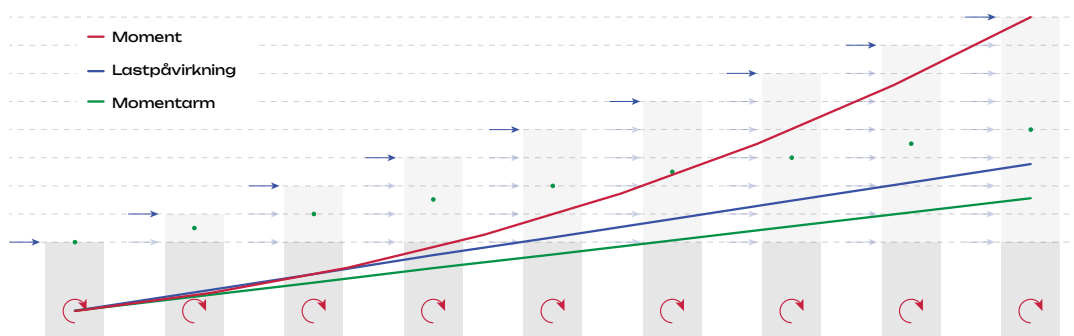
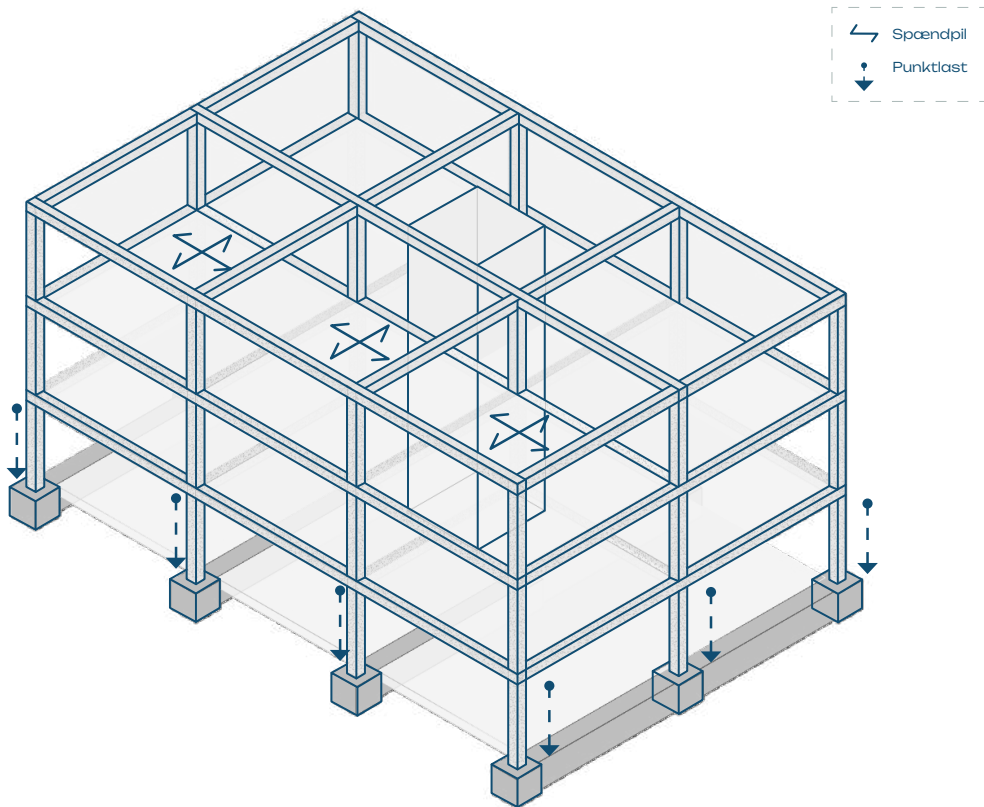
### Særlige problemstillinger

Ændringer i ruminddelinger, installationer eller funktioner kan flytte lastvirkninger, punktlaster eller kraftveje på en måde, som konstruktionen ikke er designet til.

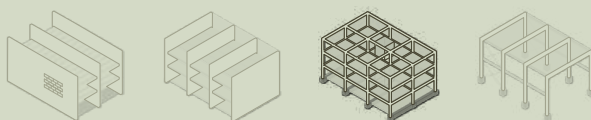
Kerne vægge er ofte optimeret i tykkelse og armering, derfor kræver en lodret tilbygning en gennemgående analyse af både bygningens stabilitet og samvirket mellem etager.

Indgreb i betontværsnit (fx fræsning, boring eller montering af forankringer) kræver detaljeret kendskab til eksisterende armering og kan påvirke både bæreevne og brandmodstand.





Figuren viser en kumulativ momentopbygning i kernens skive, idet både facadearealet og momentarmen øges ved tilbygning af flere og flere af etager.



# Erhverv og industri

## KON4

### Oversigt

Erhvervs- og industribygninger dækker generelt over ramme- og halikonstruktioner. Store åbne rum, og dermed store lange spænd. Høje stål- og limtræsprofiler, og især gitter-spær ses i denne konstruktionstype, sammenholdt med (ofte slanke) søjler. Her er den moderne version optimeret, mens den traditionelle er erfaringsbaseret.

Bygningerne er ofte udformet som enkle konstruktioner: stålrammer, betonsøjler, sandwichfacader og lette tagkonstruktioner, hvor fokus primært ligger på store frirum, hurtig opførelse og lav vægt.

### Materiale

Stål- og trærammer, hvor profilerne er optimeret til den aktuelle spændvidde og last. Stål giver høj styrke, men optimerede tværsnit har begrænset reservekapacitet og er følsomme over for både lokal og global stabilitet ved lastforøgelse.

Konstruktionernes regularitet og industrialiserede opbygning giver få muligheder for at omdirigere kræfter eller etablere nye lastveje.

De lange spænd betyder, at selv små forøgelse af last har stor virkning på konstruktionen.

### Særlige problemstillinger

Industrihaller stabiliseres normalt via vindkryds, ramme-hjørner eller store facadefelter. Tilføjes en ny etage, ændres både vindlastfordelingen og stivhedsforholdene, hvilket kræver en fuld revision af den globale stabilitet.

Stålrammer er ofte brandbeskyttede til minimumskrav, og en ny etage vil typisk kræve både opdaterede brandstrategier, nye brandadskillende konstruktioner og øget isolering.

Selv mindre belastningsforøgelse (fx fra installationer, teknikrum, ovenlysudskiftninger) kan presse lette tagkonstruktioner ud over deres bæreevnekapacitet. I praksis betyder lodret udvidelse ofte en afkobling af de nye laster fra den eksisterende tagkonstruktion.



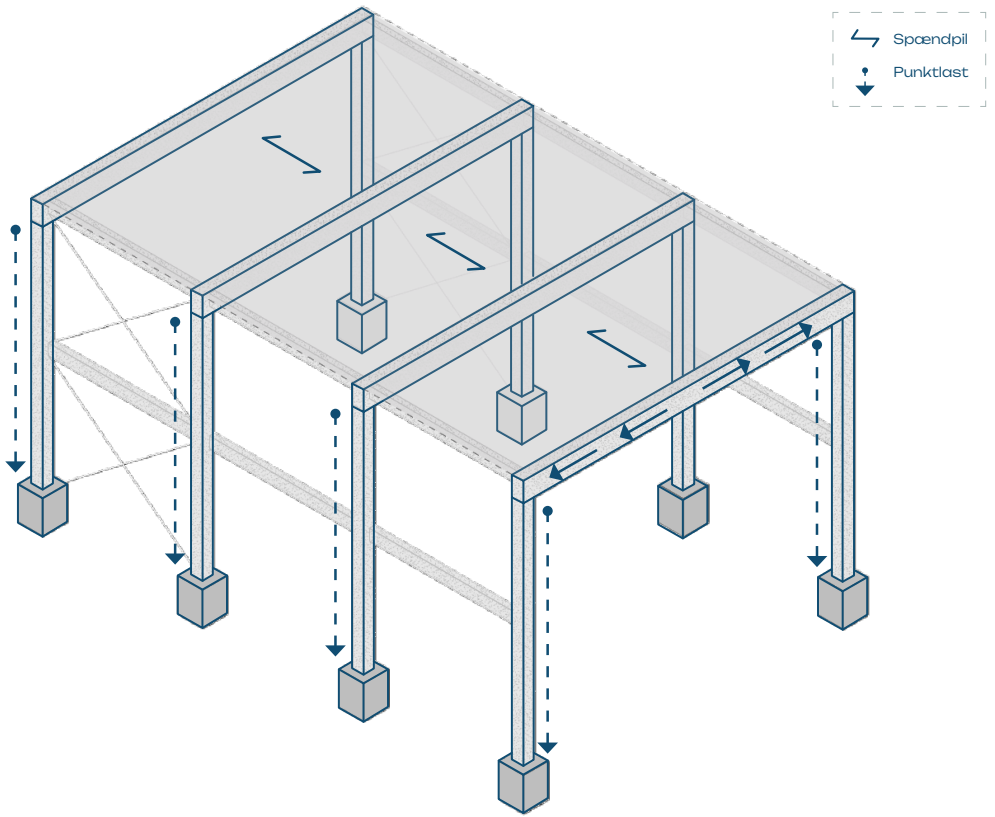
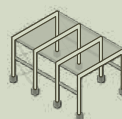
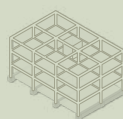
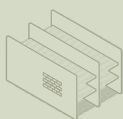


Foto: halkonsulten.se



Foto: renew-store.co.uk





03

**Tilbygnings-  
typologi**

# Oversigt

Den lodrette tilbygning kan udføres efter forskellige konstruktionsprincipper, som har betydning for både arkitektonisk frihed, opførelshastighed og måden, hvorpå laster overføres til den eksisterende bygning. Valget af tilbygningstype afhænger blandt andet af den eksisterende konstruktions statiske system og restbæreevne, den ønskede fleksibilitet i planløsningen samt graden af præfabrikation.

## TIL1

Træskelet, altså vægge med stolper af træ, er en traditionel byggemetode, som bruges over hele verden, primært til opførelse af én til to etagesboliger. En af dens største styrker, er dens høje grad af fleksibilitet. Samtidig er den stærkt afhængig af den underliggende konstruktion og vil altid medføre direkte lastoverførsel. Lasten vil være linjelast og typisk styret af beklædningen.

## TIL2

Bjælke-søjle systemer giver den største arkitektoniske frihed og muliggør store, ubrudte rum. Komponent opbygningen giver mulighed for et meget fleksibelt konstruktionslayout, hvor ingeniøren kan skabe punktlaster på specifikke steder. Den største ulempe er, at denne konstruktion producerer stærkt koncentrerede tryk- (og træk-) punktlaster.

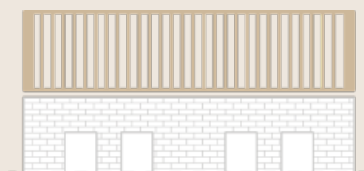
Bjælke-søjle systemer bruges ofte i kombination med andre tilbygningstypologier; det kan fx forekomme, at kun den øverste etage i en fleretagers tilbygning er et bjælke-søjle system.

## TIL3/4.

Panelsystemer er mindre fleksible og giver færre muligheder for arkitektonisk frihed. Til gengæld er panelstrukturer hurtigere at samle på grund af deres høje grad af præfabrikation. Paneler kan placeres direkte på bærende strukturer og fungerer som en forlængelse af de bærende vægge, eller de kan bruges til at omfordele laster ved at placere dem, så de spænder på tværs af de bærende strukturer. Den høje grad af præfabrikation og det forhold, at panelstrukturer er bundet til en plan overfladegeometri, betyder, at de er mindre tolerante over for differenssætninger i de underliggende konstruktioner og særligt følsomme over for laterale unøjagtigheder.

## TIL5

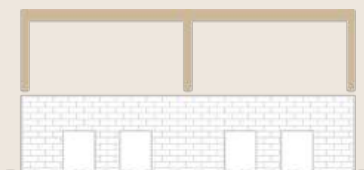
Boksmoduler er meget effektive med hensyn til monterings tid. Modulerne fremstilles på fabrik, transporteres til byggepladsen, løftes med kran og installeres. De består ofte af paneler eller træskelet, der fungerer som beskrevet før, og er dermed nærmere end konstruktionsmetode end en særskilt konstruktionsopbygning. I nogle tilfælde monteres en plade oven på den eksisterende konstruktion, hvilket gør installation og placering af moduler simpel, samtidig med, at den giver en lastfordelende overflade.



TIL1

#### Træskelet

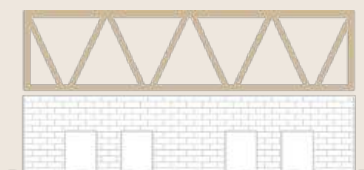
- Konstruktionsmæssigt fleksibel
- Direkte båret
- Linjelaster



TIL2

#### Bjælke-søjle system

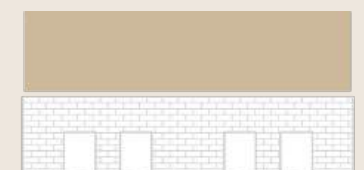
- Arkitektonisk fleksibel og adaptiv
- Direkte båret
- Punktlaster



TIL3

#### Gitterspær

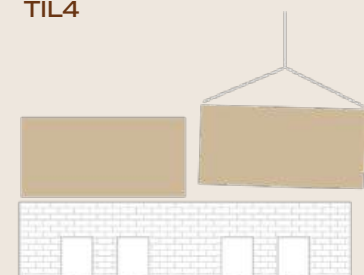
- Konstruktionsmæssigt effektiv
- Kan bæres direkte eller indirekte
- Linje- og punktlaster



TIL4

#### Paneler

- Konstruktionsmæssigt effektiv
- Kan bæres direkte eller indirekte
- Linje- og punktlaster



TIL5

#### Boksmoduler

- Konstruktionsmæssigt effektiv
- Indirekte båret
- Linje- og fladelaster
- Større kran- og adgangskrav



# Træskelet

TIL1



**Træskeletvægge** med stolper er en traditionel og fleksibel konstruktionsmetode. Systemet kan opbygges på pladsen eller som præfabrikerede og delvist præfabrikerede vægelementer, der samles af stolper, top- og bundrem samt pladebeklædning.

På byggepladsen monteres vægelementerne direkte oven på den eksisterende konstruktion, ofte på en justeret og afrettet bundrem, som sikrer korrekt lastoverføring. Elementerne fastgøres mekanisk til underlaget med bolte eller beslag, og samlinger mellem vægge udføres med sømning eller skruring, for at sikre sammenhæng i konstruktionen. Etagedæk placeres herefter oven på væggene og fungerer som vandret afstivning.

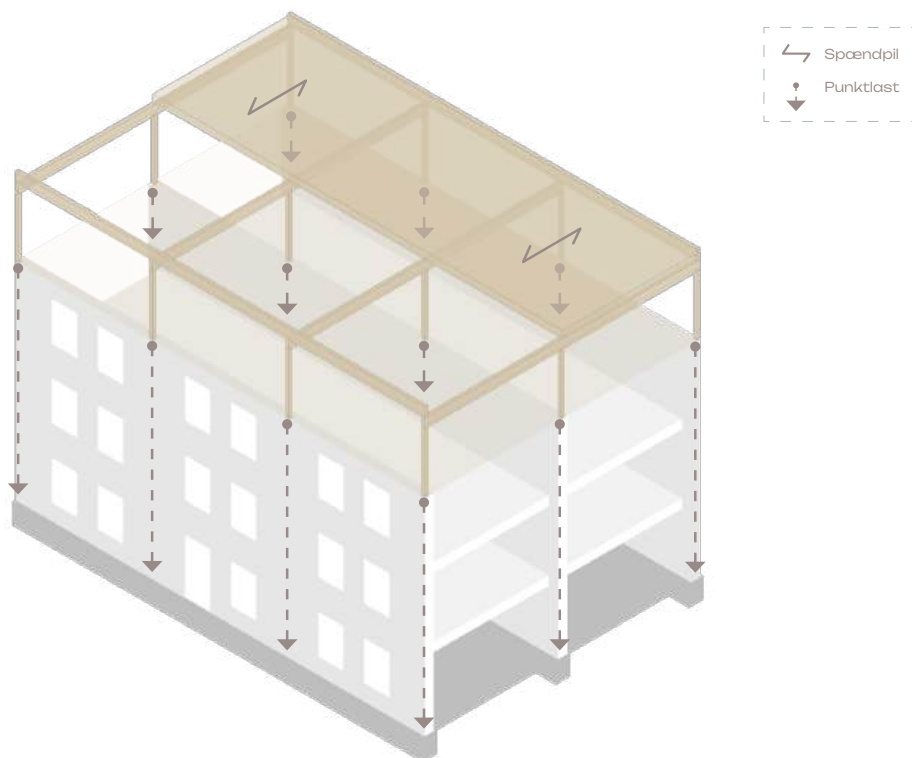
Stabilitet opnås gennem pladebeklædning, som også monteres på stedet eller leveres færdigmonteret. Byggeprocessen er hurtig og kræver relativt let løftegrej, hvilket er en fordel i tæt bymæssig kontekst. Samtidig stiller metoden krav til præcision i samlinger og korrekt forankring til den eksisterende bygning for at sikre en robust og stabil helhed.



Foto: buildroom.au

# Bjælke-søjle system

TIL2



**Bjælke-søjle-systemer** er kendetegnet ved en åben og fleksibel opbygning, som egner sig til lodrette tilbygninger, hvor der ønskes frie planløsninger. Konstruktivt består systemet af søjler og bjælker, der samles i knudepunkter, ofte med stålbeslag eller momentstive forbindelser afhængigt af materialevalg. Ved opførelse på eksisterende byggeri placeres søjlerne strategisk, så lasterne føres mest fordelagtigt til de bærende elementer i den underliggende konstruktion. På byggepladsen monteres søjler først, hvorefter bjælker løftes på plads og fastgøres. Samlingerne er afgørende og udføres typisk med bolte eller svejsninger, hvilket stiller krav til præcision og koordinering. Etagedæk etableres oven på bjælkerne og kan enten være præfabrikerede elementer eller opbygges in situ. Stabilitet sikres ofte ved montering af diagonale bånd eller lette gitterkonstruktioner, som integreres mellem søjler og bjælker. Systemet er velegnet i kombination med andre konstruktionsprincipper, men kræver særlig opmærksomhed på samlinger og lastnedføring, da kræfterne koncentrerer sig i få punkter. Dette skaber risiko for koncentrerede vandrette punktlaster, som kan være vanskelige at håndtere uden adgang til en kerne.

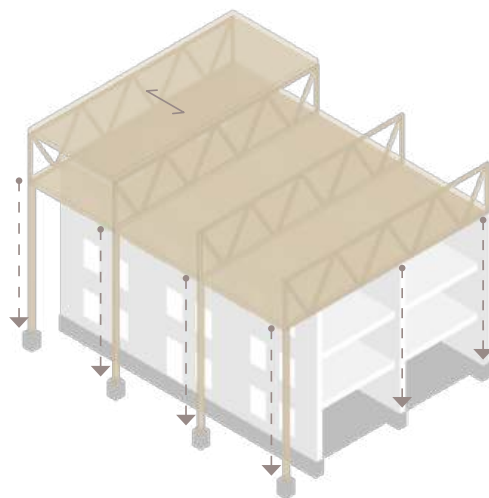
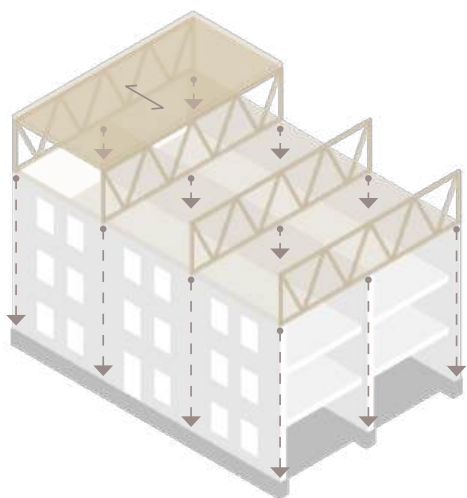
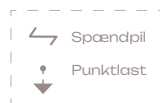


Foto: arcaat.com



# Gitterspær

TIL3



**Gitterspær** er lette og fleksible systemer, som egner sig til lodrette tilbygninger, hvor der er behov for at spænde over eksisterende bærende strukturer. De opbygges typisk som elementer af stål eller træ forbundet i knudepunkterne med bolte eller beslag, og leveres i moduler og monteres direkte på byggepladsen.

Montagen foregår ved, at gitterelementerne hejses på plads. Elementerne placeres strategisk, så de kan optage og omfordele laster til udvalgte bærepunkter i den eksisterende konstruktion. Herefter etableres etagedæk oven på gitteret, som integreres i den samlede konstruktion.

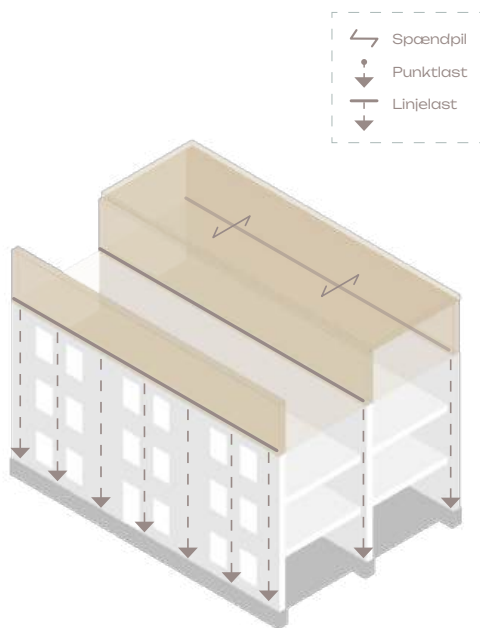
Systemet muliggør relativt store spænd og er derfor velegnet til udkragede løsninger, hvor tilbygningen rækker ud over den eksisterende bygnings fodaftryk. Stabiliteten opnås gennem selve gitterets trekantsopbygning, hvilket giver en stiv og effektiv konstruktion uden behov for omfattende, ekstra afstivning.



Foto: palisgaardspær.dk

# Paneler

TIL4



**Panelssystemer**, særligt i form af krydslamineret træ (CLT), er præfabrikerede elementer, som egner sig godt til lodrette tilbygninger med fokus på hurtig montage. CLT-paneler leveres som færdige væg- og dækelementer som hejses direkte på plads oven på den eksisterende konstruktion.

På byggepladsen monteres panelerne ofte på en føringsklinge over eksisterende væg eller på en afrettet overflade. Disse fastgøres med skruer, beslag eller indstøbte forbindelser. Samlingerne mellem elementerne er enkle, men kræver nøjagtighed for at sikre korrekt lastoverførsel og tæthed. Dæk- og vægelementer kobles direkte sammen, hvilket giver en effektiv og rationel opbygning med få arbejdsgange. CLT-paneler fungerer både som bærende og stabiliserende elementer gennem deres skivevirkning, hvilket reducerer behovet for yderligere afstivning. Systemet er mindre fleksibelt i tilpasning på stedet og kræver derfor præcise opmålinger af den eksisterende bygning. De er særligt velegnet, hvor der ønskes en let konstruktion med høj grad af præfabrikation og kort byggetid.

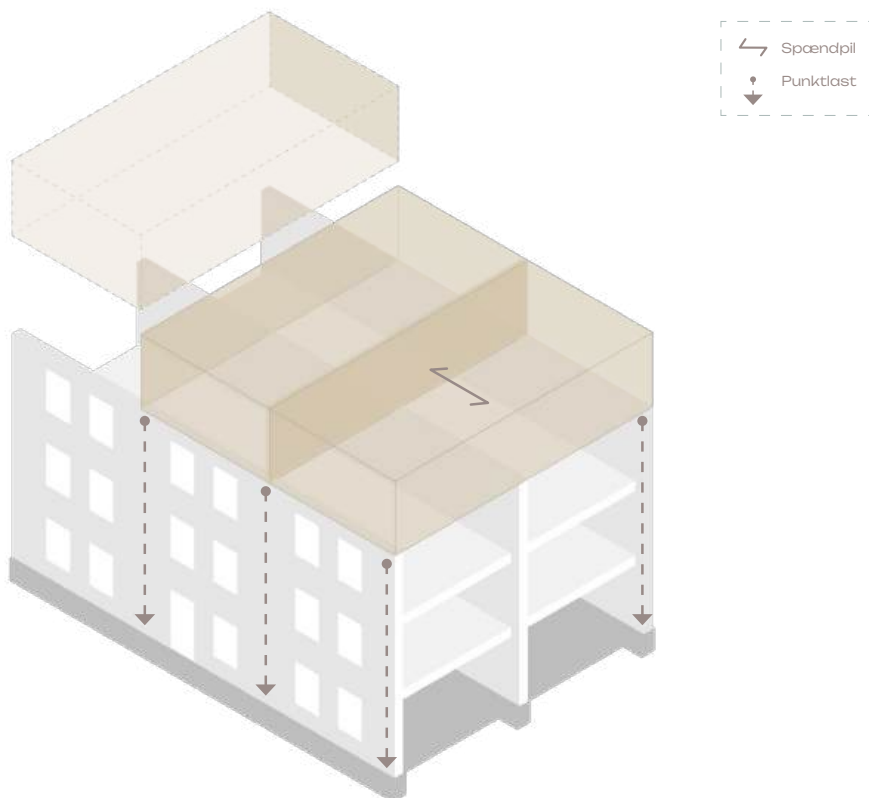


Foto: byggeri-arkitektur.dk



# Boksmoduler

TIL5



**Modulære udvidelser** er en effektiv løsning til lodrette tilbygninger, hvor hurtig montage og minimal byggepladsaktivitet er i fokus. Modulerne fremstilles færdigt på fabrikk, ofte inklusive installationer og overflader, hvorefter de transporteres til byggepladsen og løftes direkte på plads med kran.

Konstruktivt opstilles modulerne ovenpå den eksisterende bygning enten direkte eller på en forberedt platform, typisk en stiv plade eller et dækelement. Denne fungerer som et jævnt og lastfordelende underlag, der forenkler placeringen og sikrer ensartet last nedførsel. Modulerne forbindes indbyrdes og til underlaget med mekaniske samlinger, hvilket giver en hurtig og kontrolleret montageproces.

Selve boksmodulerne er ofte opbygget af panelbaserede elementer, som både er bærende og stabiliserende. Systemet stiller høje krav til præcision i både produktion og forberedelse af den eksisterende konstruktion, da tilpasningsmulighederne på stedet er begrænsede. Til gengæld opnås en meget kort byggetid og høj udførelseskvalitet.

## Boksmoduler



Foto: sábu

## Paneler



Foto: strongtie.dk

## Elementer



Foto: woodconstruction.com



## Træskelet

TIL1



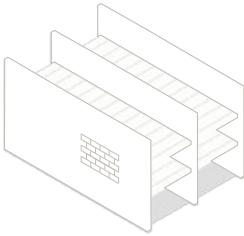
## Bjælke-søjle system

TIL2



Mursten

KON1

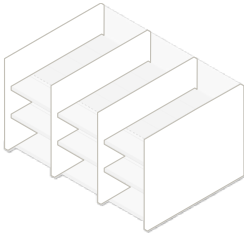


Træskeletets store fleksibilitet lader det imødekomme evt. sætninger og toleranceforhold.

Placeres som forlængelse af de bærende vægge.

Ind. Beton

KON2

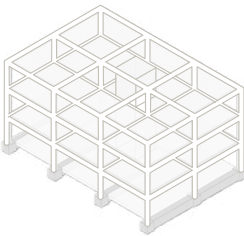


Løsningen fungerer som en forlængelse af de bærende vægge.

Men udnytter ikke den store "regularitet" i konstruktionen.

Ny Beton

KON3

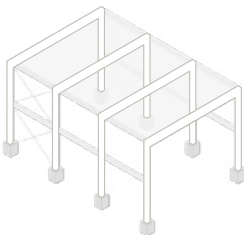


Bjælke-søjle systemer tillader en aksial merbelastning af de eksisterende søjler, som ofte er projekteret til at kunne optage meget store trykkræfter.

Fastholder den åbne og fleksible plan.

Industri

KON4



Tillader en kontrolleret placering af punktlaster, altså er der mulighed for at undgå særligt problematiske lasttilførsler.

## Kassetter

TIL3



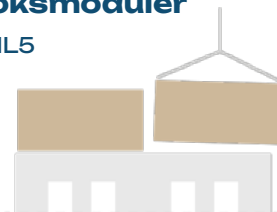
## Paneler

TIL4



## Boksmoduler

TIL5



Ligesom træskeletet place-res panelerne som forlæn-gelse af de bærende vægge. "Planheden" af panelerne betyder at løsningen har sværere ved at imødekom-me sætninger og tolerancer.

Løsningen er bedst velegnet til de sene murstenshuse.

Der kan med fordel indgå i samspil med lastafkoblen-de konstruktioner, i form af plader eller eksoskelet, som del af den standardiserede løsning.

Pga. besværlige adgangsforhold ved forstærkning af fundamenter, er løsningen med spær sammenholdt med en lastafkoblen-de konstruktion (eksoskelet) i mange tilfælde en stærk "workaround" der samtidig undlader at tilkoble det ofte mangelfulde stabilitetssystem.

Bærende vægge forlænges. Bygningens standardiserede natur betyder, at tolerancer er kontrollerede, og sammenholdt med stærkere fundamenter og dermed mindre sætninger er konstruktionen velegnet til den plane tilfø-jelse

Konstruktionens regulære udformning gør den ek-stremt velegnet til standardi-sering og systemløsninger. Modulerne monteres fx. ved at installere en lastfordelene plade, der tillader en indirek-te lastfordeling. Samtidig bliver lastfordelende plader ukompliceret at projektere.

Tillader en kontrolleret placering af punktlaster, altså en mulighed for at undgå særligt problematiske last-tilførsler.

Igen er modulariteten i kon-struktionen til stor gavn da den betyder at lastnedførin-gen og standardiseret sam-lingsprincipper er oplagte.

Gitterspærret placeres på tværs af de eksisterende rammer. På denne måde påføres punktlaster i knudepunkter.

Nye konstruktioner erstatter åse i stabiliteten af tagfla-den.

Det åbne rum tillader nem tilgang til konstruktionen af indvendige lastafkoblen-de og/eller forstærkende kon-struktioner, derved muliggør-es modulmontage gennem projektering.



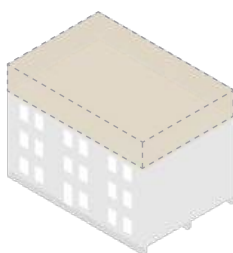


04

**Metode**

# Oversigt

Projekter med etagetilføjelser er begrænset af bæreevnen i de eksisterende konstruktioner. Selvom restbæreevnen i den eksisterende konstruktion er vigtig, kan projekter stadig realiseres på trods af manglen på denne. Nedenfor ses de tre konstruktionsmæssige scenarier, der kan opstå i forbindelse med lodrette tilbygninger.



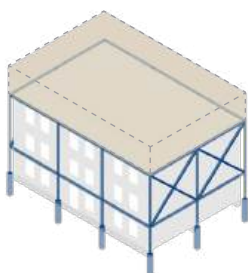
## Direkte tilbygning

I forbindelse med det pågældende projekt vurderes det, at der er nok restbæreevne i den eksisterende konstruktion til at udføre etagetilføjeisen. Dette scenarie er ideelt set ud fra et bæredygtigheds- og projektstyringsperspektiv, da tilførslen af nye materialer og arbejdet fodbundet hermed, holdes til et minimum.



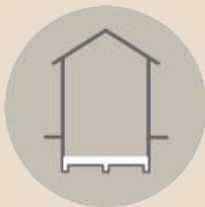
## Forstærkning

Ved at tilføje og fastgøre materialer til de eksisterende elementer forøges bæreevnen af den eksisterende konstruktion. Ud fra et bæredygtighedsperspektiv er denne oftest at foretrække, når der er ikke er tilstrækkelig bæreevne. Dog begrænses dette ofte af besvær med installation og tilgængelighed, og kan derfor i nogle tilfælde blive dyrere og mere omstændigt end en indirekte tilbygning.



## Indirekte tilbygning

Lastene fra nye konstruktioner afkobles den eksisterende konstruktion, ved at opføre nye konstruktioner i eller omkring den eksisterende. Lastafkoblenende konstruktioner eller exoskeletter, gør netop det. Dette indgreb medbringer tilførslen af en større mængde af materialer, og kan blive omkostningsfuldt at anskaffe og installere.



### Fundament

Forstærkning af fundamenter omfatter ofte udskiftning, understøbning eller etablering af nye fundamenter for at øge bæreevne og reducere sætninger. Arbejdet kompliceres af besværlige arbejdsprocesser og tilgang, begrænset dokumentation af fundamenter og jordforhold, og kræver omhyggelig faseopdeling.



### Bærende konstruktion

Forstærkning af bærende elementer omfatter ofte lokal forstærkning med stålprofiler, nye understøtninger eller supplerende konstruktioner for at forbedre træk, tryk eller forskydningskapacitet. Indgrebet kræver præcis vurdering af materialernes eksisterende styrker og kontrol af deformationer, så laster fordeles korrekt.



### Etagedæk

Forstærkning af etagedæk sker typisk gennem supplerende med stål- eller træelementer, etablering af nye selvbærende dæk eller lokal opretning og afstivning. For lodrette tilbygninger, fremkommer behovet for renovering af etagedæk typisk i forbindelse med bekymringer om lyd- og brandforhold.



### Trappekerner og elevatorer

Renovering af trapper handler oftest om forbedring af brand- og tilgængelighedsforhold, men herunder også stabilisering af trappeløb og forstærkning af reposer. Typisk forekommer et behov for eftermontering eller forlængelse af elevatorløb.



# Fundament

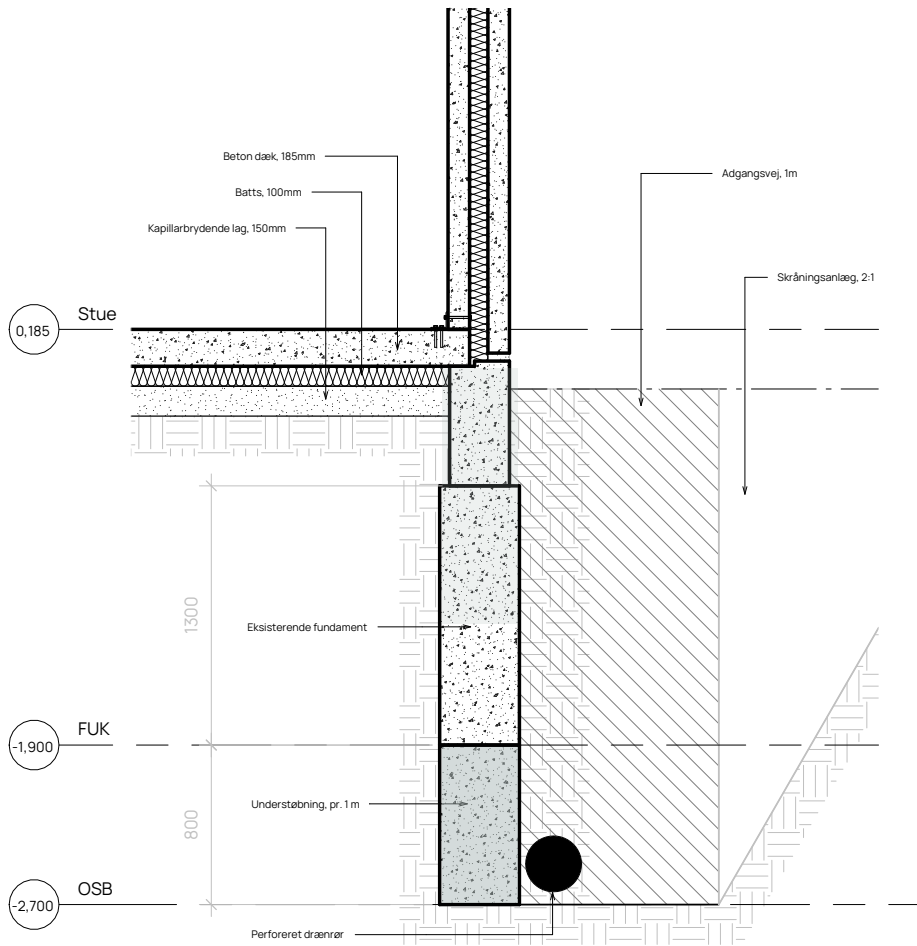
Forstærkning af fundamenter er en kompleks disciplin, da fundamentet udgør konstruktionens bærende udgangspunkt. Enhver indgriben indebærer derfor betydelig risiko, høje omkostninger og omfattende håndtering af bygningens midlertidige stabilitet.

Under udførelsen påvirkes bygningens samlede stabilitet, hvilket ofte betyder, at forstærkningen må udføres i etaper, en proces, der forlænger byggetiden markant. I beboelsesejendomme vil arbejdet i mange tilfælde kræve midlertidig genhusning af beboerne.

Fundamenter er typisk vanskelige at tilgå, da de kræver omfattende udgravning, hvilket både skaber logistiske udfordringer og stiller krav til håndtering og bortskaffelse af jord. I etageboliger med dybe kældre bliver adgangen særligt kompliceret og ressourcekrævende.

Nedenfor fremgår nogle af de forstærkningsmuligheder, der findes ved indgreb på betonfundamenter.

Forstærkningsmulighed	Beskrivelse	Fordele	Ulemper
Betonunderstøtning	Trinvis udgravning af gruber under det eksisterende fundament, fyldes med beton for at øge fundamentsdybden og bæreevnen.	- "Simpel" og velkendt metode	- Langsom og arbejdskrævende - Risiko for differenssætninger under arbejdet - Gravearbejde og afskaffelse af jord
Fundamentsbjælkeforstærkning	Amerede betonbjælker støbt på siden af eksisterende fundamenter for at omfordele laster til et større areal.	- Forbedrer lastfordelingen mod jord - Kompatibel med eksisterende amerede betonkonstruktioner	- Kræver omfattende udgravning - Forskalling og hærdningstid nødvendigt - Kræver midlertidig afstivning
Pæle- og jkkekeforstærkning (needle beams)	Borede eller nedrammede pæle installeret gennem eller ved siden af eksisterende fundamenter og forbundet via bjælker.	- Velegnet ved begrænset plads - Kan nå dybe bæredygtige lag - Høj bæreevne	- Større designkrav - Stort, tungt og larmende udstyr - Kræver specialentreprenør - Begrænset brug
Jet Grouting	Højtrykksinjektion af cement til dannelse af jord-cement-søjler under fundamenter der benyttes med ved meget store projekter.	- Stor bæreevne- og stivhedsforøgelse - Kan tilpasses komplekse geometrier	- Dyr og omstændig metode - Stort, tungt og larmende udstyr - Kvalitetskontrol kan være udfordrende - Store krav til adgangsforhold
Geopolymerinjektion	Injektion af ekspanderende resin under fundamenter for at udfylde hulrum og øge jordens stivhed.	- Hurtig installation - Minimal forstyrrelse - Letvægtsløsning	- Meget begrænset forbedring af bæreevner - Langtidseffekten fortsat omdiskuteret - Egner sig kun til mindre bygværk



Detailtegning af understøtning ved eksisterende fundament.



# Bærende konstruktion

Betonelementer, særligt vægge, bruges primært til at optage lodrette laster og som skiver i bygningens stabiliserende system. I nogle tilfælde vil betonvægge også skulle optage bøjning, eksempelvis ved indspændte forbindelser, vindpåvirkning eller store excentriciteter.

Alle betonkonstruktioner er modtagelige for revnedannelse. Selvom revner ikke altid er kritiske (og nogle gange er tilsigtede), bør deres tilstedeværelse give anledning til opmærksomhed, da de bl.a. kan medføre fugtindtrængning og dermed korrosion af armering.

Montering af forankringer med klæbemidler er som regel en relativt enkel proces. Dog kan det være meget

arbejdskrævende at afrydde dæklag, da beton er et hårdt og robust materiale.

Den delvise nedbrydning af eksisterende konstruktioner, altså oprettelse af åbninger i facader og dæk til at føre værktøj og maskiner ind i bygninger, kræver midlertidig afstivning og kan i mange tilfælde fordyre projektet betydeligt.

Ethvert indgreb vil udløse krav til, at væggen skal leve op til BR18's krav til U-værdi. Overvejelser omkring efterisolering kan altså med fordel indtænkes så tidligt som muligt i forstærkningsløsningen, hvis relevant.

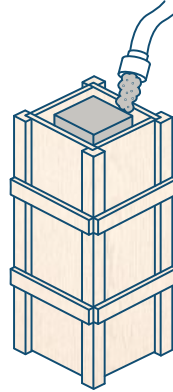
Forstærkningsmulighed	Beskrivelse	Fordele	Ulemper
Betonpåstøbning // Concrete Jacketing	Tilføjelse af et lag armeret beton på én eller begge sider af væggen, med nye lodrette og vandrette armeringsjern forankret i den eksisterende væg.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Øger tryk, forskydnings- og bøjningskapacitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Øger tykkelsen (mister plads)</li> <li>- Tung og arbejdskrævende metode</li> <li>- Store stivhedsdifferencer kan påvirke sammenvirkning</li> </ul>
Tilføjelse af piller	Forøgelse af den effektive vægtykkelse ved at installere piller med 1,2–2 m afstand, forankret til den eksisterende væg.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Øger tryk, forskydnings- og bøjningskapacitet</li> <li>- Bruger mindre materiale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kan påvirke åbninger og adgangsforhold</li> <li>- Større designkrav</li> </ul>
Stålpåklæbet forstærkning	Stålpåklæbet forankres på vægoverfladen; eventuelle mellemrum kan udfyldes med mørtel. Kan udføres i striber og kan i nogle sammenhænge benyttes ved samlinger.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Øger tryk, forskydnings- og bøjningskapacitet</li> <li>- Nemmere og hurtigere installation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risiko for korrosion</li> <li>- Brandbeskyttelse nødvendig</li> <li>- Sværere at sikre sammenvirkning</li> </ul>
Near-Surface Mounted armeringsstål	Fræsning af riller i væggen hvor armeringsjern limes fast med epoxy.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimal tykkelsesforøgelse</li> <li>- Forbedrer bøjning og forskydning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbejdskrævende og kræver præcisionsudførelse</li> <li>- Moderat styrkeforøgelse</li> <li>- Afhængig af epoxy- og betonforhold</li> </ul>
Revnejektion	Revner fyldes med epoxy eller cementbaseret mørtel.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genskaber sammenhæng i materialet</li> <li>- Stopper yderligere nedbrydning</li> <li>- Billig metode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kun egnet som reparation/vedligehold, ikke egentlig forstærkning</li> </ul>



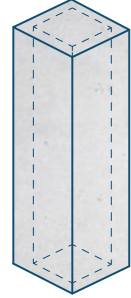
Eksisterende søjle



Armering forankres til eksisterende søjle



Beton støbes omkring eksisterende søjle



Forstærket søjle

## Bjælke- og søjleforstærkning

Forstærkning af bjælker og søjler indebærer typisk en laskning af materiale, hvor nye elementer tilføjes til den eksisterende konstruktion, for at øge bæreevnen. Det er afgørende, at disse nye dele forankres effektivt i det eksisterende materiale, så der opnås samvirkning og en fælles lastoptagelse. Dette sker ofte ved brug af bolte, svejsninger eller indlimede armeringsstænger afhængigt af materialet.

På byggepladsen kræver processen ofte afrensning af overflader for at sikre god kontakt mellem nyt og gammelt materiale. For bjælker kan forstærkningen eksempelvis bestå af stålplader eller ekstra træ-/betonelementer, der

monteres på sider eller underside. Søjler forstærkes ofte ved omslutning eller ved påmontering af profiler, som øger tværsnittet.

Det er vigtigt at undgå store forskelle i stivhed mellem eksisterende og nye materialer, da dette kan føre til en ujævn lastfordeling. Arbejdet kræver høj præcision i udførelsen, da små fejl i samlinger og forankringer kan reducere effekten af forstærkningen betydeligt.



# Etagedæk

I forbindelse med lodret tilbygning vil etagedækkene i den eksisterende bygning for det meste udelades fra projektet, i og med at disse ikke skal udføre nye funktioner. Til gengæld vil etagedækket mellem loftrum og den øverste etage tjene en ny funktion, og skal i mange tilfælde skiftes helt.

Den eksisterende bygningsmasse lever sjældent op til de nuværende krav, og den nye funktion betyder bl.a. at etagedæk skal leve op til det krav fra det nuværende bygningsreglement.

## Lyd

Et eksempel på dette er krav til lydforhold: *"For boliger og andre bygninger benyttet til overnatning skal det sikres, at de personer, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra andre rum i bebyggelsens øvrige bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer eller fra veje og jernbaner."*

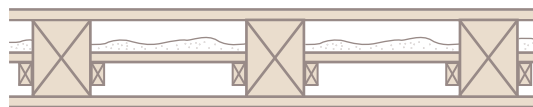
Bygningsreglementet henviser til krav til lydisolations mellem en bolig og rum uden for boligen på mere end 55dB, og samtidig må trinlydsniveauet ikke overstige 53 dB.

Lette konstruktioner i lejlighedsskel, dvs. skillevægge med en vægt pr. arealenhed under 100 kg/m<sup>2</sup> (skeletvægge af træ eller stål) og etagedækskillelser med en vægt pr. arealenhed under 250 kg/m<sup>2</sup>, kan give problemer med utilstrækkelig lydisolations ved lave frekvenser.

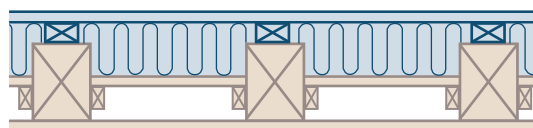
## Brand

Det skal også afklares, om myndighederne kan acceptere, at etagedækskillelsen mellem den øverste eksisterende bolig og den nye tagbolig ikke omfatter en brandsikring af etagedækskillelsens underside.

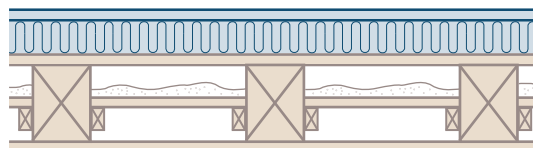
Krav til brandsikkerhed forbindes med højden af selve bygningen, og kan dermed skabe begrænsninger i forbindelse med tilføje af flere etager.



Principskitse af en typisk træetagedækskillelse.  
Kilde: Grundejernes Investeringsfond



Principskitse - ændringer i etagedækskillelsen: Det eksisterende gulv fjernes, herefter udføres der lydisolerende arbejder i selve etagedækket, og et nyt gulv udlægges.  
Kilde: Grundejernes Investeringsfond



Principskitse - etablering af blændgulv: Der udlægges lyd-dæmpende materialer direkte oven på det eksisterende gulv, og herpå udlægges et nyt blændgulv.  
Kilde: Grundejernes Investeringsfond

# Trappekerner og elevatorer

Som udgangspunkt stiller bygningsreglementet krav til, at bygningen skal have elevator. Hvor der ikke findes elevator etableres ny elevator typisk i bagtrappeopgangen eller i et nyt eksternt elevatortårn.

I forbindelse med etablering af tagboliger gives der i nogle tilfælde dispensation fra myndighederne til at udelade etableringen af elevator.

I tilfælde, hvor elevator allerede findes i bygningen, vil der i langt de fleste tilfælde være behov for en udskiftning af kabine, styresystem og -skinner. I nogle tilfælde, særligt ved tilføjelsen af flere etager, må selve elevatorskakten også forstærkes.

Modernisering af elevatorer kan hurtigt blive omkostningsfuldt, og skal indtænkes tidligt i den økonomiske planlægning.

## Flugtveje

Ældre ejendomme er ofte opført med både en hovedtrappe og en bagtrappe, typisk udført i brandbare materialer. Formålet med denne dobbelte trappeløsning, var at sikre alternative flugtveje, så beboerne kunne evakueres, hvis den ene trappe blev utilgængelig ved brand.

I forbindelse med etablering af tagboliger ses det ofte, at bagtrappen fjernes for at give plads til eksempelvis et elevatortårn. I sådanne tilfælde erstattes den sekundære flugtvej som regel af redningsåbninger, typisk i form af vinduer med tilstrækkelige dimensioner i facaden, så redningsberedskabet kan få adgang.

Denne ændring medfører dog en række vigtige overvejelser. Blandt andet stilles der skærpede krav til placering og udformning af redningsåbninger, adgangsforhold for brandvæsenet samt dokumentation af flugtveje. Samtidig kan ændringen påvirke bygningens brandsikkerhedsniveau, hvorfor der ofte må suppleres med andre tiltag som brandtekniske installationer eller forbedret brandadskillelse, for at opretholde et acceptabelt sikkerhedsniveau.



Foto: hcelevatorrak



Foto: kereby.dk





# 05



Foto: skrafoto.datarforsyningen.dk

## **Case study** Håndværkerhaven

# Håndværkerhaven

Håndværkerhaven er et etagebyggeri opført i 1939, karakteriseret ved en tydelig og konsekvent arkitektonisk stil (BYG3, KON1). Bygningen fremstår som et velproportioneret og velbevaret eksempel på datidens boligbyggeri, hvor funktionalitet og robuste konstruktioner er i fokus. Bygningen udskiller sig særligt med den store tagflade der har en hældning på 45 grader.

## Bygning

Bygningen er opført i tre etager med en halv kælder. Den strækker den sig 9,5 meter fra terræn til tagfod i og 13,7 meter op til tagryg. Bygningskroppen har en varierende længde på mellem 45 og 60 meter samt en dybde på 9,8 meter. Bebyggelsen er disponeret med åbne mellemrum mellem bygningerne, hvilket giver gode lysforhold og tilgængelighed i området.

Trappeopgangene er udført med én trappe pr. opgang, og trapperne er i træ uden installation af elevator. Trapperummene er omsluttet af massivt murværk, hvor ydervæggene er opført som 36 cm tykke (1½-stens) mure gennem alle etager, hvilende på tilsvarende 36 cm betonevægge i kælderen. Åbninger i facaderne er konstruktivt forstærket med én eller to jembjælker.

Bygningen fremstår generelt i god vedligeholdelsesstand og har en væsentlig bevaringsværdi, både arkitektonisk og historisk. Samtidig peges der på forbedringspotentialer, særligt inden for lydisolering og varmeisolering, som ikke lever op til moderne standarder.

## Konstruktion

Konstruktionen er primært bærende murværk, hvor både tag og etagedækk understøttes af facader samt en central hovedskillevæg. Etagedækkene består af traditionelle bjælkelag, sandsynligvis med lerindskud. Fundamentene er udført i beton, dog uden præcist kendskab til deres dimensioner. Kældervæggene er ligeledes i beton.

I arbejdet med at undersøge mulighederne for en lodret udvidelse er der foretaget statiske overvejelser. Her vurderes det, at den vandrette lastnedføring – særligt fra vindpåvirkninger – er mere kritisk end den lodrette. De

stabiliserende vægge (markeret med blå til højre) spiller en central rolle, og analyser viser, at en forhøjelse på mere end to etager kan føre til ustabilitet i murværket som følge af øgede vindlaste.

Samtidig forventes det, at de eksisterende fundamenter vil blive overbelastede ved en væsentlig forøgelse af bygningshøjden.

## Udvidelse

Bygningens karakter (BYG3, KON1) og tilgængelighed betyder at en mere traditionel og ligetil udvidelse, der præges af præfabrikation er oplagt. Dertil foreslås en løsning med hvor den eksisterende bærende konstruktion forlænges med letvejende træskelet. Denne er særligt fordelagtig ved tilføje af få etager, hvor der ikke stilles særligt høje krav til bæreevnen i selv udvidelsen.

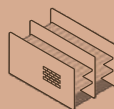
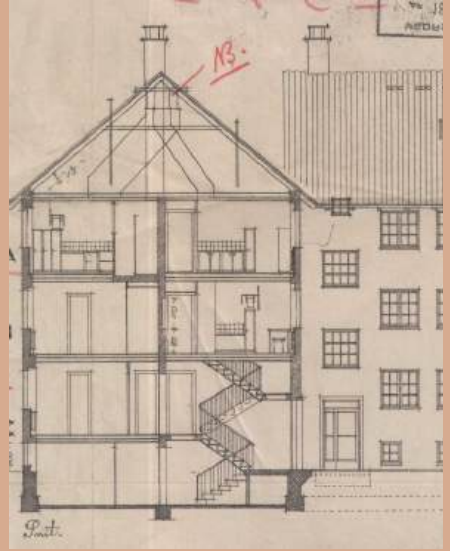
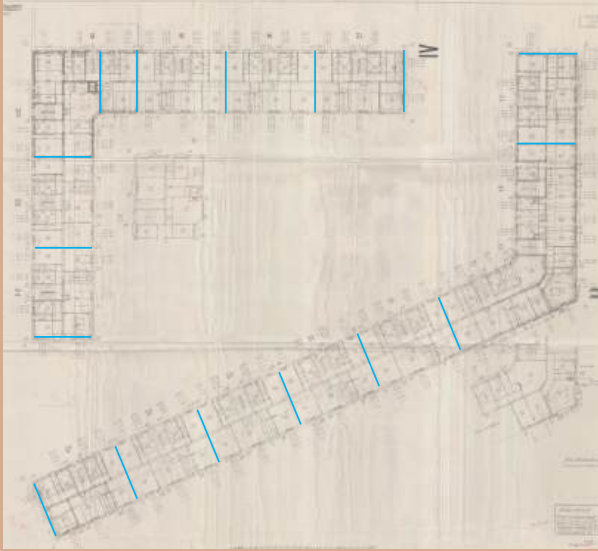
Derudover forudses det at det vil være forholdsvis enkelt og fordelagtigt at udføre en løsning med modulbokse. Det store bygningsareal sammenholdt med regularitet på tværs af bebyggelsen, betyder at en standardiseret løsning virker oplagt.

## Metode

En nødvendig understøbning af de langsgående stribefundamenter vil være både økonomisk omfattende og tidskrævende. Der peges dog på, at eksisterende åbninger ved kældervinduer potentielt kan anvendes til at facilitere betonarbejde frem mod den centrale skillevæg.

Endelig vurderes etablering af elevatorer som en væsentlig udfordring og omkostning i det videre projekteringsarbejde, både i forhold til konstruktion og indpasning i den eksisterende bygningsstruktur.

Grundet disse forhold virker det oplagt at udarbejde en løsning med lastafkløblende konstruktion (indirekte tilbygning), hvor nye fundamenter etableres uden for bygningsareal (let tilgængelig), hvor elevator kan indgå i den nye konstruktion. Herved vil det være oplagt at tilføje yderligere etager.



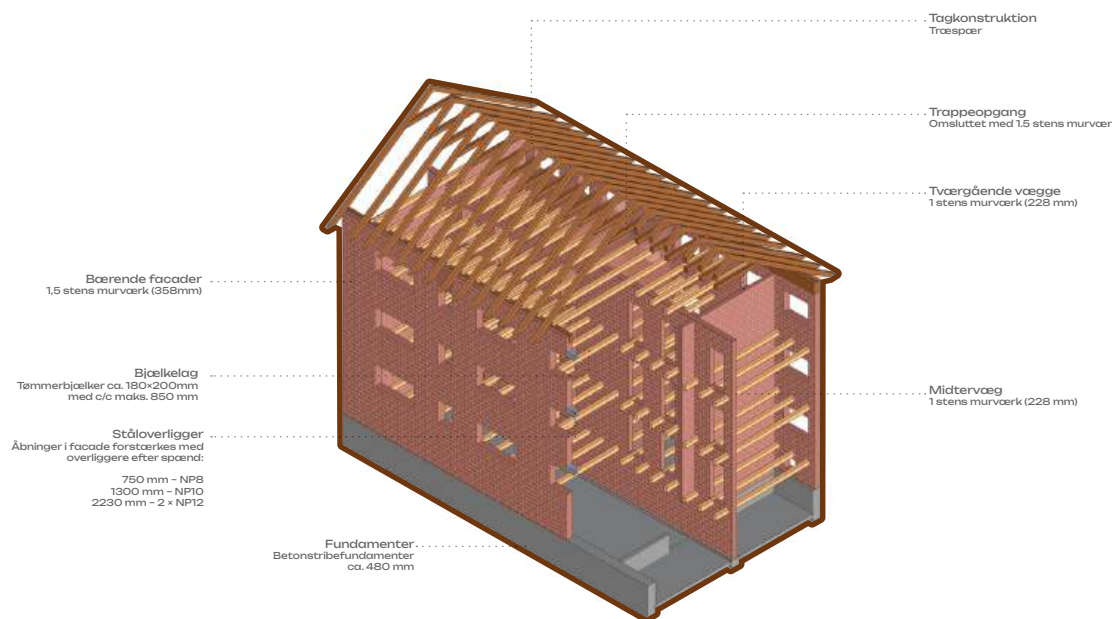
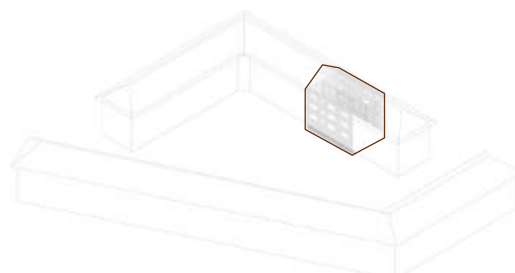
## Eksisterende konstruktioner

Bygningen er opført som en typisk KONT-konstruktion med bærende murværk i facaderne samt en bærende midterskillevæg. Bærende vægge er murværk med samme vægtykkelse hele vejen op gennem bygningen. Bygningens stabilitet sikres af tværgående vægge i 1 stens murværk, som fungerer som stabiliserende skiver.

Åbninger i de bærende vægge er placeret over hinanden, så lastene føres korrekt ned gennem konstruktionen. Over åbningerne er der etableret stålbjælker som overligger, og ved større åbninger, særligt mod gården, anvendes 2 stk.

Etageadskillelser består af tømmerbjælker dimensioneret ca. 7×8 tommer (ca. 180×200 mm) med en centerafstand på maksimalt 850 mm, som spænder mellem facaderne og den bærende midterskillevæg.

Bygningen er funderet på 480 mm brede betonfundamenter i ukendt dybde.

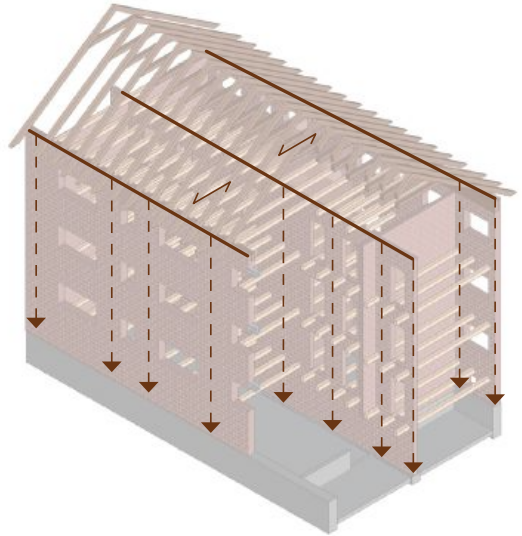


## Lodret lastnedføring

De lodrette laster føres fra tagkonstruktionen og etagedækkene ned til de bærende murværksvægge. Over åbninger optages lasterne af stål-overliggere, som fordeler belastningen til de omkringliggende murpiller (de lodrette murfelter uden åbninger). Herfra føres lasterne videre ned gennem murværket til fundamentene og derfra til undergrunden.

Lasternes størrelse estimeres på baggrund af de tidligere beskrevne konstruktionsopbygninger, hvorefter belastningen på de enkelte konstruktionsdele vurderes.

Særligt midtervæggen er hårdt belastet, da den bærer etagedækkene fra begge sider samtidig med, at væggen har en mindre tykkelse end facademene.

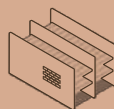
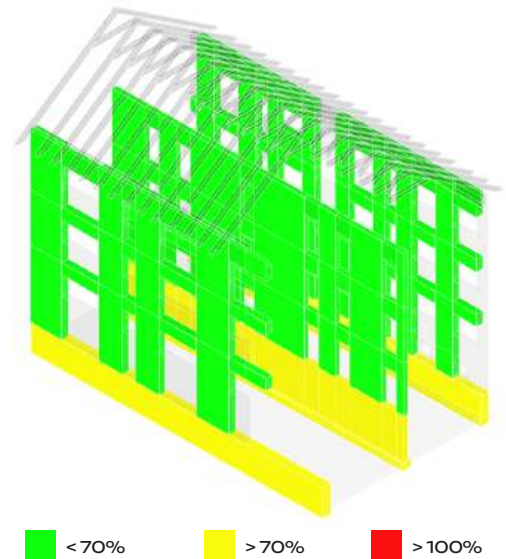


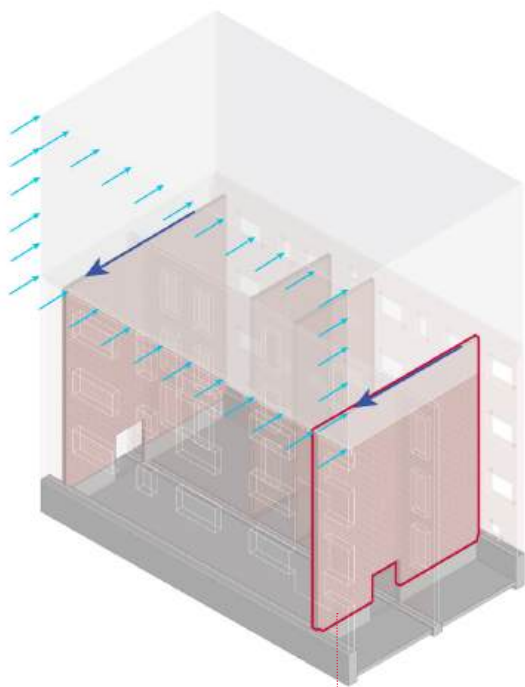
## Bæreevne

Bæreevnen af de enkelte konstruktionsdele vurderes ved at sammenholde den beregnede belastning med konstruktionens bæreevne. Resultaterne viser, at der generelt er tilstrækkelig restbæreevne i bygværket.

Figuren illustrerer udnyttelsesgraden for de bærende elementer. Udnyttelsesgraden angiver forholdet mellem den aktuelle belastning og den maksimale bæreevne for den enkelte konstruktionsdel.

Beregningerne er baseret på antagelser om murværkets trykstyrke på ca. 2,4 MPa og jordens bæreevne på ca. 0,1 MPa. Resultaterne skal derfor betragtes som vejledende overslagsberegninger.





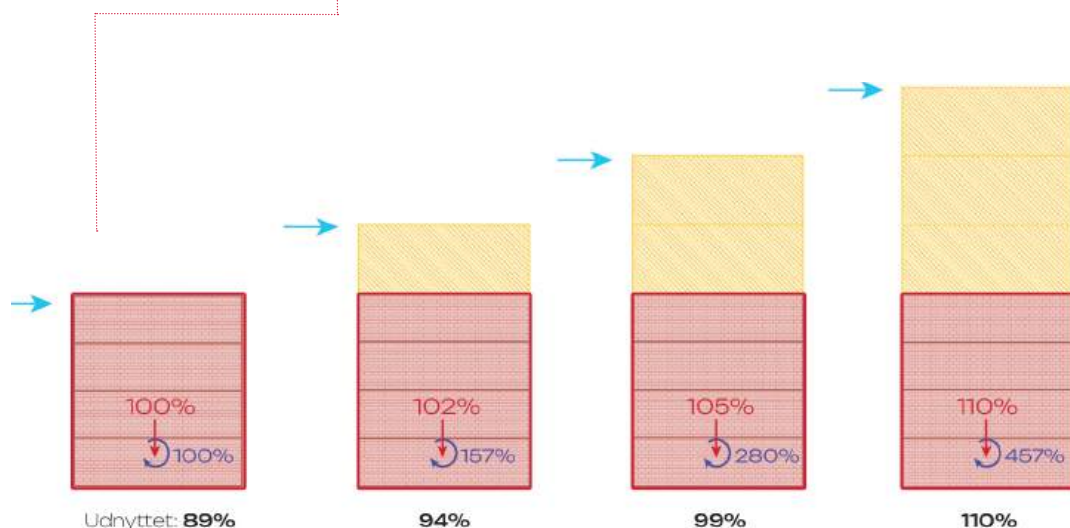
### Vandret lastnedføring

Vandrette laster fra vind optages af facademe og overføres til de tværgående stabiliserende vægge, som er fordelt langs bygningen. Disse vægge fører lasten videre til fundamentene gennem skivevirkning, hvorved lasterne til sidst optages i jorden.

En tænkt etagetilføjelse stabiliseres ligeledes af de tværgående vægge. Belastningen fra facaden kan i dette tilfælde føres videre ved at forlænge de stabiliserende vægge med paneler, så lasterne stadig ledes ned til fundamentene. Figuren til venstre illustrerer dette princip.

Figuren nedenfor viser skivevirkningen i de stabiliserende tværgående vægge. Ved vandret last på facaden opstår der et moment i væggenes plan, som væggen skal kunne optage sammen med væggenes lodrette egenlast.

Figuren viser samtidig, hvordan momentet øges, når vindpåvirkningen forøges både pga. det større facadeareal og, at lastens virkning rykkes op. Beregningerne viser at bæreevnen overskrides, hvis der tilføjes mere end to ekstra etager.

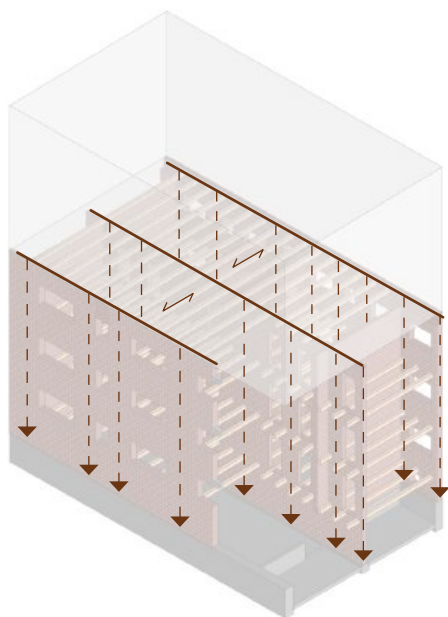


## Lodret lastnedføring

Ved at udnytte eksisterende lastveje kan unødvendige lastoverførsler undgås. Samtidig reduceres betydningen af tilstanden af de eksisterende ståloverligger i forhold til projektet. Excentriciteter bør begrænses, så nye laster påføres så centralt som muligt i murværket.

Dette bidrager til en mere direkte og forudsigelig lastnedføring i den eksisterende konstruktion.

En løsning med træskelet vurderes samtidig relevant, da en let modulopbygning kan fungere som en forlængelse af de eksisterende lastveje. De nye lodrette laster kan dermed føres som linjelaster ned på de eksisterende bærende vægge, tilsvarende lasten fra 2 etager, som fundet ved vandret lastnedføring.

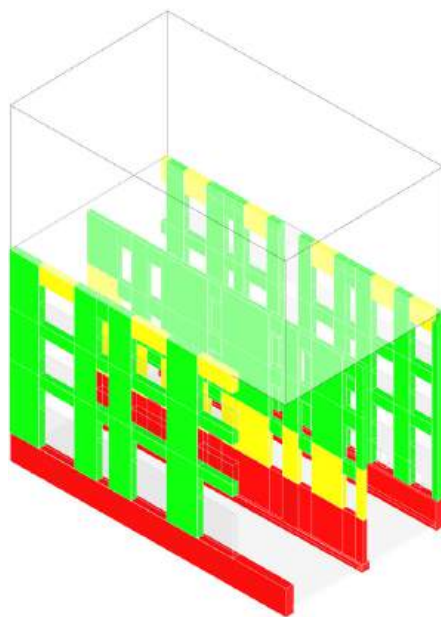


## Bæreevne

Bæreevne vurderes på grundlag af de samme antagelser som før:

Resultaterne viser, at fundamentene bliver overbelastede, hvilket gør et forstærkende indgreb nødvendigt. Det vurderes, at en betonunderstøtning af fundamentene vil være en bygbar, men meget omstændig løsning.

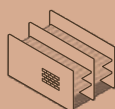
Derudover viser beregningerne, at midtervæggen på kælderniveau overbelastes. I forbindelse med en eventuel understøtning må kælderdækket opbrydes, hvilket samtidig giver mulighed for at etablere nye fundamenter som en del af forstærkningen, eksempelvis ved tilføjelse af søjler.



■ < 70%

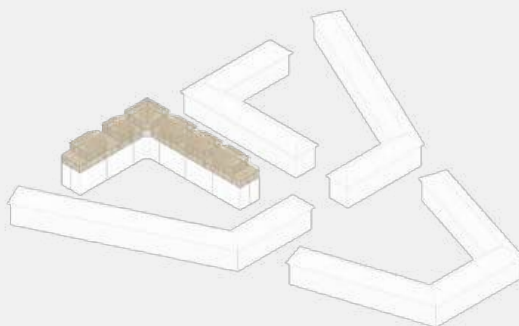
■ > 70%

■ > 100%



## Option 1

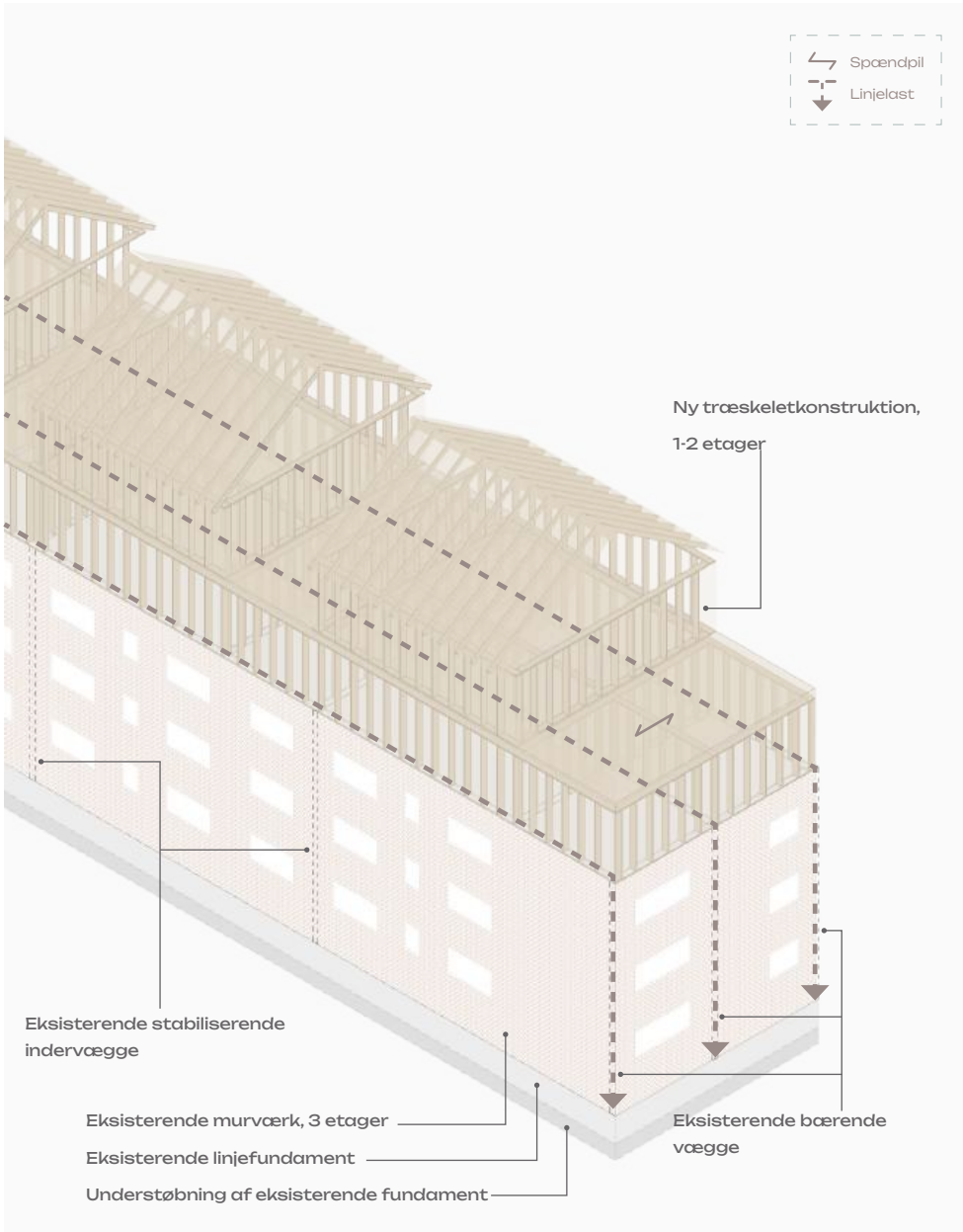
- **1-2 etager** tilføjes direkte på eksisterende bygning
- Fundamenter **understøbes**
- Udføres som **præfabrikerede vægge** af træskelet.
- Tilføjer **linjelaster** på eksisterende bærende vægge.
- **Forlænger det eksisterende** stabiliserende system.



Den viste løsning arbejder med en præfabrikeret udvidelse i let træskelet, som placeres oven på den eksisterende murværksbygning. Den nye konstruktion søger at minimere merbelastningen af den eksisterende konstruktion, og virke som en videreudvikling af de eksisterende lastveje.

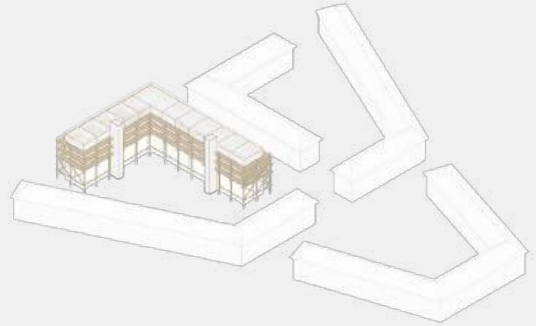
Samtidig fremhæves muligheden for at variere antallet af etager omkring de nedenstående stabiliserende vægge, således reduceres facadearealet. Dette anses som en fordelagtig konstruktiv løsning da skiven i tilfældet med to etager hele vejen vil udnyttes 99%. Samtidig opstår mulighed for etablering af tagterrasser.





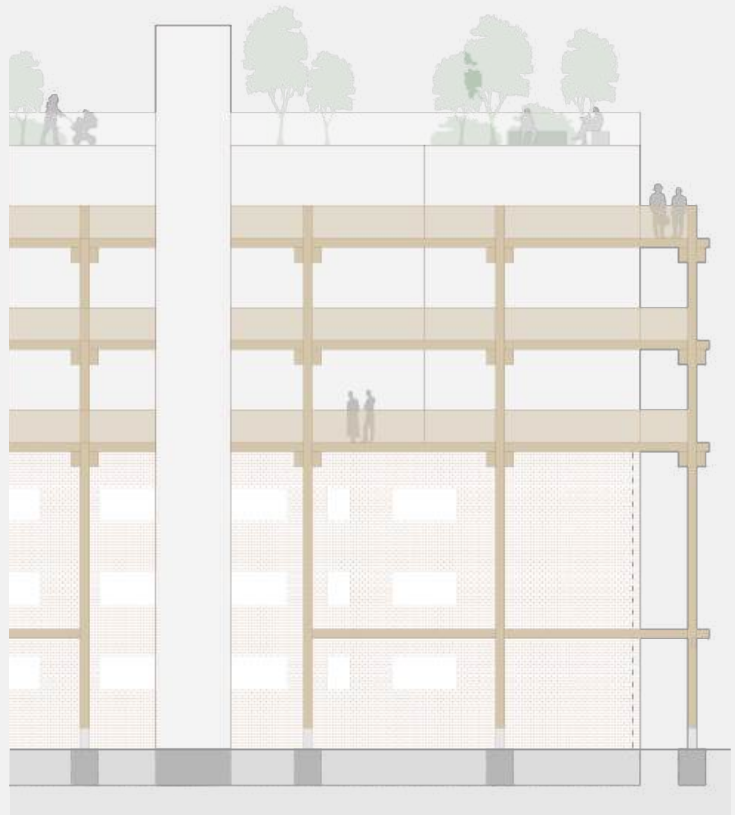
## Option 2

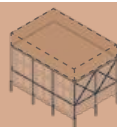
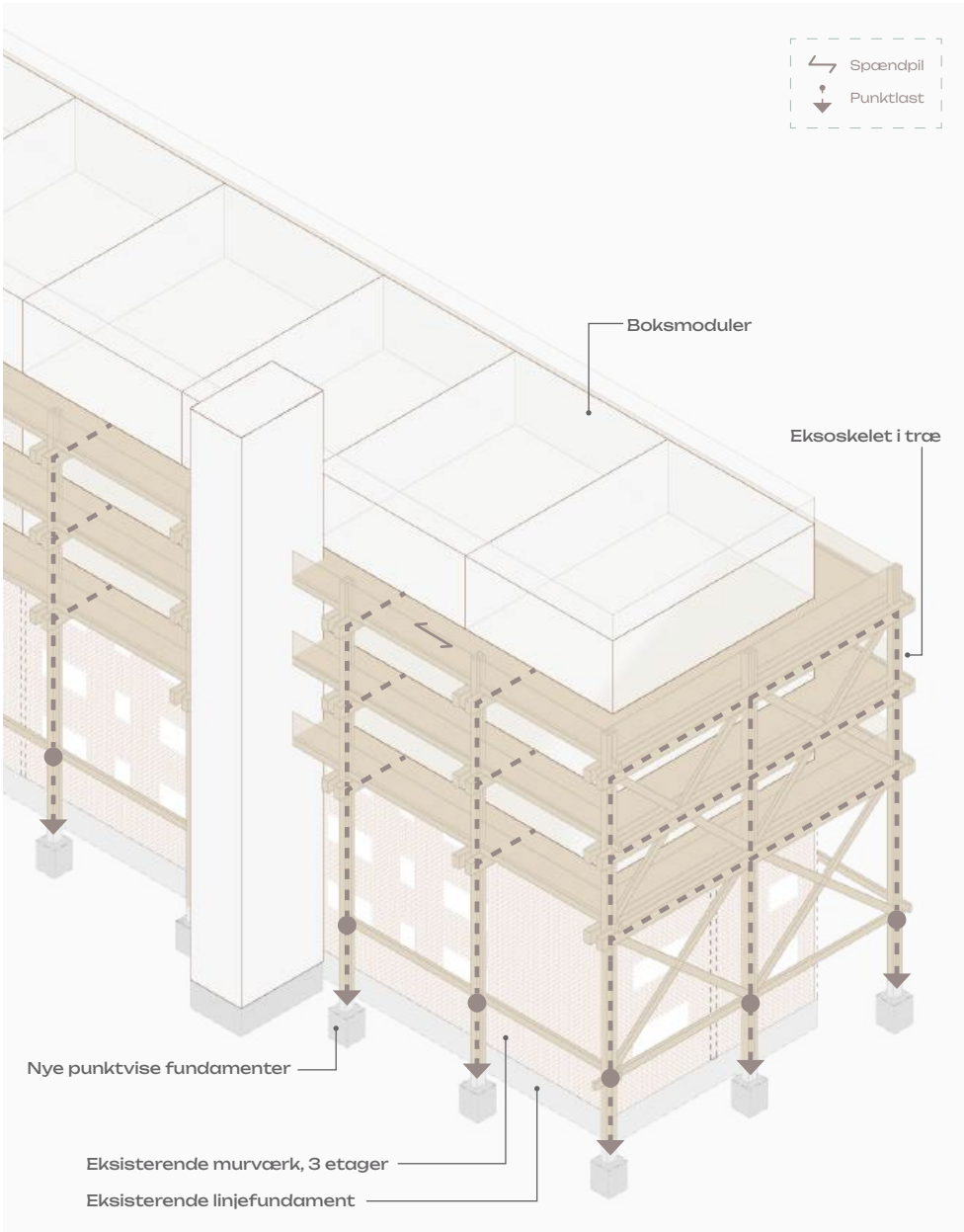
- **3 etager tilføjes** indirekte på eksisterende konstruktion
- **Nyt eksoskelet** af træbjælker og -søjler tilføjes som lastafkoblende konstruktion
- Nye etager udføres som **boksmoduler**.
- **Nye fritstående fundamenter**.
- Etablering af **eksternt elevatortårn** i forbindelse med eksoskelet.



Denne løsning arbejder fra udgangspunktet omkring etableringen af en lastafkoblende konstruktion. Selvom den nye konstruktion forstyrrer det eksisterende bygværks arkitektoniske fremtræden, frem-hæves løsningen, da den vurderes at bringe en bygbar løsning med ny elevatortorskakt og fundamenter.

Løsningen tænkes som relevant i tilfælde, hvor mere end to etager ønskes tilføjet. Den lastafkoblende konstruktion kan med fordel opbygges med træbjælker og -søjler. Samtidig skabes der stærke forudsætninger for indførslen af boksmoduler.





# Referencer

## Bygnings- og konstruktionstyper

<https://danskbyggeskik.dk/dyk-ned-i-historien/>

<https://historiskehuse.dk/stilguide/#stilguide-by-etagehuse>

<https://www.sik.dk/erhverv/huseftersynsordningen/vejledninger/bygningseftersyn/vejledning-om-byggeskik-og-byggeteknik>

## Standarder - vurdering af konstruktioner

**DS 11990** - Bæreevnevurdering af eksisterende konstruktioner

**DS/EN 1990** - National vejledning til Eurocode: Projekteringsgrundlag

**DS/EN 1991-1-2** - Brandteknisk dimensionering

**DS/ISO 13822** - Projekteringsgrundlag for konstruktioner - Vurdering af eksisterende konstruktioner

**DS/INF 671** - Vejledning for genbrugelighedsvurdering af eksisterende betonelementer - Betonteknologi

## SBI-anvisninger

**ANV 172** - Bygningers lydisolering: Nyere bygninger

**ANV 173** - Bygningers lydisolering: Ældre bygninger

**ANV 226** - Tagboliger, Byggeteknik

**ANV 225** - Etablering af tagboliger

**ANV 243** - Lydisolering mellem boliger, Eksisterende byggeri

**ANV 248** - Ældre murværks styrkeegenskaber

**ANV 251** - Vurdering af eksisterende konstruktioners bæreevne

## Byg-erfablade

**ID (27)221216** - Ventilation af tagkonstruktioner med hældning

**ID (37)210615** - Efterisolering af loftkonstruktioner uden dampspærre i ventilerede tagrum

**ID (19)200922** - Fugt i kældervægge og fundamenter, afhjælpning

**ID (23)180305** - Brandsikring og lydisolering af træetageadskillelser - ombygning og renovering

**ID (50)171123** - Renovering af faldstammer

**ID (29)111021** - Indmuret træ i ældre bygninger - nedbrydning, reparation, skadeforebyggelse

**ID (27)060630** - Træbaserede tagelementer - styring af fugtforhold fra fabrik til færdigt byggeri

**ID (99)940316** - Forbedring af lydisolation mellem boliger

## Andre guides

**KK** - Retningslinjer for tagboliger

**SBST** - Guide til genbrug af bærende konstruktioner

**SBST** - Casesamling: Eksempler på genbrug af bærende konstruktioner

**GI** - Tagboliger til gavn for klima, miljø, byen og pengepungen

**ISTRUCTE** - Appraisal of existing structures

**James Douglas** - Building adaptation



## OpBevar

**OpBevar** er et referenceværktøj, der gør det hurtigere og mere kvalificeret at vurdere potentialet for lodrette tilbygninger og etagetilføjelser. Formålet er at hjælpe ingeniører og arkitekter med at afdække deres muligheder, når de designer og projekterer lodrette tilbygninger.

Emnet inddeles i typologier, som leder til belysningen af konkrete erfaringer, der kan implementeres projektvis, og understøtter et klart beslutningsgrundlag for lodrette tilbygninger.