



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Indsatsområder for fremme af fleretagers træbyggeri i Danmark

Udarbejdet for:

Realdania
Jarmers Plads 2
1551 København V

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup
Byggeri & Anlæg

Januar 2026

Indhold

1.	Sammendrag.....	4
2.	Baggrund og formål.....	5
3.	Grundlag for undersøgelse.....	7
3.1.	Udfordringer.....	7
3.2.	Metode.....	8
3.3.	Byggeprojekter og aktører	8
4.	Indsatsområder	15
4.1.	Brand.....	16
4.1.1.	Brandkrav	16
4.1.2.	Erfaringer fra byggeprojekter og aktører	19
4.1.3.	Konkrete indsatser	21
4.2.	Lyd/akustik	23
4.2.1.	Lydkrav	23
4.2.2.	Erfaringer fra byggeprojekter og aktører	26
4.2.3.	Konkrete indsatser	27
4.3.	Fugt.....	29
4.3.1.	Krav til fugt og fugthåndtering.....	29
4.3.2.	Erfaringer fra byggeprojekter og aktører	35
4.3.3.	Konkrete indsatser	38
4.4.	Økonomi.....	40
4.4.1.	Erfaringer fra byggeprojekter og aktører	41
4.4.2.	Konkrete indsatser	41
4.5.	Vidensdeling og erfaringsudveksling	43
4.5.1.	Konkrete indsatser	43
5.	Opsummering af identificerede indsatsområder	44
6.	Referencer	54
	Bilag 1 - Bidragene byggeprojekter	57
	Lisbjerg Bakke	57
	Brandsikkerhed.....	57
	Lydforhold.....	58
	Bolig Træ: Skademosen	60
	Brandsikkerhed.....	60
	Knudrisrækkerne	61
	Brandsikkerhed.....	61
	Bilag 2: Fugtstrategier fra projekterne.....	63
	Fugtstrategi Lisbjerg Bakke	63
	Fugtstrategi Toppen.....	71
	Fugtstrategi Knudrisrækkerne.....	87

1. Sammendrag

Denne rapport har til formål at understøtte mere og bedre træbyggeri i Danmark. Rapporten undersøger udfordringer og muligheder ved fleretagers træbyggeri med henblik på at øge anvendelsen af træ som bæredygtigt byggemateriale. Rapporten bygger på erfaringsopsamling fra flere konkrete byggeprojekter og foreslår konkrete indsatser indenfor fem centrale indsatsområder: brand, akustik, fugt, økonomi og vidensdeling.

Træ er en fornybar ressource, hvilket gør det unikt blandt de 'større' byggematerialer. Træbyggeri har potentiale til at reducere CO₂-udledninger betydeligt, hvilket gør det til et attraktivt valg i takt med indførelsen af klimakrav til nybyggeri. På trods af stort fokus de senere år, er det stadig ikke udbredt at bygge med træ, især når det gælder fleretagers byggeri over fire etager. Rapporten rapport foreslår konkrete indsatser, der kan understøtte byggebranchen og fjerne barrierer og hindringer for anvendelse af træ i fleretagers byggerier.

Rapporten fremhæver behovet for yderligere dokumentation og standarder for at sikre tilstrækkelig brandsikkerhed og akustisk komfort i træbyggeri, især i højere bygninger. Rapporten fremhæver også vigtigheden af en effektiv fugtstrategi for at forhindre skader under byggeprocessen, da korrekt fugthåndtering er afgørende for træbyggeriets holdbarhed og kvalitet. På trods af de højere initialomkostninger, der er forbundet med træbyggeri, viser erfaringerne, at træ kan være økonomisk konkurrencedygtigt, når der tages højde for hurtigere byggeprocesser og lavere driftsomkostninger. anbefalinger omfatter udvikling af klare retningslinjer og standarder, uddannelse af fagfolk samt styrket videndeling og samarbejde inden for branchen. Disse tiltag har potentiale til at gøre træbyggeri til et mere integreret og attraktivt valg i den danske byggebranche, samtidig med at de understøtter en bæredygtig udvikling og fremmer en positiv opfattelse af træ som et moderne og miljøvenligt byggemateriale.

2. Baggrund og formål

Det er i dag relativt enkelt at opføre lavere byggeri i træ. Her er både praktiske og lovgivningsmæssige krav ofte til at håndtere for både bygherrer og udførende, og branchen har allerede gode erfaringer med denne type byggeri. Udfordringerne vokser imidlertid, når byggerierne bliver højere og mere komplekse. Særligt ved højere byggeri (fire etager og derover) skærpes kravene til f.eks. brandsikring, og det er her de største udfordringer for anvendelsen af træ i den bærende konstruktion opstår.

Byggebranchen mangler generelt erfaring med at anvende træ i højere byggeri samt viden om potentialet og udfordringerne. Selvom træbyggeri får langt mere opmærksomhed end tidligere, er der stadig en række udfordringer, som udgør hindringer for, at træ kan opnå en bredere anvendelse i etagebyggeri.

Nærværende rapport tager udgangspunkt i en række konkrete byggerier med henblik på at foretage en erfaringsopsamling, hvor udfordringerne og mulighederne ved at bygge med træ bliver synliggjort. Projektet er udført af Teknologisk Institut med støtte fra Realdania. Realdania har et strategisk fokus på bæredygtigt byggeri – herunder at generere viden og fjerne barrierer for bæredygtig udvikling i byggebranchen.

Der er generelt en usikkerhed i branchen vedrørende træbyggeri, specielt hos beslutningstagerne og de udførende (entreprenørerne), hvilket udmønter sig i en tilbageholdenhed over for at anvende træ eller andre biogene materialer. Det betyder i praksis, at det opfattes som risikobetonet, og byggeriet derfor prissættes forholdsvis dyrere sammenlignet med andre materialer.

Kortlægning af indsatsområder

Rapporten identificerer en række områder, hvor branchen har behov for fokuserede indsatser til at understøtte fremtidige træbyggerier:

1. Brand
2. Akustik
3. Fugt
4. Økonomi
5. Vidensdeling

Målet er at reducere risici og skabe større sikkerhed hos bygherrer, forsikringsselskaber, entreprenører og branchen som helhed for, at der ikke opstår fejl i byggeriet med dertil forbundne meromkostninger og ukendte økonomiske konsekvenser.

Indsatsområderne medvirker ligeledes til at påpege forbedringspotentialer og mangler i dagens regelværk, som input til udvikling af det nye bygningsreglement, hvis formål er at fremme bæredygtigt byggeri og reducere bygningers klimapåvirkning.

Rapporten er understøttet af en erfaringsopsamling som har haft til formål at indhente viden om, hvordan de forskellige udfordringer er håndteret i praksis, så erfaringer kan deles med andre i branchen og forhåbentlig hjælpe til at fjerne hindringer i fremtidige byggerier. Der er lagt særlig fokus på følgende byggerier fra tre forskellige bygherrer:

1. Al2Bolig med Lisbjerg Bakke
2. Boligkontoret Århus med Knudrisrækkerne
3. Boligselskabet Sjælland med deres Bolig Træ projekt: Skademosen*, Skousbo og Toppen.

**Der er hovedsageligt fokuseret på Skademosen i erfaringsopsamlingen.*

De definerede indsatsområder er primært relateret de byggetekniske aspekter ved træbyggeri. Ud over de tekniske aspekter er der en række interessante følgeaspekter ved at øge mængden af træbyggeri i Danmark som ikke gennemgås nærmere i denne rapport. Dette gælder for eksempel hvordan og i hvor høj grad det hjemlige skovbrug kan bidrage til at dække efterspørgslen på bæredygtigt konstruktionstræ, og hvordan en ændret arealanvendelse i Danmark med øget skovareal og mindre landbrugsareal (grøn trepart) vil påvirke biodiversiteten. I takt med indførelsen af klimakravene til nybyggeri kunne det også være et indsatsområde at øge gennemsigtigheden af LCA-beregninger, og få undersøgt om træes potentielt meget lange levetid ved indendørsbrug og høje potentiale i forhold til genbrug bliver tilstrækkeligt afspejlet gennem de i praksis anvendte beregningsmetoder.

3. Grundlag for undersøgelse

I dette kapitel beskrives de fem indsatsområder, der rummer særlige udfordringer for træbyggeri. Ligeledes gennemgås den anvendte metode samt de tre inkluderede byggeprojekter i undersøgelsen.

3.1. Udfordringer

Rapporten tager udgangspunkt i fem hovedudfordringer, som branchen møder, når der skal bygges med træ i højden. Dette er ikke nødvendigvis egentlige barrierer, men områder hvor det fulde potentiale for mere træbyggeri ikke er udnyttet. Udfordringerne er kort beskrevet i Tabel 1 og yderligere uddybet under de respektive afsnit i Kapitel 4.

Tabel 1. Kort beskrivelse af udfordringer.

	Udfordring	Beskrivelse
	Brand	Træ er et brændbart materiale hvis anvendelse giver udfordringer i bygninger med flere etager. Brandsikkerhed er en kritisk faktor, og der findes i øjeblikket ikke præaccepterede løsninger for træbyggeri over 4 etager, hvilket gør eftervisning af brandsikkerheden mere omfattende. Dette kan ofte gøre projekterne mere omkostningstunge, da der kræves yderligere brandsikringsvurderinger og -foranstaltninger.
	Akustik	Lette materialer giver lydmæssige udfordringer specielt i forhold til nabostøj. Træets lette vægt kan medføre udfordringer med lydisolering, f.eks. mellem rum eller lejligheder. Dette kan påvirke komforten og privatlivet for beboere, især i flerfamilieboliger. Akustiske løsninger kræver ofte tilførsel af andre (tungere) materialer til træbyggeriet, hvilket komplicerer og fordyrer.
	Fugt	Det våde danske klima øger risikoen for fugtskader som råd og skimmel, hvis træmaterialet ikke håndteres korrekt, specielt under byggeprocessen. Under byggeprocessen kan regn og fugt også udgøre en betydelig udfordring, hvor korrekt inddækning og beskyttelse er nødvendige for at forhindre vandindtrængning. Disse foranstaltninger kan gøre byggeprocessen mere omkostningstung og kræver ekstra planlægning og ressourcer for at sikre holdbare konstruktioner.
	Økonomi	De samlede omkostninger ved træbyggeri kan være højere end for traditionelle byggemetoder, dels på grund af materialernes pris og dels på grund af behovet for specialiseret arbejdskraft og teknologi. Ofte pålægges ekstra omkostninger som en sikkerhed for entreprenøren som anser træbyggeri for mere risikofyldt. Dette medvirker samlet som en hindring for udbredelsen af træbyggeri i DK.
	Vidensdeling	Vidensniveauet og mangel på kompetencer stadig en stor udfordring i Danmark. Det er en farlig kombination, da det kan øge usikkerheden hos beslutningstagerne. Derfor er det helt essentielt, at branchen sigter mod at dele erfaringer, gode såvel som dårlige, samt øger kompetenceniveauet.

3.2. Metode

Indsatsområderne er identificeret ud fra dataindsamling med erfaringer fra tre konkrete byggeprojekter i træ, suppleret med indsigt fra aktører i branchen, der har erfaring med træbyggeriets udfordringer i praksis samt Teknologisk Instituts egne erfaringer på området.

De tre byggeprojekter inkluderet i rapporten er bl.a. udvalgt på baggrund af deres forskellighed i byggesystem for at give et varieret billede af træbyggeriets anvendelse, udfordringer og tilhørende løsninger.

Dataindsamling fra projekterne er gjort gennem et "stamkort" (Excel-fil) med spørgsmål omkring de enkelte udfordringer til skriftlig udfyldelse af aktørerne, der beskriver særlige udfordringer og erfaringer fra de respektive byggerier. Der er gennemført semistrukturerede interviews med bygherrer og rådgivere, der har været direkte involveret i de tre byggeprojekter.

I hvert projekt er de fem hovedudfordringer diskuteret med henblik på at identificere, hvilke erfaringer man har gjort sig i projekterne, og hvordan de forskellige udfordringer er blevet håndteret. Der er fokuseret på at undersøge og forstå barrierer, samt de strategier, metoder og konkrete løsninger, der er anvendt for at overvinde disse udfordringer.

Følgende er eksempler på spørgsmål, der er stillet til aktørerne i de enkelte byggerier:

- Hvad er årsagen til, at det blev valgt at bygge i træ, og hvilke overvejelser har der været gjort?
- Hvad har strategien for brand og akustik været?
- Hvilke overvejelser er der gjort i forhold til fugt fra design til det færdige byggeri?
- Har der været udarbejdet en egentlig fugtstrategi?
- Hvilke udfordringer har man generelt mødt i forhold til at anvende træ?

Gennemgangen af de fem hovedudfordringer i forhold til projekterfaringerne samt de respektive lov-mæssige krav på området danner grundlaget for de identificerede indsatser - opsummeret i Kapitel 5 - til at understøtte byggebranchen i den bæredygtige udvikling mod øget brug af træ i byggeriet.

3.3. Byggeprojekter og aktører

Erfaringsopsamlingen tager udgangspunkt i tre byggeprojekter, som er udvalgt på baggrund af

1. Bygherres erfaring med at bygge i træ
2. Forskellighed i byggesystemet i træ for at give et varieret billede af træbyggeriets anvendelse, udfordringer og tilhørende løsninger.
3. Byggeri i mere end to etager – allerhelst over fire etager, da der her opleves ekstra udfordringer i forhold til dokumentation af brandstrategien.

En kort præsentation af de tre udvalgte byggerier findes i nedenstående tabeller.

De tre projekter er alle påbegyndt og færdiggjort, før dagens gældende miljøkrav blev indført. Dermed har ingen af bygningerne fået foretaget en LCA-beregning med dokumentation af bygningernes

udledning af drivhusgasser – det blev først gjort efter, de var blevet bygget. Men der har i alle tre byggerier været et ønske fra bygherres side om at bygge bæredygtigt.

Lisbjerg Bakke er DGNB Guld-certificeret, og der er lavet en vurdering af materialernes ressourceudnyttelse samt et koncept for nedtagning og genanvendelse. Knudrisrækkerne har også opnået DGNB Guld, baseret på et mål om at sænke byggeriets CO₂-aftryk gennem at bygge i træ.

I tidligere udgaver af DGNB er klimakravene i bygningsreglementet ikke et minimumskrav, og byggerier kan i teorien DGNB-certificeres, selvom der opnås nul point i LCA-kriteriet, hvis der opnås tilstrækkeligt med point i de resterende miljøkriterier. (Videnscenter om Bygningers Klimapåvirkning, u.d.)

Skademosen er bygget efter BR18 lavenergibyggeri, hvilket lykkedes at opnå med installation af solceller og energirigtige løsninger. Efterfølgende er der udført en LCA-beregning i LCAbyg, sammenholdt med hvis byggeriet havde været opført i beton. Ifølge beregningen medførte valget med træ frem for beton markant lavere CO₂ udledning især på den korte og mellemlange bane, men også i nogen grad i hele bygningens livscyklus, hvor der medregnes nedrivning og affaldshåndtering. Projektet fremhæver vigtigheden af kvalitetsmaterialer f.eks. tagpap, valg af solceller mm., for at optimere bæredygtighedsfordele.

I 2021 gennemførte BUILD en undersøgelse af 20 træbyggeriers CO₂-aftryk ("BUILD RAPPORT 2021:27"). Her blev der udført LCA-beregninger på de tre udvalgte byggerier, og de opfylder alle den frivillige bæredygtighedsklasse på 8 kg CO₂e/m²/år. (Andersen, et al., 2021)

I tillæg til projekterne fra de tre bygherrer, er der inkluderet indsigt fra aktører med erfaring fra andre træbyggerier – f.eks. Kobberhuset og TRÆ.

Kobberhuset er et boligbyggeri i to etager med tagterrasse og kælder. CLT-skivebyggeri (vægge og etageadskillelser) med bruttoareal på 454 m². Kobberhuset er bygget af Sjødahl & CO. Ejendomme ApS.

TRÆ er et kontorbyggeri bestående af tre bygninger – en bygning på 20 etager (78 meter højt) og to bygninger på seks etager (27 meter højt). Bruttoareal er 14500 m². Den bærende konstruktion består af CLT og limtræ - CLT-dæk lagt ud på limtræssøjler og trappetårn i beton. Der er ikke lavet facade med træbeklædning grundet brandkrav. TRÆ er bygget af PFA Ejendomme.

Lisbjerg Bakke

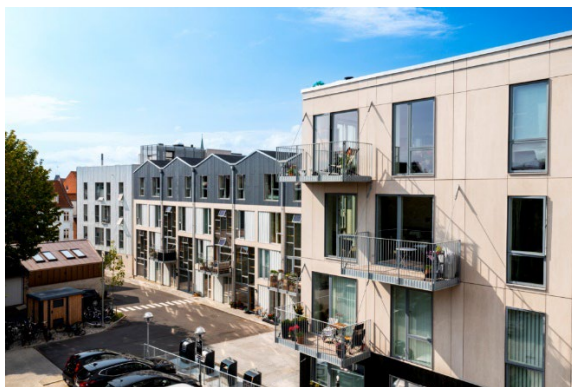


Indendørs fotos: Tegnestuen Vandkunsten

Bolig Træ – Skademosen



Knudrisrækkerne



Fotos: Taasinge Elementer A/S



Fotos: Profile A/S

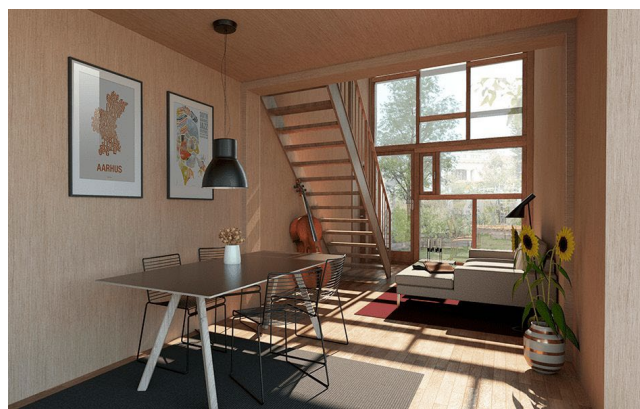


Foto: Sweco Architects

Lisbjerg Bakke

Projektpartnere

Bygherre	AL2bolig
Arkitekt	Vandkunsten
Rådgiver	MOE (nu Artelia)
Entreprenør	Hustømmerne, Bravida, Poul Pedersen A/S

Anvendelse

Bolig

Færdiggjort

2018

Bruttoareal

4100 m²

Antal bygninger og etager

Seks bygninger, tre-fire etager

Konstruktion

Søjle-bjælke system i limtræ

Enkelte stabiliserende facader udført i CLT

Etagedæk i CLT og 100 mm beton

Trappetårn i beton

Bolig Træ – Skademosen

Projektpartnere

Bygherre	Boligselskabet Sjælland
Arkitekt	Vilhelm Lauritzen Arkitekter A/S
Rådgiver	Holmsgaard Ingeniører A/S
Entreprenør	Adserballe og Knudsen A/S

Anvendelse

Bolig

Færdiggjort

2019

Bruttoareal

Ca. 4150 m²

Antal bygninger og etager

13 bygninger, to etager

Konstruktion

Skivebyggeri i CLT og tagkassetter

Bærende bagvægge i CLT

Facader i lette træelementer med træbeklædning

Etageadskillelser i CLT eller som trækassetter

Tagkonstruktion i trækassetter med tagpap

Bolig Træ: **Skousbo** og **Toppen** er også CLT-byggeri, begge udført af samme projektteam. De er lige-som Skademosen boligbyggeri i to etager.

Knudrisrækkerne

Projektpartnere

Bygherre	Boligkontoret Århus
Arkitekt	Kant Arkitekter (nu Sweco Architects)
Rådgiver	MOE (nu Artelia)
Entreprenør	Q-Construction

Anvendelse

Bolig

Færdiggjort

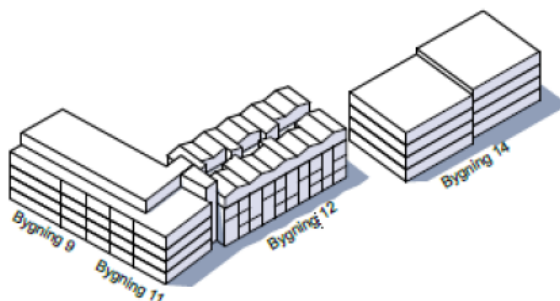
2022*

Bruttoareal

7400 m²

Antal bygninger og etager

Tre bygninger: Bygning 9-11 (fem etager), Bygning 12 og 14 (fire etager)



Konstruktion

Bygning 9-11 og 14: Søjledragersystem (hybrid)

Bjælker i stål, søjler i limtræ

Trappetårn i beton

Etagedæk i træ-/betonkomposit (skiver)

Bygning 12: Skivebyggeri i CLT og træelementer

Bærende indervægge i CLT

Trappetårn i beton

Etagedæk i træ-/betonkomposit

**Under dataindsamlingen var Knudrisrækkerne under opførelse.*

4. Indsatsområder

Formålet med rapporten er at belyse udfordringer og muligheder forbundet med fleretagers træbyggeri i Danmark, samt at identificere konkrete indsatser, der kan fremme anvendelsen af træ i byggebranchen.

Gennem erfaringsopsamlingen fra konkrete træprojekter er det muligt at samle værdifuld viden om, hvordan forskellige tekniske, økonomiske og organisatoriske udfordringer er blevet adresseret. Disse erfaringer kan tjene som inspiration og vejledning for fremtidige projekter og bidrage til at reducere de risici og barrierer, der findes i branchen.

Kapitlet er struktureret omkring de fem indsatsområder: brand, akustik, fugt, økonomi og vidensdeling. Hvert afsnit indeholder en gennemgang af erfaringer fra konkrete projekter og aktører samt identifikation af konkrete indsatser, der kan være til gavn for branchen.

4.1. Brand

Materialevalg spiller en afgørende rolle for den brandtekniske dimensionering og brandstrategi i byggeriet. Træ er et brandbart materiale, hvilket kræver andre brandtekniske løsninger sammenlignet med ikke-brandbare materialer som beton og stål. Dette giver udfordringer for træbyggeri – og især for fleretagers træbyggeri. Det er en udbredt opfattelse, at træhuse er mere brandfarlige. Men selvom træ kan brænde, er moderne brandsikring og teknologier med til at sikre tilstrækkelig brandsikkerhed selv med brændbare materialer. Derudover er det muligt at beregne og estimere træets brandreaktion, hvilket yderligere bidrager til sikkerheden. Der skal skabes større tryghed omkring højere træbyggeri, hvilket bl.a. kan gøres gennem oplysning og veldokumenterede løsninger.

Bygningsreglementets (BR18) brandkrav til fleretagers byggeri (afsnit 4.1.1) er udviklet og formuleret i en epoke domineret af betonbyggeri. Hvor bygningsreglementet har defineret en række præaccepterede løsninger for betonbyggeri, findes der ikke tilsvarende præaccepterede løsninger for træbyggeri over fire etager. Dette kan ses som en konkurrenceforvridende faktor, da det man ved konventionelt betonbyggeri kan anvende en præaccepteret løsning, er der ved træbyggeri behov for mere avancerede løsninger og ekstra dokumentation for at eftervise brandsikkerheden (Træ i byggeriet, 2023). Der er derfor et stærkt behov for at udvikle og dokumentere præaccepterede løsninger for træbyggeri over fire etager, så det – uden at gå på kompromis med sikkerheden – bliver mere tilgængeligt og mindre omkostningstungt at bygge med træ i højden.

I lande som Norge og Sverige er aktiv brandbeskyttelse som sprinkling, mere udbredt, men det er sjældent accepteret i Danmark. Muligheden for at integrere sprinkling og andre teknikker som brandimpregnering bør undersøges for at forbedre brandsikkerheden (Swedish Wood, 2022). Der er også usikkerhed omkring effektiviteten af brandhæmmende produkter over tid, især ved udendørs brug, hvilket kræver yderligere forskning for at vurdere risikoen for udvaskning og manglende beskyttelse gennem bygningens levetid (Östman, 2010).

4.1.1. Brandkrav

Brandkrav til byggeri er beskrevet i kapitel 5 i bygningsreglementet (BR18) (Social- og boligstyrelsen, 2024). Bygninger klassificeres i anvendelseskategorier (1-6) og risikoklasser (1-4) baseret på deres anvendelse, højde og kompleksitet. Ud fra anvendelseskategori, risikoklasse og den eller de metoder, der anvendes til at dokumentere brandforholdene, placeres et bygningsafsnit i en brandklasse (1-4), der definerer, hvilke krav der er til sikkerheden. For byggeri i brandklasse 2-4 kræves en brandrådgiver, mens brandklasse 4 har yderligere krav om en tredjepartskontrol. Brandklasse 4 er typisk høje bygninger eller bygninger med mange mennesker.

Afhængigt af bygningens brandklasse, stiller BR18 forskellige krav til brandegenskaber af bygningsdele og materialer anvendt i bygningen. Bygningsdele skal bl.a. have en bestemt brandmodstandsevne (REI30, REI60, etc.), hvilket betyder, at de skal modstå brand i et givet antal minutter uden at miste deres bæreevne (R), integritet (E) eller isoleringsevne (I). Der stilles ligeledes krav til byggematerialers reaktion ved brand, specificeret ved f.eks. D-s2,d0 (typisk klassificering for ubehandlede træprodukter). Dette fortæller noget om materialets brandbarhed (D), røgudvikling (s2) og mængden af brændende dråber eller partikler (d0) i tilfælde af brandpåvirkning.

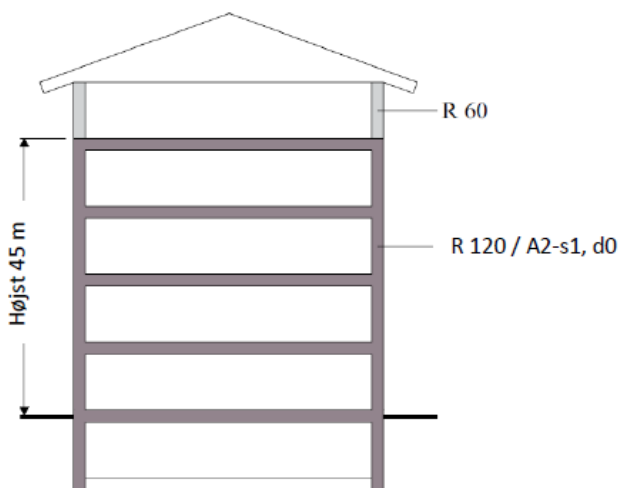
Præaccepterede løsninger

I tillæg til brandkravene, indeholder BR18 tilhørende vejledninger (præaccepterede løsninger) til opfyldelse af kravene, som kan følges uden krav til yderligere dokumentation for brandsikkerheden (Jensen, 2020).

Der findes færre præaccepterede løsninger for træbyggeri i BR18, som kun er defineret for bygninger op til fire etager (<12 meter til overside af øverste etageadskillelse).

Der er et stort spring i brandkravene, når man går fra et byggeri under 12 meter til et byggeri over 12 meter. Under 12 meter gælder for alle anvendelseskategorier, at man kan anvende træ i den bærende konstruktion op til gulv i øverste etage. Der sættes krav til en bæreevne på 60 minutter (R60).

Over 12 meter gælder R120 / A2-s1,d0, som illustreret på Figur 1. A2-s1,d0 markerer et ikke brandbart materiale, og dermed er træ ekskluderet.



Figur 1. Brandkrav til konstruktioner i bygninger mellem 12-45 m højde [BR18, 2024].

Iht. kapitel 5 i BR18 kan det tillades, at visse konstruktionselementer har en ringere brandmodstandsevne, hvis det sikres, bygningen bevarer sin bæreevne i 120 minutter (Social- og boligstyrelsen, 2024). Træbyggeri på fem etager skal altså leve op til samme krav til brandmodstandsevnen som et byggeri på 16 etager (Rasmussen, 2023). På samme måde er funktionskrav på tværs af anvendelseskategorierne 1-6 relativt ens.

Hvis kun de præaccepterede løsninger anvendes, vil der ikke være behov for at foretage en eftervisning af de valgte løsninger. Eftersom der findes færre præaccepterede løsninger for træbyggeri i BR18, betyder det, at der ofte er behov for særlige løsninger, beregninger og dokumentation for at eftervise tilstrækkelig brandsikkerhed.

Eftervisning af brandsikkerhed¹

Følges de præaccepterede løsninger ikke alene, kan eftervisning af brandsikkerheden foretages som en

1. brandteknisk begrundet vurdering (BBV),
2. komparativ analyse (KA) med udgangspunkt i de præaccepterede løsninger,
3. brandteknisk dimensionering (BD),
4. brandprøvning(er) (BP), eller
5. kombination af metoderne.

Ved en BBV redegøres der for, at den valgte løsning giver mindst samme brandsikkerhedsniveau, som den pågældende præaccepterede løsning. Mest velegnet ved få eller simple afvigelser fra de præaccepterede løsninger, som er uafhængige af hinanden.

¹ Kapitel 8: Eftervisning, Bygningsreglementets vejledning til kapitel 5 – brand (Version 1.1, 28-09-2021)

I en KA tages der udgangspunkt i en specifik præaccepteret løsning, og det eftervises enten ved en BBV, BD eller BP, at den valgte løsning giver mindst samme brandsikkerhedsniveau, som den pågældende præaccepterede løsning under hensyntagen til svigtsituation. Mest velegnet ved få afvigelser fra de præaccepterede løsninger, og kan kun anvendes hvor disse er dækkende for referencebyggeriet.

I en BD anvendes kvantitative og deterministiske analyser, som ud fra fastsatte scenarier er med til at beregne konsekvensen af en brand. Ved en BD anvendes designbrande til at simulere brandforløbet og sikre tilstrækkelig brandsikkerhed, baseret på de brandkrav og brandscenarier, der skal eftervises. Vækstfasen i branden vil typisk være aktuel i forhold til eftervisning af personsikkerhed og evakuering af folk, hvilket hovedsageligt afhænger af bygningens/rummenes anvendelse og inventar, og konstruktionsmaterialet har dermed ingen indflydelse på denne del. Men den bærende konstruktion skal eftervises for et fuldt udviklet brandforløb, hvilket vil sige indtil branden er slukket igen. I tilfælde af en trækonstruktion, hvor konstruktionen vil yde et bidrag til brandforløbet, er der mangel på grundlæggende viden og flere ukendte faktorer i forhold til brandforløbet, men det vil forventeligt være en mere intens brand, som vil fortsætte i længere tid end i f.eks. et betonbyggeri. En BD er en direkte beregningsmæssig eftervisning, mest velegnet når der er flere eller store afvigelser fra de præaccepterede løsninger.

Brandprøvning og funktionsbaseret analyse

Ved BP testes og dokumenteres en konkret brandteknisk løsning i et forsøg, hvis løsningen ikke allerede er brandklassificeret iht. godkendte standarder. Dette anvendes typisk som supplement til de andre metoder, hvor der er valgt tydelige fravigelser fra de præaccepterede løsninger uden eksisterende brandklassificering af den valgte løsning. Ved ikke at følge de præaccepterede løsninger, bliver eftervisningen som forklaret mere omfattende og omkostningstung, da det kræver dyre forsøg og brandklassen stiger til 3-4.

Til gengæld har BP den fordel at man kan skabe ny viden og implementere løsninger med en funktionsbaseret analytisk tilgang. F.eks. har DBI's udviklingsprojekter *Wood:UpHigh* og *Biofacade:Uphigh* vist hvordan BP kan skabe grundlag for nye sammensætninger af trækonstruktioner og biobaserede materialer, som potentielt kan skabe nye præaccepterede løsninger for træbyggeri i flere etager i brandklasse 3-4.

Erfaring og kompetence hos den enkelte brandrådgiver

I brandklasse 2-4, hvor der stilles krav til en certificeret brandrådgiver, er det op til den enkelte brandrådgiver at dokumentere at brandsikkerheden er tilstrækkelig. Det er den enkelte brandrådgiver, der står til ansvar for den valgte løsning, da certificeringen kan fratages vedkommende. Manglende erfaring og kompetence hos rådgiverne kan føre til forsigtige eller risikobetonede tilgange - nogle vil være mere forsigtige end nødvendigt, mens andre vil lave mere risikobetonede betragtninger. Det kan give et spænd fra ingen accept af brandbare konstruktioner til, at trækonstruktioner står synlige i relativt høje bygninger. Det giver en manglende robusthed og økonomisk uforudsigelige løsninger. Ifølge DBI vil brandrådgiverens kompetencer, erfaring samt risiko- og materialeopfattelse dermed have stor betydning for hvordan en løsning vurderes (Wittchen & Rasmussen, 2021). Der er behov mere entydig forståelse for sammenhæng mellem sikkerhedsniveau og funktionskrav.

4.1.2. Erfaringer fra byggeprojekter og aktører

To af de tre byggerier fra erfaringsopsamlingen er dimensioneret, før BR18 var det aktive bygningsreglement, så dermed afviger grundlaget for brandstrategien lidt fra hinanden på de tre projekter.

BR10 og dernæst BR15 var de gældende bygningsreglementer før BR18. Under dokumentation for brandsikkerhed blev der i begge disse hovedsageligt skelnet mellem præaccepterede løsninger (kaldet Eksempelsamling) og funktionsbaserede løsninger bestemt ved en brandteknisk dimensionering (brandsimulering og beregninger).

I Tabel 2 ses en oversigt over grundlaget for brandstrategien i de tre projekter.

Tabel 2. Oversigt over de tre projekter ift. dokumentation for brandsikkerhed.

	Lisbjerg Bakke	Skademosen	Knudrisrækkerne
Gældende bygningsreglement	BR10	BR15	BR18
Anvendt vejledning (præaccepterede løsninger)	Eksempelsamling om brandsikring af byggeri, 2012	Eksempelsamling om brandsikring af byggeri 2. udgave, 2016	Bilag 2: Præ-accepterede løsninger for brandsikring af bygningsafsnit med etage-boligbyggeri Bilag 4: Præaccepterede løsninger for brandsikring af bygningsafsnit med forsamlingslokaler, butikker mv.
Dokumentation/ Eftervisning	Brandteknisk vurdering ved afvigelser fra præaccepterede løsninger.	Præaccepterede løsninger.	Dels præaccepterede løsninger, dels komparativ analyse med udgangspunkt i de præaccepterede løsninger.
Anvendelses-kategorier	1, 2 og 4	4	3 og 4
Risikoklasser	2 og 3	2	2 og 3
Brandklasse	BK3	BK2	BK3

Alle tre projekter følger hovedsageligt de præaccepterede løsninger med enkelte afvigelser i to af dem, hvortil der er foretaget individuelle vurderinger og beskrevet ekstra tiltag i brandstrategirapporten for at sikre tilstrækkelig brandsikkerhed trods afvigelsen.

Lisbjerg Bakke og Skademosen har begge indgået i en brugerundersøgelse lavet i forbindelse med Horizon 2020 EU-projektet Build-in-Wood, som bl.a. undersøgte beboernes subjektive oplevelse af brandsikkerheden i deres hjem, og hvordan de oplevede "risikoen" ved at bo i en træbygning (Teknologisk Institut, Alexandra Institut, 2023). En kort gennemgang af brandstrategien i de tre projekter, samt erfaringerne fra brugerundersøgelsen, er beskrevet nærmere i de følgende afsnit.

Lisbjerg Bakke

Lisbjerg Bakke afviger fra de præaccepterede løsninger grundet dets facadebeklædning. Der stilles krav til klasse K10 B-s1,d0 (klasse 1 beklædning), men der er anvendt en ikke-brandbehandlet træbeklædning med brandreaktion D-s1,d0 (klasse 2 beklædning).

Som led i brandstrategien er der derfor anvendt et udvendigt sprinklersystem. Systemet kontrolleres hver 14. dag, men giver ifølge nogle af beboerne anledning til støjgener, når systemet testes. Der er kun begrænsede synlige træoverflader indvendigt, og ellers er overfladerne beklædt med gips.

I Build-in-Wood brugerundersøgelsen udtrykte beboerne generelt ikke bekymring over brandrisikoen. De følte sig trygge ved, at bygningen var udstyret med et sprinkleranlæg, og betragtede det som en del af den samlede brandsikkerhed.

Som passiv brandsikring er der anvendt 120 mm CLT som EI60, hvor det påpeges, at det er vigtigt med fokus på samlingsdetaljerne - at de skal udføres tætte, så samlingen kan klassificeres som EI60.

I bilag 1 findes en oversigt med de konkrete afvigelser fra præaccepterede løsninger, der har en sammenhæng med anvendelsen af træ, og hvilken vurdering og eventuelle tiltag, der er gjort som compensation. Ligeledes er der en oversigt med tilfældene, hvor træ er anvendt i en passiv brandsikring, og hvilken dokumentation der ligger til grund herfor.

Skademosen

Der er anvendt præaccepterede løsninger i henhold til bygningsreglementet. Bærende og afstivende konstruktioner på øverste etage er udført som R30 bygningsdele. Bærende og afstivende konstruktioner på øvrige etager er udført som R60 bygningsdele. Underside af CLT-dæk er beklædt med gipsplader. I bilag 2 findes flere informationer omkring brandstrategien i Skademosen.

Skousbo og Toppen er primært opført efter præaccepterede løsninger.

Jævnfør brugerundersøgelsen fra Build-in-Wood er risikoen for brand ikke noget, beboerne i Skademosen bekymrer sig om. De tror ikke, at træet i bygningen fører til en øget risiko for brand, men føler sig i stedet overbevist om, at bygningen overholder de gældende krav. Undersøgelsesresultaterne viser dog også, at beboerne ikke konsekvent er bekendt med sikkerhedsforanstaltningerne i tilfælde af brand, hvilket nok er et generelt problem i mange bygninger og ikke specielt knyttet til, at der er tale om en træbygning. (Teknologisk Institut, Alexandra Institut, 2023)

Knudrisrækkerne

I den tidlige fase af projektet blev der foreslået en løsning med sprinklersystem og mange synlige træoverflader, fordi bygherre havde præferencer om synligt træ. Men bygherre ønskede at undgå synlige rør, og sprinkling var dermed ikke en mulighed, hvilket blev en væsentlig del af brandstrategien. Mange af de indvendige overflader blev derfor inddækket i gips for at opfylde brandkrav, hvilket også påvirkede de arkitektoniske valg. Der blev kun efterladt enkelte synlige træ søjler i fælleslokalerne.

De udvendige facader står i fuld højde som træfacader, hvilket også blev evalueret i forhold til brandkravene, hvor der stilles krav til overfladernes brandklassificering (B-s1,d0). Men i og med alle de

gældende boliger er lavet med redningsåbning med mulighed for selvredning, blev sikkerhedsniveauet vurderet at være tilsvarende referencebyggeri.

I Bilag 3 findes en oversigt med de konkrete afvigelser fra præaccepterede løsninger, der har en sammenhæng med anvendelsen af træ, og hvilken vurdering og eventuelle tiltag, der er gjort som kompensation.

Erfaringerne fra Knudrisrækkerne viser, at brandkravene har haft en betydelig indflydelse på både design og udførelse af projektet. Valget af materialer og brandsikringsmetoder krævede omhyggelig planlægning og dokumentation for at sikre, at både sikkerhedsstandarder og bygherren måtte gå på kompromis med sine ønsker som synlige træoverflader. Samlet set blev projektet gennemført uden ekstraordinære foranstaltninger fra myndighedernes side, men med en klar strategi for at opnå en sikker og effektiv brandsikring.

Andre projekter

Kobberhuset er udført efter præaccepterede løsninger, Der er anvendt CLT med brandmodstandsevne R60 i konstruktionen, og R30 i CLT-trappen.

Byggeprojekt TRÆ er ikke udført iht. præaccepterede løsninger, da alle byggerier er over fire etager. Der er synlige træ søjler flere steder i byggeriet og man har bl.a. anvendt sprinkling som aktiv brandsikring for at efterleve brandkravene.

4.1.3. Konkrete indsatser

Eftersom der ikke findes præaccepterede løsninger for træbyggeri over fire etager, fravælges træ ofte til fordel for "nemmere løsninger" med beton og stål, fordi det bliver mere komplekst og omkostningsfuldt at dokumentere brandsikkerheden i en højere træbygning. For at hjælpe branchen til at løse denne udfordring, opsummeres her nogle indsatsområder.

- Opdatering af præaccepterede løsninger for brandsikring i Vejledningen til Bygningsreglementet. Der er behov for bedre retningslinjer for sikkerhedsniveauet, hvilket kræver en opdatering af BR18, øvrig byggelovgivning og vejledning, så reglerne er mere entydige og forståelige med hensyn til sammenhæng mellem brandsikkerhed og funktionskrav.
- Præaccepterede løsninger bør afspejle større variationsmuligheder og tilgodese tidens behov, bl.a. for kombination af bærende trækonstruktioner (over 4 etager). Rasmussen (2023) foreslår to nye præaccepterede løsninger, som inddeler byggeri i 5-6 etager og 7-8 etager for sig, og bl.a. stiller krav til hhv. REI90 og REI120 for de to grupperinger.
- **Teknisk udvikling**
 - Verificerede simuleringsværktøjer, der troværdigt og enkelt kan simulere brandforløb i en bygning med brandbare konstruktioner. Der mangler erfaringsopsamling på dette område, og en præcis definition af tekniske parametre som brandbelastning af forskellige typer bygninger (kontor, bolig, hotel osv.), realistiske åbningsfaktorer osv. Det er behov for simple, robuste og gennemsigtige simuleringsværktøjer.

- Der er behov for at udvikle standardiserede løsninger, der kan anvendes bredt i branchen, f.eks. eksempler på brandtekniske robuste løsninger for samlinger.
 - Afklaring af udfordringer med klassifikation og udvaskning fra brandbehandlede træprodukter. Der er usikkerhed om, hvorvidt de systemer, der findes på markedet, giver tilstrækkelig beskyttelse på lang sigt, når de anvendes udendørs.
- **Kompetencer og erfaringsudveksling**
 - Forskellig baggrund og erfaring hos brandrådgivere fører til en bred vifte af fortolkninger af brandsikkerhed i træbygninger. Det kan resultere i meget forskellige tilgange, der kan begrænse brugen af træ. Der er behov for mere ensartede kompetencer indenfor brandsikring af træbyggeri.
 - Der opleves mangel på certificerede brandrådgivere i branchen, hvilket komplicerer byggesagsbehandlingen markant og kan medføre ekstra tidsforbrug og omkostninger. (Rasmussen, 2023).
 - Afdækning af, hvordan forsikringsforholdene påvirkes, når bygningens primære konstruktioner er af træ i forhold til mere traditionelle materialer. Hvilke krav vil forsikrings-selskaberne stille til byggerierne?
 - De danske særregler bør i højere grad afspejle krav i EU og nabolande for ikke at udgøre en eksport- og innovationsbarriere. Man bør udvikle standardiserede løsninger i form af et katalog med brandtekniske robuste løsninger, komponenter og samlingsdetaljer, der kan danne grundlag for nye præaccepterede løsninger.
 - Der bør etableres en oversigt over brandkrav i Europa, så der kan dykkes ned i grundlaget for, hvordan sikkerhedsniveauerne er i vores nabolande til sammenligning med danske forhold. Hvad siger statistikkerne f.eks. i forhold til brand i bygninger i Danmark sammenlignet med lande med større andel af træbyggerier, f.eks. Sverige?
 - I lande som Norge og Sverige er aktiv brandbeskyttelse som sprinkling, f.eks. mere udbredt, men det er sjældent accepteret i Danmark. Dette bør der også tages højde for i statistikkerne med henblik på at undersøge muligheden for at integrere mere sprinkling i Danmark for at forbedre brandsikkerheden.

4.2. Lyd/akustik

I Danmark opleves usikkerhed ved projektering og udførelse af træbyggeri i forhold til lyd og akustik. Lette materialer som træ har en tendens til at transmittere lyd i højere grad end tungere materialer som beton. Det skyldes, at lydbølger lettere sætter lette materialer i svingninger (vibrationer), hvilket fører til dårligere lydisolering mellem rum og etager i bygninger. Dette kan medføre at lyde fra naboer, såsom samtale, musik, og skridt, lettere kan høres. (Rasmussen & Munch-Andersen, 2023). Det er afgørende at adressere de lydmæssige udfordringer forbundet med træbyggeri for at sikre komfort og trivsel i såvel kontorbygninger som beboelsesejendomme.

4.2.1. Lydkrav

Bestemmelser vedrørende bygningers lydforhold findes i Bygningsreglementets (BR18) kapitel 17 (Social- og Boligstyrelsen, 2018). De har til formål at sikre, at bygninger har sundheds- og komfortmæssigt tilfredsstillende lydforhold set i forhold til både bygningens eller rummenes anvendelse. Der findes derfor forskellige krav og vejledende værdier for forskellige bygninger og rumtyper. Bestemmelserne er udformet som funktionskrav, hvormed kravteksten i BR18 ikke indeholder konkrete grænseværdier. De beskriver hvilke funktioner og hensyn, der skal være opfyldt, mens konkrete grænse- og projekteringsværdier kan findes i Bygningsreglementets Vejledning om Lydforhold. Disse grænseværdier kan betragtes som en nedre grænse for nye bygningers akustiske kvalitet.

Der sættes hovedsageligt krav til to primære tekniske forhold, som skal opfyldes ifm. lydisolation:

1. Luftlyden mellem forskellige enheder og udefrakommende støj, f.eks. trafikstøj. Luftlyd kan komme direkte gennem vægflader og etageadskillelser, eller transmitteres til et andet rum via samlinger eller gennemgående bygningsdele. Sidst nævnte kaldes flanketransmission, og et par eksempler på dette kan være gennem en gennemgående fast forbindelse som en murbinder eller en skrue.
2. Trinlyd, som typisk fremkaldes af bevægelse på en etageadskillelse. Lyden fra dette transmitteres fra overside af etagedæk enten direkte eller via flanketransmission (som ved luftlyd) ned gennem etagedækket til underliggende bo-enhed.

De skrappeste krav stilles til boliger med generelt krav på lydklasse C² med et frekvenskrav for lydområdet over 100 Hz. Men for lette byggerier såsom træbyggeri, findes der supplerende anbefalinger med korrektioner ned til 50 Hz, da frekvensområdet på 100 Hz opleves utilstrækkeligt - især for lave frekvenser som trinlyd. I lydklasse A og B er det et krav at måle ned til 50 Hz.

² DS 490, 2018: Lydklassifikation af boliger

Fakta: Luftlydisolation

Bygningsdelens evne til at reducere transmission af luftlyd f.eks. musik fra højttaler eller samtale mellem rum i en bygning. Tallet angives som reduktionstal R_w udtrykt i decibel (dB) og med eller uden den spektrale korrektion C50-3150. Jo højere tal jo bedre lydisolation. (Social- og Boligstyrelsen, 2018)

Fakta: Trinlydniveau

Bygningsdeles egenskaber med hensyn til at transmittere trinlyd i en bygning. Trinlydniveauet betegner den lyd, der frembringes i et rum når gulvet i et andet rum påvirkes med en standardiseret bankemaskine. Tallet angives som trinlydniveau ($L_{n,w}$) udtrykt i dB og med eller uden den spektrale korrektion $C_{l, 50-2500}$. Jo lavere tal jo bedre trinlydisolation. (Social- og Boligstyrelsen, 2018)

Udover luft- og trinlyd skal der iht. BR18 også fokuseres på rumakustik/efterklangstider, dvs. hvor lang tid lyde er om at dø ud. Dette afhænger hovedsageligt af overfladematerialer, inventar mm. og opfører sig derfor ikke anderledes i tilfælde af en trækonstruktion til sammenligning med konventionelt byggeri med beton. Ved hårde overflader kan efterklangstiderne være lange og generende, og der kan i nogle tilfælde være behov for dæmpning af efterklangen. Dette gælder altså for alle bygninger uanset konstruktionsmaterialet.

Opfyldelse af lydkrav i trækonstruktioner

Der er to grundprincipper, som kan bruges til at dæmpe luft- og trinlyd i lette konstruktioner som trækonstruktioner:

1. Tilføje masse

Vægge og etageadskillelser kan tilføres masse, så lyden ikke kan sætte bygningsdelene i svingninger.

Det har vist sig, at særligt trinlyd er en udfordring for det lette byggeri (Artelia, 2023). Den mest anvendte metode til dæmpning af trinlyd er ved at tilføje masse til etageadskillelser, enten som passiv død vægt eller som en del af et komposit/hybriddæk. Ofte etableres massen således ved udstøbning af beton, der dog tilfører uønsket fugt til bygningen. Alternativt hertil er tørre metoder/materialer, såsom granulat, fliser og tunge pladematerialer. For alle tunge materialer er udfordringen, hvordan de transporteres ind/op i bygningen, hvordan de håndteres i byggefasen, og hvordan de udtørres (i tilfælde af våde systemer).

Opbygning af visse kompositkonstruktioner (eks. beton/letbeton, træ/beton) har også vist sig at have en forbedret akustisk dæmpning.

2. Adskille konstruktionsdele

Adskille konstruktionsdele, f.eks. lejlighedsskel med dobbeltvægge, adskillelse af gulvopbygningsslag med trinlyddæpende lag o. lign.

Præfabrikerede boksmoduler eller fladelementer har generelt ikke de store problemer med at leve op til kravene. Når der indgår vandrette lejlighedsskel – som ofte anvendes i boksmoduler, hvor der er dobbeltlag – reduceres lydtransmissionen mellem boligerne betragteligt.

I visse tilfælde kan løsningerne i pkt. 1 og 2 kombineres, men for lette vægge er adskillelse af konstruktionerne mellem enheder næsten uundgåeligt, og der skal bygges et dobbelt

lejlighedsskel. Dette udfordrer bygningernes statiske systemer, da kraftoverførslen kompliceres, og der kan forventes et øget behov for konstruktive elementer.

Metoder til beregning af lysisolation

Der findes internationalt standardiserede metoder, EN ISO 12354, til beregning af luft- og trinlydsisolation mellem rum, som benyttes til betonbyggeri. Disse metoder er ikke velegnede til træbyggeri, fordi der mangler data for træ, der kan bruges som inputdata. Der er igangværende forskningsprojekter i lande som Norge og Østrig, hvor standarden anvendes til CLT-konstruktioner, hvilket indikerer, at der arbejdes på at gøre den anvendelig for denne type konstruktion. Dette arbejde foregår igennem praktiske forsøg, så der kan fremskaffes bedre inputdata til beregningerne.

I Norge og Sverige er der gennem de senere år gennemført store projekter med feltnmålinger og undersøgelser af beboertilfredshed i tunge og lette boligbebyggelser, hvilket har givet både rådgivere og udførende god erfaring på området. Det er bl.a. erfaret, hvor vigtigt/nødvendigt det er med en detaljeret projektering, årvågenhed og kontrol i byggeprocessen. De erfarer også, at der generelt er brug for vidensopbygning, flere undersøgelser og god kvalitetssikring i byggeprocessen.

Der findes ikke tilsvarende større undersøgelser af lydforholdene i Danmark, da der er meget få etageboligbyggerier i træ. Det vil derfor på nuværende tidspunkt ikke være muligt at udarbejde generiske løsninger i Danmark baseret på danske erfaringer. Der er dog de seneste år opført flere etagebyggerier i træ i Danmark og flere er undervejs, som det er vigtigt at få opsamlet erfaringer fra gennem praktiske målinger af akustik og lydforhold. (Rasmussen & Munch-Andersen, 2023)

På europæisk plan er akustiske krav og opfyldelse af disse forskellige (målemetoder og definition af værdier), hvorfor man desværre ikke direkte kan overføre erfaringer mellem nabolande. Akustiske egenskaber afhænger både af den direkte opbygning (lagopbygning, adskillelse, samlingsdetalje, m.m.) og af dimensioner af rum, spændvidde m.m. Dette betyder, at samme opbygning kan præstere forskelligt, afhængig af hvilken sammensætning denne indgår i, og det er vanskeligt at simulere den præcise lyd-isoleringsværdi uden praktiske målinger.

Laboratorieforsøg

Artelia (2023) har undersøgt forskellige typer etagedæk, primært bestående af træ, med henblik på bl.a. at evaluere deres akustiske egenskaber. Der blev udført akustiske tests på 23 etagedæk i laboratorie for at undersøge, hvorledes de kan opfylde kravene til lydisolering, herunder trinlyd og luftlyd. Resultaterne viste, at etagedæk i træ, med korrekt design, kan opfylde lydkravene, hvormed de kan anvendes uden at gå på kompromis med akustisk komfort.

I undersøgelsen (Artelia, 2023) diskuteres det, hvordan laboratoriemålinger kan afvige fra målinger i et reelt byggeri. Laboratoriemålinger af etagedæk udføres typisk under kontrollerede forhold, hvor flanke-transmission stort set elimineres. I et reelt byggeri kan der imidlertid være yderligere transmissionsveje, som ikke er til stede i laboratoriet. Derfor anbefales det normalt at tillægge laboratorieværdier en margin på 3-5 dB for at tage højde for disse usikkerheder, som kan opstå, når etagedækket indbygges i en faktisk bygning.

4.2.2. Erfaringer fra byggeprojekter og aktører

Mange af de samme løsninger går igen i de tre projekter, bl.a. tilføjelse af masse til etageadskillelser og dobbeltvægge i lejlighedsskel.

Lisbjerg Bakke og Skademosen har begge indgået i en brugerundersøgelse lavet i forbindelse med Horizon 2020 EU-projektet Build-in-Wood, som bl.a. undersøgte lydmålinger fra byggerierne samt brugernes oplevelse af lydforholdene (Teknologisk Institut, Alexandra Institut, 2023). Erfaringerne fremgår af de respektive afsnit herunder.

Lisbjerg bakke

På Lisbjerg Bakke tilførte man masse til etageadskillelsen ved at udlægge et 9 cm hurtigtørrende betonlag ovenpå CLT-elementet, som også stabiliserer konstruktionen. Trinlyden er minimeret ved at bruge semitunge etagedæk. Vandret flangetransmission minimeres ligeledes i semitunge etagedæk, og direkte vandret lydtransmission brydes af dobbeltvægge i lejlighedsskel. Der er anvendt beton til trappe- og elevatorkerner for at opfylde lydkrav.

Umiddelbart efter færdiggørelsen af byggeriet, blev der foretaget målinger af luft- og trinlydisoleringen samt efterklangstid og støj fra tekniske installationer. De akustiske målinger viste gode resultater (generelt klasse A and B).

Build-in-Wood brugerundersøgelsen viste, at brugernes oplevelse af lydforholdene generelt var, at selvom der kan høres støj fra naboerne, så blev det ikke betragtet som usædvanligt eller særligt forstyrrende. Flere beboere hører deres naboer, når børn græder, eller når der spilles høj musik, men det anses ikke for at have noget med træbyggeri at gøre, men at være en del af det at bo i en lejlighedsbygning.

Det blev nævnt, at mange forskellige planløsninger i lejlighederne kunne påvirke lyden, da rums fordeling og placering ikke var ens i de forskellige bygninger. Det kan føre til at lyde fra naboer særligt bevæger sig gennem bygningens strukturelle elementer i vertikal retning.

De største lydmæssige gener kommer fra pumpeanlægget til forsyning af sprinkleranlægget under den regelmæssige afprøvning. Det blev desuden nævnt, at den metal-drypnæseprofil, der løber i facaden langs etageadskillelserne, genererer en høj lyd, når regn eller hagl falder på den.

I bilag 1 findes flere detaljer omkring udførelse af de enkelte konstruktionsdele ift. at opnå lydklasse C.

Skademosen

Ifølge bygningsdokumentationen er den akustiske ydeevne designet til at opfylde lydklasse C iht. DS 490 for lydklassificering af beboelsesejendomme og supplerende vejledning fra SBI-anvisning 258. En måling af luftlydisolationen mellem to sideliggende lejligheder fik en vægtet værdi på R'_w 57 dB, hvilket opfylder grænseværdien for klasse C.

Lodret lydtransmission er minimeret ved at bruge semitunge etagedæk bestående af svømmende gulv med to lag gips på hård isolering og in-situ støbt beton ovenpå CLT. Vandret flangetransmission

minimeres ligeledes i semitunge etagedæk og direkte vandret lydtransmission brydes af dobbeltvægge i lejlighedsskel, ligesom i Lisbjerg bakke.

Beboernes oplevelse af lydforholdene i Skademosen viser, at de er delte i deres evaluering af den akustiske ydeevne i Skademosen. Mere end halvdelen af de adspurgte beboere er tilfredse eller meget tilfredse med akustikken, men samtidig er næsten halvdelen meget utilfredse. To beboere pegede på ventilationssystemet som årsagen til støjgener. Nogle beboere oplevede, at de kunne høre deres naboer, når de talte i telefon, løb på trapperne eller spillede høj musik.

Derudover blev det bemærket, at træet i bygningen havde en indflydelse på akustikken, da det gav en god og blødere lydoplevelse i rummene. Generelt var de fleste beboerne ikke forstyrrede af akustikken og anså det for at være en del af at bo i et træhus.

I Skousbo og Toppen er både etagedæk og vægkonstruktion opbygget ens med Skademosen.

Knudrisrækkerne

Trinlyd og flanketransmission er minimeret ved brug af semitunge etagedæk med CLT og direkte vandret lydtransmission brydes af dobbeltvægge i lejlighedsskel. Der er anvendt beton for at opfylde lydkrav til trappe- og elevatorkerner. De anvendte løsninger bygger på tidligere erfaringer hos aktørerne. Efterfølgende lydmålinger har vist, at de er op til 10dB bedre end lydkravene.

Andre projekter

På Kobberhuset, berettes om fortsatsvægge mellem lejlighedsskel og ud til fællesarealer, med gummiliste mellem fortsatsvæg og den bærende væg til at mindske vibrationer og opretholde akustikkkravet. Mellem CLT-elementer er der monteret Xylofon-bånd ved lejligheds- og etageskel. Lydprøver på trin- og luftlydisolation blev udført efter færdiggørelse af projektet for at sikre opretholdelse af BR18 krav. I TRÆ er trin- og luftlyd håndteret ved etablering af nedhængte lofter kombineret med gulvopbygningen.

4.2.3. Konkrete indsatser

Erfaringsopsamlingen viser, at det er muligt at få tilstrækkelige lydforhold i træbyggeri i henhold til kravene, men det kræver ekstra tiltag i forhold til opbygning af konstruktionen, hvilket gør det ekstra omfattende og omkostningstungt sammenlignet med konventionelt byggeri i beton. At sikre lydforholdene i lette konstruktioner er ofte forbundet med at tilføje tungere materialer (sten, beton, fliser mm.) eller som i boksmodul-byggeri at have "dobbeltvægge" eller etageadskillelser. For at videreudvikle og forbedre disse løsninger, specificeres her tre indsatsområder med løsningsforslag.

- **Udvikling af nye og forbedrede akustiske løsninger for trækonstruktioner**

Der er behov for generiske løsninger, der kan reducere omkostningerne til at opnå acceptable lydforhold. Dette kan gøres ved:

- mock-ups til demonstration og verificering af (generiske) akustiske løsninger, hvor der er fuld fokus på rigtige, bygbare og økonomiske løsninger i virkelighedsnært byggeri, også under betragtning af LCA, dvs. der skal tages højde for klimapåvirkningen af de enkelte løsninger. Der udvikles og dokumenteres dermed "tørre" løsninger med gode lydforhold og løsninger med forbedret rumakustik/efterklangstid i træbyggeriet.

- udvikling af måleprogrammer, hvor der udføres akustiske målinger over byggeperiodens forskellige faser, så det kan afdækkes, om der er sammenhæng mellem tidlige målinger (screeninger (positive/negative)) og endeligt resultat, så man muligvis allerede tidligt aktivt kan foretage korrigerende handlinger. Der skabes aftaler med (helst forskelligartede) projekter, hvor opbygninger måles på forskellige stadier, evt. parallelt med laboratoriemålinger af samme opbygninger, så der etableres datasæt af in-situ vs. lab og udvikling hen over projektet.
 - Forbedret grundlag for projektering af lydforhold i træbygninger igennem undersøgelser for optimering af inputdata til beregninger. Hvis forskellen i laboratorie- og praktiske forsøg kan kvantificeres, kan laboratorieforsøg måske give et bedre udgangspunkt for inputdata end i dag. Erfaringen skal deles og formidles i forhold til projektering af praksisnære lydtekniske løsninger for træbyggeriet.
- **Erfaringsdeling**

Der er brug for at dele erfaringer fra konkrete byggerier og andre lande for at opbygge viden. Dette kan gøres gennem:

 - en eksempelsamling, der viser hvordan akustiske krav kan løses i Danmark i form af en "best practice guide", som opfylder Bygningsreglementets krav. Her tænkes særligt på robuste, praksisnære komponenter, opbygninger og samlingsdetaljer, hvori der også er taget højde for løsningernes klimapåvirkning. Der skal inkluderes en oversigt over lydmålinger fra eksisterende byggerier samt tilhørende evaluering af brugeroplevelser fra udvalgte byggerier.
 - en oversigt over de akustiske krav i Europa, så status for Danmark kan sammenlignes med nabolandene, herunder værktøjer til at konvertere målinger og krav i andre lande til danske forhold.
 - et erfaringsforum for interessenter indenfor træ og lyd (som f.eks. Build-in-Wood Community). I dette forum skal der organiseres målrettede aktiviteter på lydområdet i Dansk Netværk for træbyggeri men også på tværs af landegrænser i Acoustic Performance group på Build-in-Wood Community.
 - **Harmonisering af akustiske krav i Europa**

For at de europæiske lande lettere kan hjælpe hinanden med at løse udfordringer, er der behov for harmonisering af akustiske krav for definering, måling og analyse i hele EU, svarende til de ensartede krav i Eurocodes, med plads til nationale tilpassede krav (nationalt Annex). Der skal laves en opsamling og fortolkning af krav og metoder for verifikation og udarbejdes omregningsmetoder.

4.3. Fugt

Danmark har et tempereret kystklima, der er præget af relativt høj luftfugtighed det meste af året. Træ er et organisk materiale som absorberer og afgiver fugt når den relative luftfugtighed ændrer sig. Fugt øger risikoen for skader som råd og skimmel. Desuden medfører fugtændringerne i træ dimensionsændringer, som kan give forskellige problemer i træbyggeri (mekaniske egenskaber ændres, tolerancer, tæthed mm.). Direkte vandpåvirkning kan også skade træ særlig hvis vandpåvirkningen er vedvarende. Der falder ca. 750 mm regn pr. år i Danmark. Regn kan gøre byggeprocessen med træ mere kompliceret sammenlignet med mindre fugtfølsomme materialer. Bl.a. er det nødvendigt at afdække træbaserede produkter under byggeriet, og mens de opbevares på byggepladsen. Men direkte vandpåvirkning kan også komme fra andre kilder f.eks. lækager i vandrør, indtrængende vand fra undergrunden mm. som øger risikoen for skader, hvis det ikke opdages i tide.

Selvom det danske klima kan være en udfordring, har træbyggeri potentiale til at være både bæredygtigt og holdbart i Danmark, hvis der tages de rigtige forholdsregler for at beskytte materialet mod fugtskader. Korrekt planlagt og håndteret kan træbyggeri have en meget lang levetid – også i Danmark. Det er ikke klimaet i sig selv, men måden vi bygger og håndterer fugt på, der er afgørende.

4.3.1. Krav til fugt og fugthåndtering

Kapitel 14 i Bygningsreglementet (BR18) beskriver kravene omhandlende fugt i byggeri. De specificerer bl.a., at bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så

- *vand og fugt ikke medfører risiko for bygningen eller personers sundhed,*
- *skadelig akkumulering af fugt som følge af fugttransport fra indeluften ikke opstår, og kuldebroer i klimaskærmen ikke medfører problemer med f.eks. kondensdannelse og skimmelvækst,*
- *konstruktioner og materialer ikke har et fugtindhold, der ved indflytning kan medføre risiko for vækst af skimmelsvamp, og*
- *der er tæthed mod indtrængen af regn og smeltevand.*

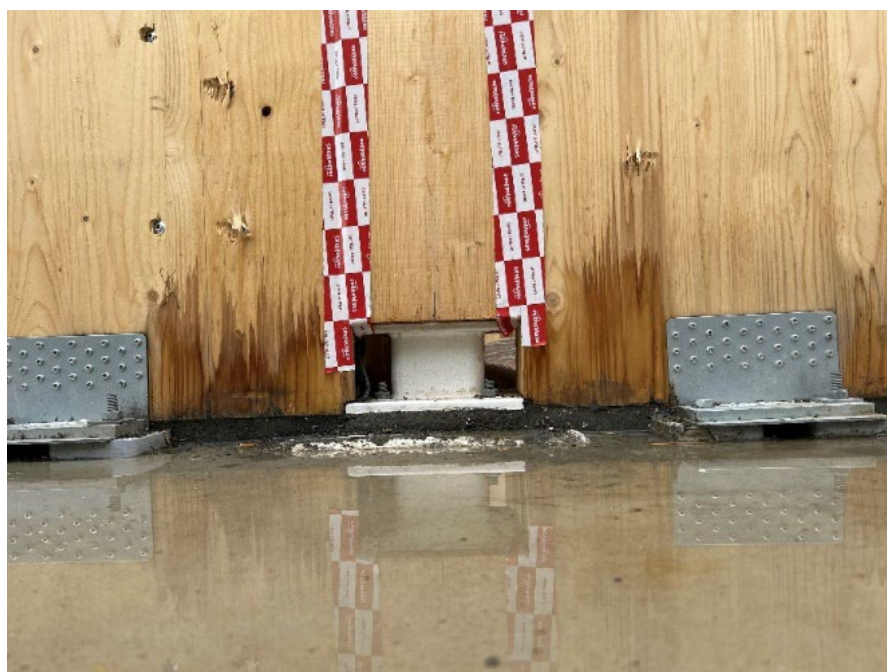
Et par af disse punkter er ikke direkte relateret til anvendelsen af træ i konstruktioner, men hvis der skulle opstå nogen af ovenstående problematikker, vil konsekvenserne ifm. at anvende et organisk byggemateriale potentielt være betydeligt større sammenlignet med uorganiske byggematerialer.

Ud over kravene, har BR18 en tilhørende vejledning om fugt. Den indeholder ingen punkter, der retter sig specifikt til træbyggeri, men er primært rettet mod driftsfasen af bygningens levetid. Der henvises i BR18 til "Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet" (SBI, 2010), der har fokus på håndtering af fugt i byggeperioden. Der er i bygningsreglementet ikke stillet konkrete krav til udarbejdelse af en fugtstrategi eller dokumentation af fugtindhold i byggevarer hverken ved levering eller undervejs i byggeprocessen.

Fugtrelaterede problemstillinger i træ

Skader som følge af utilsigtet fugt i byggeprocessen kan resultere i meget store omkostninger. Nedenstående liste viser typiske problemstillinger, der kan opstå, når træ eller trækomponenter udsættes for vand eller fugt (SBI, 2022) (Træinformation, 2010) (Standard Norge, 2016) (RDH, 2022) (FPInnovations, 2019):

1. **Biologisk nedbrydning (svamp)** i den færdige konstruktion i klimaskærmen eller i forbindelse med utætheder. Trænedbrydning kan forekomme under de rette betingelser, dvs. en kombination af for højt fugtindhold og temperatur.
2. **Skimmelvækst** kan være en mulig konsekvens af et højt fugtindhold og/eller relativ luftfugtighed på træoverfladen.
3. **Misfarvning** af træoverfladen som konsekvens af direkte vandpåvirkning.
4. **Dimensionsændringer** som følge af ændringer i træets fugtindhold.
5. **Revnedannelse**, vridning og krumning som følge af fugtgradienter kan udfordre tolerancerne og bygningens tæthed, herunder revner i endetræ ved uhensigtsmæssig opfugtning og delaminering i limfuger af limtræ ved udtørring.
6. **Træets styrke og stivhed forringes** ved forøget fugtindhold. Dette kan føre til fugtrelaterede deformationer, som ikke nødvendigvis er reversible.
7. **Korrosion** af beslag, søm og skruer, der kan beskadige samlingerne.
8. **Nedsat isoleringsevne** som følge af højere fugtindhold.
9. **Udvaskning af biocider** og/eller brandimprægneringsmidler ved udendørs eksponering. Usikkerhed om langtidsholdbarheden af nye træbeskyttelsesprodukter og -metoder.



Figur 2: Fugtskjolder/misfarvning på CLT fra stående vand på betonfundamentet.

Fugt er sandsynligvis den faktor, der kan medføre de mest betydelige konsekvenser i træbyggeri. Mens brand- og akustikproblematikker relaterer sig til udfordringer og større omkostninger forbundet med projektering og design, bliver fugt ofte overset som en disciplin, der kræver meget opmærksomhed for at sikre unødige omkostningerne i byggeprocessen og resten af bygningens levetid.

Udendørs anvendelse af træ

Når træ anvendes udendørs og dermed udsættes for vejrliget, opstår andre udfordringer forbundet med levetid og vedligehold. I de fleste større byggerier fravælges træfacader ofte på grund af vedligeholdelsesbehov og brandkrav, men i mindre byggerier op til 4 etager er det en mulighed.

I de seneste 20-30 år er mange træfacader i Danmark blevet opført uden trykimprægnering eller anden form for kemisk træbeskyttelse, da man i stedet har udnyttet træarternes naturlige holdbarhed. Dette har dog typisk visuelle konsekvenser og kan resultere i en kortere levetid, hvilket ikke altid er formidlet på forhånd og derfor kan føre til uoverensstemmelser mellem bygherre og arkitekt. Træet kan misfarves uensartet som følge af påvirkning af skimmel og UV-lys.

I de seneste år har ændringer i den europæiske biocidforordning resulteret i, at flere biocider, som tidligere blev anvendt i branchen, enten er blevet forbudt eller forventes at blive forbudt i den nærmeste fremtid. Dette har medført et øget fokus på at udvikle nye teknologier, såsom modificeret træ og nye biocidbaserede produkter, som anses for mindre toksiske for det omgivende miljø. De nye teknologier er stadig omkostningstunge og kan delvist ændre træets egenskaber, såsom øget syreindhold som gør det mere korrosivt, ændret farve og øget vægt. Det er vigtigt, at der udvikles nye teknologier, der kan leve op til disse krav (Regulation (EU), 2012).

Fakta

Træbeskyttelse i form af biocidholdige produkter skal overholde Biocidforordningen (BPR), som er en EU-forordning, der sætter grænser for de miljømæssige påvirkninger, samt at produkterne samtidigt beskytter træet effektivt mod biologisk nedbrydning (svampe) eller skimmelsvamp.

Træfacader er mere udbredt i andre lande som Norge, Sverige og Østrig, også i højere byggerier. I disse tilfælde stilles der krav til forbedrede brandegenskaber i træbeklædningen og beskyttelse mod biologisk nedbrydning. Overfladebehandling kan således være relevant for at undgå biologisk nedbrydning af træet f.eks. ved at beskytte mod udvaskning af de biocidholdige produkter. Det kan også være nødvendigt i tilfælde af at beklædningen er beskyttet mod brand ved kemiske metoder at overfladebehandle træ for at undgå udvaskning af brandbeskyttelsesmidlet. Dette kræver dog omhyggelig vedligeholdelse for at sikre en lang levetid af behandlingen. Konstruktiv træbeskyttelse er naturligvis også en mulighed, hvor træet beskyttes med tagudhæng og lignende tiltag.

Erfaringer og udfordringer med håndtering af fugt

Fugthåndtering skal tænkes ind i alle faser af et byggeprojekt, fra design til drift. I praksis har de fleste større træbyggerier haft udfordringer relateret til fugt. Det er afgørende at håndtere disse udfordringer tidligt for at undgå omkostningstunge skader og forsinkelser.

Håndtering af fugt under design

For at undgå problemer med fugt i byggefasen men også i resten af bygningens levetid, er det vigtigt, at der designes robuste løsninger og risikoen for opfugtning i byggeprocessen nedsættes. For at sikre lang levetid af facadebeklædning er konstruktiv træbeskyttelse essentielt. Vejreksponerede konstruktioner ses også f.eks. limtræsbjælker. Det er ofte en meget udfordrende konstruktion, som kræver særlig opmærksomhed i form af afdækning og anden form for beskyttelse. Der skal også sikres tæthed ift. vand i samlingsdetaljer og effektiv bortledning af vand fra konstruktionen generelt.

Udover hensigtsmæssige designløsninger, er det også i takt med designet og valg af byggesystem, at behovet for inddækning og fugthåndtering fastlægges. Valget af byggesystem og konstruktion i designfasen har afgørende betydning for nødvendige tiltag ift. fugthåndtering, eftersom forskellige byggesystemer i træ varierer i graden af præfabrikering (RDH, 2022). Søjle-/bjælkesystemer og CLT-vægge får

monteret klimaskærm og lukkes på byggepladsen, mens fuldt præfabrikerede boksmoduler bygges under kontrollerede forhold på fabrik, leveres lukkede og derfor bare skal "sættes sammen" på byggeplads. Jo mere præfabrikation, jo mere arbejde udføres under kontrollerede vejrbeskyttede forhold. Jo mindre præfabrikation, jo mere arbejde udføres in-situ, hvilket øger eksponeringen for vejrpåvirkninger og dermed risikoen for fugtskader. En fordel ved dette er, at konstruktionen er synlig under byggeprocessen, hvilket muliggør hurtig opdagelse af skader og effektiv tørring.

Fugtindtrængning under byggefasen i lukkede konstruktioner kan resultere i kostbare skader, som kan være vanskelige at udbedre. Præfabrikerede træelementer med gipsplader og isolering er særligt udsatte, da gips ikke tåler fugt.

I takt med valg af byggesystem, er det dermed vigtigt, at der allerede her tages stilling til logistik og opbevaring af materialer, hvordan byggeri og/eller byggevarer skal afdækkes på pladsen o.lign.. Hvis der ønskes installation af fugtsensorer og/eller lækagedetektion i konstruktionen eller i fugtfølsomme områder, er det også vigtigt, at der tages stilling til dette, før byggeri og/eller elementproduktion opstarter.

De nævnte punkter er alle sammen vigtige elementer i en plan for håndtering af fugt, som skal udarbejdes allerede under designfasen og i et samarbejde med de udførende.

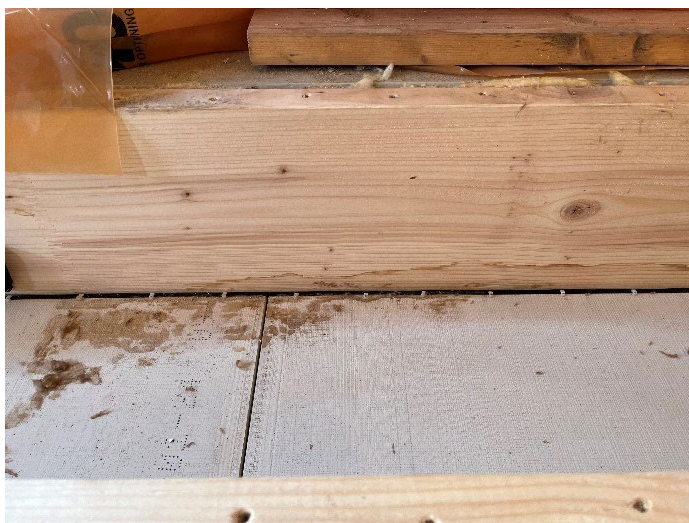
Håndtering af fugt i byggeprocessen

Det er vigtigt, at træprodukters fugtindhold overvåges nøje fra levering til færdig konstruktion. De skal leveres med et specifikt fugtindhold svarende til den forventede anvendelse, så det er vigtigt, at fugtindholdet kontrolleres som det første ved modtagelse på byggepladsen. Det er også vigtigt, at der er en plan for at kontrollere fugtindholdet løbende efter modtagelse, så der kan reageres, hvis træet op-fugtes til et kritisk niveau (18% eller derover øger risikoen for råd og svamp). Risikoen for skimmelsvamp optræder allerede ved fugtindhold i overfladen på ca. 16% svarende til en relative luftfugtighed på ca. 75%. Hvis højt fugtindhold opstår – eller andre uforudsete hændelser, der kan udgøre en fugtrisiko i byggeriet, er det vigtigt at have en klar plan for, hvordan situationen skal håndteres - f.eks. hvordan træ og andre fugtfølsomme materialer kan udtørres til et acceptabelt niveau, før de inddækkes.



Figur 3: Åben trækonstruktion uden overdækning eller presenninger.

Manglende erfaring hos udførende kan føre til forkert opbevaring og håndtering af materialer og utilstrækkelig udbedring af skader. Mens råhuse i betonbyggeri typisk ikke afdækkes, kan denne praksis være uegnet til træbaseret byggeri, hvor det kan medføre betydelige skader. Byggematerialer i træ opbevaret på byggepladsen skal generelt overdækkes for at undgå fugt, og der skal sikres god ventilation og afstand til terræn. Det gælder også for andre fugtfølsomme materialer så som gips, isolering mm. Trækassetter/-elementer med isolering, vindspærre, gips osv. skal være helt beskyttede for at forhindre vand i at trænge ind i elementerne.



Figur 4: Fugtskade i et kassettedæk, hvor vandet kunne løbe ubemærket ind under byggeprocessen.

Overgangen til mere træ i byggeriet kræver opkvalificering af særligt de udførende, som ofte er mere vant til at håndtere beton, stål og murværk, for at undgå ovenstående problematikker.

Håndtering af fugt under drift og vedligehold

Efter bygningen er færdig og taget i brug, kan det anbefales, at der løbende udføres kontrol af trækonstruktionerne og træelementer og konstruktioner besigtiges for at forhindre kritiske fugtskader. Installation af fugtsensorer og/eller lækagedetektion i fugtkritiske områder kan hjælpe til at foregribe eventuelle fugtskader i det færdige byggeri.

Alt i alt er det vigtigt, at der i træbyggeri tages højde for fugt i alle byggeriets faser. Den nuværende regulering vedrørende fugthåndtering er utilstrækkelig for træbyggeri og mangler specifikke krav til fugthåndtering og dokumentation. Eksisterende vejledninger er ofte generelle og mangler en dybere detaljeringsgrad, så de bliver mere anvendelige i praktiske situationer. Selvom der findes megen viden om fugt og træbyggeri, herunder alment teknisk fælleseje (ATF), producentvejledninger og videnskabelig litteratur, savnes der omfattende vejledninger, der dækker hele processen fra design til drift. Afgørende beslutninger om materialer, konstruktionsopbygning og byggeproces træffes under design, så det er vigtigt, vejledningerne fokuserer på integration af planen for håndtering af fugt allerede her.

Udarbejdelse af plan for håndtering af fugt

"Vis vand væk, fordi vand volder vanskeligheder" er et gammelt byggeudtryk, der stadig er aktuelt. Fugt har altid været en udfordring i byggeri, men først efter den øgede interesse for træbyggeri er der kommet øget fokus på udarbejdelse af fugtstrategier. I nogle af de større træbyggerier i Danmark (som Mar-mormolen og Wood Hub) stiller byggeherre nu krav til en plan for håndtering af fugt i byggeperioden. Tidligere var dette primært entreprenørens ansvar, hvilket ofte medførte dyre erfaringer. I Sverige er det lovpligtigt at have en fugtsagkyndig tilknyttet byggeprojekter. En lignende praksis burde overvejes i Danmark.

Centrale elementer i en plan for håndtering af fugt

En detaljeret plan for håndtering af fugt er afgørende for at sikre kvalitet og holdbarhed i træbyggeri. Planen skal dække alle faser, fra projektering til drift og vedligehold, og som minimum indeholde nedenstående elementer. For detaljeret vejledning om udarbejdelse og implementering af en detaljeret plan for håndtering af fugt i praksis henvises til guiden *Moisture Management for Timber Construction - A practical guide* (Teknologisk Institut, 2025). Denne guide indeholder tjeklister, eksempler, risikoklassifikation samt instruks i målemetoder og ansvar.

1. Bygge- og fugtstrategi (Konstruktionsprincip, byggetakt og beskyttelsestiltag)

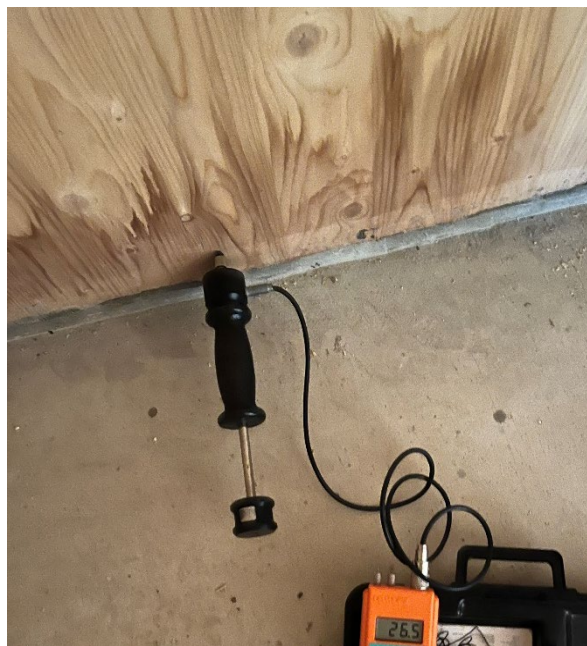
Konstruktionsprincippet er afgørende for fugtrisikoen i byggeprocessen og definerer den optimale byggetakt. I træbyggeri er en lodret (vertikal) byggetakt ofte fordelagtig, hvor mindre sektioner opføres i højden for hurtig lukning mod vejrliget. Dette adskiller sig fra traditionelt betonbyggeri med horisontal byggetakt.

For at beskytte byggekomponenterne under opførelsen kan interimsafdækning eller specialiserede systemer til element-afdækning implementeres. Disse beskyttelsesmetoder er essentielle for at minimere fugteksponering under byggeprocessen.

Valget af konstruktionsprincip og beskyttelsesmetoder bør nøje overvejes i planlægningsfasen, da det direkte påvirker byggeriets fugtrobusthed og effektiviteten af fugthåndteringen gennem hele projektet.

2. Risikoanalyse

En grundig risikoanalyse af konstruktioner og elementer er essentiel for at vurdere fugtfølsomhed og risici for utilsigtet opfugtning af byggematerialer, og dermed behovet for beskyttelse. Denne analyse bør forudse potentielle problemer og udvikle proaktive strategier, særligt med henblik på logistiske udfordringer som forsinkede "just-in-time" leverancer. Et robust beredskab med alternative planer er afgørende for at håndtere uventede situationer og minimere risikoen for fugtrelaterede skader. Udfordringer i træbyggeri ligger ofte i detaljerne, hvor små oversete ting kan udvikle sig til store problemer med betydelige omkostninger. Det er derfor afgørende at stille kritiske spørgsmål i en plan for håndtering af fugt for at forsøge at forudsige potentielle fejl og deres konsekvenser.



Figur 5: Fugtmålinger er en vigtig del af en fugtstrategi.

3. Kontrolplan

Denne inkluderer løbende kontrol og måling af fugtindhold i træprodukter. Den medvirker til at sikre, at bygningen ikke færdigpæres, før konstruktionerne er tilstrækkeligt tørre (under 16%), som dokumentation over for bygherre.

4. Beredskabsplan

Et beredskab og en aktionsplan, der kan håndtere uforudsete hændelser, og hvor der er en klar beslutningsstruktur (organisering) og udpegning af en eller flere ansvarlige.

5. Vedligeholdelsesplan

Vedligeholdelsesplanen sikrer, at den nødvendige kontrol af den færdige bygning foretages løbende, samt at der lægges en plan for udbedring i tilfælde af fugtlækager mm., så det sikres, at byggeriets levetid optimeres.

6. Roller og ansvar

Eftersom mange forskellige aktører er involveret i hele byggeprojektet, skifter ansvaret for håndtering af produkter og materialer hænder flere gange undervejs. Det er derfor afgørende med en klar ansvarsfordeling og kommunikation mellem alle involverede parter for at sikre en effektiv fugthåndtering i hele processen.

4.3.2. Erfaringer fra byggeprojekter og aktører

I de udvalgte byggerier har der været forskellige fugtstrategier, nærmere beskrevet i nedenstående afsnit. Det er kun i Lisbjerg Bakke, at der har været udarbejdet en plan for håndtering af fugt på foranledning af bygherre. I de øvrige to byggerier har der ikke været udarbejdet en formel plan, men der har været en plan fra entreprenørerne for, hvordan fugt i byggeprocessen skulle håndteres. I ingen af byggerierne har fugtstrategien været i fokus under design, selvom det allerede er her, de tekniske løsninger vælges, og kravene til fugtbeskyttelsen fastlægges. Ofte er det entreprenøren, der har ansvaret for fugt og vand i byggeprocessen, og der bliver ikke nødvendigvis nedfældet en samlet plan for håndtering af fugt for byggeriet.



Figur 6. Vandmærker på CLT. Del af en komplet fugtstrategi er også en aktionsplan for uventede hændelse som denne.

Lisbjerg Bakke

I Lisbjerg Bakke blev planen for håndtering af fugt udviklet på foranledning af bygherren, baseret på en anbefaling fra Byggeskedefonden. I strategien var der særlig fokus på logistik af materialer for at sikre just-in-time levering og mindst mulig opbevaring på byggepladsen. Under byggefasen blev fugt håndteret ved hjælp af interimsoverdækning.

Konstruktiv træbeskyttelse blev integreret som en del af byggeriets arkitektoniske formsprog, med store tagudhæng og vandnæser for at beskytte den ubehandlede facadebeklædning i rødgran. Træet kan misfarves uensartet som følge af påvirkning af skimmel og UV-lys, hvilket var et bevidst valg truffet og accepteret af bygherre.

Beklædningsbrædderne er designet til nem udskiftning, hvis de viser tegn på nedbrydning. Ifølge rådgiveren forventes brædderne at have en levetid på 20 år på udsatte steder, mens de andre steder er forventet at holde i op til 30 år.

I bilag 4 findes den anvendte plan for håndtering af fugt i byggeprocessen fra Lisbjerg Bakke.

Skadesmosen

Entreprenøren udviklede en plan for håndtering af fugt under byggeprocessen i Skadesmosen, Skousbo og Toppen. Her blev konstruktiv træbeskyttelse anvendt som en del af det arkitektoniske udtryk, med store tagudhæng, stor afstand til terræn, adskilte facader og offerbrædder. Byggeriet blev opført lodret med én lejlighed ad gangen, hvilket gjorde det muligt at opnå tæt overdækning relativt hurtigt undervejs i byggeprocessen. Efter endt arbejdsdag blev der anvendt interimsafdækning i form af afdækningselementer på råhuset.

Det var afgørende at beskytte bunden af CLT-elementerne mod fugt af hensyn til gipsplademontagen frem til facademontagen. Afdækning på overside af false-elementer var også vigtig. CLT er mindre fugtfølsom for let overfladefugt end kassetteelementer. Erfaring fra Skademosen har resulteret i anbefaling fra bygherre om at anvende totaloverdækning i stedet for interimsafdækning.

I Skousbo og Toppen berettes om samme erfaring som ovenstående.

I bilag 4 findes den anvendte plan for håndtering af fugt fra Toppen. Skademosen og Skousbo havde lignende strategier.

Knudrisrækkerne

Planen for håndtering af fugt i Knudrisrækkerne blev udarbejdet af entreprenøren for at beskytte byggeriet under opførelsen. Bygningen er designet uden konstruktiv træbeskyttelse, og træbeklædningen er monteret med kort afstand til terræn og uden udhæng. Det er ikke optimalt i forhold til den forventede levetid af beklædningen ved terræn.

Selvom interimsafdækning var planlagt for at beskytte mod vand, blev montererækkefølgen ændret, hvilket gjorde afdækning vanskelig. Dette førte til, at dele af byggeriet blev udsat for vand, hvilket nødvendiggjorde udskiftning af nogle gipsplader. Som en del af planen blev der løbende udført fugtmålinger, især i de opfugtede områder, og der blev efterfølgende kontrolleret for skimmelvækst.

I bilag 4 findes den anvendte plan for håndtering af fugt fra Knudrisrækkerne.

Andre projekter

På Kobberhuset berettes om løbende fugtprøver for at overvåge og håndtere fugt.

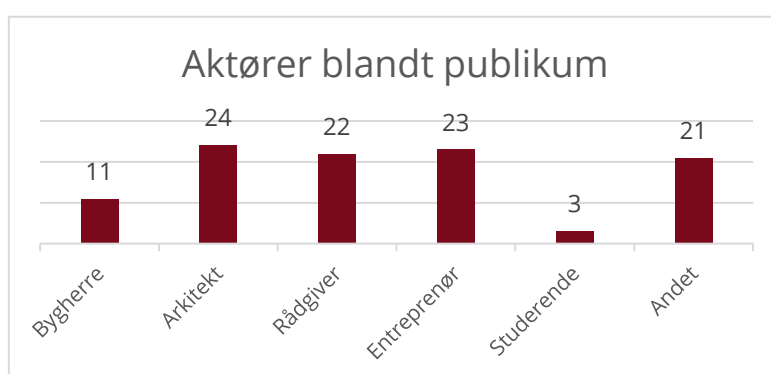
I TRÆ var der lavet en fugtstrategi baseret på levering af dæk med beskyttende folie og lukning af facader med interimslukninger. Just-in-Time leverancer skulle minimere oplagring på pladsen. I tilfælde af oplagring på pladsen skulle træ afdækkes. Der var også fokus på at sikre tilstrækkelig tid til udtørring før lukning.

For de to store byggerier Marmormolen (28.000 m²) og Woodhub (31.000 m²), som begge består af søjler-bjælker i limtræ og stålbjælker samt dæk i CLT, var strategien at opnå et tæt dæk så hurtigt som muligt efter montage og anvende interimsafdækninger af facaderne undervejs. I praksis har det været

udfordrende at opnå hurtig afdækning, og der er opstået forskellige problemer undervejs. Her har det været vigtigt, at der har været et beredskab og en klar organisering af ansvaret i forhold til implementering af planen for håndtering af fugt, så der har kunnet træffes beslutninger hurtigt. I begge byggerier var der stort fokus på planen, og bygherren stillede krav til både udarbejdelse og implementering af denne.

Undersøgelse af branchens erfaringer med træbyggeri, fugt og fugtstrategi

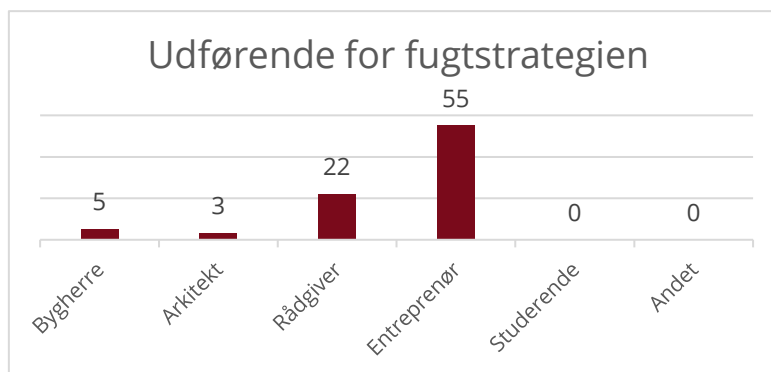
På "Build in Wood"-konferencen, afholdt i maj 2024 i København, blev deltagerne spurgt (via et online-værktøj) om deres erfaringer med træbyggeri, med særligt fokus på håndtering af fugt. Undersøgelsen blev afholdt på et konferencespørsmål omhandlende fugtstrategier i træbyggeri, modereret af Niels Morsing fra Teknologisk Institut. Cirka 110 personer deltog i spørgeundersøgelsen, og de fordelte sig som vist på Figur 7. "Andet"-kategorien repræsenterer i høj grad producenter.



Figur 7: Fordeling af aktører tilstede blandt publikum, i absolutte tal.

Der blev stillet spørgsmål som, *hvor mange der havde været eller er involveret i træbyggeri?* Ca. 82% svarede 'ja' (90 ud af 108), hvilket indikerer en positiv udvikling sammenlignet med svar fra tidligere år, hvor mange ikke havde erfaring med træbyggeri.

Et andet spørgsmål, *om der var udarbejdet en egentlig fugtstrategi på projekterne?* svarede ca. 62% 'ja' til (63 ud af 101). Selvom der er et stykke vej til 100%, så er det alligevel positivt, at der er øget fokus på området. Hovedparten af fugtstrategierne var udarbejdet af entreprenøren, dernæst rådgiverne, mens kun få arkitekter og bygherrer havde været udførende for fugtstrategien (Figur 8).



Figur 8: Fordeling over hvem, der havde udført fugtstrategien, i absolutte tal.

Et af de centrale budskaber fra indlægsholderne og den efterfølgende debat på konferencen var, at fugtstrategien bør tænkes ind meget tidligt, og at mange af de valg, som arkitekten træffer, har indflydelse på eventuelle problemer med fugt i bygningen. Det blev fremhævet af blandt andre Kristian Fuglsang Strøm, bygherre fra Bygningsstyrelsen; Signe Riisom, udførende fra NCC; Niels Morsing, bygherre for Build-in-Wood Demonstrator på Teknologisk Institut; og Jakob Kock, udførende fra Adserballe & Knudsen. Det blev betragtet som positivt, at flere bygherrer nu fokuserer på, at det er vigtigt med udarbejdelsen af en grundig fugtstrategi, da de står med problemerne, hvis noget går galt undervejs. Cirka 65% af deltagerne havde oplevet problemer med fugt i de konkrete byggerier, de havde været involveret i.

4.3.3. Konkrete indsatser

Erfaring i branchen understreger vigtigheden af at have en god fugtstrategi for træbyggeri, der sikrer ordentlig håndtering af træ- og andre biobaserede materialer for at undgå bl.a. potentielle omkostningsfulde reparationer, forsinkelser i byggeprocessen og sikre kvaliteten af byggeriet.

Der er identificeret følgende konkrete indsatser:

- **Vejledninger til udarbejdelse af fugtstrategier**
 - Der er behov for detaljerede fugtvejledninger til udarbejdelse af fugtstrategier, som dækker hele byggeprocessen fra design til drift, målrettet mod aktører som arkitekter, rådgivere, entreprenører og bygherrer. Disse vejledninger bør indeholde eksempelsamlinger med konkrete konstruktionsløsninger, der effektivt håndterer fugt, samt praktiske eksempler på konsekvenser ved forkert/uhensigtsmæssig håndtering af fugt. Eksempler på "Best practice fugtstrategier" og instruktioner til fugtberedskab i byggeperioden med en tydelig ansvarsfordeling kan medvirke til bedre udførelse af effektive fugtstrategier, der dækker alle aspekter fra design til den færdige bygning.
 - Tidlig integration af plan for håndtering af fugt i design- og planlægningsfaserne er afgørende og bør være en del af de overordnede projektplaner. Det er nødvendigt med en grundig risikoanalyse for at identificere potentielle fugtkilder og kritiske områder. Proaktive strategier til håndtering af disse udfordringer, som inkluderer brug af konstruktiv træbeskyttelse og valg af byggesystem med høj præfabrikationsgrad, kan minimere fugtrisici.
 - Studier af eksisterende systemer til overvågning og måling af fugtindhold, såsom fugtsensorer, er nødvendige for at vurdere deres effektivitet. Der er behov for udvikling af avancerede overvågningssystemer til fugt, som kan anvendes både i byggefasen og under drift af den færdige bygning. Dette inkluderer metoder til lækagedetektion og fugt-overvågning af byggekomponenter. De kan anvendes fra produktion til den færdige bygning er i drift. Der savnes vejledning i, hvordan disse anvendes mest hensigtsmæssigt. Udvikling af omfattende vejledning for brug af disse systemer kan sikre, at de integreres effektivt i den overordnede fugtstrategi.
 - Gennemførelse af studier og evalueringer kan hjælpe med at forstå effekten af eksisterende løsninger til af- og overdækning af konstruktioner, samlinger, flader osv. i byggeprocessen, samt udarbejdelse af retningslinjer for deres bedste anvendelse. En

undersøgelse af effekten af disse til at tydeliggøre, hvornår man skal bruge samt ikke bruge de enkelte løsninger.

- **Opdatering af krav i bygningsreglementet**

Der er behov for mere ambitiøse krav i bygningsreglementet for dokumentation af fugthåndtering. Udarbejdelse af klare retningslinjer for brugen af materialer og teknikker, der minimerer fugtrisiko, samt etablering af en fælles standard for fugt sikkert byggeri er nødvendige skridt. Inklusion af krav til dokumentation af fugtindhold i produkter ved levering og under byggeprocessen bør være påkrævet.

- **Udvikling af kompetencer og tekniske løsninger**

- Overgangen til mere træ i byggeriet kræver opkvalificering af særligt de udførende, som ofte er mere vant til at håndtere beton, stål og murværk, for at undgå ovenstående problematikker.
- Der mangler hjælpeværktøjer, der kan understøtte kvalitetssikring, når byggeprocessen igangsættes, bl.a. til håndtering af kontrolplaner, overvågning af fugtindhold mm.

4.4. Økonomi

Økonomien er ofte afgørende for bygherres materialevalg, når der skal vælges design og konstruktion. Selvom der opleves en stigende opmærksomhed på at bygge i træ på grund af de fordele, der er på klimaaftrykket, så vil det alligevel i mange tilfælde i sidste ende være totaløkonomien, der er afgørende for materialevalget. Der findes flere eksempler, hvor dette er tilfældet - f.eks. Vejlandskvarteret på Amager, som blev projekteret som træbyggeri, men hvor der alligevel i sidste ende blev valgt at bygge mere traditionelt.

Flere aspekter kan bidrage til at øge omkostningerne for træbyggeri:

- **Manglende erfaring:** At bygge i træ i etagebyggeri udfordrer almen dansk byggeskik, som har etablerede værdikæder, veldokumenterede løsninger og en masse praktisk erfaring. Det er typisk ensbetydende med større effektivitet, og der er mindre tidsforbrug forbundet med at "bygge som vi plejer". Manglende erfaring påvirker både design- og byggefasen.

Ifølge Statistiska centralbyrån kan svenskerne bygge 16 % billigere med træ, men den manglende viden og erfaring herhjemme betyder, at det kan blive dyrere, særligt når der er tale om bygninger over fire etager (Boding, 2022).

I Køge Kyst blev et syvetagers boligbyggeri bygget i beton, fordi det blev vurderet for dyrt at bygge i træ. Det skyldtes bl.a. entreprenørerne, der havde en del betænkeligheder ved at bygge i træ i denne højde. De ville have et risikotillæg på 12-15% (Andersen, 2019).

- **Forkert udgangspunkt:** Udbud og projektmateriale til etagebyggeri laves ofte med henblik på, at konstruktionen laves i beton/stål. Et miljøvenligt alternativ som f.eks. at opføre en konstruktion i træ i stedet, laves derfor ofte med udgangspunkt i samme projektmateriale, hvilket betyder uhensigtsmæssige og mere omkostningsfulde løsninger for træ.
- **Tekniske løsninger:** Krav til brand og lyd betyder ofte, at konstruktioner skal tilføres flere materialelag for at overholde kravene, hvilket bevirker både forøget mandskabs-/timeforbrug og totalprisen for materialer.
- **Fugthåndtering i byggeprocessen:** Det er vigtigt at undgå fugt i byggeprocessen, og derfor ofte nødvendigt at udføre tiltag, der hindrer fugtindtrængning. Afhængigt af behovet for overdækning af byggeriet (eks. Sitecover eller lign.) kan det tilføje en stor post i budgettet. Andre strategier, såsom at interimsafdække facader efterhånden som byggeriet skrider frem, er typisk også en betydelig ekstra omkostning, som ikke helt giver samme beskyttelse. Endelig kan de enkelte byggekomponenter afdækkes fra fabrik, så de er bedre beskyttet under byggeprocessen. Dette er også forbundet med ekstra omkostninger men dog mindre end øvrige tiltag.
- **Råmaterialepriser:** Priserne på træ har været stigende de seneste år som følge af inflation efter Corona og krigen i Ukraine, samt diverse problemer med tørke og insektangreb i rødgran i Mellem Europa og begrænset udbud, hvor bl.a. import fra Rusland til EU er blevet forbudt. Priserne på byggematerialer svinger meget op og ned, så der er naturligvis tale om et øjebliksbillede,

men et skøn fra en entreprenør fra Skademosens Tekniske Direktør Jakob Kock fra Adserballe & Knudsen er, at der i foråret 2024 var helt op til en faktor 3 i forskel på prisen på dækelementer i beton og CLT (træ), når det hele regnes med, dvs. inkl. ekstra lag for at sikre at akustikkrav overholdes.

Generelt skal der være fokus på at gøre træbyggeri mere konkurrencedygtigt. Det kan ske ved, at der udvikles nye tekniske løsninger, der er mindre omkostningstunge til håndtering af f.eks. brand og akustik. Det anvendte byggesystem kan også have stor betydning for den totale økonomi. Optimering af konstruktionerne så der bruges færrest mulige materialer er vigtigt. Konjunkturerne påvirker materialepriserne, og det er et stort problem for f.eks. producenter af præfabrikerede moduler. Der skal helst være en konstant tilgang af ordrer som følge af den store kapitalbinding i produktionsudstyr. Træbyggerier med de nuværende konjunkturer har svært ved at leve op til det rammebeløb, der er afsat til denne type byggerier. Det er typisk et vigtigt marked for producenter af præfabrikerede moduler i træ.

4.4.1. Erfaringer fra byggeprojekter og aktører

Lisbjerg Bakke

I Lisbjerg Bakke er der ikke berettet om større omkostninger forbundet med valget om at bygge i træ. Her lå udfordringerne hovedsageligt under udførelsen, hvor der pga. manglende infrastruktur ikke kom varme på bygningerne rettidigt, hvilket forårsagede forsinkelser. Dette medførte en række ekstraomkostninger.

Skademosen

På Skademosen, Skousbo og Toppen berettes der om fornuftige økonomiske rammer for byggeriet. Det betød, at der inden for budgetrammen kunne udføres tiltag, der beskytter byggeriet mod fugt herunder stort udhæng.

Knudrisrækkerne

I Knudrisrækkerne oplevede de særlige forhold omkring forurening og meget "slappe" lerlag, der udfordrede prisen. Så heller ikke her er der berettet om ekstra omkostninger forbundet med valg af træ i konstruktionen.

Andre projekter

På Kopperhuset blev der berettet om udfordringer forbundet med valg af bæredygtige materialer og de tekniske løsninger på grund af markedets store uvidenhed og usikkerhed omkring leveringstider og priser. Det er en væsentlig faktor for præcis budgetsætning og overholdelse.

4.4.2. Konkrete indsatser

Flere af de påpegede aspekter vil blive løst gennem indsatsområder defineret under de andre kapitler. Dette værende f.eks. mangel på veldokumenterede tekniske, standardiserede løsninger på brand og lyd og generelt mangel på erfaring. I takt med øget erfaring, vil processen for træbyggeri også blive mere effektiv. Det er svært at sammenligne nye processer i træbyggeri med mange årtiers erfaring fra beton-elementbyggeri. Erfaring med at bygge i træ burde derfor også hentes fra udlandet, hvor der f.eks. i Sverige berettes om mere lønsomme projekter i træ.

Der er åbenlyse fordele ved at bygge med træ, men det ser i praksis ikke ud til at det fulde potentiale kan udfoldes. Der kan muligvis hentes inspiration i den almene sektor, der i hvert fald i et vist omfang er lykkedes med at være konkurrencedygtige på prisen. Det ville være værdifuldt, at erfaringerne blev delt med branchen i øvrigt. Men det er også vigtigt at indhente erfaringer fra udlandet, hvor der er flere årtiers erfaringer med træbyggeri i flere etager.

Den almene sektor er dog også presset af det forholdsvis lave rammebeløb, der er til rådighed (ca. 16.000 Dkr./m²). Det hindrer investeringer generelt i denne sektor eftersom det i øjeblikket er vanskeligt at komme derned – det er mere realistisk med et beløb på over 19.000 kr. Derudover skal man op på minimum 40 enheder (3000 m²) for at det overhovedet kan hænge sammen ifølge Jakob Kock, Adserballe Knudsen (Kock, 2023).

- **Hybridkonstruktioner**

Hybridløsninger hvor træ indgår i kombination med stål eller beton kan være en mulighed og kan muligvis medvirke til at såvel omkostninger som klimaaftryk reduceres (sammenlignet med konventionelt byggeri).

- **Retningslinjer for økonomi afhængigt af bygningsprincipper og valg i byggeprocessen**

De forskellige byggesystemer vil afhænge af anvendelsen give forskellige byggeomkostninger per m². Med en stigende grad af erfaring og flere projekter vil der kunne indsamles flere data og dermed mere præcise estimater.

Det skal også tydeliggøres over for investorer, hvilke andre økonomiske fordele, der kan være ved træbyggeri, f.eks. den forventede hurtigere byggeproces, der betyder hurtigere udlejning af lejemål og dermed hurtigere indtægt. Det kunne være nyttigt at få indsigt i, hvor meget effekt den kortere byggeperiode kan have på rentabiliteten.

- **Politisk støtte til en mere klimavenlig byggebranche**

At fremme brugen af træ i byggeriet kræver politisk støtte og vil have gavn af økonomiske incitamenter. Dette kan omfatte subsidier, skattefordele eller reguleringer, der fremmer bæredygtige byggematerialer. Det er vigtigt, at sådanne rammer understøtter både økonomisk vækst og økologisk ansvarlighed, således træ anvendes på en måde, der er bæredygtig for både industrien og miljøet.

De skærpede krav i forhold til CO₂ kan godt tænkes at gøre økonomien mindre relevant, da der ikke findes mange andre muligheder end at anvende mere træ for at opnå klimakravene.

4.5. Vidensdeling og erfaringsudveksling

Der er stort fokus på træbyggeri i disse år, og en del byggerier er under opførelse. Selvom der løbende opbygges erfaringer, så er vidensniveauet og mangel på kompetencer stadig en stor udfordring i Danmark. Det er en farlig kombination, da det kan øge usikkerheden hos beslutningstagerne. Derfor er det helt essentielt, at branchen sigter mod at dele erfaringer, gode såvel som dårlige, samt øger kompetenceniveauet.

I dette kapitel foreslås konkrete indsatser med henblik på at skabe mulighed for at udveksle erfaringer og øge kompetenceniveauet. Der er efterhånden en del aktører i Danmark, der har erfaringer med træbyggeri, men der er brug for at understøtte udveksling af erfaringer mellem aktørerne i form af en mere systematisk og vedholdende vidensdeling i branchen.

4.5.1. Konkrete indsatser

- Etablering af en uvildig platform, hvor byggeprojekter kan søge rådgivning om tekniske løsninger for at reducere fejl og omkostninger. Økonomien anses ofte for et problem, når der skal anvendes ekstern rådgivning i større byggeprojekter, og derfor kunne en sådan ordning med fordel støttes af en fond.
- Oprettelse af træ-specifikke kurser på de videregående uddannelser. Der har gennem flere år været ingen eller begrænset undervisning inden for anvendelsen af træ i byggeriet på de større uddannelsesinstitutioner. Den manglende undervisning resulterer i manglende uddannede kandidater og dermed mangel på kompetencer og ressourcer hos byggeriets aktører.
- Efteruddannelse af de udførende, rådgiverne og entreprenørerne for at opnå de nødvendige kompetencer og undgå fejl i projekteringen og udførelsen. Mangel på kompetencer hos specielt de projekterende og udførende i byggeriet i kombination med en mangel på praktisk erfaring med træbyggeri kan få store konsekvenser for træbyggeriet. Der er brug for et generelt løft af kompetencerne i byggebranchen indenfor anvendelsen af træ.
- Et rum for udveksling af erfaringer – hvor aktørerne kan dele viden og lade sig inspirere, f.eks. i regi af "Build-in-Wood Community", som er et åbent internationalt netværk for træbyggeri etableret i EU-projektet Build-in-Wood. Denne udveksling bør fokusere på praktiske erfaringer og læring på tværs af alle områder af træbyggeri, herunder fugthåndtering, akustik, brandsikkerhed og omkostningskontrol.
- Udvikling af en designguide, der kan hjælpe projekterende med at træffe beslutninger og ikke mindst vurdere konsekvensen af de beslutninger, der træffes. Der findes forskellige guidelines, men de er ikke målrettet de projekterende i tidlige faser og ikke specifikke nok til at træffe de rigtige valg i projekteringsfasen.

5. Opsummering af identificerede indsatsområder

Tabel 3 til Tabel 7 giver en oversigt over de identificerede indsatsområder og de konkrete indsatser.

Der er i tabellerne identificeret interessenter og udførende ud for de enkelte indsatsområder. Disse er inddelt i kategorierne:

1. Rådgivere: Rådgivende ingeniører, arkitekt eller GTS-institutter, f.eks. Teknologisk Institut.
2. ATF-udbydere: Aktører som lever af at tilbyde Alment Teknisk Fælleseje, f.eks. Træinformation.
GTS: Aktør som er godkendt af Uddannelses- og Forskningsministeren som Godkendt Teknologisk Service, f.eks. Teknologisk Institut.



Tabel 3. Identificerede indsatsområder inden for **brand**.

Der er behov for	Anbefalinger	Interessenter	Udførende
Opdatering af BR 18, øvrig byggelovgivning og vejledning med præaccepterede løsninger, så reglerne er mere entydige og forståelige med hensyn til brand-sikkerhed.	Der skal i højere grad skelnes mere skarpt mellem anvendelser, da bygninger med natophold, f.eks. boliger, hoteller, kollegier, o. lign. har brug for en anden sikkerhed end f.eks. kontorer og virksomheder kun med dagophold. Det bør således afklares, hvilke principper og krav, der skal være opfyldt for at man opnår tilstrækkeligt brandsikkerhedsniveau i byggeriet, gerne med differentiering i forhold til anvendelse. Udvidelse af præaccepterede løsninger med mere varierede sikkerhedsniveauer, da de nuværende stiller samme krav til en bygning på f.eks. 12,1 og 45 meters højde.	Social- og Boligstyrelsen, Bygherrer og Rådgivere	Social- og Boligstyrelsen sammen med rådgivere
Supplement til eksempelsamling for præaccepterede løsninger.	Supplement til eksempelsamling for præaccepterede løsninger for træbyggeri over 4 etager, som entydigt angiver, hvad og hvordan der skal dokumenteres. Guide til fælles anerkendte principper for, hvordan man etablerer tilstrækkelig personsikkerhed i bygninger, indsatsmuligheder samt sikrer mod brandspredning til nabogrund.	Bygherrer, beredskab, myndigheder og rådgivere	Social- og Boligstyrelsen, ATF-udbydere
Beskrivelse af acceptabelt sikkerhedsniveau mangler.	Der er behov for fælles anerkendte, materialeneutrale principper for et tilstrækkeligt sikkerhedsniveau (personsikkerhed, bygningssikkerhed, indsatsmuligheder, brandspredning), da sådanne principper pt. er helt fraværende. Disse principper skal defineres, beskrives (inkl. krav	Bygherrer og rådgivere	Social- og Boligstyrelsen sammen med rådgivere

til flugtveje, detektering, varsling mv., afhængigt af brandbarhed) og udvides. BR18 og vejledninger skal opdateres med klare retningslinjer for rådgivere og godkendes af alle myndigheder.

herunder beredskabet

Udvikling af standardiserede løsninger, f.eks. eksempler på brandtekniske robuste løsninger for samlinger.	Katalog over brandteknisk robuste løsninger, komponenter og samplingsdetaljer, der kan skabe grundlag for udvidelse af præaccepterede løsninger.	Social- og Boligstyrelsen, bygherrer, beredskab, myndigheder og rådgivere.	Social- og Boligstyrelsen, GTS, universiteter, brancheorganisationer, ATF-udbydere, m.fl.
Verificerede modelleringsværktøjer, der troværdigt og enkelt kan simulere brandforløb.	Enkle og verificerede modelleringsværktøjer til simulering af brandforløb i brandbare konstruktioner (helst open-source). Der skal tages hensyn til bl.a. forsinket antændelse (f.eks. efter beklædningssvigt), indbrænding af forvarmet træ mv. Der mangler præcise definitioner af tekniske parametre som brandbelastning af forskellige typer bygninger, realistiske åbningsfaktorer osv.	Social- og Boligstyrelsen, Bygherrer, beredskab, myndigheder og rådgivere	Universiteter, GTS
Afklaring af udfordringer med brandbehandlede træprodukter	Undersøge 'state of the art' for brandhæmmende systemer til brandbeskyttelse af træprodukter på markedet. Lever de op til, hvad de lover i hele bygningens levetid? Udvikling af bedre metode til undersøgelse af levetiden for brandimprægneringsmetoder.	Social- og Boligstyrelsen, Forsikringsbranchen, Bygherrer, beredskab, myndigheder og rådgivere).	GTS, universiteter.
Flere certificerede brandrådgivere og større "standardisering" af brandtekniske vurderinger.	Der er brug for at uddanne flere certificerede brandrådgivere og ikke mindst sikre at de brandtekniske løsninger vurderes så ensartet som muligt.	Rådgivere, arkitekter, bygherre m.fl.	DBI, DTU
Afdækning af, hvordan forsikringsforholdene	Undersøgelse af forsikringsselskabernes krav til brandsikkerhed for at opnå acceptable policer:	Social- og Boligstyrelsen,	Forsikringsbranchen, GTS,

påvirkes, når bygningens primære konstruktioner er af træ i forhold til mere traditionelle materialer. Hvilke krav vil forsikringsselskaberne have til byggerierne?	Benytter forsikringsselskaberne det rigtige og tidssvarende vurderingsgrundlag for risikoanalyserne (Analyser, som danner grundlag for police-fastsættelse)? Kan f.eks. udenlandske data bruges, når deres brandkrav er anderledes end de danske?	Forsikringsbranchen Bygherrer, beredskab, myndigheder og rådgivere.	brancheorganisationer, m.fl.
Der bør etableres en oversigt over brandkrav i Europa, så der kan dykkes ned i grundlaget for hvordan sikkerhedsniveauerne er i vores nabolande til sammenligning med danske forhold.	Der er netop igangsat et arbejde for SBST i forhold til at afklaring af brandkrav i landene omkring os. Der bør følges op på om dette kan udmøntes i nye regler for brandsikring. Afsøge mulighederne for harmonisering. De danske særregler bør i højere grad afspejle krav i EU og nabolande for ikke at udgøre en eksport- og innovationsbarriere. Undersøgelse af statistikker på f.eks. brand i bygninger i Danmark sammenlignet med lande med større andel af træbygninger som f.eks. Sverige? Inkludere oversigt over anvendt sprinkling i statistikken.	Social- og Boligstyrelsen, Forsikringsbranchen	Universiteter, GTS
Udveksling af erfaringer om træ og brand i hele værdikæden.	Erfaringsforum for interessenter med interesse for træ og brand på tværs af landegrænser Måltrettede aktiviteter på brandområdet i Danmark.	Branchen	GTS (DBI), brancheorganisationer, IDA Byg m.fl.



Tabel 4. Identificerede indsatsområder inden for **lyd/akustik**.

Der er behov for	Anbefalinger	Interessenter	Udførende
Harmonisering af akustiske krav for definering, måling og analyse i hele EU, svarende til de ensartede krav for bærende konstruktioner (Eurocodes)	På europæisk plan bør der laves standardiserede ensartede metoder til definering, måling og analyse af akustiske egenskaber. Selvom metoder standardiseres, vil der stadig være plads til nationale skærpede eller lempede krav (nationalt Annex), ligesom det er udarbejdet ved Eurocode systemet. Oversigt over akustiske krav i Europa, så status for Danmark kan sammenlignes med vores nabolande. Herunder værktøjer til at konvertere målinger og krav i andre lande til danske forhold. Opsamling og fortolkning af krav og metoder for verifikation. Udarbejdelse af omregningsmetoder.	Social- og Bologiststyrelsen, Branchen	Rådgivere, GTS
Mock-ups til demonstration og verificering af akustiske løsninger (generiske), hvor der er fuld fokus på rigtige, bygbare og økonomiske løsninger. Fokus på LCA venlig løsning i virkelighedsnært byggeri.	Anvendelse af mock-up til konkrete byggeprojekter. Udvikling og dokumentation af "tørre" løsninger med gode lydforhold i byggeriet. Udvikling og dokumentation af løsninger med forbedret rumakustik/efterklangstid i træbyggeriet.	Branchen	Universiteter, Rådgivere, GTS
Måleprogrammer, hvor der udføres akustiske målinger over byggeperiodens forskellige faser	Det skal med målingerne afdækkes, om der er et sammenhæng mellem tidlige målinger (screeninger (positive/negative)) og endeligt resultat, så man muligvis allerede tidligt aktivt kan foretage korrigerende handlinger. Der skabes aftaler med (helst forskelligartede) projekter, hvor opbygninger måles på forskellige stader, evt. parallelt med	Social- og Bologiststyrelsen, Branchen	Universiteter, Rådgivere, GTS

laboratoriemålinger af samme opbygninger, så der etableres datasæt af in situ vs. lab og udvikling hen over projektet.

Forbedret grundlag for projektering af lydtekniske acceptable trækonstruktioner	Undersøgelser til optimering af inputdata til beregninger af forventede lydforhold i træbyggeri. Erfaringsudveksling og vidensformidling i forhold til projektering af lydtekniske robuste løsninger for træbyggeriet. Med udgangspunkt i byggerier, hvor løsninger er implementeret i praksis.	Branchen	Universiteter, Rådgivere, GTS
Eksempelsamling, der viser hvordan akustiske krav kan løses i Danmark.	Best practice for konstruktionsløsninger som opfylder Bygningsreglementets krav i Danmark. Her tænkes særligt på samlingsdetaljer, såvel i plan som rumligt.	Branchen	ATF-udbydere, Rådgivere, GTS
Erfaringsforum for interessenter med interesse for træ og lyd (Build-in-Wood Community)	Måltrettede aktiviteter på lydområdet i Dansk Netværk for træbyggeri. Aktiv deltagelse og erfaringsudveksling på tværs af landegrænser i Acoustic Performance group på Build-in-Wood Community (Udarbejdelse: Institutter (TI, Build, m.fl.). Interessenter: SBST, Bygherrer, myndigheder og rådgivere). Kan stimuleres af bevillinger.	Branchen	GTS



Tabel 5. Identificerede indsatsområder inden for fugt.

Der er behov for	Anbefalinger	Interessenter	Udførende
Krav til dokumentation af fugthåndtering i bygningsreglementet.	Klare retningslinjer for brug af materialer og teknikker. Fælles standard for fugtsikkert byggeri. Krav til dokumentation af fugtindhold i produkter ved levering og under byggeprocessen.	Branchen, Arkitekter, Rådgivere, Entreprenører, Bygherrer	Social- og Boligstyrelsen sammen med rådgivere
Vejledninger og guidelines til håndtering af fugt og vand i hele projektet. Disse skal målrettes de forskellige aktører i processen (arkitekter/rådgivere, entreprenører, udførende, bygherre osv.).	Udarbejdelse af "Best practice" for fugthåndtering: Gennemgang af metoder med fordele og ulemper. Udarbejdelse af en eksempelsamling på konstruktionsløsninger som er designet til hensigtsmæssig håndtering af fugt under udførelse og under drift af byggeriet. Udarbejdelse af praktiske eksempler på de konsekvenser der kan være ved forkert håndtering af fugt i træbyggeri (bevægelser, skimmel, revner, nedbrydning mv.). Overblik over metoder til træbeskyttelse (udendørs anvendt træ) med fokus på konstruktiv træbeskyttelse.	Branchen, Arkitekter, Rådgivere, Entreprenører, Bygherrer	Rådgivere, GTS, ATF-udbydere
Udarbejdelse af eksempler på gode fugtstrategier	Udarbejdelse af konkrete værktøjer som kan benyttes af branchen til kvalitetskontrol (kontrolplan) i byggeprocessen. Disse skal være i form af et skema og omfatte: ○ Kontrol af produkter/materialer ved levering. ○ Kontrol af fugt ved opbevaring på byggepladsen. ○ Kontrol af hvornår der kan påbegyndes aptering. ○ Håndtering af fugtproblemer evt. instruks om udtørring eller skimmelanalyser før aptering.	Branchen, Arkitekter, Rådgivere, Entreprenører, Bygherrer	Rådgivere, GTS

- o Sensorovervågning i byggeproces og under drift med tilhørende aktioner

Tildeling af roller og ansvar ift. fugt i alle projektets faser

Instruktioner til fugtberedskab i byggeperioden

Tidlig integration af planer for håndtering af fugt i design- og planlægningsfasen, inkl. risikovurdering

Viden om forskellige former for afdækningsstrategier	Undersøgelse af de forskellige teknologer der findes på markedet og deres fordele og ulemper Indhente erfaringer fra flere byggerier med forskellige afdækningsstrategier (som site-cover, interimsafdækning, folieafdækning af flader, endetræsforsøg osv.)	Branchen	GTS, rådgivere
Gennemgang af metoder til træbeskyttelse, herunder effekt af konstruktiv træbeskyttelse.	Fordele og ulemper ved de forskellige metoder til beskyttelse af træ Erfaringsopsamling via monitorering og levetidsundersøgelser for ubehandlede træfacader (æstetik og nedbrydning) dataopsamling fra eksisterende projekter Værktøj til forudsigelse af vedligeholdelsesbehov for udendørs anvendt træ. Etablering af hands-on eksempler inkl. dataopsamling på træbeskyttelsessystemer som er åbent tilgængeligt for alle.	Branchen	Rådgivere, GTS
Undersøgelse af mulige løsninger for at opdage kritiske forhold rettidigt i forhold til træ og fugt.	Screening af overvågningssystemer, som præventivt beredskab for træ anvendt i de bærende konstruktioner og andre bygningsdele (vægge, tage og evt. terrændæksløsninger)	Branchen	Rådgivere, GTS, ATF-udbydere

Anvendelse og integrering af digitale teknologier til risikominimering af utilsigtet opfugtning af trækonstruktioner i byggeriet.	Udarbejde "Best practice" for lækagedetekterings- og monitorerings-systemer til fugtovervågning af byggekomponenters tilstand. Værktøj til forudsigelse og aktivering af beredskab på byggeplads på baggrund af vejrdato Modellering af risiko for skimmelangreb og biologisk nedbrydning.		
Uddannelse/efteruddannelse på alle niveauer indenfor brug af træ	Etablering af vidensdeling og uddannelses tilbud omhandlende fugt-håndtering målrettet brancheparter i hele byggebranchen.	Branchen	ATF-udbydere, GTS
Erfaringsforum for interessenter med interesse for træ, fugt og holdbarhed	Støtte til erfaringsopsamlingsforum f.eks. via Moisture Performance Group i Build-in-Wood Community. Her kan der f.eks. udveksles erfaringer og viden om forskellige løsninger til håndtering af fugt, organiseres webinars osv.	Branchen	Rådgivere, GTS



Tabel 6. Identificerede indsatsområder inden for økonomi.

Der er behov for	Anbefalinger	Interessenter	Udførende
Sammenligning af byggeomkostninger for konkrete træbyggerier	Indsigt i byggeomkostninger for konkrete træbyggerier og hvilken ekstra omkostninger der er forbundet med tiltag, der skyldes behovet for gipsplader og beton eller lign. for at opfylde lyd- og brandkrav. LCC for udvalgte byggerier, hvor der sammenlignes med lignende byggerier opført i konventionelle byggematerialer. Retningslinjer for økonomi afhængigt af bygningsprincipper og valg i byggeproces. Statistik for råvarepriser sammenholdt med faktiske byggeomkostninger pr. m².	Branchen, bygherrer, investorer, arkitekter, rådgivere	Rådgivere, arkitekter, m.fl.
Reduktion af byggeomkostninger	Erfaringsdeling om byggeomkostninger fra den almennyttige sektor med resten af branchen.	Rådgivere, arkitekter, bygherrer	Rådgivere
Politisk støtte for træbyggeri	Økonomiske incitamenter (subsidier, skattefordele).	Rådgivere, arkitekter, bygherrer	Social- og Boligstyrelsen



Tabel 7. Identificerede indsatsområder inden for **Vidensdeling**.

Der er behov for	Anbefalinger	Interessenter	Udførende
Uvildig platform, hvor byggeprojekter kan søge rådgivning om tekniske løsninger	Etablering af en uvildig platform, hvor byggeprojekter kan søge rådgivning om tekniske løsninger for at reducere fejl og omkostninger. Økonomien anses ofte for et problem, når der skal anvendes ekstern rådgivning i større byggeprojekter, og derfor kunne en sådan ordning med fordel støttes af en fond.	Innovations-systemet, GTS, Branchen	Branchen
Kurser på de større uddannelsesinstitutioner	Der bør udbydes specifikke trærelaterede kurser på de større uddannelsesinstitutioner. Det manglende udbud af kurser og undervisning resulterer i manglende uddannede kandidater og dermed mangel på kompetencer og ressourcer hos byggeriets aktører.	Universiteter, GTS, Branchen	Universiteter
Kompetenceløft i byggebranchen	Oprettelse af efteruddannelsestilbud til specielt de udførende, rådgiverne og entreprenørerne for at opnå de nødvendige kompetencer og undgå fejl i projekteringen og udførelsen.	Branchen	GTS, Rådgivere, Universiteter
En platform for udveksling af erfaringer	Der bør etableres et rum for udveksling af erfaringer – hvor aktørerne kan dele viden og lade sig inspirere, såsom DBI's "Brandbanken" eller i regi af "Build-in-Wood Community", som er et åbent internationalt netværk for træbyggeri etableret i EU-projektet Build-in-Wood.	Branchen	GTS, Universiteter
Udvikling af en designguide	Der bør udvikles en designguide, der kan hjælpe projekterende med at træffe beslutninger og vurdere konsekvensen af de beslutninger, der træffes. Der findes forskellige guidelines, men de er ikke målrettet de projekterende i tidlige faser og ikke specifikke nok til at træffe de rigtige valg i projekteringsfasen.	Branchen	Branchen,

6. Referencer

Andersen, C. E. et al., 2021. *Klimapåvirkning fra 20 træbyggerier - LCA på eksisterende træbyggerier*, s.l.: BUILD, Aalborg Universitet.

Andersen, U., 2019. 'Danmarks højeste træhus' blev for dyrt – nu bygges det i beton. [Online]
Available at: <https://ing.dk/artikel/danmarks-hoejeste-traehus-blev-dyrt-nu-bygges-det-i-beton>
[Senest hentet eller vist den 15 Oktober 2024].

Artelia, 2023. *Fremtidens biobaserede etagedæk*, s.l.: Realdania.

Boding, J. T., 2022. *Derfor skal vi bygge mere med træ*. [Online]
Available at: <https://www.bolius.dk/derfor-skal-vi-bygge-mere-med-trae-94062>
[Senest hentet eller vist den 14 Oktober 2024].

Bolig og planstyrelsen, 2022. *Bygningsreglements vejledning til kapitel 5 - Brand, Kapitel 1: Generelt om sikkerhed ved brand*. [Online]
[Senest hentet eller vist den December 2024].

Boligstyrelsen, T.-. B. y.-. o., 2021. *Bygningsreglements vejledning til kap 5 - Brand. Kapitel 3: Bærende konstruktioner*. [Online]
Available at: <https://www.bygningsreglementet.dk/media/gflgld3p/kapitel-3-baerende-konstruktioner-ver-02-20210115.pdf>
[Senest hentet eller vist den Oktober 2024].

Callow, P. a. G. J., 2024. *The Mass Timber Insurance Playbook: A guide to insuring mass timber buildings*. s.l.:Built by Nature, Marsh, and Zurich Resilience Solutions..

FPInnovations, 2019. *Canadian CLT Handbook*. 1 red. s.l.:FPInnovations.

Hertz, K. D., 2006. *Fire Safety Design of Wood Structures*. s.l.:s.n.

Jensen, B. v., 2020. *Ny metode til at brandsikre bærende konstruktioner af træ*. [Online]
Available at: <https://brandogsikring.dk/nyhed/2020/ny-metode-til-at-brandsikre-baerende-konstruktioner-af-trae/>
[Senest hentet eller vist den December 2024].

Kock, J., 2023. *Interview med Jakob Kock, Adserballe Knudsen* [Interview] 2023.

Rasmussen, B. & Munch-Andersen, J., 2023. *Build Rapport 2023:07 - Principper for konstruktionsløsninger til etageboligbyggeri i træ med fokus på lydisolations - Pilotprojekt*, s.l.: BUILD, Aalborg Universitet.

Rasmussen, L., 2023. *Brandsikkerhed og mangel på præaccepterede løsninger er de største udfordringer for træbyggeri*. [Online]
Available at: <https://traeibyggeriet.dk/brandsikkerhed-og-mangel-pa-praeaccepterede-losninger-er-de-storste-udfordringer-for-traebyggeri>
[Senest hentet eller vist den Oktober 2024].

RDH, 2022. *Moisture Risk Management Strategies*. 2.1 red. s.l.:RDH Building Science.

Regulation (EU), 2012. *Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. Official Journal of the European Union, L167..* s.l.:European Parliament and Council of the European Union.

SBi, 2010. *Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet..* s.l.:SBi.

SBi, 2022. *Anvisning 278: Fugt i bygninger.* 1 red. s.l.:Akademisk Forlag.

Social- og Boligstyrelsen, 2018. *Bygningsreglementet BR18.* s.l.:s.n.

Social- og boligstyrelsen, 2024. *Bygningsreglementet Kapitel 5. Brand (§ 82 - § 158).* [Online]
Available at: <https://www.bygningsreglementet.dk/tekniske-bestemmelser/05/krav/>
[Senest hentet eller vist den Oktober 2024].

Social-, Bolig- og Ældreministeriet, 2024. *Tillægssaftale mellem regeringen (Socialdemokratiet, Venstre og Moderaterne) og Socialistisk Folkeparti, Det Konservative*, s.l.: Social- og Boligministeriet.

Standard Norge, 2016. *prNS 3516 Udførelse av trekonstruksjoner*, s.l.: Standard Norge.

Swedish Wood, 2022. *Design of timber structures, Volume 1.* 1 red. s.l.:Swedish Wood.

Teknologisk Institut, 2025: *Moisture Management for Timber Construction - A practical guide.* [Online]
Available at <https://www.dti.dk/projects/strategies-for-moisture-management-in-wood-construction/strategies-for-moisture-management-in-wood-construction/46535> [Senest hentet eller vist den 5. december 2025].

Træ i byggeriet, 2023. *Brandsikkerhed og mangel på præaccepterede løsninger er de største udfordringer for træbyggeri.* [Online]
Available at: <https://traeibyggeriet.dk/brandsikkerhed-og-mangel-pa-praeaccepterede-losninger-er-de-storste-udfordringer-for-traebyggeri>
[Senest hentet eller vist den 28 11 2024].

Træ.dk, u.d. *Træ.dk.* [Online]
Available at: <https://www.trae.dk/leksikon/fugtighed-og-trae/>
[Senest hentet eller vist den 04 12 2024].

Træinformation, 2010. *TRÆ 62 Skadet træværk.* 1 red. s.l.:Træinformation.

Træinformation, 2021. *TRÆ 55 Træfacader.* 2 red. s.l.:Træinformation.

Tøttrup, K., 2024. *Wood Supply.* [Online]
Available at: <https://www.wood-supply.dk/article/view/1100485/byggeskadefonden-det-skal-du-vide-nar-du-bygger-med-trae>
[Senest hentet eller vist den 04 12 2024].

Videnscenter om Bygningers Klimapåvirkning, u.d. *FAQ.* [Online]
Available at: <https://byggeriogklima.dk/faq/>
[Senest hentet eller vist den 22 November 2024].

Wittchen, A. & Rasmussen, T. V., 2021. *BUILD Rapport 2021:28 - Erfaringer fra 20 træbyggerier: Eksisterende træbyggerier 2021.* 2 red. København: BUILD, Aalborg Universitet.

Östman, B., 1999. *Brandsäkra trähus : Kunskapsöversikt och vägledning för lättbyggsystem i Norden*. Stockholm: Stockholm : Trätek.

Östman, B. K. J. M. E. S. R. F. A. D. D. H. T. B. J., 2010. *Fire Safety in Timber Buildings: Technical Guideline for Europe*. 1 red. Stockholm: SP Technical Research Institute of Sweden.

Bilag 1 – Bidragene byggeprojekter

Lisbjerg Bakke

Brandsikkerhed

Tabellen under indeholder afvigelser fra de præaccepterede løsninger, som relaterer sig til anvendelsen af træ, samt hvilke vurderinger og evt. tiltag, der er gjort for at sikre brandsikkerheden.

Efterfølgende tabel angiver tilfældene, hvor træ har været anvendt i den passive brandsikring, samt hvilken dokumentation der ligger til grund for præstationen.

Afvigelse fra præaccepterede løsninger	Vurdering og evt. tiltag
Udvendige vægoverflader EKS. 2012, afsnit 5.2.1 Bygninger i anvendelseskategori 1 - 6 med mere end 1 etage skal udføres med udvendige overflader af klasse K 10 B-s1,d0 (klasse 1 beklædning). Byggeriet er udført med udvendige overflader i klasse K 10 D-s1,d0 (klasse 2 beklædning).	Boligsprinkleranlæg, som med stor sandsynlighed fjerner risikoen for, at en brand inde vil sprede sig til udvendig facade.
Afstand mellem bygninger EKS. 2012, afsnit 5.2.3 Bygninger med ringere udvendige overflader af klasse K 10 B-s1,d0 (klasse 1 beklædning) skal have en indbyrdes afstand på 10 meter. Flere af boligblokkene har en indbyrdes afstand på 9 meter.	Boligsprinkleranlæggets alarmoverførsel til redningsberedskabet vil sikre en hurtig tilkaldelse af redningsberedskabet. Med en bygningshøjde på max. 13 meter til gavlkip (blok 1 og 3) vurderes det, at redningsberedskabet vil kunne foretage slukning af facadebrand samt foretage præventiv beskyttelse af nærliggende blokke fra terræn. Depotrumsbygninger mellem blokkene udføres som selvstændige brandsektioner. Overdækkede arealer, større end 8 m ² , nær bygninger dækkes af sprinkleranlæg.

Tilfælde hvor træ har været anvendt i den passive brandsikring	Dokumentation
Brandcelleadskillende trækonstruktion med 120 mm CLT som EI60	1. Brandsäkre trähus afsnit 6.7 (Östman, 1999) - i forhold til tætte samlinger

OBS! Vigtigt med fokus på samlingsdetaljer ved brandcelleadskillelserne, de skal udføres tætte, så samlingen kan klassificeres som EI60.	2. 'Fire Safety Design of Wood Structures' (Hertz, 2006) - brandforsøg med limtræsbjælker og temperaturforløb viser, at efter 60 min bliver temperaturen ikke over 100°C i midten.
Brand- og rødspreddning mellem rum – Vægoverflader i boliger i klasse K₁10 D-s1,d2 [klasse 2 beklædning] CTL-elementer skal udføres i mindst 400 kg/m³ for, at træproduktet uden klassifikationstest kan anses som min. klasse 2 beklædning. Derved kan CTL elementet anvendes som almindelig skillevejg i boligerne.	DBI vejledning 31, 2. udgave april 2005
Udvendige overflader i min. klasse 2 beklædning [K₁10 D-s2,d2] Beklædningen udføres som 22 mm profileret ubehandlet lærk eller gran med en densitet på mindst 400 kg/m³. Profilerings frie overflade udgør højst 125 % af beklædningens plane areal og profilerings reducerede tykkelse er mindst 15 mm og udgør højst 20 % af beklædningens plane areal.	
Aktiv brandsikring	
Brandtekniske installationer som bl.a. sprinkleranlæg, idet facaden udføres med træbeklædning; K₁10 D-s2,d2 (klasse 2 beklædning).	

Lydforhold

Krav: Lydklasse C
Etageadskillelser: "Etageadskillelser udføres af massivtræsdæk med 100 mm betonudstøbning oven på. På oversiden udlægges strøgulve på særlig trinlyddæmpende koldser (Knudsen Kombimax Kiler med 8 mm lyd-dæmpende brik under), med 45 mm mineraluld mellem strøer. På undersiden ophænges en tæt loftsbeklædning (2 lag gipsplade eller tilsvarende masse) i lydbøjler med 45 mm mineraluld i hulrummet. Den nævnte gulvopbygning erstattes i badeværelser med trykfast mineraluld samt et lag svømmende beton som underlag for flisebelægning."
Lejlighedsskel: "Lejlighedsskel udføres som dobbeltvægge på adskilte træskelletter med mineraluld i hulrummet.

Den anden side af lejlighedsskellet beklædes med et sandwichelement bestående af 24 mm træ samt 2 lag 15 mm gipsplade, idet dette er en del af bygningens statiske system. (Figur 2)"

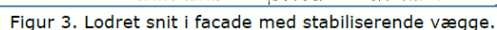
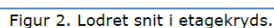
Som supplerende omkring lydforholdene, udføres betonkerner i mindst 180 mm beton (hvor ker+B10:E23'erne udgør lejlighedsskel), og trappe-/reposelementer oplægges på neoprenomviklede dorne. I indgangsgulv udlægges gulve uden mekanisk kontakt med de bærende betonvægge.

I facader er der enkelte vægfeltet der er udført af massive trækonstruktioner, idet disse skal fungere stabiliserende for bygningerne. Dette medfører en lidt mere rigid samling mellem de to stabiliserende vægge over hinanden koblet vi kantbjælke i facaden. (Figur 3 under)

Konstruktionen generell:

Som supplerende omkring lydforholdene, udføres betonkerner i mindst 180 mm beton (hvor kernerne udgør lejlighedsskel), og trappe-/reposelementer oplægges på neoprenomviklede dorne. I indgangsgulv udlægges gulve uden mekanisk kontakt med de bærende betonvægge.

Ligeledes udføres altaner og svalegange samt udvendige trapper således, at trinstøj ikke forplantes ind i ejendommenes øvrige bærende konstruktioner.



Bolig Træ: Skademosen

Brandsikkerhed

Konstruktive forhold

- Bærende bygningsdele til og med gulv i øverste etage (1. sal) udføres som mindst bygningsdel klasse R60 [BD-60].
- Bærende bygningsdele i øverste etage udføres som mindst bygningsdel klasse R30 [BD-bygningsdel 30].
- Etageadskillelser, også internt i den enkelte bolig, udføres som mindst REI 60 [BD-bygningsdel 60].
- Trapper udføres af mindst materiale klasse D-s2,d2 [klasse B materiale].
- Byggeriet isoleres med materiale som ikke er ringere end materiale klasse D-s2,d2 [klasse B materiale].
- Sammenbyggede bygningsdele udføres med samlinger, der har mindst samme brandmodstandsevne som det, der er krævet for den enkelte bygningsdel.
- I det omfang der udføres dobbeltkonstruktioner, f.eks. i forbindelse med lejlighedsskel udføres brandstop med isoleringsmateriale, som er materiale klasse A2-s1,d0 [ubrændbart materiale], træ eller træbaserede plader. Der placeres brandstop i hulrum ved samtlige afgrænsninger mellem boliger.

Brandtekniske installationer

Hver bolig forsynes med brandalarmanlæg, der er tilsluttet den almindelige strømforsyning og i øvrigt udført med batteribackup.

Brand- og røgspredning

Udvendige overflader udføres med beklædning, der afhængigt af den indbyrdes afstand evt. udføres med brandimprægneret træ, så bygningerne indbyrdes kan betragtes som fritliggende.

Da der er tale om udvendig beklædning, accepteres røgklassifikation "s2" for beklædninger, hvor der formelt set er krævet klasse 1 beklædning. Materialet vil være svært antændeligt, som "almindelig" klasse 1 beklædning, men i tilfælde af antændelse er røgd udviklingen større end ellers forventet. Det er dog ikke problematisk for personer i bygningen eller redningsberedskab under indsats, da beklædningen er placeret udendørs.

Indvendige overflader

Indvendige væg og loftoverflader udføres med beklædning, der mindst er beklædning klasse K1 10 D-s2,d2 [klasse 2 beklædning].

Udvendig beklædning

Udvendige vægoverflader udføres generelt med beklædning, der mindst er beklædning klasse K1 10 D-s2,d2 [klasse 2 beklædning]. Hvor bygninger placeret med indbyrdes afstand mindre end 10 m, udføres udvendig beklædning, som anført i Tabel 1.

Brandimprægneret træbeklædning

Ved valg af brandimprægneret træbeklædning, mindst beklædningsklasse K1 10 B-s2,d0 /materiale klasse B-s2,d0, skal det sikres at brandimprægneringen er udført på en måde, så træet forbliver beskyttet i hele træets levetid, og så den brandhæmmende virkning forbliver intakt selv om træet nedbrydes.

Knudrisrækkerne

Brandsikkerhed

Brandstrategien baseres på anvisningerne i BILAG2 [2] og delvis BILAG4 [3] suppleret med komparative analyser med udgangspunkt i præ-accepterede løsninger. Med udgangspunkt i dette opnås et passende sikkerhedsniveau for personer med ophold i bygningen, redningsberedskabets indsats samt værdisikring.

Af brandstrategirapporten fremgår følgende brandkrav til det bærende og stabiliserende system:

Blok 12 og 14 Betonvægge: REI 60 A Trævægge: REI 60 Træsøjler og -bjælker: REI 60 Dæk/etageadskillelser: REI 60 Tag: EI 30	Blok 9-11: 5. sal Betonvægge: REI 120 A Træsøjler og -bjælker: REI 60 Tag: EI 30 Til og med 4. sal Betonvægge: REI 120 A Træsøjler og bjælker: REI 120 Stålbjælker: REI 120 A Dæk/etageadskillelser: REI 120 Brandsektionsvægge: REI 120
Flugtvejstrapper Bærende konstruktioner R 30 A2-s1,d0 Betonelementer branddimensioneres af leverandør. Bærende trækonstruktioner og udvekslingsbjælker i stål branddimensioneres af rådgiver. Brandbeskyttelse af stålkonstruktionerne vil være brandinddækning/isolering.	

Tabellen under indeholder afvigelser fra de præaccepterede løsninger, som relaterer sig til anvendelsen af træ, samt hvilke vurderinger og evt. tiltag, der er gjort for at sikre brandsikkerheden.

Efterfølgende tabel angiver tilfældene, hvor træ har været anvendt i den passive brandsikring, samt hvilken dokumentation der ligger til grund for præstationen.

Afvigelse fra præaccepterede løsninger	Vurdering og evt. tiltag
Bærende bygningsdele (bygning 9-11) BILAG 2, afsnit 3.2.1 - <u>Gulv højst 9,6 m</u> over terræn i øverste etage: Krav til R60 D-s2,d0 i bærende bygningsdele, beklædningsklasse K ₂ 60 A2-s1,d0. R30 i øverste etage.	Penthouselejligheder har adgang til flugtvejstrapper, hvoraf alle har adgang til mindst én udvendig trappe, udformet med ringe sandsynlighed for svigt i tilfælde af brand. Hermed er

- <u>Gulv højst 12 m</u> over terræn i øverste etage: Krav til R120 A2-s1,d0, R60 i øverste etage. Aktuel gulvhøjde er ca. 12,5 m. Kravet til brandmodstands- evne overholdes, men ikke kravet til reaktion på brand: Bærende bygningsdele udført i R120 D-s2,d2 og mindst beklædningklasse K₂ 60 A2-s1,d0. R60 i øverste etage.	det ikke nødvendigt for beredskabet at foretage redning via redningsåbni- ger i øverste etage. Skulle flugttrappen svigte, er det kun bygning 11, som skal evakueres ved brug af stigevojn, og evakuering for- ventes dermed ikke at tage længere tid end referencebyggeri.
Bærende bygningsdele (træsøjler uden beklædning) BILAG4 afsnit 4.2.9 Vægbeklædning min. klasse K₁ 10 B-s1,d0. Det accepteres, at op til 20 % af væg- og loftoverfladerne udføres i min. klasse K₁ 10 D-s2,d2. I fællesrum er 8 søjler i stueetagen R120 D-s2,d2 <i>uden</i> be- klædning.	Det samlede overfladeareal af søjler er mindre end 20% af væg- og loft- overflade, hvormed sikkerhedsni- veauet vurderes at være tilsvarende niveauet beskrevet i BR18 og BILAG2.
Brandsektionsadskillende bygningsdele (bygning 9-11) BILAG2 afsnit 4.2.6.1 - <u>Gulv højst 9,6 m</u> over terræn i øverste etage: Krav til EI60 D-s2,d2 udført med beklædningsklasse K₂ 60 A2-s1,d0. - <u>Gulv mere end 9,6 m</u> over terræn i øverste etage: Krav til EI60 A2-s1,d0. Aktuel gulvhøjde er ca. 12,5 m. Kravet til integritet og isolation overholdes, men ikke kravet til reaktion på brand: Brandsektionsadskillende bygningsdele udført i EI60 D- s2,d2 og beklædningsklasse K₂ 60 A2-s1,d0.	Alle de gældende boliger har red- ningsåbninger med mulighed for selv- redning, hvormed sikkerhedsniveauet vurderedes at være tilsvarende refe- rencebyggeri.
Udvendige vægoverflader (bygning 14) BILAG 2, afsnit 4.2.4 Ydervæg kan etableres med beklædning i klasse K₁ 10 B- s1,d0 og regnskærm som B-s2,d0 og op til 20% af ydervæg- gens areal som D-s2,d2 (fordelt over mindre arealer for at undgå brandspredning). Der er anvendt træ med D-s2-d2 i ét langt vandretliggende parti hen over alle fire facader, ikke inddelt i mindre partier.	Alle de gældende boliger har red- ningsåbninger med mulighed for selv- redning, hvormed sikkerhedsniveauet vurderedes at være tilsvarende refe- rencebyggeri.

Bilag 2: Fugtstrategier fra projekterne

Fugtstrategi Lisbjerg Bakke

FUGTSTRATEGIPLAN

AFD. 128 LISBJERG BAKKE V/AL2BOLIG

Fremtidens Bæredygtige Almene Boliger



MOE A/S
Marts 2016

AI2Bolig
Afd. 128 Lisbjerg Bakke

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 04-03-2016

Indholdsfortegnelse

Rev.dato :

Side : 1/1

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

Kapitel

Side

Revision

0. Indholdsfortegnelse 1
1. Analysemetode 1

1.1 Fugtrisikoklasser 1

1.1.1 Fugtpåvirkning under udførelsen 1

1.1.2 Bygværkets sårbarhed for fugt 2

1.1.3 Anvendelse af fugtrisikoklasser 2

2. Risikoanalyse 1

2.1 Generelt 1

2.2 Betonelementer 1

2.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk 1

2.4 Facadekassetter 1

2.5 Tagkassetter 2

3. Kontrol og afhjælpning 1

3.1 Generelt 1

3.2 Betonelementer 1

3.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk 1

3.4 Facadekassetter 1

3.5 tagkassetter 1

4. kontrolplan 2

Moe a/s

A12Bolig
Afd. 128 Lisbjerg Bakke

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 04-03-2016

Rev.dato :

1. Risikoanalyse

Side : 1/2

Udarbejdet:BOP

Kontrolleret:

Godkendt:BOP

1. Analysemetode

1.1 Fugtrisikoklasser

1.1.1 Fugtpåvirkning under udførelsen

Tabel 1. Fugtrisikoklasser som funktion af fugtpåvirkninger under udførelse og byggeriets sårbarhed for fugt

Bygverkets sårbarhed for fugt	Fugtpåvirkninger under udførelse		
	Lav	Middel	Høj
Lav	Fugtrisikoklasse 1	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 2
Middel	Fugtrisikoklasse 1	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 3
Høj	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 3	Fugtrisikoklasse 3

Inddelingen efter fugtpåvirkning sker efter nedenstående overordnede retningslinier. I tvivlstilfælde vælges højeste klasse. Hvis for eksempel et af punkterne fra middel fugtpåvirkning er gældende samtidig med et af punkterne fra høj fugtpåvirkning, bør byggeriet placeres under høj fugtpåvirkning.

Lav fugtpåvirkning

Der er tale om lav fugtpåvirkning under udførelsen, når følgende to forhold gælder:

- Bygge- og montageprocesser er tørre. Det vil sige ikke omfatter vand- eller fugtholdige byggematerialer, dvs byggematerialerne har ikke et fugtindhold højere end svarende til 75% RF.
- Bygge og montageprocesser udføres under forhold, der beskytter fuldt ud mod klimatiske påvirkninger, f.eks. På fabrik og/eller under totaloverdækning.

Middel fugtpåvirkning

Der er tale om middel fugtpåvirkning under udførelse, når følgende to forhold gælder:

- Bygge og montageprocesser omfatter et tilsigtet, men begrænset vand – eller fugtindhold i byggematerialer, f.eks. Anvendelse af selvudtørende beton.
- Under udførelsen er der risiko for enkelte klimatiske påvirkninger, f.eks. indpakkede materialer som indbygges uden byggeriet er overdækket.

Høj fugtpåvirkning

Der er tale om høj fugtpåvirkning under udførelse, når følgende to forhold gælder:

- Bygge- og montageprocesser omfatter betydeligt vand- eller fugtindhold i byggematerialer, f.eks. udstøbning af beton
- Der er betydelig risiko for klimatiske påvirkninger, f.eks. uindpakkede byggematerialer, som indbygges uden overdækning, eller byggematerialer der under transport har haft risiko for fugtpåvirkning.

Moe a/s

AI2Bolit
Afd. 128 Lisbjerg Bakke

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 04-03-2016

Rev.dato :

1. Risikoanalyse

Side : 2/2

1.1.2
Bygværkets sårbarhed for fugt

Byggeriets sårbarhed over for fugt hænger sammen med materialevalget og hvor meget tid der, der er sat af til udtørring. Inddelingen kan således ske på basis af følgende tre parametre:

- Materialernes evne til at opsuge/optage fugt
- Skimmelrisikoen ved det enkelte materiale
- Hvor meget udtørringstid der er afsat

Alle tre forhold vurderes i henhold til tabel 2. projektets sårbarhed er den højeste værdi, der opnås på de tre parametre

Tabel 2. Inddeling efter byggeriets sårbarhed over for fugt efter tre parametre: Materialets evne til at opsuge/optage fugt, materialemes følsomhed overfor skimmel og materialenedrykning samt den afsatte udtørringstid. Hvis der er forskellige sårbarhed for de tre parametre, vælges den højeste sårbarhed.

	Lav sårbarhed	Middel sårbarhed	Høj sårbarhed
Materialets evne til at opsuge/optage fugt	Ingen, f.eks. glas og stål	Middel, f.eks. beton og træ med mulighed for udtørring	Stor, f.eks. sammensatte komponenter, stærkt sugende som porebeton, lukkede træelementer
Risiko for skimmelvækst eller materialenedrykning	Begrænset risiko	Nogen risiko	Stor risiko
Afsat tid til udtørring	Tilstrækkelig tid	Presset tidsplan, men fokus på udtørring	Presset tidsplan, vanskeligt at nå udtørring

1.1.3
Anvendelse af fugttrisiko-klasser

Et byggeri kan i princippet ændre fugttrisiko-klasse i løbet af byggeriet, ligesom nogle dele af byggeriet kan være i højere klasse end andre dele.

Tabel 3. Vejledende opdeling i hvordan fugttrisiko-klassen kan benyttes til at fastlægge behovet for tiltag inden og under udførelsen. Alle tiltag skal dokumenteres.

	Fugttrisiko-klasse 1	Fugttrisiko-klasse 2	Fugttrisiko-klasse 3
Inden udførelse	Opfylde minimumskravene i BR10	Minimumskrav samt: - Opstilling af fugtstrategi-plan	Minimumskrav samt: - Opstilling af fugtstrategi-plan - Evt. beregninger / simuleringer - Tilknytte fugtsagkyndig
Under udførelsen	Fugtmålinger ved kritiske tidspunkter, som minimum inden lukning af konstruktion	Løbende fugtmålinger Begrænset fugtmåleprogram Vurdere specifikke potentielle fugtproblemer	Løbende fugtmålinger Udvidet fugtmåleprogram Tilknytte fugtsagkyndig

Moe a/s

AI2Bolig	Afd. 128 Lisbjerg Bakke
FUGTSTRATEGIPLAN	Dato : 04-03-2016
2. Risikoanalyse	Rev.dato :
	Side : 1/2

Udarbejdet: Kontrolleret: Godkendt:

2. Risikoanalyse

2.1 Generelt

Transport af træbaserede byggematerialer/elementer skal forgå tildækket. Oplagring af træbaserede byggematerialer/elementer skal generelt foregå under en ventileret overdækning og beskyttet mod fugt nedefra. Særlige fugtfølsomme bygningselementer som facadeelementer med færdige indvendige overflader transporteres og opbevares indpakkede. Montagen skal planlægges udført etagevis, koordineret med montagen af søjler og bjælker samt tagkassetter. Søjler, bjælker og afstivende konstruktioner monteres i stueetagen, hvorefter brettstabeldækket monteres, fladstålslåse monteres og trædækket overside svummes. Bygningsentreprenøren udfører afdækning af brettstabeldækket ved hver arbejdsdags afslutning og indtil ovenliggende etagedæk er færdigmonteret, således at øverste dæk altid er afdækket indtil tag er monteret. Efter montage af tagkassetter udstøbes overbetonen på øverste dæk. Efter 3 uger kan mellemunderstøtninger fjernes og overbetonen kan udstøbes på næste etage osv. Facadekassettemontagen påbegyndes efter udstøbning af overbeton på øverste dæk, og montagen forgår kontinuert til facademontagen er afsluttet.

Som følge af byggetakten monteres de forskellige bygningselementer under forskellige forhold og byggeriets bygningsdele inddeles derfor i forskellige risikoklasser afhængig af de enkelte bygningsdeles sårbarhed over for fugt i byggeperioden samt risiko for klimapåvirkninger.

Byggeriet inddeles i flg. Bygningsdele.

- Betonelementer
- Limtræskonstruktioner og etagedæk
- Facadekassetter
- Tagkassetter

2.2 Betonelementer

Der er tale om høj fugtpåvirkning da betonelementerne monteres uafdækkede. Der er tale om middel sårbarhed da der er mulighed for udtørring. Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 3

2.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk

Der er tale om middel fugtpåvirkning da der under montagen er risiko for enkelte klimatiske påvirkninger. Der anvendes selvudtørrende beton på etagedæk. Der er tale om middel sårbarhed da der er nogen risiko for skimmel, men der er afsat tid til udtørring. Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 2

2.4 Facadekassetter

Der er tale om lav fugtpåvirkning da montagen foregår under afdækning fra tag. Der er tale om middel sårbarhed da der er nogen risiko for skimmel, men der er afsat tid til udtørring. Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 1

Moe a/s

A12Bolig

FUGTSTRATEGIPLAN

2. Risikoanalyse

Afd. 128 Lisbjerg Bakke

Dato : 04-03-2016

Rev.dato :

Side : 2/2

2.5**Tagkassetter**

Der er tale om middel fugtpåvirkning da montagen foregår uden afdækning, men elementerne er beskyttet af undertag.

Der er tale om middel sårbarhed da der er nogen risiko for skimmel, men der er afsat tid til udtørring.

Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 2

Moe a/s

A12Bolig
Afd. 128 Lisbjerg Bakke

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 04-03-2016

Rev.dato :

kontrolplan

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

3. Kontrol og afhjælpning

3.1 Generelt

Der føres generelt visuel kontrol af alle bygningsdele, og konstateres der visuelle fugtphobninger i konstruktionerne meldes det til byggeledelsen som i samarbejde med entreprenøren vil planlægge afhjælpningen.

Herunder skal:

- Årsagen til fugtskaden findes, så udviklingen af skaden stopper
- Årsagen skal elimineres, så skaden ikke kommer igen
- skadesomfanget fastlægges
- skaderne skal udbedres, så der ikke er risiko for nedbrydning af konstruktionen
- Udbedringsarbejderne, f.eks. Udtørring , afrensning, udskiftning eller retablering, kontrolleres og kvalitetssikres ved et øget tilsyn.
- Der udarbejdes dokumentation for at afhjælpningen er sket korrekt, herunder at der ikke er skimmel på materialernes overflade.

Derudover føres der løbende kontroller ved fugtmålinger med indstiksmål i trækonstruktionerne som beskrevet nedenfor og i kontrolplanerne. Ved overskridelse af grænseværdierne meldes dette til byggeledelsen og samme procedure for afhjælpning som beskrevet ovenfor følges.

Generelt må ingen træbaserede bygningsdele inddækkes hvis fugtprocenten er over 18 %.

3.2 Betonelementer

Betonelementerne kan få noget vand i perioden indtil der er kommet tag på bygningen. Når bygningen er lukket igangsættes udtørringen. Der udføres ikke nogen særskilt fugtkontrol af betonelementerne, men man følger udviklingen i trækonstruktionernes fugtmålinger som også vil afspejle betonens fugtindhold.

3.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk

Der udføres kontroller i henhold til kontrolplan

3.4 Facadekassetter

Der kræves særlig opmærksomhed omkring facadekassetternes indvendige side som er færdig synlig træoverflade.

Derudover udføres der kontroller i henhold til kontrolplan

3.5 tagkassetter

Der kræves særlig opmærksomhed omkring undertagets tæthed.

Derudover udføres der kontroller i henhold til kontrolplan.

Moe a/s

AI2Bolitg
Afd. 128 Lisbjerg Bakke

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 04-03-2016

kontrolplan

Rev.dato :

4. kontrolplan

Kontrolleret:

Godkendt:

Kontrolskema for råhus bygningsselementer

Kontrolpunkt	kontroltidspunkt	kontrolme- tode	kontrolperson	Omfang	krav	Gennemført kontrol			Bemærkninger
						Dato	Int.	Afviselser	
Limtræssøjler / bjælker	Ved modtagelse	visuelt	bygningssentreprenør	stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Limtræssøjler / bjælker	Opbevaring på byggeplads	indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Limtræssøjler / bjælker	Når bygning er lukket	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 16%± 2%				
Limtræssøjler	Afslutning af udtørring inden listemontage og fugning m.m.	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 10%± 2%				
Etagedækelementer	Ved modtagelse	Visuelt, indstiksmåler	bygningssentreprenør	Pr. vognlæs	Maks træfugt = 16%± 2%				
Etagedækelementer	Opbevaring på byggeplads	Visuelt, indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Etagedækelementer	Ved indbygning	indstiksmåler	bygningssentreprenør	4 målinger pr etage	Maks træfugt = 16%± 2%				
Etagedækelementer	Inden loftsmontage	indstiksmåler	bygningssentreprenør	4 målinger pr etage	Maks træfugt = 16%± 2%				
tagudhæng	Ved modtagelse	Visuelt, indstiksmåler	bygningssentreprenør	Pr. vognlæs	Maks træfugt = 16%± 2%				
tagudhæng	Ved tagbelægningsmontage	Visuelt	bygningssentreprenør	alle	Ingen fugtskjolder				

Moe a/s

AI2Bolitg
Afd. 128 Lisbjerg Bakke

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 04-03-2016

kontrolplan

Rev.dato :

Facadeelementer	Ved modtagelse	visuelt	bygningssentreprenør	stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Facadeelementer	Opbevaring på byggeplads	indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Facadeelementer	Når bygning er lukket	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 16%± 2%				
Facadeelementer	Afslutning af udtørring inden listemontage og fugning m.m.	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 10%± 2%				
Tagelementer	Ved modtagelse	visuelt	bygningssentreprenør	stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Tagelementer	Opbevaring på byggeplads	indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Tagelementer	Når bygning er lukket	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 16%± 2%				

Moe a/s

Fugtstrategi Toppen



Fugtstrategi i CLT-byggeri

Udarbejdet til byggeriet af Toppen i Trekroner
2020.09

Indhold

1. Den gode strategi i praksis.....	3
1.1 Fugtstrategi for CLT	3
2. Faste processer.....	4
2.1 Adgangsveje	4
2.2 Terrændæk	4
2.3 CLT-elementer	5
2.4 Dækelementer	6
2.5 Tagkassetter	8
2.6 Badekabiner	8
3. Løbende opgaver	10
3.1 Materialeoplag	10
3.2 Fugtmålinger	11
3.3 Fyraften	11
4. Beredskabsplan.....	12
4.1 Vejrlig.....	12
5. Kontrol og dokumentation.....	14

Den gode strategi i praksis

1.1 Fugtstrategi for CLT

Toppen i Trekroner

Dette dokument beskriver Adserballe & Knudsens fugtstrategi for byggesagen Toppen i Trekroner, der opføres med Cross-Laminated Timber (CLT) som konstruktionsbærende materiale. Strategien er udarbejdet på baggrund af en kortlægning af de materialer, bygningsdele og processer, der kræver særlig opmærksomhed i forhold til fugt.

I dokumentet beskrives vores fugtmæssige tiltag inden for tre overordnede områder:

- **Faste processer:** Tiltag knyttet til de faste processer i opførelsen af byggeriet
- **Løbende opgaver:** Byggeledelsens praksis for fugthåndtering uafhængigt af byggeriets fremdrift
- **Beredskabsplan:** Tiltag i tilfælde af kraftigt nedbør eller konstatering af forhøjede fugtværdier

Det grundlæggende princip er at lukke bygningen tidligt, så CLT'en står ubeskyttet mod vind og vejr så kortvarigt som muligt. Et af tiltagene er en ændring af facadeopbygningen i forhold til den foregående sag Skademosen, så facaderne hurtigere kan lukkes ved blandt andet at anvende indblæsningsisolering. Herudover har vi et særskilt fokus på grænseflader både mellem bygningsdele og mellem entrepriser, hvilket vi kontrollerer ved brug af *modtagekontrol* og *slutkontrol*.

På Toppen bygges til synlige overflader, hvilket stiller særlige visuelle krav. Alene en kortvarig forekomst af vand på dækket kan give "opblomstringer" i CLT'en, og selv om dette ikke nødvendigvis udgør en fugtmæssig risiko, er det beskæmmende for det visuelle udtryk. Dette er derfor et selvstændigt fokuspunkt.

1.1.2 Kontrol og dokumentation

Grundlæggende udføres tre former for kontrol af materialer: Visuel kontrol (daglig, løbende eller efter udførelse), stikprøvekontrol og test. Byggeledelsen dokumenterer materialekontrollen som led i det almindelige KS-arbejde, så det er tilgængeligt for alle sagens parter igennem hele byggeforløbet.

For hvert underpunkt under "Opførelse af byggeri" (kap. 2), "Løbende opgaver" (kap. 3) og "Beredskabsplan" (kap. 4) beskrives kravene til kontrol og dokumentation, som opsamles i skemaet i dokumentets sidste afsnit "Kontrol og dokumentation" (kap. 5).

Faste processer

2.1 Adgangsveje

Design af adgangsveje

Adgangsveje er udlagt, så de ikke ligger på det laveste punkt på grunden. Der er et naturligt fald væk fra adgangsvejene, som har en overflade, der kan tåle vandpåvirkning, så jorden ikke bliver opblødt. De er udført med plasticplader, asfalt eller stabilgrus.

Kontrol: *Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering*
Dokumentation: *Foto-dokumentation i sikkerhedsreferat*

Render og grave

Ledningsgrave og fundamentsrender i jorden tørholdes. For at få vand væk fra byggefeltet, inden polystyren udlægges, har vi gravet dræn i jord på Toppen. Vandet ledes ud til rørlagt ledning, hvorfra det pumpes væk, da der ikke kan være åbne grøfter i byggeperioden. Ledningsgrave og fundamentsrender tørholdes ved lænsepumpning, og kraftigt opfugtet jord bortgraves og erstattes med sandfyld eller sten.

Kontrol: *Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering*
Dokumentation: *Foto-dokumentation i KS*

2.2 Terrændæk

Udtørring af dæk

Inden CLT-montage påbegyndes, sikres det, at betonoverfladen er tilstrækkelig tør eller har mulighed for at udtørre i en sådan grad, at betonen ikke kan medføre fugtskader i CLT-elementer. Når terrændækket er støbt, kan vi tørholde byggefeltet ved at skubbe vand ud over kanten i dørhuller eller ned i badekabinegruben.

Man udtørre dæk forud for gulvmontage. Vi sikrer udtørring via udluftning gennem åbne ventilations- og dørhuller. Vi ønsker ikke at bruge affugter, da det har negative konsekvenser for CLT-elementerne, der eksempelvis kan revne ukontrollabelt i yderste lag, hvorved den synlige overflade ikke vil fremstå som ønsket.

Kontrol: *Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering*
Dokumentation: *Foto-dokumentation i KS*

Fugtmålinger ved gulvmontage

Inden der udføres gulvmontage på terrændæk, skal entreprenøren foretage fugtmålinger af betondækket. Resultaterne vil foreligge i KS-materialet. Ved forhøjet fugtindhold kan der udlægges membran på gulv. Da dette er en fordyrende foranstaltning, er udtørring den foretrukne og prioriterede løsning.

Kontrol: *Fugtmålinger i henhold til gulvfakta – i repræsentativt udsnit*
Dokumentation: *Måleresultater i KS*



2.3 CLT-elementer

"Gummistøvler"

CLT'en monteres på betondæk - på opklodsning og mørtelpude - på en fugtspærre. Vi anvender murfolie som fugtspærre. Folien lægges ud i overbredde, og membranen foldes op omkring CLT-elementet. På den måde giver vi elementet "gummistøvler" på, der forhindrer fugt i at blive suget op fra dækket.

Vi skal sikre, at der ikke løber vand ned i gummistøvlen. I det tilfælde, at der kommer vandstråler over fodpanelet, sikrer vi udtørring, og udbedring af dette dokumenteres ved KS. Membranen skæres efterfølgende glat med CLT.

Kontrol: Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering
Dokumentation: Ved skade dokumenteres udbedringen med foto i KS

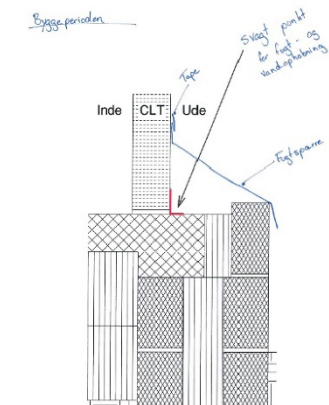


Illustration i: Vandet føres væk fra bygningen

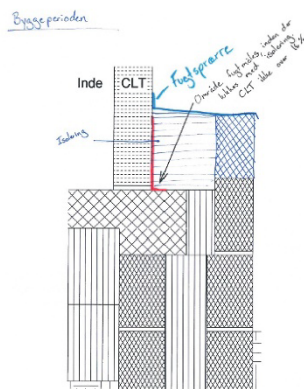


Illustration ii: Murfolien lægges ud over sokkelsten

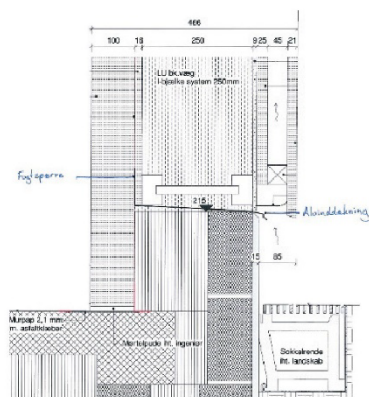


Illustration iii + foto i: Murfolien fæstnes til bagvæg og sokkelsten. Murfolie tætnes med tape. Aluinddækning af sokkelsten.

Udvendig CLT

Den udvendige side af CLT-elementet afdækkes mod fundament med en skråtliggende fugtspærre i byggeperioden, inden sokkelsten opsættes (se illustration i). Efter opsætning af sokkelsten lægges murfolien ud over stenen, så vandet føres væk fra bygningen (se illustration ii). I forbindelse med opmuring fæstnes murfolien til bagvæg og sokkelsten (se illustration iii + foto i). Inden påbegyndelsen af opmuringen, foretages der fugtmåling i bunden af CLT-elementet, da dette område efterfølgende vil være skjult.

Kontrol: Fugtmåling i bunden af CLT, der afdækkes af mur med polystyren
Dokumentation: Fugtmålinger med indstiksmåler på udvendig side af CLT. Dokumenteres i KS

Facadeåbninger

Vindues- og ventilationshuller tildækkes med plastic. Når vinduesfalsene er monteret, placeres murfolie ovenover, da vandet ellers lægger sig på falsen. Murfolien pilles ikke af, men indbygges i byggeriet. Vindueshuller anvendes som adgangsveje til bygningen under opførelsen, og derfor tildækkes de ikke, når de ligger på jorden, men først efter elementet er hejst. Plasticoverdækningen sidder på i få dage, og derefter monteres der vinduer. Tildækningsstykkerne er i overstørrelse, så de let kan fjernes og genbruges i resten af byggeriet, og på den måde sparer vi på anvendelsen af plastic. Åbningerne fungerer som udluftning i forbindelse med udtørring af bygningen.

Kontrol: Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering
Dokumentation: Beskadigede eller mangelfulde afdækninger dokumenteres som tilsynsnotat med opfølgning hos ansvarlig entreprenør

Boligadskillelser

Der er monteret gips- og isoleringsbatts igennem bygningens højde i samtlige lodrette lejlighedsskel. Så snart isolering og gips er monteret, dækkes adskillelsen til, og selve adskillelsen er igennem hele byggeperioden tildækket med plastic og tape, da materialerne ikke kan tåle opfugtning. På senere blokke vil vi montere fugtsensor.

Kontrol: Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering
Dokumentation: Fugtmålinger med indstiksmåler på indvendig side af lejlighedsskel dokumenteres i KS

2.4 Dækelementer

Montage af dækelementer

Inden montage af nyt etagedæk skal det sikres, at arbejdet kan fortsætte i en periode, så elementerne kan sikres mod regn ved endt arbejde. Sikring mod nedbør sker ved brug af interimstagkassetter (se 4.1). Samlinger imellem CLT og dækelementer tætnes med tape i hulmuren.

Kontrol: Visuel kontrol efter udførelse og inden facademontage
Dokumentation: Foto-dokumentation af korrekt udførelse til KS. Udføres og dokumenteres umiddelbart efter oplægning

2.5 Tagkassetter

Strimling af tagelementer

Når to tagkassetter skal sammenbygges, koldklæbes der pap på (strimles) umiddelbart efter oplægning, inden de videre arbejder fortsætter. Vi har valgt denne løsning for at sikre en kontinuerlig fremdrift. Alternativt ville vi være afhængige af tagdækkerens tilstedeværelse på pladsen ved hver montage. Ved endt arbejdsdag skal det sikres, at områder med sammenbygninger er 100 % vandtætte.

Kontrol: Daglig visuel kontrol
Dokumentation: Foto-dokumentation som del af KS

Tætning af dampspærre

Dampspærre inklusiv samlinger og gennemføringer skal være tætte. Samlinger i dampspærren og dens tilslutning til tilstødende bygningsdele skal udføres og dokumenteres med fotos inden overgang til næste entreprise, eksempelvis tømrerarbejder. CLT udgør den primære del af "dampspærre", og samlinger, gennembrydninger mv. tapes på ydersiden af CLT, hvorved dampspærreplanet er på udvendig side af CLT.

Kontrol: Løbende visuel kontrol
Dokumentation: Foto-dokumentation til KS

2.6 Badekabiner

Levering

Badekabiner leveres med midlertidig transporthætte i plast. De bliver leveret i lukkede trailere, så de ikke udsættes for vejrlig under transport. Efter montage af kabine påføres oplagringshætte i form af presenning, der fastgøres, så denne ikke blæser væk i kraftigt vejr.

Kontrol: Visuel kontrol i forhold til vind
Dokumentation: Ved beskadigelse registreres evt. følgeskader. Presenning reetableres



Løbende opgaver

3.1 Materialeoplag

Just-in-time leverance

Generelt sigtes der efter at have et begrænset oplag på pladsen, og derfor arbejder vi med princippet om just-in-time leverancer, hvormed materialer leveres, når de skal indbygges. I enkelte tilfælde har vi oplag af materialer udendørs på pladsen, eksempelvis hvis vejrlig har forårsaget forlænget ophør i arbejderne, og i de sammenhænge følger vi producenternes anvisninger for udendørs opbevaring. CLT-, dæk- og tagelementerne kan stå i fire uger, før transportemballagen lider UV-skade.

Oplagring på pladsen

Der er et krav til oplagsområdet, at elementerne er afdækket med transportemballagen i både bund og top samt hævet fra jorden. Vi har udlagt jernplader for at undgå jordfugt. Pakkerne ligger opklodset på strøer mellem hvert lag, så der kan komme luft omkring.

Modtagekontrol

CLT-elementer, dækelementer og tagkassetter leveres indpakket i plastic. Der foretages fugtmålinger ved modtagekontrol og oplægning, således at der som en del af KS-arbejdet sker stikprøvekontrol af elementer i hele byggeperioden. Målinger foretages uden at perforere dampspærre eller lave anden skade på elementerne. Modtages et element, der ikke er indpakket, foretages 10 målinger. Når målingerne to gange har vist 16 %, indbygges elementet.

Oplagring i telt eller container

Gips, isoleringsmateriale, dampspærretape, mm. oplagres i overdækket telt eller i container. Det vurderes, at disse materialer ikke kan oplagres i den plastic, som de leveres i. Spærtræ til interimskonstruktioner mv. oplagres uden-dørs.

3.2 Fugtmålinger

Hyppige fugtmålinger

Der foretages løbende fugtmålinger ved sokkel, dæk, tagflade, sammenbygninger, osv. i forbindelse med byggeledelsens rundringer på pladsen. Fokus holdes især på opstart af nye processer, så derfor måler vi, inden mureren laver sokkelsten og fugtspærre, inden tømreren laver facadeopbygning, og inden isolering indblæses. Det er en fortløbende proces, der sikrer, at vi konstant overvåger fugtindholdet i byggeriet.

3.3 Fyraften

Proces ved endt arbejdsdag

Ved endt arbejdsdag monteres interimstagkassetten. Den er i overmål og med tagrende, der leder vandet væk fra bygningen. Hver dag klokken 15 forberedes den efterfølgende dags arbejde med fokus på proces, materialer og vejrudsigst. Der er daglige kontrolpunkter:

- Til- og afdækning af alle vindues- og dørhuller
- Afdækning af badekabiner
- Afdækning af sokkel
- Interimstagkassette eller sammenbygning af tag hvis nødvendigt
- Materialer sikres for korrekt opbevaring

I det tilfælde, at de ikke når helt op ved fyraften, er der et hulrum mellem tagkassette og CLT-væg i naboboligen. Murfolien klistres op ad gavlen eller den boligadskillende væg, fastholdt med klemmeliste.

Beredskabsplan

4.1 Vejrlig

Ingen montage under nedbør

Vi planlægger vores arbejde efter vejrudsigten, så vi kan sikre overdækning med interimstagkassette (foto ii+iii). Hvis vi vurderer, at vi ikke kan nå at rejse nok vægge samt overdækning inden afbrydelse af arbejdet (enten endt arbejdsdag eller vejrlig), påbegyndes montagen ikke. Dette princip følger vi meget stringent.

De anvendte dækelementer tåler kun i begrænsede mængder vand, da de indeholder både gips og isolering. Derfor er det afgørende, at vi har fuld overdækning i tilfælde af regn. Både ved endt arbejdsdag og ved regnvejr anvendes tagkassetten, for så snart vandet falder på tagkassetten eller tagfladen, skal vandet ledes væk fra byggeriet. Midlertidige tagrender leder vandet ud over stilladset og væk fra byggeriet.



Foto ii + iii: Interimstagkassette ned midlertidig tagrende ligger klar til at give overdækning ved regnvejr og/eller endt arbejdsdag.

Test for skimmelsvamp

Hvis byggeriet har fået vand, og der er konstateret for højt fugtindhold i byggeriet, udfører vi en tapetest efter nedtørring. Det besluttet efter vurdering fra byggeledelsens side, hvor testen skal gennemføres. Resultatet indgår i KS-materialet.

Vi laver test, selv hvis der ikke har været nedbør eller fugtpåvirkning. Vi foretager 1-2 test per blok som stikprøver igennem byggeperioden.

Destruktive undersøgelser

Er der tilfælde, hvor vi kan konstatere et forhøjet fugtindhold, som ikke af sig selv via udtørring sænkes, foretager vi dybdegående og destruktive undersøgelser. I de situationer afsættes de midler og de ressourcer, der skal til for at løse situationen.



Kontrol og dokumentation

OPGAVE	KONTROL	DOKUMENTATION	EVT. KOMMENTAR
2. Opførelse af byggeri			
2.1. Adgangsveje			
Design af adgangsveje	<u>Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering</u>	<u>Foto-dokumentation i sikkerhedsreferat</u>	
Render og grave	<u>Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering</u>	<u>Foto-dokumentation i KS</u>	
2.2 Terrændæk			
Udtørring af dæk	<u>Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering</u>	<u>Foto-dokumentation i KS</u>	
Fugtmålinger ved gulvmon- tage	<u>Fugtmålinger i henhold til gulvfakta – i repræsenta- tivt udsnit</u>	<u>Måleresultater i KS</u>	
2.3 CLT-elementer			
Gummistøvler	<u>Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering</u>	<u>Ved skade dokumenteres udbed- ringen med foto i KS</u>	
Udvendig CLT	<u>Fugtmåling i bunden af CLT, der afdækkes af mu- rer med polystyren</u>	<u>Fugtmålinger med indstiksmål- er på udvendig side af CLT. Dokumen- teres i KS</u>	
Facadeåbninger	<u>Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering</u>	Beskadigede eller mangelfulde afdækninger dokumenteres som tilsynsnotat med opfølgning hos gældende UE	
Boligadskillelser	<u>Daglig visuel kontrol i forbindelse med rundering</u>	<u>Fugtmålinger med indstiksmål- er på indvendig side af lejlighedsskel dokumenteres i KS</u>	
2.4 Dækelementer			
Montage af dækelementer	<u>Visuel kontrol efter ud- førelse og inden facade- montage</u>	<u>Foto-dokumentation af korrekt ud- førelse til KS. Udføres og dokumen- teres umiddelbart efter oplægning</u>	
2.5 Tagkassetter			
Strimling af tagelementer	<u>Løbende visuel kontrol</u>	<u>Foto-dokumentation som del af KS</u>	
Tætning af dampspærre	<u>Løbende visuel kontrol</u>	<u>Foto-dokumentation til KS</u>	
2.6 Badekabiner			
Levering	<u>Visuel kontrol i forhold til vind</u>	<u>Ved beskadigelse registreres evt. følgeskader. Hvis intet er håndt, reetableres presenning.</u>	





Besøg os på aogk.dk

Ryttermarken 6 – 3520 Farum – CVR: 29919089

Fugtstrategi Knudrisrækkerne

FUGTSTRATEGIPLAN

KRG
Knudrisgade



MOE A/S
april 2020

Boligkontoret
KRG

FUGTSTRATEGIPLAN	Dato :	03-04-2020
	Rev.dato :	
Indholdsfortegnelse	Side :	1/1

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

Kapitel

Side

Revision

0. Indholdsfortegnelse 1
1. Analysemetode 1

1.1 Fugtrisikoklasser 1

1.1.1 Fugtpåvirkning under udførelsen 1

1.1.2 Bygværkets sårbarhed for fugt..... 2

1.1.3 Anvendelse af fugtrisikoklasser 2

2. Risikoanalyse..... 1

2.1 Generelt..... 1

2.2 Betonelementer 1

2.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk..... 1

2.4 Facadekassetter 1

2.5 Tagkassetter..... 1

3. Kontrol og afhjælpning 1

3.1 Generelt..... 1

3.2 Betonelementer 1

3.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk..... 1

3.4 Facadekassetter 1

3.5 tagkassetter 1

4. kontrolplan 2

Moe a/s

Boligkontoret
KRG

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 03-04-2020

Rev.dato :

1. Risikoanalyse

Side : 1/2

Udarbejdet:BOP

Kontrolleret:

Godkendt:BOP

1. Analysemetode
1.1 Fugtrisikoklasser
1.1.1 Fugtpåvirkning under udførelsen

Tabel 1. Fugtrisikoklasser som funktion af fugtpåvirkninger under udførelse og byggeriets sårbarhed for fugt

Bygverkets sårbarhed for fugt	Fugtpåvirkninger under udførelse		
	Lav	Middel	Høj
Lav	Fugtrisikoklasse 1	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 2
Middel	Fugtrisikoklasse 1	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 3
Høj	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 3	Fugtrisikoklasse 3

Inddelingen efter fugtpåvirkning sker efter nedenstående overordnede retningslinier. I tvivlstilfælde vælges højeste klasse. Hvis for eksempel et af punkterne fra middel fugtpåvirkning er gældende samtidig med et af punkterne fra høj fugtpåvirkning, bør byggeriet placeres under høj fugtpåvirkning.

Lav fugtpåvirkning

Der er tale om lav fugtpåvirkning under udførelsen, når følgende to forhold gælder:

- Bygge- og montageprocesser er tørre. Det vil sige ikke omfatter vand- eller fugtholdige byggematerialer, dvs byggematerialerne har ikke et fugtindhold højere end svarende til 75% RF.
- Bygge og montageprocesser udføres under forhold, der beskytter fuldt ud mod klimatiske påvirkninger, f.eks. På fabrik og/eller under totaloverdækning.

Middel fugtpåvirkning

Der er tale om middel fugtpåvirkning under udførelse, når følgende to forhold gælder:

- Bygge og montageprocesser omfatter et tilsigtet, men begrænset vand – eller fugtindhold i byggematerialer, f.eks. Anvendelse af selvudtørende beton.
- Under udførelsen er der risiko for enkelte klimatiske påvirkninger, f.eks. indpakkede materialer som indbygges uden byggeriet er overdækket.

Høj fugtpåvirkning

Der er tale om høj fugtpåvirkning under udførelse, når følgende to forhold gælder:

- Bygge- og montageprocesser omfatter betydeligt vand- eller fugtindhold i byggematerialer, f.eks. udstøbning af beton
- Der er betydelig risiko for klimatiske påvirkninger, f.eks. uindpakkede byggematerialer, som indbygges uden overdækning, eller byggematerialer der under transport har haft risiko for fugtpåvirkning.

Moe a/s

Boligkontoret
KRG

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 03-04-2020

Rev.dato :

1. Risikoanalyse

Side : 2/2

1.1.2
Bygværkets sårbarhed for fugt

Byggeriets sårbarhed over for fugt hænger sammen med materialevalget og hvor meget tid der, der er sat af til udtørring. Inddelingen kan således ske på basis af følgende tre parametre:

- Materialernes evne til at opsuge/optage fugt
- Skimmelrisikoen ved det enkelte materiale
- Hvor meget udtørringstid der er afsat

Alle tre forhold vurderes i henhold til tabel 2. projektets sårbarhed er den højeste værdi, der opnås på de tre parametre

Tabel 2. Inddeling efter byggeriets sårbarhed over for fugt efter tre parametre: Materialets evne til at opsuge/optage fugt, materialemes følsomhed overfor skimmel og materialenedbrydning samt den afsatte udtørningstid. Hvis der er forskellige sårbarhed for de tre parametre, vælges den højeste sårbarhed.

	Lav sårbarhed	Middel sårbarhed	Høj sårbarhed
Materialets evne til at opsuge/optage fugt	Ingen, f.eks. glas og stål	Middel, f.eks. beton og træ med mulighed for udtørring	Stor, f.eks. sammensatte komponenter, stærkt sugende som porebeton, lukkede træelementer
Risiko for skimmelvækst eller materialenedbrydning	Begrænset risiko	Nogen risiko	Stor risiko
Afsat tid til udtørring	Tilstrækkelig tid	Presset tidsplan, men fokus på udtørring	Presset tidsplan, vanskeligt at nå udtørring

1.1.3
Anvendelse af fugtrisiko-klasser

Et byggeri kan i princippet ændre fugtrisiko-klasse i løbet af byggeriet, ligesom nogle dele af byggeriet kan være i højere klasse end andre dele.

Tabel 3. Vejledende opdeling i hvordan fugtrisiko-klassen kan benyttes til at fastlægge behovet for tiltag inden og under udførelsen. Alle tiltag skal dokumenteres.

	Fugtrisiko-klasse 1	Fugtrisiko-klasse 2	Fugtrisiko-klasse 3
Inden udførelse	Opfylde minimumskravene i BR10	Minimumskrav samt: - Opstilling af fugtstrategi-plan	Minimumskrav samt: - Opstilling af fugtstrategi-plan - Evt. beregninger / simuleringer - Tilknytte fugtsagkyndig
Under udførelsen	Fugtmålinger ved kritiske tidspunkter, som minimum inden lukning af konstruktion	Løbende fugtmålinger Begrænset fugtmåleprogram Vurdere specifikke potentielle fugtproblemer	Løbende fugtmålinger Udvidet fugtmåleprogram Tilknytte fugtsagkyndig

Moe a/s

Boligkontoret		KRG
FUGTSTRATEGIPLAN	Dato : 03-04-2020	
	Rev.dato :	
2. Risikoanalyse	Side : 1/1	

Godkendt:

2. Risikoanalyse

2.1 Generelt

Transport af træbaserede byggematerialer/elementer skal forgå tildækket. Oplagring af træbaserede byggematerialer/elementer skal generelt foregå under en ventileret overdækning og beskyttet mod fugt nedefra. Særlige fugtfølsomme bygningselementer som facadeelementer med færdige indvendige overflader transporteres og opbevares indpakkede. Montagen skal planlægges udført etagevis, koordineret med montagen af søjler og bjælker samt tagkassetter. Søjler, bjælker og afstivende konstruktioner monteres i stueetagen, hvorefter brettstabledækket monteres, fladstålslåse monteres og trædækket overside svummes. Bygningsentreprenøren udfører afdækning af brettstabledækket ved hver arbejdsdags afslutning og indtil ovenliggende etagedæk erfærdigmonteret, således at øverste dæk altid er afdækket indtil tag er monteret. Facadekassettemontagen påbegyndes efter færdigmontering af det bærende råhus, og montagen forgår kontinuert til facademontagen er afsluttet.

Som følge af byggetakten monteres de forskellige bygningselementer under forskellige forhold og byggeriets bygningsdele inddeles derfor i forskellige risikoklasser afhængig af de enkelte bygningsdeles sårbarhed over for fugt i byggeperioden samt risiko for klimapåvirkninger.

Byggeriet inddeles i flg. Bygningsdele.

- Betonelementer
- Limtræskonstruktioner og etagedæk
- Facadekassetter
- Tagkassetter

2.2 Betonelementer

Der er tale om høj fugtpåvirkning da betonelementerne monteres uafdækkede.
Der er tale om middel sårbarhed da der er mulighed for udtørring.
Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 3

2.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk

Der er tale om middel fugtpåvirkning da der under montagen er risiko for enkelte klimatiske påvirkninger. Der anvendes selvdutørrende beton på etagedæk. Der er tale om middel sårbarhed da der er nogen risiko for skimmel, men der er afsat tid til udtørring.

Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 2

2.4 Facadekassetter

Der er tale om lav fugtpåvirkning da montagen foregår under afdækning fra tag
Der er tale om middel sårbarhed da der er nogen risiko for skimmel, men der er
afsat tid til udtørring.
Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 1

2.5 Tagkassetter

Der er tale om middel fugtpåvirkning da montagen foregår uden afdækning, men elementerne er beskyttet af undertag.

Moe a/s

Boligkontoret**KRG**

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 03-04-2020

Rev.dato :

2. Risikoanalyse

Side : 2/1

Der er tale om middel sårbarhed da der er nogen risiko for skimmel, men der er afsat tid til udtørring.

Bygningsdelen henføres til FUGTRISIKOKLASSE 2

Moe a/s

Boligkontoret
KRG

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 03-04-2020

Rev.dato :

kontrolplan

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

3. Kontrol og afhjælpning
3.1 Generelt

Der føres generelt visuel kontrol af alle bygningsdele, og konstateres der visuelle fugtphobninger i konstruktionerne meldes det til byggeledelsen som i samarbejde med entreprenøren vil planlægge afhjælpningen.

Herunder skal:

- Årsagen til fugtskaden findes, så udviklingen af skaden stopper
- Årsagen skal elimineres, så skaden ikke kommer igen
- skadesomfanget fastlægges
- skaderne skal udbedres, så der ikke er risiko for nedbrydning af konstruktionen
- Udbedringsarbejderne, f.eks. Udtørring , afrensning, udskiftning eller retablering, kontrolleres og kvalitetssikres ved et øget tilsyn.
- Der udarbejdes dokumentation for at afhjælpningen er sket korrekt, herunder at der ikke er skimmel på materialernes overflade.

Derudover føres der løbende kontroller ved fugtmålinger med indstiksmål i trækonstruktionerne som beskrevet nedenfor og i kontrolplanerne. Ved overskridelse af grænseværdierne meldes dette til byggeledelsen og samme procedure for afhjælpning som beskrevet ovenfor følges.

Generelt må ingen træbaserede bygningsdele inddækkes hvis fugtprocenten er over 18 %.

3.2 Betonelementer

Betonelementerne kan få noget vand i perioden indtil der er kommet tag på bygningen. Når bygningen er lukket igangsættes udtørringen. Der udføres ikke nogen særskilt fugtkontrol af betonelementerne, men man følger udviklingen i trækonstruktionernes fugtmålinger som også vil afspejle betonens fugtindhold.

3.3 Limtræskonstruktioner og etagedæk

Der udføres kontroller i henhold til kontrolplan

3.4 Facadekassetter

Der kræves særlig opmærksomhed omkring facadekassetternes indvendige side som er monteret med gipsplader.

Derudover udføres der kontroller i henhold til kontrolplan

3.5 tagkassetter

Der kræves særlig opmærksomhed omkring undertagets tæthed.

Derudover udføres der kontroller i henhold til kontrolplan.

Moe a/s

Boligkontoret
KRG

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 03-04-2020
Rev.dato :

kontrolplan

4. kontrolplan

Kontrolleret:

Godkendt:

Kontrolskema for råhus bygningsselementer

Kontrolpunkt	kontroltidspunkt	kontrolme- tode	kontrolperson	Omfang	krav	Gennemført kontrol			Bemærkninger
						Dato	Int.	Afviselser	
Limtræssøjler / bjælker	Ved modtagelse	visuelt	bygningssentreprenør	stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Limtræssøjler / bjælker	Opbevaring på byggeplads	indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Limtræssøjler / bjælker	Når bygning er lukket	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 16%± 2%				
Limtræssøjler	Afslutning af udtørring inden listemontage og fugning m.m.	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 10%± 2%				
Etagedækelementer	Ved modtagelse	Visuelt, indstiksmåler	bygningssentreprenør	Pr. vognlæs	Maks træfugt = 16%± 2%				
Etagedækelementer	Opbevaring på byggeplads	Visuelt, indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Etagedækelementer	Ved indbygning	indstiksmåler	bygningssentreprenør	4 målinger pr etage	Maks træfugt = 16%± 2%				
Etagedækelementer	Inden loftsmontage	indstiksmåler	bygningssentreprenør	4 målinger pr etage	Maks træfugt = 16%± 2%				
tagudhæng	Ved modtagelse	Visuelt, indstiksmåler	bygningssentreprenør	Pr. vognlæs	Maks træfugt = 16%± 2%				
tagudhæng	Ved tagbelægningsmontage	Visuelt	bygningssentreprenør	alle	Ingen fugtskjolder				

Moe a/s

Boligkontoret
KRG

FUGTSTRATEGIPLAN

Dato : 03-04-2020
Rev.dato :

kontrolplan

Facadeelementer	Ved modtagelse	visuelt	bygningssentreprenør	stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Facadeelementer	Opbevaring på byggeplads	indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Facadeelementer	Når bygning er lukket	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 16%± 2%				
Facadeelementer	Afslutning af udtørring inden listemontage og fugning m.m.	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 10%± 2%				
Tagelementer	Ved modtagelse	visuelt	bygningssentreprenør	stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Tagelementer	Opbevaring på byggeplads	indstiksmåler	bygningssentreprenør	Løbende kontrol	Maks træfugt = 16%± 2%				
Tagelementer	Når bygning er lukket	indstiksmåler	bygningssentreprenør	25%	Maks træfugt = 16%± 2%				

Moe a/s

